



**HAL**  
open science

## **Pilotage de processus collaboratifs : Amélioration de l'interopérabilité**

Sihem Mallek, Nicolas Daclin, Vincent Chapurlat

► **To cite this version:**

Sihem Mallek, Nicolas Daclin, Vincent Chapurlat. Pilotage de processus collaboratifs : Amélioration de l'interopérabilité. Journées Management des Techniques Organisationnelles (MTO 2009), Oct 2009, Montpellier, France. pp.NC. <hal-00804308>

**HAL Id: hal-00804308**

**<https://hal.science/hal-00804308v1>**

Submitted on 20 Jun 2023

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

# Pilotage de processus collaboratifs : amélioration de l'interopérabilité

Sihem Mallek, Nicolas Daclin, Vincent Chapurlat

Laboratoire de Génie Informatique et d'Ingénierie de Production - LGI2P - site EERIE de l'Ecole des Mines d'Alès, Parc Scientifique Georges Besse, F30035 Nîmes cedex 5, France  
Email : [Sihem.Mallek@ema.fr](mailto:Sihem.Mallek@ema.fr), [Nicolas.Daclin@ema.fr](mailto:Nicolas.Daclin@ema.fr), [Vincent.Chapurlat@ema.fr](mailto:Vincent.Chapurlat@ema.fr)

**Résumé :** Cet article vise à présenter une Approche Anticipative Dirigée par les Effets (AADE) de l'interopérabilité pour aider les entreprises impliqués dans des processus collaboratifs à améliorer leur habilité à interopérer avant leur mise en œuvre. L'interopérabilité revêt donc un enjeu important en industrie et peut être vue comme le principal frein à un travail collaboratif. Effectivement, l'interopérabilité caractérise la capacité de tous les éléments impliqués dans un processus collaboratif à échanger et interagir ensemble en maximisant leurs performances. Le but de ces travaux de recherche de détecter de manière anticipative les possibles effets (désirés, non désirés, bons, néfastes ou insuffisants) causés par le manque d'interopérabilité, d'évaluer leur impact et, de développer des actions correctives. Cet article se concentre essentiellement sur la formulation et la formalisation des exigences d'interopérabilité que le processus collaboratif doit satisfaire pour assurer une collaboration efficace.

**Mots clés :** Processus collaboratif; interopérabilité; exigences d'interopérabilité; preuve

## 1. Introduction

De nos jours, la collaboration est développée au sein de plusieurs systèmes tels que les systèmes de santé, les systèmes de gestion de crise, les systèmes industriels... et en particulier, dans l'efficacité de leur processus collaboratifs. Effectivement, plusieurs services (ressources, acteurs, organisations, ...) doivent travailler ensemble pour les besoins d'une mission ou d'un projet commun. Pour une collaboration efficace entre ses services, leur synchronisation et leur coordination doivent être garanties, ainsi que leur habilité et capacité à interagir tout au long du processus collaboratif sans perte de performance. Depuis quelques années, l'amélioration de l'interopérabilité est devenue un enjeu majeur pour assurer la collaboration. L'interopérabilité est définie dans (IDEAS, 2003) par : « la capacité d'interaction entre les applications d'une entreprise à trois niveaux : données, application et processus ». En effet, l'amélioration de l'interopérabilité, et de ce fait, l'interaction entre les services travaillant ensemble, va faire que la collaboration entre les services sera améliorée à son tour.

Les travaux de recherches présentés dans cet article proposent le développement de concepts, mécanismes de raisonnement et d'une approche méthodologique pour caractériser, détecter et anticiper les effets possibles de la non-interopérabilité sur les processus collaboratifs. Ces effets seront identifiés à travers la vérification d'un ensemble d'exigences d'interopérabilité préalablement définies.

Cet article s'organise autour de la méthodologie proposée pour l'obtention de l'Approche Anticipative Dirigée par les Effets (AADE) de l'interopérabilité. Les différentes étapes de la méthodologie seront présentées et développées. Enfin, une conclusion et les perspectives envisagées seront présentées à la fin de cet article.

## 2. Problématique et positionnement

La collaboration entre les entreprises implique une relation durable et omniprésente à l'engagement d'une mission commune (Kvan, 2000). Cette collaboration peut être entre plusieurs services de différentes entreprises formant de ce fait un processus collaboratif. Un processus collaboratif peut être défini comme : « *un processus dont les activités appartiennent à différentes organisations* » (Aubert *et al.*, 2002). Ce genre de processus évoque la notion de collaboration classique c'est-à-dire l'interaction entre acteurs pour accomplir un projet. La réalisation de ce projet dépend de la synchronisation des acteurs, la simultanéité ou du parallélisme des activités *etc.* Dans un contexte industriel, cette interaction peut être matérialisée par des flux de différentes natures : données, informations, connaissances, produits, énergies ou finances. Les processus collaboratifs représentent, de nos jours, une nouvelle vision de l'organisation supportant une nouvelle approche de travail collaboratif. Les résultats de ce travail collaboratif sont influencés par l'interopérabilité au sein du processus collaboratif.

La complexité des services ou des entreprises impliqués dans un processus, la complexité induite par l'interaction entre ces services doit être analysée pour rechercher des dysfonctionnements, des mauvaises allocations de ressources, des délais non respectés, des risques de pertes de performances au cours de la collaboration. L'objectif de cet article, est d'aider ces entreprises à détecter les problèmes de l'interopérabilité en couvrant les besoins suivants :

- Cette analyse doit être guidée. Une définition claire des problèmes de l'interopérabilité entre les différents services interagissant ainsi que l'établissement d'un référentiel d'exigences d'interopérabilité sont donc indispensables.
- Cette analyse s'appuie sur le modèle du processus collaboratif pour anticiper les problèmes de l'interopérabilité avant leur mise en œuvre. Cette modélisation est effectuée à l'aide de cadre et de langage de modélisation. Cependant, ils n'intègrent pas les dimensions d'interopérabilité c'est pourquoi ils doivent être enrichis en prenant en considération les problèmes de l'interopérabilité.
- Cette analyse doit être automatisée. Il s'agit de développer et d'appliquer des mécanismes de raisonnement pour vérifier si les exigences sont respectées tout au long du processus collaboratif.
- Cette analyse doit être réalisée d'une manière anticipative pour réduire les risques, les pertes de performance ...

Pour ce faire, une Approche Anticipative Dirigée par les Effets est proposée réalisant les quatre besoins identifiés et définis précédemment pour anticiper les possibles effets (désirés, non désirés, bon ou néfastes) de la non-interopérabilité et de développer des actions correctives. Les résultats attendus pour le développement de cette approche sont les suivants :

- Formuler puis formaliser les exigences de l'interopérabilité : le résultat est un référentiel d'exigences d'interopérabilité qui doivent être satisfaites par les processus collaboratifs. Ces exigences doivent ensuite être formalisées par le biais d'un langage formel en propriétés pour permettre la vérification.
- Modéliser le processus collaboratif en prenant en considération les exigences de l'interopérabilité.
- Prouver le processus collaboratif en vérifiant les exigences de l'interopérabilité pour détecter le manque d'interopérabilité. Des techniques de vérification formelles sont utilisées à cet effet ainsi que la simulation.

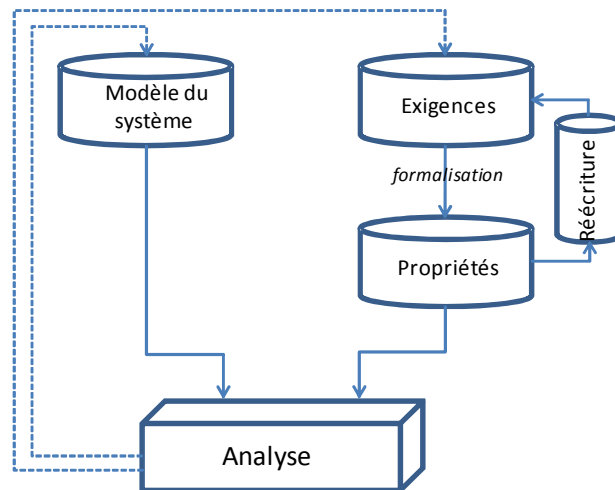


Figure 1 : Approche Anticipative Dirigée par les Effets

Cet article se concentre sur la formulation et la formalisation des exigences de l'interopérabilité. La modélisation du processus collaboratif ainsi que l'analyse des exigences de l'interopérabilité seront brièvement présentés respectivement en section 4 et 5.

### 3. Les exigences d'interopérabilité

Pour identifier et structurer les différents aspects d'interopérabilité, plusieurs cadres d'interopérabilité ont été développés. En utilisant cette même approche, les exigences d'interopérabilité peuvent être, premièrement, clairement définies en prenant en considération les différents aspects d'interopérabilité, et deuxièmement, bien structurées en les positionnant dans le cadre d'interopérabilité.

#### a) Cadre d'interopérabilité

Dès que différents services sont interopérables, ils sont capables de collaborer efficacement. En effet, l'interopérabilité est un pré requis pour une collaboration efficace. Pour améliorer l'interopérabilité, différents aspects doivent être pris en considération (les problèmes d'interopérabilité, les approches d'interopérabilité ...). Pour structurer ces différents aspects, des cadres d'interopérabilité ont été développés (EIF, 2004; e-Government Unit, 2005). Dans le cadre d'interopérabilité des entreprises, le cadre développé dans (Chen *et al.*, 2007) propose de considérer deux aspects fondamentaux de l'interopérabilité, « les problèmes d'interopérabilité » et « les niveaux d'interopérabilité ».

Les problèmes d'interopérabilité sont liés aux incompatibilités qui empêchent l'échange et le partage de flux. Actuellement, trois catégories de problèmes d'interopérabilité ont été identifiées : les problèmes d'ordre conceptuel, technologique et organisationnel. Les problèmes conceptuels concernent les incompatibilités syntaxiques et sémantiques des flux échangés. Les problèmes technologiques sont concernés par l'incompatibilité des technologies de l'information (plateformes et application informatiques) pour communiquer et échanger des flux. Les problèmes organisationnels sont concernés par les incompatibilités de structure organisationnelle et des techniques de management implémentées.

Ces problèmes d'interopérabilité peuvent apparaître à différents niveaux de l'entreprise : données, services, processus et business. L'interopérabilité des données se réfère à faire opérer ensemble différentes données et à l'utilisation de différents langages de modélisation. L'interopérabilité des services permet d'identifier, composer et faire opérer ensemble

différentes applications ou fonctions d'entreprises en réseaux. L'interopérabilité des processus vise à faire travailler ensemble divers processus. Enfin, l'interopérabilité au niveau business se rapporte à l'harmonisation de l'organisation globale.

La figure suivante représente le cadre d'interopérabilité pour les entreprises avec ses deux dimensions de base : « les problèmes d'interopérabilité » et « les niveaux d'interopérabilité ».

Problèmes Niveaux	Conceptuel	Technologique	Organisationnel
Business			
Processus			
Service			
Données			

Figure 2 : Cadre d'interopérabilité

Plusieurs travaux basés sur ce cadre d'interopérabilité ont été développés pour la résolution des problèmes d'interopérabilité. Par exemple, dans (Daclin *et al.*, 2008) une matrice de compatibilité basée sur ce cadre d'interopérabilité a été développée pour mesurer la compatibilité et informer les entreprises de la présence ou pas d'éventuels problèmes d'interopérabilité. Cependant, les exigences d'interopérabilité n'ont pas été formalisées et ne sont donc pas exploitables.

### b) Les exigences d'interopérabilité

Le but est d'obtenir un référentiel d'exigences d'interopérabilité que les services ou les entreprises doivent satisfaire. Une exigence est définie comme « un énoncé qui prescrit une fonction, une aptitude ou une caractéristique à laquelle doit satisfaire un produit ou un système dans un contexte donné » (Scukanec *et al.*, 2008).

Des travaux liés à la formulation des exigences d'interopérabilité ont été entrepris dans (Blanc *et al.*, 2007) sous forme de règles. Cinq règles ont été identifiées. Cependant, ces règles restent génériques en plus de ne pas être structurées dans le cadre d'interopérabilité. Par conséquent, il est difficile de les intégrer et les utiliser pour une vérification formelle.

Classiquement, la formulation des exigences d'interopérabilité est liée à la notion de compatibilité des services. Cependant, il est nécessaire de noter que : « *deux services interopérables sont compatibles mais deux services compatibles ne sont pas nécessairement interopérables* » (Kasunic *et al.*, 2004). Par conséquent, les exigences liées à la compatibilité peuvent être considérées comme pas suffisantes à cause de leur aspect statique. Ils sont indépendants du temps et du comportement des services ou de l'environnement dans lequel les services sont interconnectés. Ainsi, l'habilité à interagir dépend non seulement de la compatibilité mais aussi du comportement des services et de l'environnement au niveau de l'interaction qui peuvent influencer l'efficacité de la collaboration. Ceci requiert donc de prendre en considération une seconde classe d'exigences d'interopérabilité liées à l'aspect dynamique de l'interaction qui sont appelées « exigences d'interopération ». En résumé les exigences d'interopérabilité peuvent être divisées en deux catégories :

Exigences d'interopérabilité = {exigences de compatibilité ; exigences d'interopération}

Ces deux catégories d'exigences d'interopérabilité vont être structurées selon le cadre d'interopérabilité présenté précédemment. Par exemple, au niveau des services, l'interopérabilité est liée, d'une part à l'interopération (moyens de transport, environnement ...), et d'autre part à la compatibilité entre le service fournisseur ( $S_1$ ) et le service demandeur ( $S_2$ ).

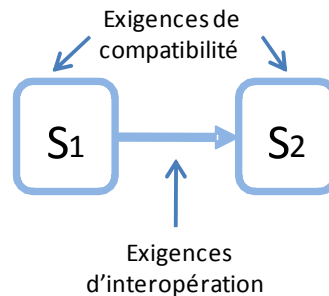


Figure 3 : Décomposition des exigences d'interopérabilité entre deux services.

Pour structurer, représenter et détailler les exigences d'interopérabilité, les concepts d'arbre causal ont été appliqués. Ces concepts permettent d'appliquer des mécanismes de raisonnement pour la vérification des exigences à l'aide de techniques de vérification.

L'arbre causal présenté ici est basé sur le cadre d'interopérabilité présenté précédemment. Le premier niveau de l'arbre représente les différents niveaux de l'interopérabilité (données, services, processus, business). Le second niveau représente les deux types d'exigences d'interopérabilité (compatibilité et interopération). Le troisième niveau représente les trois catégories de problèmes d'interopérabilité (conceptuels, technologiques et organisationnels). Enfin les derniers niveaux représentent les exigences d'interopérabilité qui peuvent induire à une perte d'interopérabilité si l'une d'entre elles n'est pas respectée. Cet arbre causal va pouvoir aider à remonter les branches jusqu'à trouver où se situe le problème en indiquant la véracité des exigences comme représenté sur la figure 4.

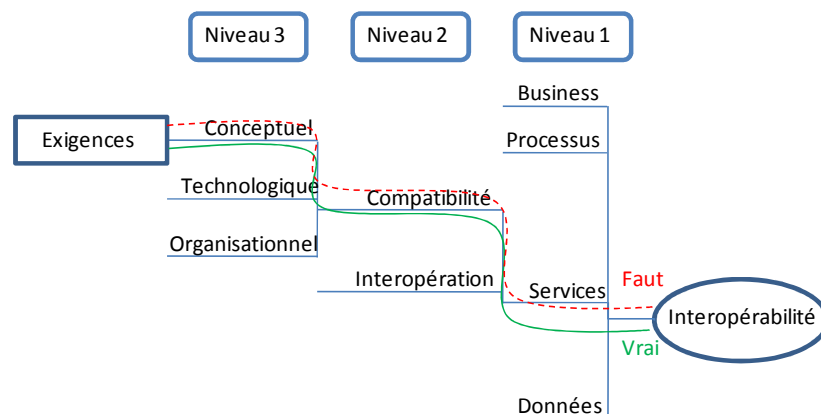


Figure 4 : L'arbre causal des exigences d'interopérabilité.

Quelques exemples d'exigences de compatibilité sont représentés sur l'arbre causal en figure 5, les exigences d'interopération sont encore en phase de développement. Une exigence de compatibilité pour chaque problème d'interopérabilité au niveau des services est proposée.

Pour remédier aux problèmes d'ordre conceptuel, une exigence peut être donnée par : « Deux services voulant interopérer efficacement doivent avoir une définition claire de la sémantique de leur nom » pour éviter les ambiguïtés et les confusions.

Pour remédier aux problèmes d'ordre technologique, une exigence peut être formulée par : « *Deux services visant à interopérer efficacement doivent disposer d'outils compatibles* » pour assurer les échanges entre eux.

Pour remédier aux problèmes d'ordre organisationnel, une exigence peut être donnée par : « *Deux services voulant interopérer doivent avoir leurs responsabilités respectives définies* » pour connaître qui est responsable de faire quoi.

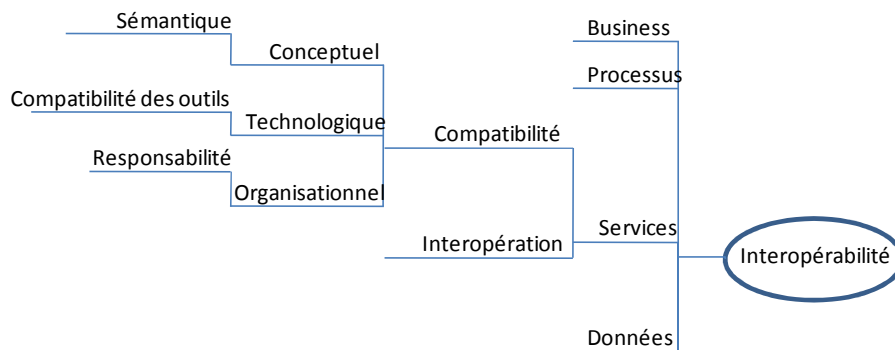


Figure 5 : Quelques exemples d'exigences de compatibilité.

Pour pouvoir vérifier ses exigences, elles doivent être formalisées par un langage formel sous forme de propriétés. Différents travaux pour la formalisation des exigences peuvent être trouvés dans la littérature. Dans (Evrot *et al.*, 2008), des mécanismes (raffinement, allocation, formalisation et projection) sont proposés pour la formalisation des exigences en propriétés ainsi que leur allocation aux composants du système facilitant, de ce fait, la vérification. Ces mécanismes seront utilisés dans la suite de ses travaux pour formaliser les exigences en propriétés. La véracité des propriétés sera vérifiée sur le modèle du processus collaboratif.

#### 4. Modèle du processus collaboratif

Le modèle du processus collaboratif permet de décrire le comportement, les fonctions et l'organisation du système avec une approche systémique. Le but étant d'obtenir un modèle correct et exploitable pour extraire les problèmes d'interopérabilité.

La complexité du processus collaboratif requiert l'utilisation d'une approche systémique procurant : (Le Moigne, 1977)

- Les finalités et les objectifs du système
- Les composants du système : les éléments qui composent le système et les relations entre eux
- Les limites du système : identification des éléments ne faisant pas parti du système
- Les interactions du système avec son environnement : les types de relations et les influences menant à la modification du système
- Les fonctions que procure le système
- La dynamique de l'évolution ...

L'analyse du respect ou du non respect des exigences d'interopérabilité sera effectuée sur le modèle du processus collaboratif. C'est pourquoi, le modèle du processus collaboratif doit prendre en considération les différents aspects de l'interopérabilité par l'enrichissement du langage de modélisation utilisé.

## 5. Analyse des exigences d'interopérabilité

Les exigences doivent être vérifiées sur le modèle du processus collaboratif avec des techniques de vérification formelles.

La vérification tend à répondre à la question : « construisons nous le modèle correctement ? ». Le but étant de prouver la consistance du modèle (Chapurlat, 2007). Dans notre cas, les techniques de vérification sont utilisées pour la vérification des exigences d'interopérabilité sur le modèle de processus collaboratif.

Pour la vérification des exigences d'interopérabilité, deux techniques dépendant du type d'exigences seront utilisées. La première technique basée sur les Graphes Conceptuels proposé dans (Roque *et al.*, 2009) permet la vérification des exigences statiques c'est-à-dire les exigences de compatibilité. La seconde technique basée sur les model checkers (Uppaal<sup>1</sup>, SMV<sup>2</sup>, Kronos<sup>3</sup>...) (Behrmann *et al.*, 2004; McMillan, 1992; Yovine, 1997) permet de vérifier en deux phases les exigences dynamiques c'est-à-dire les exigences d'interopération. La première phase consiste à décrire ou à générer le modèle du processus collaboratif. La seconde phase consiste à formaliser les exigences d'interopération décrite dans l'arbre causal en propriétés par l'utilisation d'un langage formel comme la logique temporelle (Schnoebelen, 2002) ou LUSP (Langage Unifié de Spécification de Propriétés) (Lamine, 2001). Le principe d'un model checker est de vérifier exhaustivement les propriétés sur un modèle décrivant le comportement du système sous forme d'automates temporisés. Le model checker va donc vérifier la véracité des propriétés en répondant Vrai ou Faux pour dire si la propriété est satisfaite ou pas. Dans le cas où la propriété n'est pas vraie, le model checker donne un contre exemple.

La simulation peut être utilisée comme perspective dans ces travaux de recherche pour aider à la détection, d'une part, d'événements pouvant affecter le comportement du processus et, d'autre part, d'évaluer l'impact du manque d'interopérabilité sur le processus collaboratif. Ce sont les raisons pour lesquelles ces travaux de recherche proposent d'utiliser des techniques de vérification formelles et la simulation pour la vérification des exigences d'interopérabilité. Si les exigences d'interopérabilité ne sont pas satisfaites, des actions correctives seront développées pour résoudre les obstacles d'une collaboration effective dans un processus collaboratif.

## 6. Conclusion

Dans le contexte d'une collaboration, le développement de l'interopérabilité est devenu une question cruciale pour la collaboration des entreprises dans un environnement de globalisation. Cet article proposait la présentation d'une approche anticipative aidant les entreprises à détecter et à anticiper les effets de la non-interopérabilité entre eux. Cette approche est basée sur des techniques de vérification formelle des propriétés d'interopérabilité que les entreprises doivent respecter pour interopérer efficacement et donc améliorer leur collaboration.

A ce stade, les travaux présentés ici se concentraient sur le développement d'un référentiel complet d'interopérabilité. Les travaux à venir se concentreront sur la formalisation de ces dernières en propriétés pour pouvoir les vérifier avec des techniques de vérification formelles.

---

<sup>1</sup> Téléchargeable en ligne sur : <http://www.uppaal.com/>

<sup>2</sup> Téléchargeable en ligne sur : <http://www.kenmcil.com/smv.html>

<sup>3</sup> Téléchargeable en ligne sur : <http://www-verimag.imag.fr/~tripakis/openkronos.html>

## 7. Références

- Aubert B., Dussart A.,** *Système d'Information Inter-Organisationnel*, Rapport Bourgogne, CIRANO, Mars 2002.
- Behrmann G., David A., Larsen K. G.,** *A tutorial on Uppaal*, Department of Computer Science, Aalborg University, Denmark, 2004.
- Blanc S., Ducq Y., Vallespir B.,** *A Graph based approach for interoperability evaluation*, Interoperability for Enterprise Software and applications – IESA 2007, Madeira, Portugal, 2007.
- Chapurlat V.,** *Vérification et validation de modèles de systèmes complexes : application à la modélisation d'entreprise*, HdR, Université Montpellier 2, France, Mars 2007.
- Chen D., Dassisti M., Elvesaeter B.,** *Enterprise interoperability Framework and knowledge corpus – advanced report*, INTEROP Deliverable DI.3, 2007.
- Daclin N., Chen D., Vallespir B.,** *Methodology for enterprise interoperability*, 17<sup>th</sup> IFAC World Congress (IFAC'08), Seoul, Corée, 6-11 juillet 2008.
- e-Government Unit,** *e-Government Interoperability Framework*, Version 6.1, 2005.
- EIF,** *European Interoperability Framework For Pan-European eGovernment Services*. European Commission, version 1.0, European Communities Ed., 2004.
- Evrot D., Pétin J-F., Morel G.,** *Combining SysML and formal methods for safety requirements verification*, Insight Journal of INCOSE 11, pp 21-22, 2008.
- IDEAS,** *State of the Art – Introduction*, IDEAS Project - Deliverable D1.1, Juin 2003. Téléchargeable en ligne sur : <http://www.interop-vlab.eu/>.
- Kasunic M., Anderson W.,** *Measuring systems interoperability: challenges and opportunities*, Software engineering measurement and analysis initiative, Technical note CMU/SEI-2004-TN-003, 2004.
- Kvan T.,** « *Collaborative design: what is it?* », Automation in Construction, Volume 9, 2000.
- Lamine E.,** *Définition d'un modèle de propriété et proposition d'un langage de spécification associé : LUSP*. PhD thesis, Université Montpellier 2, France, 2001.
- Le Moigne J.-L.,** *La théorie du système générale – théorie de la modélisation*, Presse Universitaire de France, 1977.
- McMillan K. L.,** *Symbolic Model Checking: An approach to the state explosion problem*, PhD thesis, Carnegie Mellon University, USA, Mai 1992.
- Roque M., Chapurlat V.,** *Interoperability in collaborative processes: Requirements characterisation and proof approach*, PRO-VE'09, 10<sup>th</sup> IFIP Working Conference on VIRTUAL ENTERPRISES, Thessaloniki, Greece, 7-9 Octobre 2009.
- Schnoebelen Ph.,** *The Complexity of Temporal Logic Model Checking*, Advances in Modal Logic, Volume 4, pp 1-44, 2002.
- Scukanec S. J., Van Gaasbeek J. R.,** *A Day in the Life of a Verification Requirement*, U.S. Air Force T&E Days, Los Angeles, Californie, 5-7 Février 2008.
- Yovine S.,** *Kronos: A verification tool for real-time system*, Springer international journal of Software Tools for technology, Octobre 1997.