



HAL
open science

UN OUTIL DE MANAGEMENT DE L'INTEROPERABILITE POUR ACCROITRE LES PERFORMANCES DE PROCESSUS COLLABORATIFS

Nassim Zbib, Bernard Archimède, Philippe Charbonnaud

► To cite this version:

Nassim Zbib, Bernard Archimède, Philippe Charbonnaud. UN OUTIL DE MANAGEMENT DE L'INTEROPERABILITE POUR ACCROITRE LES PERFORMANCES DE PROCESSUS COLLABORATIFS. 9th International Conference on Modeling, Optimization & SIMulation, Jun 2012, Bordeaux, France. ⟨hal-00728661⟩

HAL Id: hal-00728661

<https://hal.science/hal-00728661v1>

Submitted on 30 Aug 2012

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.



HAL Authorization

UN OUTIL DE MANAGEMENT DE L'INTEROPERABILITE POUR ACCROITRE LES PERFORMANCES DE PROCESSUS COLLABORATIFS

N. Zbib, B. Archimède
P. Charbonnaud

INPT-ENIT / University of Toulouse
47 avenue d'Azereix
65016 Tarbes cedex - France
{Nassim.Zbib, Bernard.Archimede, Philippe.Charbonnaud}@enit.fr

RESUME : *L'amélioration de la collaboration entre des organisations partenaires repose sur une meilleure compréhension des informations échangées entre leurs applications souvent hétérogènes et sur la mise en place d'utilitaires de service en interopérabilité (USI). Ces USIs doivent permettre une collaboration aisée à moindre coût mais provoquent des réticences des différents partenaires à les mettre en œuvre du fait de la difficulté à en évaluer l'apport et le gain de productivité. Cet article propose un modèle simulable d'USI facilitant sa configuration, son adaptation aux ressources d'interopération et leur niveau d'interopérabilité en fonction de la maturité et des possibilités des partenaires. Ce modèle simulable permet l'évaluation de l'impact des paramètres d'interopérabilité sur les performances des processus métiers d'entreprises partenaires dans une collaboration point-à-point.*

MOTS-CLES : *Interopérabilité d'entreprise, management de l'interopérabilité, processus collaboratifs, simulation, évaluation des performances.*

1 INTRODUCTION

La production multi-site induit des modifications non seulement sur l'organisation et le fonctionnement interne des entreprises mais aussi sur les méthodes de collaboration qui s'appuient en grande partie sur les échanges d'informations entre les applications d'entreprises, souvent hétérogènes, des différents partenaires impliqués. L'amélioration de la productivité des réseaux d'entreprises passe par une meilleure compréhension des informations échangées et requiert donc une attention particulière sur les problèmes d'interopérabilité. Dans la littérature, l'interopérabilité est présentée par (Konstantas *et al.*, 2005) comme étant la capacité de deux ou plusieurs systèmes ou composants à communiquer ensemble, à échanger des informations et à utiliser ces informations échangées sans effort particulier pour les utilisateurs de ces systèmes (IEE, 1990), (ATHENA, 2007), (Bařna *et al.*, 2005). C'est de nos jours une préoccupation majeure, comme le justifie les nombreux projets de recherche financés notamment en Europe sur les Utilitaires de Service en Interopérabilité (USI) tels que SYNERGY (Poplewell *et al.*, 2008), iSURF (Interoperability Service Utility for across Collaborative Supply Chain Planning Multiple Domains) (Kabak *et al.*, 2009), ou encore COIN¹ (enterprise COllaboration and INteroperability), etc. Malgré tous les efforts déployés pour développer l'interopérabilité des applications d'entreprises, il n'existe toujours pas une solution satisfaisante pour son implantation dans l'entreprise. En effet, dans le cas des

chaînes logistiques dominées par des grands donneurs d'ordres ou OEM (Original Equipment Manufacturer), le problème de l'interopérabilité est réglé de fait car le donneur d'ordres impose aux sous-traitants de rang 1 ses solutions logicielles et ses méthodes de travail. Cette approche du traitement de l'interopérabilité est coûteuse pour les sous-traitants car, pour s'affranchir d'un manque d'activité d'un donneur d'ordres, ils doivent implanter et maîtriser les solutions logicielles de tous les donneurs d'ordres avec lesquels ils collaborent. Dans ce cadre là, Zhang *et al.* (2008) proposent une plateforme USI d'invocation à la volée des solutions logicielles sous la forme de SaaS pour réduire les coûts et faciliter la participation des PME aux processus collaboratifs dans les chaînes logistiques du domaine automobile. Néanmoins cette approche ne permet pas aux sous-traitants de s'affranchir de la difficulté de gérer simultanément des solutions logicielles multiples. Par souci, d'indépendance pour les sous-traitants entre leur système d'information et ceux des donneurs d'ordres, et de réduction de coûts dus à la gestion de solutions logicielles multiples, l'association internationale BoostAeroSpace a abordé le problème de l'interopérabilité, en développant des standards interopérables et des connecteurs en vue de proposer des meilleurs pratiques et de faciliter les échanges numériques au sein de la chaîne logistique. Cependant la standardisation est quelquefois considérée comme un frein à l'innovation et à la concurrence. Plus génériques que les connecteurs, les Utilitaires de Service en Interopérabilité de 3^e génération (USI-3G), s'appuient sur les concepts et les techniques de services, d'ontologies ainsi que sur la modélisation d'entreprises. Développés par le projet ISTA3 (Interopérabilité de 3^e génération pour les Sous-Traitants de l'Aéronautique),

¹ COIN Home Page, <http://www.coin-ip.eu/>

ces solutions logicielles prototypes, paramétrables et réutilisables, flexibles, évolutives, à bas coût pour les PME (Petites et Moyennes Entreprises) peuvent poser des problèmes de transformation et d'interprétation des informations échangées. En effet, les ontologies et les ressources d'interopération évoluant dans le temps, cette approche peut proposer des transformations entraînant des demandes de réémissions, des retards lors du déclenchement des activités métiers ou encore des risques de mauvais fonctionnement lors de leur exécution.

Bien que les industriels soient conscients des solutions d'interopérabilité existent, la plupart d'entre eux sont réticents à l'idée de les implanter car ils ont beaucoup de difficulté à évaluer l'apport et le gain de productivité qu'ils peuvent en tirer. Le travail présenté dans ce papier se situe dans le cadre des USI-3G, pour lesquels nous proposons un modèle simulable en vue de mieux les configurer, d'adapter leurs ressources d'interopération et leur niveau d'interopérabilité en fonction de la maturité et des possibilités des entreprises partenaires en collaboration. L'apport de cet outil pour l'évaluation de l'impact des paramètres d'interopérabilité sur les performances des processus métiers de deux entreprises partenaires dans une collaboration P2P est également mis en évidence. Dans la section 2 un Etat de l'Art dans le domaine de l'évaluation de l'interopérabilité est présenté. Après la description du contexte de l'étude en section 3, le modèle simulable ainsi que son encapsulation dans la modélisation des activités en collaboration sont détaillés en section 4. Dans la section 5 l'élaboration du modèle global de simulation d'une collaboration est décrite. La section 6 illustre sur un cas simplifié tiré d'un cas industriel, les différents développements proposés. Finalement, la conclusion résumera l'intérêt de cet outil et les perspectives relative au management de l'interopérabilité seront abordés.

2 MESURES DE L'INTEROPERABILITE

De nombreuses recherches ont été menées sur l'évaluation de l'interopérabilité des applications d'entreprises. Elles concernent principalement la mesure de l'interopérabilité potentielle, et dans de moindres proportions la mesure de la compatibilité d'interopérabilité et la mesure de la performance d'interopérabilité. La mesure de l'interopérabilité potentielle a pour objectif d'évaluer la maturité d'un système pour surmonter les obstacles d'interopérabilité lors de l'interaction entre partenaires. Dans ce cadre-là, plusieurs méthodes ont été proposées parmi lesquelles on peut citer : IEC 62390 (Kosanke, 2005), LISI (Levels of Information Systems Interoperability) (C4ISR, 1998), OIM (Organizational Interoperability Maturity Model) (Clark et Jones, 1999), NMI (NATO C3 Technical Architecture Reference Model for Interoperability) (NATO, 2003), (Tolk et Muguira, 2003) et LCIM (Levels of Conceptual Interoperability Model) (Tolk et Muguira, 2003). Des synthèses détaillées des ces dernières ont été proposées par (Panetto, 2007) et (Ducq,

2007). Ces méthodes ont pour point commun de définir un cadre référentiel en plusieurs niveaux de maturité pour décrire la capacité de différentes organisations à interopérer. En ce qui concerne la mesure de la compatibilité d'interopérabilité, quelques travaux ont été menés notamment sur le modèle EIDM (Enterprise Interoperability Degree Measurement) (Daclin *et al.*, 2006). Ce modèle de mesure du degré de compatibilité, respecte les barrières d'interopérabilité identifiées. Il s'applique uniquement quand les partenaires ou les systèmes souhaitant interopérer sont connus.

Quelques travaux sur l'évaluation de la performance de l'interopérabilité durant la phase de collaboration ont été menés notamment par S. Blanc (Blanc *et al.*, 2007). Considérant que l'interopérabilité peut être vue comme une performance de l'entreprise, elle propose une typologie des outils nécessaires pour mesurer l'interopérabilité d'une collaboration entre plusieurs entreprises et des « règles génériques d'interopérabilité » applicables aux graphes de modélisation d'entreprise. Cette approche offre un support visuel pour aider à la détermination du niveau des relations entre les différentes entreprises et identifier le niveau d'interopérabilité entre les entreprises concernées. La modélisation d'entreprise à l'aide de graphe permet de mettre en évidence les problèmes d'interopérabilité, de caractériser et de mesurer l'interopérabilité, en la considérant comme dépendante des performances classiques de coût, de qualité et de délai. Cette étude a concerné la mesure de l'interopérabilité « sans effort » basée sur un questionnaire limité au calcul du niveau d'interopérabilité, et à la quantification du niveau d'effort pour l'obtention de l'interopérabilité sémantique. Pour toutes les méthodes présentées précédemment, l'évaluation de l'interopérabilité revient principalement à positionner l'entreprise sur une échelle de valeurs définie au préalable. S'il est important aujourd'hui de connaître les aptitudes d'une entreprise à interopérer globalement, ou avec un partenaire particulier ou encore de connaître la valeur des indicateurs d'interopération délai, coût et qualité en phase de collaboration avec un partenaire, ces évaluations ne nous semblent pas suffisantes pour lever toutes les réticences d'un dirigeant de PME pour investir dans des solutions plus interopérables telles que les USI. Il est donc nécessaire de concevoir un modèle global de la collaboration en vue d'évaluer par simulation l'impact de l'évolution des variables d'interopération sur les processus métiers de l'entreprise.

3 CONTEXTE DE L'ETUDE

Nous nous intéressons à l'échange de documents ou de données dans une collaboration point à point entre deux entités au travers d'un utilitaire de service en interopérabilité de 3^e génération (USI-3G) tel que défini dans le projet ISTA3. Les entités considérées, pouvant être deux entreprises indépendantes ou deux services dans une même entreprise, utilisent des applications d'entreprises hétérogènes avec des ontologies

différentes. L'USI-3G est considéré comme un gestionnaire de ressources d'interopération pouvant être soit des opérateurs humains avec un niveau de compétence évoluant dans le temps, soit des modules logiciels prédéfinis de transformation de langages et d'ontologies. Le rôle d'un USI-3G est de transformer, en s'appuyant sur les ressources d'interopération disponibles, des informations décrites selon le format et l'ontologie d'une entité émettrice, en informations décrites dans le format et l'ontologie de l'entité réceptrice. Les ontologies des entités émettrice et réceptrice peuvent évoluer dans le temps indépendamment les unes des autres et présenter des différences par rapport aux ontologies connues des ressources d'interopération. Aussi, afin de mieux étudier l'impact de l'USI-3G sur les performances de la collaboration, nous proposons un modèle simulable d'utilitaires de service en interopérabilité (MS-USI).

4 LE MODELE MS-USI

Le modèle MS-USI est une machine à états qui reçoit des éléments d'information décrits selon une ontologie d'entrée, effectue sur ces derniers un certain nombre d'activités d'interopération dépendant de ses compétences, et génère des éléments d'information selon une ontologie de sortie. Ces activités d'interopération s'effectuent suivant trois phases séquentielles qui ont une durée et un coût. La première phase a pour objectif l'analyse et l'identification de l'état des documents reçus. La deuxième phase concerne l'amélioration de l'état des documents reçus sans changement d'ontologie. La troisième phase s'intéresse à la transformation des documents améliorés de l'ontologie d'entrée en documents sémantiquement identiques dans l'ontologie de sortie. Les documents en sortie, ayant un état pouvant être différent de celui identifié en entrée, peuvent présenter un risque pour les processus métiers qui auront à les exploiter. Les compétences du MS-USI dépendent des ressources d'interopération utilisées. Ces compétences fluctuent dans le temps. Elles sont fonction de la disponibilité des ressources, de leurs connaissances, de leur capacité d'apprentissage, du retour d'expérience, etc.

4.1 Formalisation

Un MS-USI est défini par un 3-uplets $\langle G, RI, T \rangle$ où G est un graphe d'états valué, RI est un ensemble fini de ressources d'interopération et T le temps.

$G = \langle S \cup \{S_e, S_s\}, AC \rangle$, où :

- S est un ensemble de sommets associés à un ensemble fini de n états ordonnés améliorables, $S = \{s_0, s_1, \dots, s_n\}$ avec $s_k < s_{k+1}$, $\forall k = 0, 1, \dots, n-1$, signifiant que l'état associé au sommet s_{k+1} est meilleur que celui associé au sommet s_k .
- S_e et S_s sont des sommets supplémentaires associés à deux états vérifiant les conditions suivantes, $\forall s_k \in S, S_e < s_k$ et $s_k < S_s$

- s_0 est un état puits vérifiant les conditions suivantes :
 - $S_e < s_0 ; s_0 < S_s$
- $AC = AC_I \cup AC_A \cup AC_T$ est un ensemble d'arcs représentant les activités d'interopération possibles par les ressources d'interopération disponibles où :
 - $AC_I = \{(S_e, s_v), \forall s_v \in S\}$ représentant les différentes possibilités de la phase d'analyse et d'identification.
 - $AC_A = \{(s_u, s_v) \in S \times S \mid s_u < s_v\}$ représentant les différentes possibilités de la phase d'amélioration.
 - $AC_T = \{(s_u, S_s), \forall s_u \in S\}$ représentant les différentes possibilités de la phase de transformation.

Les poids des arcs associés aux activités d'interopération sont constitués de quatre composantes ($cp_i^j, du_i^j, co_i^j, rq_i^j$) représentant le degré de compétence cp_i^j , la durée du_i^j , le coût co_i^j et la valeur d'impact rq_i^j , sur le risque d'une mauvaise interprétation par l'activité métier, dû au passage de l'état s_i à l'état s_j . Ces composantes sont définies par les quatre fonctions suivantes :

- $CP : RI \times AC \times T \rightarrow \mathbb{R}$, représente le degré de compétence des ressources d'interopération pour la réalisation d'une opération,
- $DU : RI \times AC \times T \rightarrow \mathbb{R}$, définit la durée des phases d'interopération par la ressource d'interopération,
- $CO : RI \times AC \times T \rightarrow \mathbb{R}$, définit le coût des phases d'interopération par la ressource d'interopération,
- $RQ : RI \times AC \times T \rightarrow \mathbb{R}$, les valeurs d'impact des phases d'interopération sur le risque de rejet par l'activité métier des documents transformés par Le MS-USI.

L'évolution de l'état du modèle MS-USI dépend de l'état des documents reçus et des activités réalisées lors des phases d'analyse, d'amélioration et de transformation. A l'arrivée d'un élément d'information, le MS-USI recherche le meilleur chemin d'interopération, c'est à dire un ensemble d'états $S_e, \langle s_0 \mid \{s\}^+, S_s \rangle$, satisfaisant les objectifs fixés de réduction des risques, de coût, de durée ou de maximisation du degré de compétence où $\{s\}^+$ est une suite ordonnée d'au moins un sommet de $S - \{s_0\}$. L'évolution d'un état à l'autre est réalisée par une fonction d'interopération qui peut être également basée sur un compromis entre les valeurs fournies par les quatre fonctions précédentes. Il est à noter que le modèle MS-USI peut après l'analyse d'un document reçu aboutir à l'état s_0 . De cet état les documents sont renvoyés à l'entité émettrice.

4.2 Définition des états

Pour une collaboration point-à-point donnée, la définition des états d'un MS-USI, est issue de l'analyse des hétérogénéités des ontologies d'entrée et de sortie associés aux activités concernées par la coopération. Cette analyse est réalisée selon les points de vue syntaxique et sémantique. Plus ces analyses sont fines

plus le nombre d'états est élevé. Dans les cas de collaboration où l'analyse des hétérogénéités sont ceux décrits dans la synthèse proposée dans (Ishak *et al.*, 2008) pour l'ontologie d'entrée comme pour celle de sortie, une classification en cinq états ($n = 5$) des informations échangées est proposée (Figure 1). Cette synthèse présente en effet deux classes d'hétérogénéités syntaxique et sémantique. L'hétérogénéité sémantique est quant à elle décomposée en hétérogénéité structurelle, terminologique et représentationnelle.

Analyse syntaxique	Analyse sémantique			Etat	Représentation
	Terminologique	Représentationnelle	Structurelle		
O	O	O	O	Excellent (E)	s_5
O	O	O	?	Satisfaisant (S)	s_4
O	O	?	?	Bon (B)	s_3
O	?	?	?	Acceptable (A)	s_2
N	?	?	?	Limite (L)	s_1
?	?	?	?	Inacceptable (I)	s_0

Figure 1 : Etat des documents échangés

Compte tenu de cette décomposition, l'état de l'information reçue est "Inacceptable" si on ne peut pas identifier sa syntaxe. L'état est "Limite" quand la syntaxe est reconnue mais qu'elle présente certaines erreurs. On suppose alors que l'on pourra mettre l'information reçue dans la bonne syntaxe. L'état est "Acceptable" quand la syntaxe ne présente aucune erreur mais que l'on ne peut pour des raisons de compétence réaliser son analyse sémantique. Lors de l'analyse sémantique trois aspects peuvent être vérifiés en fonction des compétences, de manière progressive et dans un ordre défini. On procède d'abord à une analyse terminologique. L'analyse représentationnelle est réalisée en suivant si l'analyse terminologique est satisfaisante. On termine par une analyse structurelle si l'analyse représentationnelle est possible. L'état de l'information reçue est jugé "Excellent" si les trois analyses sont réalisées avec succès. Il est jugé "Bon" si seule l'analyse terminologique est réalisée avec succès. L'état est jugé "Satisfaisant" si les deux premières analyses sémantiques sont accomplies avec succès. A l'exception des informations reçues dans un état "Inacceptable", toutes les autres peuvent faire l'objet d'une transformation. Les éléments d'état "Inacceptable" étant renvoyés à l'entité émettrice pour amélioration et réémission. Aussi, le nombre de sommets du graphe d'états correspondant au MS-USI (Figure 2) associé est donc de huit, répartis en un sommet d'entrée, six sommets correspondant aux six états issus de la synthèse des hétérogénéités de l'ontologie d'entrée dont un sommet puits correspondant à l'état "Inacceptable" et cinq sommets d'amélioration associés aux autres états et un sommet de sortie représentants l'ensemble des états issue de la synthèse des hétérogénéités de l'ontologie de sortie.

4.3 Risques associés aux activités d'interopération

Les ontologies des activités en collaboration évoluant dans le temps, peuvent entraîner une perte d'alignement avec les ontologies utilisées lors de l'élaboration ou de la formation des ressources d'interopération d'un USI.

Aussi, à l'exception de ceux reçus dans l'état "Inacceptable", tous les documents reçus subissent deux types de transformation. La première est effectuée suite à la réconciliation amont concernant la mise en conformité par rapport à l'ontologie de l'activité émettrice. La seconde est effectuée lors de la réconciliation aval qui concerne les transformations ontologiques en vue de mettre en conformité le document avec l'ontologie du métier de l'activité réceptrice. Cette perte d'alignement peut entraîner lors des réconciliations sémantiques un rapprochement entre des concepts positionnés à des distances plus ou moins éloignées et donc causer des problèmes d'interprétation. A chaque transformation, les ressources d'interopération prennent donc un certain risque de rejet des documents transformés, par l'activité "métier" concernée, dû à un problème d'interprétation. L'ensemble des valeurs de risque affectées aux arcs vérifie les conditions suivantes :

- $\forall s_i \in S - \{s_0\}, rq_i^s < rq_{i+1}^s$ pour tout $i = 1, \dots, n - 1$.

Le risque de transformation, pour la partie "Métier" de l'entité réceptrice, d'un document à partir de deux états distincts est plus élevé si cette transformation est réalisée depuis l'état le plus faible. Ce risque est donc maximum quand le document produit est issu d'une transformation ontologique d'un document reçu par le MS-USI dans l'état "Limite". Il est moindre s'il provient d'un document reçu par le MS-USI dans l'état "Excellent".

- $\forall s_i \in S - \{s_0\}, rq_e^i > rq_e^{i+1}$ pour tout $i = 1, \dots, n - 1$.

Le risque d'identifier un document reçu dans un état plutôt que dans un autre état est plus élevé pour l'état le moins bon. Ce risque est donc maximum quand l'USI identifie l'état du document reçu comme étant "Limite". Il est moindre si l'état du document reçu par l'USI est jugé dans un état "Excellent".

- $\forall s_i \in S - \{s_0\}, rq_i^j < rq_i^{j+1} \forall j = i, \dots, n - 1$

Etant donné un document reçu identifié dans un état donné, le risque d'améliorer son état dépend de l'état cible dans lequel on souhaite l'améliorer. Plus l'état cible est distant de l'état initial plus le risque est élevé. Le risque d'amélioration est maximum si la cible est l'état "Excellent".

4.4 Modèle d'une activité de collaboration

L'activité de collaboration débute par une étape d'interopération dont le rôle principal est de mettre en conformité l'information reçue (Figure 3). Elle se termine par la réalisation du métier. L'information reçue peut être issue d'une activité amont du même processus (Doc T), d'une activité amont d'un autre processus (Doc E_k) ou produite par l'activité considérée et en retour d'une activité aval d'un autre processus (Doc S_j). Les indices associés aux documents renseignent sur le nombre de réémissions.

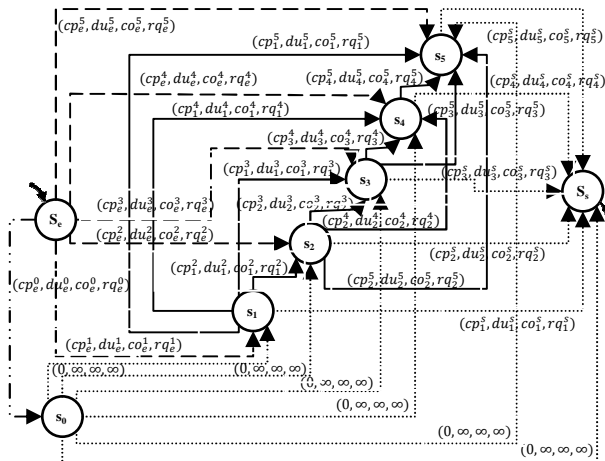


Figure 2 : Graphe de comportement G composante d'un MS-USI

L'étape d'interopération nécessite d'abord une identification des informations reçues afin de déterminer leur provenance et leur état. Elle se poursuit par une étape de transformation réalisée par le module MS-USI, si l'information est de type Doc E_k et que son état est jugé convenable.

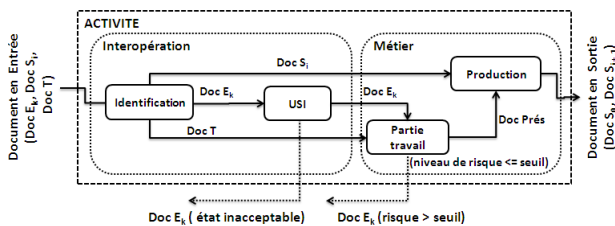


Figure 3 : Modèle d'une activité de collaboration

Dans le cas contraire Doc E_k est jugée "Inacceptable" où l'information est renvoyée à l'activité de collaboration amont afin qu'elle soit améliorée. Les informations provenant d'une activité de collaboration située en aval (Doc S_i) correspondent à des données ou des documents produits par l'activité décrite mais jugés dans un état non convenable par l'activité de collaboration en aval ou ayant causés un défaut de réalisation du métier. Ces informations (Doc S_i) sont envoyées au métier afin qu'elles soient améliorées par le module Production et renvoyées à l'activité de collaboration en aval avec un numéro de réémission supérieur (Doc S_{i+1}). Les éléments transformés (Doc E_k) issus du module MS-USI sont envoyés au module Métier, avec un niveau de risque, où ils débutent le processus associé. Ce niveau de risque dépend du cheminement des documents dans le graphe associé au module USI. La mise en œuvre de cette activité nécessite l'utilisation d'un seuil de risque qui peut être alloué aléatoirement ou fixé en fonction des compétences du MS-USI. Le seuil de risque permet d'identifier les documents ou données traités par le MS-USI et qui peuvent mener à bien le processus métier. Les documents dont le niveau de risque est supérieur au seuil de risque ne peuvent poursuivre le processus métier. Si ce dernier n'arrive pas à terme, les éléments d'information sont renvoyés à l'activité de collaboration

en amont afin qu'ils soient améliorés. Dans le cas contraire, les résultats sont envoyés au module Production afin qu'il génère des nouveaux éléments d'information (Doc S₀) en conformité avec le format et l'ontologie du processus métier. Nous prenons comme hypothèse dans ce modèle que les éléments d'informations de type (Doc T) issues d'une activité d'un même processus sont basés sur la même ontologie et le même format. Ils sont parfaitement compréhensibles par l'activité métier et ne nécessitent aucune transformation par le module MS-USI.

5 ELABORATION D'UN MODELE GLOBAL DE SIMULATION

La méthodologie proposée pour l'élaboration d'un modèle global de simulation nécessite six étapes (Figure 4). Au cours de la première étape, une modélisation de haut niveau de type GRAI (Doumeingts, 1984) et indépendante des deux entreprises partenaires dans la collaboration point à point est effectuée. Elle a pour objectif, d'identifier leurs processus et leurs activités métiers, les ressources requises par ces dernières, les indicateurs de performances et leurs objectifs, les variables de décision métiers associées impactant ces processus ainsi que leur domaine de variation. La deuxième étape consiste à établir, à partir des deux modèles obtenus à l'étape précédente, le modèle de haut niveau de la collaboration. Il s'agit d'identifier, les activités métiers en interopération et leurs ressources, les indicateurs de performance d'interopération avec les objectifs associés, les variables de décision d'interopération ainsi que leur domaine de variation. La troisième étape concerne l'identification des relations entre les variables de décision métiers et les variables de décision d'interopération. L'étape suivante concerne la génération des modèles BPMN (Business Processing Modelling Notation) des processus métiers significatifs de chaque partenaire à partir des modélisations de haut niveau. La cinquième étape concerne la création de modèles de simulation soit par transformation des modèles BPMN élaborés à l'étape précédente ou par instanciation à partir des modèles génériques de simulation d'interopération, des modèles de simulation pour toutes les activités d'interopération significatives identifiées à l'étape 2. Cette étape se termine par une implantation des variables de décision métiers et d'interopération ainsi que des indicateurs de performance. La dernière étape consiste à fusionner les différents modèles de simulation construits dans les étapes précédentes en un modèle global de simulation et à établir dans ce dernier les liaisons entre les variables d'interopération et les variables métiers.

La modélisation et la gestion des processus métiers sont aujourd'hui de plus en plus complexes. Des environnements adaptés de modélisation et/ou de simulation de processus BPMN tels que «TIBCO Business Studio»², «BonitaSoft»³,

² www.tibco.com

«e-Clarus»⁴ sont aujourd'hui proposés.

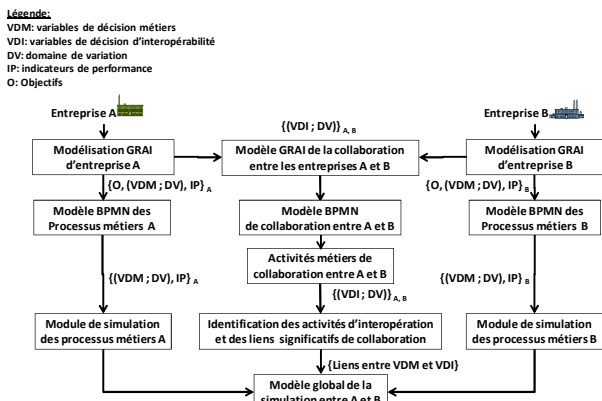


Figure 4 : Méthodologie d'élaboration du modèle global de simulation

Cependant, ils ne permettent pas d'éliminer l'étape de transformation des modèles BPMN en modèles de simulation car ils ne peuvent pas simuler simultanément plusieurs processus en collaboration. Certains d'entre eux proposent un ensemble limité d'indicateurs de performance prédéfinis insuffisant pour juger de l'impact des variables d'interopération, avec une impossibilité d'en rajouter. Bien que l'effort de modélisation des processus BPMN soit plus important avec des environnements classiques de simulation tels que «Witness»⁵, «Arena»⁶, ils donnent des possibilités d'exécution de processus en parallèle, de création et de description de toutes les variables et de tous indicateurs de performance souhaités. L'illustration proposée dans le paragraphe suivant concerne la mise en œuvre de Witness, logiciel de simulation de flux commercialisé par Lanner Group.

6 APPLICATION

Le modèle MS-USI a été étudié dans le cadre du projet ISTA3. Nous l'illustrons ici sur un cas de collaboration tiré du domaine industriel. Cette collaboration met en jeu deux types d'acteurs d'une même entreprise : les évaluateurs des produits réalisés dans le service de production et deux salariés du service qualité qui rassemblent, analysent et valident les résultats. Après la fabrication de pièces unitaires ou de petites séries, les évaluations sont transmises au service qualité qui doit valider les résultats et les expédier pour l'exploitation par d'autres services. L'application à notre cas d'étude, des quatre premières étapes de la méthodologie d'élaboration du modèle global de la simulation a abouti aux processus métiers de la collaboration (Figure 5), où l'on identifie aisément les activités de collaboration "Editer les évaluations" coté évaluateur et "Saisir les évaluations" coté service qualité.

Suite à l'étape cinq, le modèle de simulation obtenu est donné à la figure 6. Dans cette configuration, le module USI de l'activité "Editer les évaluations" n'est pas utilisé.

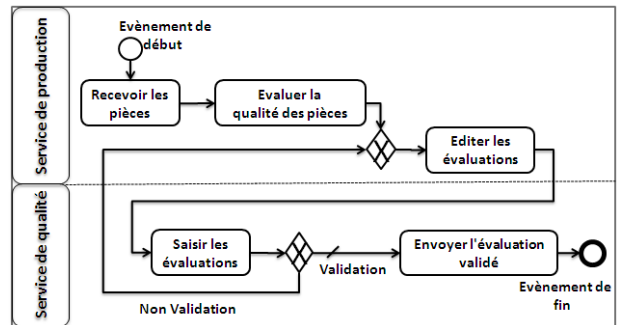


Figure 5 : Processus BPMN de la collaboration

Cela est dû à l'origine des informations qu'elle reçoit qui proviennent soit de l'activité "Evaluer la qualité des pièces" du même processus ou du processus aval suite à une mauvaise interprétation du métier associé à l'activité "Saisir les évaluations". Revenant des informations en provenance de l'activité "Editer les évaluations" du processus "service de production", le module USI de l'activité "Saisir les évaluations" s'appuie sur des ressources d'interopération dont des exemples de graphes de comportement sont donnés à la figure 10.

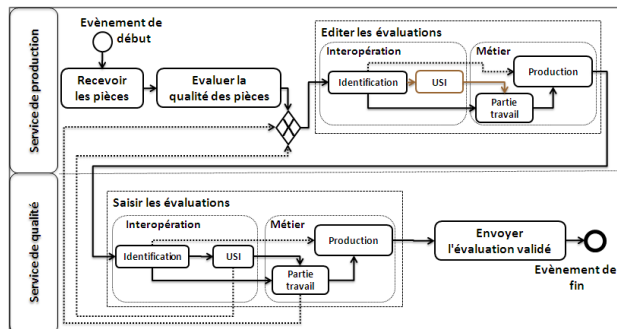


Figure 6. Intégration des activités de collaboration dans les processus

Les données et les documents échangés entre les évaluateurs et le service qualité sont sous l'une des deux formes suivantes : fichier Excel, et document papier. Les données reçues par le service qualité sous forme de fichier Excel peuvent présenter certaines anomalies telles que des mentions manquantes, des problèmes d'erreur de code de désignation, etc. Le document papier reçu peut présenter de plus un manque de lisibilité. Certaines de ces anomalies peuvent être corrigées soit directement par le service qualité, soit après un contact téléphonique de l'évaluateur concerné. En cas d'anomalies non corrigées détectées par service qualité, le document, muni d'une mention explicative, est renvoyé à l'évaluateur concerné pour correction. Les données reçues sous forme papier sont intégrées une à une par le service qualité. Celles reçues sous forme de fichier Excel peuvent faire l'objet d'une procédure d'intégration globale et automatique par le service qualité dans le

³ www.bonitasoft.org

⁴ www.eclarus.com

⁵ www.lanner.com

⁶ www.arenasimulation.com

système d'information quand elles ne présentent pas d'anomalie. Le support fichier Excel présentant moins de problème et chaque évaluateur ayant ses pratiques (fichier Excel, Document papier), il convient d'étudier l'influence d'une évolution de la proportion d'évaluateurs utilisant des fichiers Excel sur l'interopérabilité de la collaboration et donc d'influer sur le comportement des évaluateurs. Le "comportement des évaluateurs" sera notre variable d'interopération. Les indicateurs de performance d'interopération concernent le nombre de fois qu'un document est renvoyé à l'évaluateur avant l'intégration complète des évaluations dans le système d'information, ainsi que les temps d'interopération nécessaires avant qu'un document puissent être saisi par les employés. Les indicateurs de performance métiers pour le service qualité renseignent sur le temps de cycle pour qu'un document soit prêt à être expédié aux autres services. Les indicateurs de performance métiers pour les évaluateurs sont le nombre de sollicitations pour correction par le service qualité, et le temps passé pour la correction de documents.

Dans la configuration étudiée, 300 produits ont été évalués par 200 évaluateurs. La répartition des produits à évaluer entre les évaluateurs, les quantités par produit, le nombre d'anomalies dans les fichiers, ainsi que le nombre de corrections réalisées après le retour d'un fichier par l'évaluateur concerné, sont attribués de manière aléatoire. Le modèle a été exécuté dans un premier temps sans aucune modification du comportement des évaluateurs. Les résultats enregistrés pour les indicateurs de performances d'interopération et métiers sont : un nombre de réémissions de 175, d'améliorations de 2271, un temps d'interopération de 65,40 u.t. et un temps cycle de 76,90 u.t.

6.1 Influence des variables d'interopération sur les processus métiers

Les pratiques des évaluateurs sont plus ou moins difficiles à changer. Aussi, pour chaque évaluateur, un niveau de réticence est défini. Il indique la difficulté avec laquelle on va pouvoir lui faire changer de comportement. Plus le niveau de réticence est élevé plus il est difficile de lui faire envoyer ses évaluations via des fichiers Excel. Pour les inciter à privilégier plutôt l'envoi de fichiers Excel, des démarches de sensibilisation sont effectuées. On estime que le niveau de réticence d'un évaluateur i évolue en fonction du nombre n de démarches de sensibilisation suivies selon la relation : $NR_i(n) = \alpha_0 \cdot e^{-\beta \cdot n} + \alpha_1$ où α_0 est le niveau de réticence de l'évaluateur i avant toute démarche de sensibilisation, α_1 la limite inférieure du niveau de réticence de l'évaluateur i , au-delà de laquelle les démarches de sensibilisation n'ont plus aucun effet, et β est un coefficient lié à la vitesse de réceptivité de l'évaluateur i . Pour la simulation, les valeurs α_0 , α_1 et β sont affectées de manière aléatoire à chaque évaluateur. Pour chaque valeur possible n du nombre de démarches de sensibilisation, nous définissons un niveau de persuasion qui permet d'identifier l'ensemble des

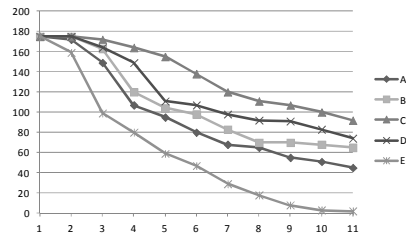
évaluateurs qui ont changés de comportement selon la relation : $NP_\tau^k(n) = k(1 - e^{-\frac{n}{\tau}})$, où k est le niveau de persuasion maximum pouvant être atteint et τ le taux de persuasion. Plus le taux est faible plus la vitesse de persuasion est élevée. Pour un nombre de démarches de sensibilisation n , tout évaluateur i ayant un niveau de réticence $NR_i(n) \leq NP_\tau^k(n)$ est un évaluateur dont la pratique a évolué.

La qualité d'une fonction de persuasion dépend du niveau maximum de persuasion pouvant être atteint et de la vitesse à laquelle ce niveau peut être atteint. Soient $k1$ et $k2$ deux niveaux maximums de persuasion possibles et $\tau1$ et $\tau2$ deux valeurs possibles de taux de persuasion vérifiant $k1 < k2$ et $\tau1 < \tau2$. La fonction $NP_{\tau1}^{k1}$ est meilleure que la fonction $NP_{\tau1}^{k2}$ car elle atteint le niveau maximum de persuasion plus rapidement. Elle permet de faire évoluer plus rapidement le comportement des mêmes évaluateurs. La fonction $NP_{\tau1}^{k2}$ est meilleure que la fonction $NP_{\tau1}^{k1}$ car elle atteint à la même vitesse un niveau maximum de persuasion plus élevé. Elle peut faire évoluer le comportement de plus d'évaluateurs après le même nombre de démarches de sensibilisation. La fonction $NP_{\tau1}^{k2}$ est meilleure que la fonction $NP_{\tau2}^{k1}$ car elle atteint un niveau maximum de persuasion plus élevé avec une vitesse plus élevée. Elle peut faire évoluer les pratiques de plus d'évaluateurs et plus rapidement. La fonction $NP_{\tau2}^{k2}$ atteint un niveau maximum de persuasion plus élevé mais avec une vitesse plus lente que la fonction $NP_{\tau1}^{k1}$. Dans ce cas, le classement des deux fonctions dépend de la différence entre les deux vitesses associées aux taux de persuasion $\tau1$ et $\tau2$. Si elles sont très proches alors la fonction $NP_{\tau2}^{k2}$ est meilleure que la fonction $NP_{\tau1}^{k1}$. Dans le cas contraire la fonction $NP_{\tau1}^{k1}$ est meilleure que la fonction $NP_{\tau2}^{k2}$ car l'effort à accomplir (nombre de démarches de sensibilisation) pour enregistrer un gain peut être trop important.

La fonction de persuasion a donc une influence sur la variable d'interopération "comportement des évaluateurs" et donc sur les proportions des différents types de documents reçus par les salariés du service qualité ainsi que sur le nombre maximum de démarches de sensibilisation nécessaires. Pour savoir la fonction de persuasion à mettre en œuvre pour changer le comportement du maximum d'évaluateurs possible avec un minimum de démarches de sensibilisation, il faut identifier les valeurs k et τ les plus appropriées. Ces paramètres permettent de caractériser notre variable d'interopération.

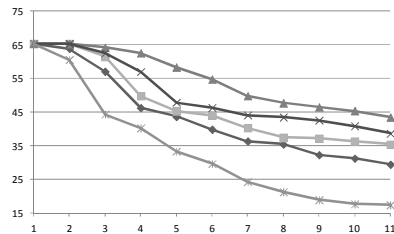
Le modèle a été exécuté sur 5 jeux d'essai caractérisés par un couple (k, τ) représentant les paramètres des campagnes de persuasion mises en œuvre : A = (11,70 ; 22,93) ; B = (10,34 ; 23,34) ; C = (7,21 ; 22,17) ; D = (8,49 ; 20,52) ; E = (14,13 ; 19,02). Générées de manière aléatoire, les courbes de réticence des évaluateurs sont communes aux cinq jeux d'essai. Du fait du caractère aléatoire de certaines données du modèle, plusieurs simulations ont été réalisées pour chaque couple distinct (fonction de persuasion, nombre de démarches de sensibilisation). La figure 7 présente la moyenne des

résultats obtenus pour chaque simulation. De manière générale, les résultats obtenus montrent, qu'à mesure que le nombre de démarches de sensibilisation augmente, d'abord une diminution des différents indicateurs d'interopération et métiers, puis une quasi-stabilisation. A mesure que l'on incite les évaluateurs à changer de



a) Nombre de réémissions

comportement et à adopter les fichiers Excel, on observe une diminution du nombre de réémissions, du nombre de corrections par les évaluateurs, une diminution des temps d'interopération et temps de cycle et donc un gain en interopérabilité.

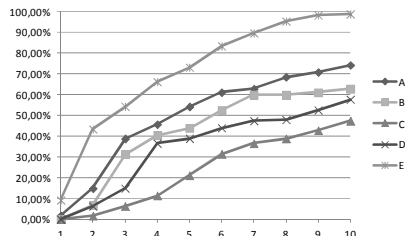


b) Temps d'interopération

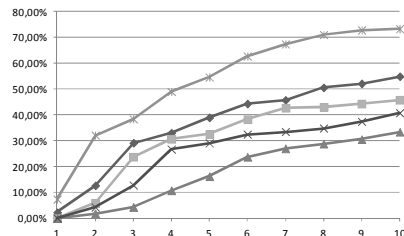
Figure 7 : Evolution d'indicateurs d'interopération en fonction du nombre de démarches de sensibilisation

Cela confirme globalement l'intérêt de réaliser une campagne de sensibilisation et donc de mettre en place un moyen d'échange plus interopérable. L'influence de la fonction de persuasion est cependant primordiale.

En effet, plus cette fonction est de qualité au sens défini au paragraphe 6.1, plus le nombre de changements de comportement est important et moins de démarches de sensibilisation seront nécessaires (Figure 8).



a) Gain pour le nombre de réémissions



b) Gain pour le temps d'interopération

Figure 8 : Evolution des gains en fonction du nombre de démarches de sensibilisation

6.2 Management de l'interopérabilité

Le management de l'interopérabilité est possible dès lors qu'un outil de simulation permet de définir le paramétrage d'une stratégie. Il est possible de savoir si l'on doit mettre en œuvre la fonction de qualité optimale pour obtenir les meilleurs résultats compte tenu de l'évolution de la réticence d'un ensemble d'évaluateurs donné. L'outil montre si la fonction de persuasion la moins coûteuse conduit à un maximum de changements de pratiques pour le moins de démarches de sensibilisation.

Nous associons une fonction de coût à chaque fonction de persuasion définie de telle façon que plus la qualité de la fonction de persuasion est bonne plus elle est coûteuse. Etant donné une fonction de persuasion NP_{τ}^k , on associe la fonction $C(NP_{\tau}^k) = \gamma \cdot c_k + \delta \cdot c_{\tau}$ évaluant le coût unitaire d'une démarche de sensibilisation où c_k est le coût du niveau k de persuasion et c_{τ} le coût de la vitesse associée au taux τ de persuasion avec les coefficients $\gamma + \delta = 1$ et $\gamma > \delta$. Nous estimons que le nombre d'évaluateurs qui potentiellement peuvent changer de comportement a plus d'importance que la vitesse à laquelle ils peuvent changer de comportement. Le coût $c_k = (k - k_{min}) / (k_{max} - k_{min})$ est évalué proportionnellement entre le niveau de persuasion k_{min} le plus bas pouvant être atteint et le niveau le plus

haut k_{max} . Le coût $c_{\tau} = (\tau_{max} - \tau) / (\tau_{max} - \tau_{min})$ du taux de la fonction de persuasion est également évalué proportionnellement entre le taux de persuasion τ_{min} le plus bas possible et le taux le plus haut τ_{max} .

Sur la figure 9, il est possible de réaliser un arbitrage niveau-coût de persuasion en fonction du nombre de démarches de sensibilisation. Le modèle a été exécuté sur 5 autres jeux d'essai caractérisés par un couple (k, τ) représentant les paramètres des campagnes de persuasion mises en œuvre : F = (10,85 ; 21,50) ; G = (11,70 ; 22,93) ; H = (8,04 ; 5,70) ; I = (14,13 ; 19,02) ; J = (12,79 ; 14,12). Jusqu'à 4 démarches, la fonction associée à la campagne H est satisfaisante. De plus, son nombre de réémissions est moindre. Entre 4 et 8 démarches la campagne J est acceptable pour les mêmes raisons. Au delà de 8 démarches la campagne I doit être retenue pour ces bonnes valeurs d'indicateurs d'interopération. Lors de l'activité "Saisir des évaluations" les deux employés du service qualité effectuent d'abord une phase d'analyse, correspondante à la phase d'interopération, dans laquelle ils évaluent l'état du document, réalisent les corrections possibles ou renvoient le document à l'évaluateur concerné. Les deux employés sont les ressources d'interopération de cette activité de collaboration. Les graphes de la figure 9 représentent les modèles simulables associés au fonctionnement des deux employés du service qualité

lors de la phase d'interopération. Seuls sont représentés les arcs ayant un degré de compétence positif. Les employés ont des aptitudes pour améliorer les documents reçus mais par étape. Depuis un état donné, elles

peuvent, en prenant un certain risque, aussi transformer un document en vue de le rendre compréhensible par l'activité "Saisir des évaluations" (Figure 10).

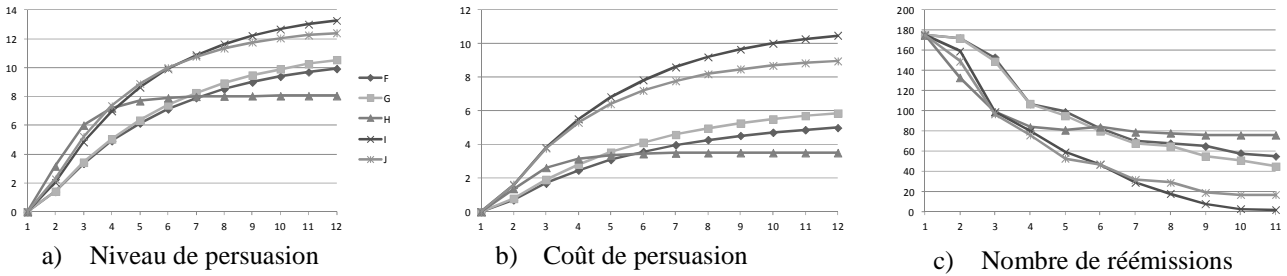


Figure 9 : Niveau, coût et nombre de réémissions en fonction du nombre de démarches de sensibilisation

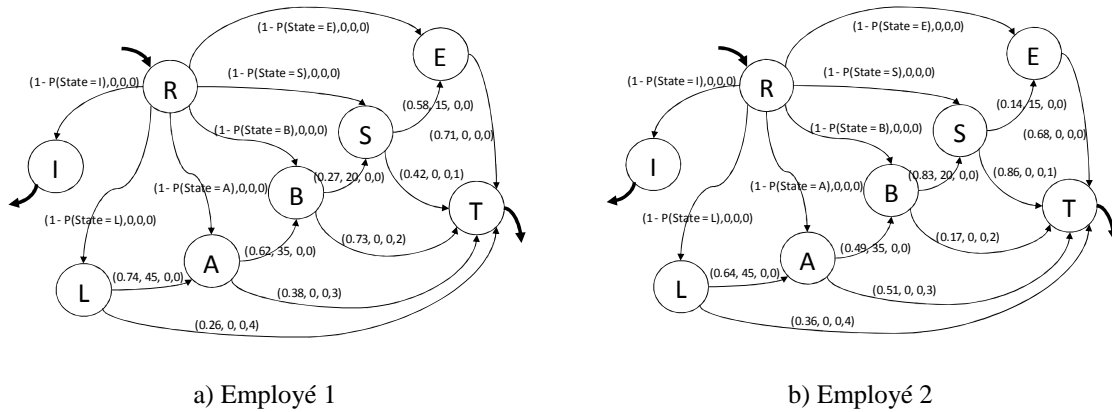


Figure 10 : Graphes de comportement des employés associés à l'activité "Saisir les évaluations"

Compte tenu des valeurs de compétence inscrites sur les différents arcs, un document reçu dans l'état "Limite" sera amélioré par l'employée 1 jusqu'à ce qu'il soit dans l'état "Bon". Il sera ensuite mis en conformité selon l'ontologie de l'activité métier à partir de cet état avec un risque de niveau 2. Un document reçu dans l'état "Limite" par l'employé 2 sera amélioré par celui-ci jusqu'à ce qu'il soit dans l'état "Acceptable", puis il sera mis en conformité selon l'ontologie de l'activité métier avec un risque de niveau 3. Un document reçu dans l'état "Satisfaisant" sera amélioré par l'employé 1 jusqu'à ce qu'il soit dans l'état "Excellent". Il sera ensuite mis en conformité selon l'ontologie de l'activité métier à partir de cet état avec un risque de niveau 0. Un document reçu dans l'état "Satisfaisant" ne sera pas amélioré par l'employé 2. Il sera mis en conformité selon l'ontologie de l'activité métier à partir de l'état " Satisfaisant " avec un risque de niveau 1.

tandis que $(LA, \overline{AB}, BS, SE)$ signifie que la ressource ne dispose de la compétence lui permettant de transformer un document de l'état "Acceptable" à l'état "Bon". Les configurations ont été simulées sur le même jeu d'essai pour les différentes fonctions de persuasion.

D'autres paramètres du management sont relatifs à l'influence du niveau d'interopérabilité des ressources d'interopération sur l'interopérabilité de la collaboration. De même, il est important de déterminer le niveau d'interopérabilité des ressources d'interopération garantissant un niveau donné d'interopérabilité de la collaboration. Aussi 16 simulations ont été réalisées sur le même jeu d'essai. Ces simulations sont identifiées par le niveau d'interopérabilité des ressources défini par un quadruplet où chaque terme indique si la ressource dispose ou pas de la compétence. Ainsi (LA, AB, BS, SE) signifie que la ressource possède toutes les compétences

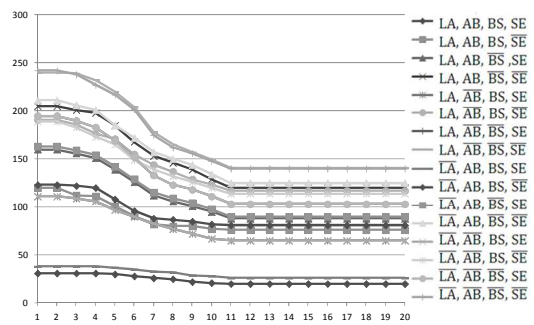


Figure 11 : Nombre de réémissions pour 16 configurations en fonction du nombre de démarches de sensibilisation

Les courbes de la figure 11 présentent les résultats obtenus pour la fonction $C = (7,21 ; 22,17)$. L'analyse du nombre de réémissions montre un regroupement deux à deux des 16 configurations (LA, X, Y, Z) et $(\overline{LA}, X, Y, Z) \forall X, Y, Z$, indiquant le peu d'influence de la compétence d'amélioration pour passer de l'état "Limite" à l'état "Acceptable". Les meilleurs résultats en terme de nombre de réémissions sont attendus pour les configurations (LA, AB, BS, SE) et $(\overline{LA}, AB, BS, SE)$.

7 CONCLUSION

Cet article a présenté un modèle simulable d'utilitaires de service en interopérabilité de 3^e génération, une méthode pour son encapsulation dans la modélisation d'une activité de collaboration ainsi qu'une méthodologie pour l'élaboration d'un modèle global de simulation dans le cadre d'un processus de collaboration. Les différents développements ont été illustrés sur un exemple issu d'un cas industriel sur lequel nous montrons l'apport du modèle simulable, pour une configuration donnée des ressources d'interopération, pour l'évaluation de l'impact des paramètres d'interopérabilité sur les performances des processus métiers de partenaires dans une collaboration point à point. Les perspectives à court terme de ce travail concernent l'étude de l'influence de la maturité des ressources d'interopération pour surmonter les barrières d'interopérabilité.

REFERENCES

- ATHENA Integrated Project, 2007. *Guidelines and Best Practices for Applying the ATHENA Interoperability Framework to Support SME Participation in Digital Ecosystems*, deliverable DA8.2.
- Bañina, S., H. Panetto, and G.A. Morel, 2005. A Holonic approach for application interoperability in manufacturing systems environment. *In Proc. of the 16th IFAC World Congress*, Prague.
- Blanc, S., Y. Ducq, and B. Vallespir, 2007. Evolution management towards interoperable supply chains using performance measurement. *4th International Workshop on Performance Measurement, Implementation of Performance Measurement Systems for Supply Chains*, Bordeaux, France, p. 720-732.
- C4ISR , Architecture Working Group (AWG), 1998. Levels of Information Systems Interoperability (LISI). *C4ISR Interoperability Working Group*, Department of Defense, Washington, DC, USA.
- Clark T., and R. Jones, 1999. Organisational Interoperability Maturity Model for C2. *In Proceedings of the Command And Control Research And Technology Symposium (CCRTS)*, Newport, RI, USA.
- Daclin, N., D. Chen, and B. Vallespir, 2006. Enterprise interoperability measurement – Basic concepts. *In proceedings of 3rd Workshop on Enterprise Modeling and Ontologies for Interoperability (EMOI 2006)*, Luxembourg, Luxembourg.
- Doumeingts G., 1984. La méthode GRAI, *Thèse d'état*, Université de Bordeaux I.
- Ducq, Y., 2007. Évaluation de la performance d'entreprise par les modèles. *HDR*, Bordeaux, Université Bordeaux I.
- EIF, European Interoperability Framework for PAN-European e-Government services, 2004. *IDA working document*, version 4.2.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1990. *IEEE standard computer dictionary: a compilation of IEEE standard computer glossaries*, New York, USA.
- INTEROP, 2007. Enterprise Interoperability-Framework and knowledge corpus. *INTEROP NoE, FP6*, Final Report, contract No. 508011, deliverable DI.3.
- Ishak, K., B. Archimede, and P. Charbonnaud, 2008. Applicative architecture for interoperable distributed planning of multi-site projects. *Proceedings of the 5th International Conference on Digital Enterprise Technology*, Nantes, France, p. 193-209.
- Konstantas, D., J. P. Bourrières, M. Léonard, and N. Boudjlida, 2005. Interoperability of enterprise software and applications. *INTEROP-ESA'2005*, Springer-Verlag, Geneva, Switzerland.
- Kosanke, K., 2005. ISO Standards for Interoperability: a comparison. *INTEROP-ESA'05, Proceedings of the First International Conference on Interoperability of Enterprise Software and Applications (IFIP/ACM SIGAPP INTEROP-ESA'2005)*, Geneva, Switzerland.
- Kabak, Y., A. Dogac, C. Ocalan, S. Cimen, and G. B. Laleci, 2009. iSURF Semantic Interoperability Service Utility for Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment. *eChallenges Conference*. Istanbul, Turkey.
- NATO, 2003. NATO C3 Technical Architecture (NC3TA). *Allied Data Publication 34 (ADatP-34)*, version 4.0, obtainable via the NATO standard website: <http://www.nato.int/docu/standard.htm>
- Panetto, H., 2007. Towards a Classification Framework for Interoperability of Enterprise Applications. *International Journal of CIM*, Taylor & Francis, ISSN: 0951-192X, <http://www.tandf.co.uk/journals>
- Popplewell, K., N. Stojanovic, A. Abecker, D. Apostolou, G. Mentzas, and J. Harding, 2008. Supporting Adaptive Enterprise Collaboration through Semantic Knowledge Services. *In Proceedings of IESA, Enterprise Interoperability III*, Berlin, Germany, p. 381-393.
- Tolk, A. and J. A. Muguirra, 2003. The Levels of Conceptual Interoperability Model. *In Proceedings of the 2003 Fall Simulation Interoperability Workshop*, Orlando, Florida, USA.
- Zhang, Y., S. Liu, and Y. Jiao, 2008. An Interoperability Service Utility Platform for Automobile Supply Chain Management. *Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops, 12th*, Munich, Germany, p. 230-237.