



Espace de Services : Vers une formalisation des Systèmes d'Information Pervasifs

Manuele Kirsch Pinheiro, Bénédicte Le Grand, Carine Souveyet, Salma Najar

► To cite this version:

Manuele Kirsch Pinheiro, Bénédicte Le Grand, Carine Souveyet, Salma Najar. Espace de Services : Vers une formalisation des Systèmes d'Information Pervasifs. XXXIème Congrès INFORSID 2013 : Informatique des Organisations et Systèmes d'Information et de Décision, May 2013, Paris, France. pp.215-223. hal-00834116

HAL Id: hal-00834116

<https://hal-paris1.archives-ouvertes.fr/hal-00834116>

Submitted on 14 Jun 2013

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.

Espace de Services : Vers une formalisation des Systèmes d'Information Pervasifs

Manuele Kirsch Pinheiro, Bénédicte Le Grand, Carine Souveyet, Salma Najar

Centre de Recherche en Informatique – Université Paris 1 - Panthéon Sorbonne
90 rue Tolbiac, 75013 Paris

{Prénom.Nom}@univ-paris1.fr

RÉSUMÉ. Cet article introduit la notion d'Espace de Services, constituant un cadre formel pour la spécification des fonctionnalités proposées par un Système d'Information Pervasif (SIP) à ses utilisateurs. Les SIP représentent la nouvelle génération de Systèmes d'Information. Ils se distinguent des SI traditionnels par l'hétérogénéité des environnements pervasifs et des systèmes pervasifs eux-mêmes, du fait de leur intégration à l'entreprise et de leur besoin d'alignement vis-à-vis de la stratégie de celle-ci. Dans ce contexte, l'espace de services est un concept abstrait permettant de masquer la vraie nature des éléments qui composent le SIP. Il s'agit d'un outil formel permettant de mieux gérer l'hétérogénéité des environnements pervasifs dans le cadre d'un Système d'Information.

ABSTRACT. Pervasive Information Systems (PIS) represent the next generation of Information Systems (IS). They differ from both traditional IS and pervasive systems: from the former by the heterogeneity of the pervasive environment to which they belong, and from the latter, by the fact that they must integrate an organization and its strategies. In this paper, we propose a conceptual framework, called service space, for specifying PIS and its functionalities. We present the notion of service space as an abstract concept intending to transparently represent PIS elements. It is a formal tool allowing PIS designers to manage heterogeneity from pervasive environments in the case of Information Systems.

MOTS-CLÉS : Systèmes d'Information Pervasifs, Systèmes d'Information, Ingénierie de Services, Informatique sensible au contexte.

KEYWORDS: Pervasive Information Systems, Information Systems, Service engineering, Context-aware computing.

1. Introduction

Au sein des organisations, les Systèmes d'Information (SI) sont directement impactés par l'arrivée de l'Informatique Pervasive. La mobilité qu'apportent ces nouvelles technologies a étendu les SI bien au-delà des frontières physiques de l'organisation, posant plusieurs défis aux Directions de SI (DSI) confrontées à cette évolution. De fait, nous constatons l'émergence d'une nouvelle classe de Systèmes d'Information, les Systèmes d'Information Pervasifs (SIP). A la différence des SI traditionnels, les SIP s'intègrent progressivement à l'environnement physique, passent à l'arrière-plan, gardent une trace des activités des utilisateurs, analysent les informations et interviennent lorsque cela est nécessaire, afin de mieux répondre aux besoins des utilisateurs (Kourouthanassis *et al.*, 2006). La conception de cette nouvelle classe de SI passe par la compréhension de ces spécificités et des exigences auxquelles ces SI sont soumis. Les SIP peuvent être décrits par les quatre caractéristiques suivantes : **dynamicité et hétérogénéité** (de l'environnement physique), **sensibilité au contexte** (environnement physique et utilisateur) et **transparence** (vis à vis de l'utilisateur). Il est à noter que le caractère *opportuniste et non contrôlé* proposé dans (Denis *et al.*, 2012) ne s'applique pas au SIP car il reste avant tout un système d'information qui contribue à la mise en place dans les entreprises des différents processus métiers propres à celles-ci, dont le succès ou l'échec peut avoir d'importantes conséquences. Un comportement totalement opportuniste est incompatible avec la nature maîtrisée des SI traditionnels.

L'objectif de ce papier est de proposer aux DSI un cadre conceptuel appelé « espace de services » permettant de comprendre et de décrire les composants de ces Systèmes d'Information Pervasifs (SIP). La suite de cet article définit et formalise les différents éléments de cet espace de services. Ces éléments sont décrits dans l'ordre qui nous semble le plus pertinent du point de vue du concepteur d'un SIP. C'est pourquoi nous commençons par les fonctionnalités que doit fournir le système, qui se traduisent par la spécification des **services** offerts. L'importance de l'environnement dans lequel évoluent ces services étant primordiale dans un système pervasif, nous décrivons ensuite la manière dont nous modélisons cet environnement, que nous désignerons par le terme de **contexte**. Les informations relatives au contexte sont obtenues grâce à des **capteurs** sensibles à l'environnement ; ces capteurs font, selon nous, partie intégrante de l'espace de services et nous proposons une manière de les inclure dans cet espace au même titre que les services. L'utilisateur interagit donc avec le SI à travers l'espace de services dans lequel s'intègrent, de manière transparente, l'ensemble des services offerts par le SI et un ensemble de capteurs qui renseignent l'utilisateur et le système sur le contexte (Figure 1).

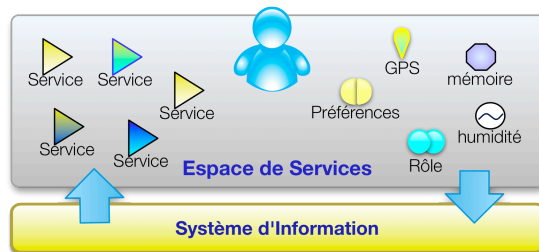


Figure 1. Interaction utilisateur/SI à travers un espace de services pervasif.

2. Formalisation de la notion de service dans un SIP

La notion de service est un concept largement répandu dans la littérature, souvent associée à un ensemble de fonctionnalités dont l'interface est clairement définie et dont le fonctionnement interne est inconnu des clients.

Définition 1 : Un service sv_i est caractérisé par un ensemble de fonctionnalités \mathcal{F} . Chaque fonctionnalité f_j se définit en fonction des entrées in_j et des sorties out_j attendues par les clients du service.

$$\mathcal{F} = \{ f_j (in_j , out_j) \}$$

(Alonso *et al.*, 2004) définissent les services comme des éléments logiciels auto-décrits, indépendants de la plateforme et accessibles par une interface standard. De même, (Issarny *et al.*, 2007) considèrent un service comme une entité indépendante, dotée d'interfaces bien définies invocables de manière standard, sans requérir du client une quelconque connaissance sur la manière dont le service réalise ses tâches. Le client n'a pas besoin de connaître la manière dont le service fonctionne ou est implémenté pour faire appel à ses fonctionnalités. La notion de service est donc particulièrement attractive pour les environnements pervasifs, caractérisés par la volatilité de leurs éléments (Vanrompay *et al.*, 2011).

2.1 Services intentionnels

Les fonctionnalités proposées par un service permettent de répondre à un besoin précis, que nous appelons l'intention de l'utilisateur. Plusieurs travaux ont considéré la notion de service sous un angle intentionnel. Il s'agit, selon (Rolland *et al.*, 2010), de combler le fossé qui sépare une vision technique d'une vision métier des services, centrée sur l'utilisateur et ses besoins ; quelle que soit la technologie utilisée, le service est défini pour satisfaire un besoin exprimé par l'utilisateur.

Définition 2 : Un service sv_i est proposé afin de satisfaire un ensemble supposé d'intentions I attribuées aux utilisateurs potentiels de l'espace de services. Chaque intention de I est définie par un verbe v , qui caractérise son action, une cible tg , sur laquelle l'action agit, et un ensemble optionnel de paramètres par .

$$I = \{ \langle v , tg , par \rangle \}$$

Chaque élément de cette définition doit être sémantiquement défini au préalable et nous supposons l'existence d'une ontologie d'intentions pour cela. Il s'agit, en réalité, de multiples ontologies : une ontologie de verbes, une ontologie de cibles rendues accessibles par le SIP, ainsi que des ontologies spécifiant chacun des paramètres acceptés par le SIP. Ces ontologies établissent de manière non-ambiguë la sémantique des actions acceptées par le SIP dans l'espace de services et l'ensemble des cibles atteignables par le biais de cet espace. L'utilisation d'ontologies n'est envisageable que dans le cadre fermé d'un SI. A l'opposé, dans un environnement pervasif ouvert, l'expression de l'intention à l'aide d'un ensemble prédéfini de termes est difficilement imaginable, laissant une part trop importante à l'ambiguïté car le mode d'expression de ces utilisateurs peut être très différent.

2.2 Services contextuels

La notion d'intention est, selon nous, directement liée à la notion de contexte, puisque les besoins d'un utilisateur émergent dans un contexte donné. Ce contexte peut influencer considérablement la manière dont une intention peut être satisfaite, et

donc influencer l'exécution même du service (par exemple, par le choix d'une implémentation qui s'adapte au contexte courant de l'utilisateur). Inversement, un utilisateur n'invoque pas un service uniquement à cause du contexte mais car ce service lui permettra d'atteindre ses objectifs dans ce contexte précis. Quelques auteurs ont déjà proposé d'associer intention et contexte. Cependant, cette association reste souvent assez floue. Par exemple, (Santos *et al.*, 2009) ne considèrent le contexte que comme un filtre pour la découverte de services, et les intentions comme de simples étiquettes permettant de relier les demandes des utilisateurs aux services. Nous croyons, au contraire, que ces deux notions sont complémentaires et indissociables. Le contexte influence l'exécution du service, mais il caractérise aussi le service lui-même et les intentions affichées par le service (Figure 2).

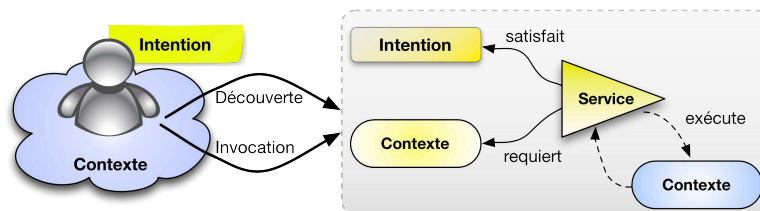


Figure 2. Relation entre l'intention, le contexte et les services.

Un service sv se situe lui-même dans un contexte C_x donné (voir Définition 3). Celui-ci sert non seulement à indiquer les conditions dans lesquelles le service est exécuté par son fournisseur, mais également à caractériser le positionnement de ce service dans l'espace de services ξ . Nous considérons de plus qu'un service sv peut avoir un contexte requis $C_x\mathcal{R}$ représentant un ensemble de conditions contextuelles dans lesquelles le service est le plus apte à atteindre ses objectifs. Ainsi, plus le contexte courant observé pour l'utilisateur correspond au contexte requis $C_x\mathcal{R}$, plus le service aura de chances de s'adapter à cette situation et de satisfaire l'utilisateur.

Définition 3 : Un service sv_i correspond à un ensemble de fonctionnalités \mathcal{F} fournies par cette entité sv_i dans un contexte C_x afin de satisfaire un ensemble d'intentions I . La satisfaction de ces intentions dépend d'un contexte favorable, décrit comme un contexte requis $C_x\mathcal{R}$ pour le bon fonctionnement du service.

$$sv_i = \langle I, \mathcal{F}, C_x, C_x\mathcal{R} \rangle$$

Notons qu'à travers la spécification explicite de la notion de contexte offert C_x et requis $C_x\mathcal{R}$ par un service, nous espérons offrir une possibilité de représentation des aspects non-fonctionnels dans le cadre de l'espace de services. Il s'agit ici d'une première piste qui fera sûrement l'objet de recherches plus poussées à l'avenir.

3. Formalisation de la notion de contexte et des capteurs d'un SIP

La notion de contexte est explorée depuis plusieurs années dans l'informatique pervasive (Villalonga *et al.*, 2010). Selon (Gensel *et al.*, 2008), le contexte est « l'ensemble des caractéristiques de l'environnement physique ou virtuel qui affecte le comportement d'une application et dont la représentation et l'acquisition sont essentielles à l'adaptation des informations et des services ». Le contexte est un élément clé ici car il est au centre des mécanismes d'adaptation prônés par les systèmes dits sensibles au contexte. Un système sensible au contexte supporte une certaine variabilité, le choix de la variante dépendant du contexte qui entoure l'exécution du système et son

interaction avec les utilisateurs. Le contexte agit comme élément extérieur au SI qui influence sa variabilité intérieure, un paramètre guidant le choix de la variante et le processus d'adaptation (Najar *et al.*,2009).

3.1. Meta-modèle et observations du contexte

Tout SIP doit être sensible au contexte pour pouvoir s'adapter à l'environnement pervasif dans lequel évoluent ses utilisateurs. Une représentation formelle permet d'en définir les contours et d'identifier les informations pertinentes qui influenceront le comportement du système. Ce constat, effectué par différents auteurs (Gensel *et al.*,2008) (Chaari *et al.*,2007) a conduit à la proposition de multiples modèles de contexte (Najar *et al.*, 2009) (Bettini *et al.*,2010). Même si ceux-ci varient par leur forme et leur formalisme, nous pouvons dégager certains éléments clés. Ces éléments forment un méta-modèle, illustré par la Figure 3, qui nous permet de « réduire » un modèle de contexte à l'observation d'un ou plusieurs *sujets observés* (un utilisateur, un dispositif, etc.) pour laquelle (lesquelles) on observe un ensemble d'*éléments de contexte* (localisation, activité, mémoire disponible, etc.), obtenant ainsi, pour chacun de ces concepts, des *valeurs* observées associées à leurs *métadonnées* (représentation, indicateurs de qualité, etc.). L'ensemble des sujets et éléments de contexte observés varie en fonction du système et du modèle de contexte mis en place. De plus en plus de modèles utilisent les ontologies pour les décrire. L'utilisation d'ontologies offre une description sémantique particulièrement riche et fournit de nouvelles perspectives pour les mécanismes d'adaptation grâce aux différentes possibilités de raisonnement.

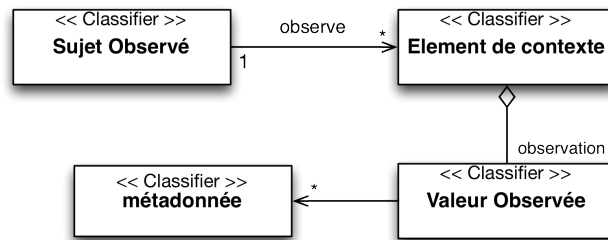


Figure 3. Méta-modèle de contexte.

Ce rattachement à une description sémantique s'applique aussi bien aux éléments de contexte qu'aux sujets observés : avant toute observation d'un sujet, la nature de celui-ci doit d'abord être clairement identifiée dans une ontologie de domaine propre au SI en question. En d'autres termes, un SIP n'est pas sensé observer n'importe quel sujet, sans rapport avec son activité, de la même façon qu'il ne doit pas observer un élément de contexte inconnu, qu'il ne saura pas interpréter. A partir de ces observations, nous définissons la notion d'*observation* réalisée par un *capteur*.

Définition 4 : Chaque observation se réfère au capteur cp_i pour lequel on a observé, pour le sujet sj , un élément de contexte eo . Ainsi, chaque observation est un n-uplet composé du sujet sj , de l'élément de contexte eo , ainsi que de la valeur v observée à un moment t et décrite par l'ensemble de métadonnées \mathcal{M} .

$$O_{cp_i} = \{ \langle ob_j, t_j \rangle \}, \quad ob_j = \langle sj, eo, v, \mathcal{M} \rangle, \quad \text{où}$$

- sj correspond au *sujet* observé ;
- eo correspond à un *élément* de l'ontologie de contexte ;
- v correspond à une *valeur* observée pour ce concept ;

- t représente l'instant (*timestamp*) auquel cette observation a été réalisée ; et
- \mathcal{M} correspond à l'ensemble des *métadonnées* m et de leur valeur d décrivant cette observation : $\mathcal{M} = \{ m = d \}$.

3.2. Formalisation des capteurs

Un *capteur* offre au SI et aux utilisateurs un ensemble d'informations contextuelles correspondant à des valeurs observées dans l'environnement, qu'il soit physique, logique ou organisationnel. Les capteurs alimentent ainsi le SIP en informations contextuelles qu'il utilisera afin d'adapter son offre de services aux utilisateurs et à leurs besoins dans le contexte observé. Ces capteurs, de différente nature, permettent ainsi l'observation d'éléments caractérisant aussi bien l'environnement physique (GPS, température, etc.), que logique (mémoire disponible sur le terminal, préférences de l'utilisateur, etc.) et organisationnel (rôle de l'utilisateur, état d'exécution d'un processus, etc.). Un capteur cp_i est défini non seulement par l'ensemble d'observations O_{cp_i} qu'il réalise, mais également par le contexte C_{χ} dans lequel il se trouve. Ce contexte est lui aussi décrit par un ensemble d'observations d'éléments de contexte relatifs à un sujet donné, qui est, dans ce cas précis, le capteur lui-même. La Définition 5 ci-dessous synthétise cette position.

Définition 5 : Un capteur cp_i se définit en fonction d'un ensemble d'observations O_{cp_i} qu'il réalise et d'un contexte C_{χ} décrit par un ensemble d'observations.

$$cp_i = \{ O_{cp_i}, C_{\chi} \}$$

4. Formalisation des espaces de services dans un SIP

Grâce à tous les éléments identifiés précédemment, nous proposons la formalisation suivante d'un espace de services.

4.1. Entités actives et passives

Un espace de services est un ensemble d'éléments, nommés *entités*, qui entourent l'utilisateur dans son environnement. Celui-ci est à la fois physique (localisation de l'utilisateur, dispositifs qui l'entourent, etc.), logique (outils et applications qui composent un SI) et organisationnel (organisation dans laquelle s'intègre le SIP).

Définition 6 : Un *Espace de Services* ξ est un environnement pervasif composé d'un ensemble d'entités e_i .

$$\xi = \{ e_i \mid e_i \in \mathcal{A} \vee e_i \in \mathcal{P} \}, \text{ où}$$

- \mathcal{A} correspond à l'ensemble des **entités dites actives**, abstraction qui représente les services, et

- \mathcal{P} correspond à l'ensemble des **entités dites passives**, *i.e.* les capteurs disponibles sur l'espace ξ .

Définition 7 : Une entité e_i ($e_i \in \mathcal{A}$ ou $e_i \in \mathcal{P}$) est caractérisée, dans l'espace de services ξ , par un contexte C_{χ} constitué d'un ensemble d'observations. Chaque observation se réfère à l'entité e_i observée et contient une valeur v pour un élément de contexte eo observé à un instant t , ainsi que l'ensemble de métadonnées \mathcal{M} caractérisant cette observation.

$$C_{\chi} = \{ \langle ob_j, t_j \rangle \}, ob_j = \langle e_i, eo, v, \mathcal{M} \rangle$$

L'espace de services comprend donc deux types d'entités : les *entités actives*, capables d'offrir aux utilisateurs un (ou plusieurs) service(s), et les *entités passives*, capables de renseigner les utilisateurs (et le système) sur l'environnement. Les entités actives sont en mesure d'agir sur l'environnement, alors que les entités passives alimentent quant à elles le SIP en informations à propos de l'environnement.

Un espace de services peut évoluer dans le temps, avec de nouvelles entités qui s'ajoutent aux entités déjà présentes et d'autres entités qui disparaissent ou deviennent simplement indisponibles. L'état d'un espace de services ξ à un instant t , noté ξ^t , correspond donc aux entités, passives ou actives, effectivement disponibles sur l'espace ξ à cet instant. Ceci équivaut à dire qu'une entité e_i possède elle aussi un état à un instant t . Cet état de l'entité, noté e_i^t , indique la disponibilité de celle-ci dans l'espace ξ à l'instant t .

Définition 8 : L'état d'un espace de services ξ à un instant t , noté ξ^t , se définit comme l'ensemble des états des entités e_i présentes à cet espace :

$$\xi^t \subseteq \xi, \xi^t = \{e_i \mid e_i \in \xi \wedge e_i^{\xi^t}\}, \text{ où}$$

$e_i^{\xi^t}$ indique l'état de l'entité e_i à l'instant t (disponible ou indisponible).

4.2. La notion d'espace de service mise en pratique

La conception d'un SIP à l'aide de la notion d'espace de services commence par la définition des multiples espaces dans lesquels les utilisateurs vont évoluer. Chaque espace est défini en fonction des entités actives, représentant les services offerts aux utilisateurs et des entités passives, permettant l'observation de l'environnement. On note le caractère perméable de ces espaces : les entités actives ou passives d'un espace peuvent exister sur d'autres espaces. L'utilisateur évolue entre ces espaces qui se superposent et évoluent dans le temps. Les entités actives (services) sont ainsi définies en fonction de l'intention qu'elles doivent satisfaire et du contexte dans lequel ces intentions émergent. L'objectif est de permettre la prise en compte de ce contexte afin de proposer aux utilisateurs les services qui leur correspondent au mieux. Le système peut adapter son fonctionnement aux différents espaces considérés. Les entités passives (capteurs) sont importantes puisqu'elles sont responsables de la capture des informations contextuelles dont le système aura besoin pour l'adaptation. Leur définition délimite la notion de contexte, spécifiant les informations considérées comme pertinentes.

5. Conclusions et perspectives

Dans cet article, nous avons proposé la notion d'espace de services, cadre conceptuel pour la conception d'un SIP. Elle permet la définition d'un SIP par la spécification d'un ensemble d'espaces, dans lesquels cohabitent les services offerts par le système à ces utilisateurs et les capteurs qui l'alimentent avec des informations récoltées à partir de l'environnement (physique, logique ou organisationnel). Ces éléments sont définis par rapport à un contexte dans lequel ils se situent, permettant ainsi une meilleure prise en compte de l'environnement dans lequel évolue l'utilisateur. Cette notion permet aux DSI de spécifier les fonctionnalités attendues de leur système, ainsi que les informations qui seront capturées par celui-ci pour une meilleure adaptation. Il s'agit de garder le contrôle sur la définition du système et de ses services, tout en permettant la prise en compte d'un environnement hautement dynamique. Ce

compromis entre dynamisme et spécification au préalable est une nécessité pour les SIP, car, même s'ils veulent tirer profit d'un environnement pervasif, ils restent néanmoins des SI. Cette possibilité de spécifier le système tout en permettant l'expression de sa dynamique constitue une des forces de cette proposition.

Nous avons formalisé la notion d'espace de services et présenté ses composants dans l'ordre qui nous semble le plus pertinent du point de vue d'un DSI. Le cadre conceptuel proposé dans ce papier s'inscrit dans une approche de recherche plus large incluant, d'une part, une méthodologie d'utilisation de cet espace à l'intention des concepteurs de SIP (qui constitue l'une de nos perspectives et fera l'objet d'une publication ultérieure) et, d'autre part, d'un middleware que nous avons déjà développé, appelé IPSOM (Najar *et al.* 2012), pour la mise en œuvre du SIP. Les premiers résultats obtenus avec IPSOM sont prometteurs, notamment concernant la découverte de services adaptés aux intentions et au contexte de l'utilisateur. Une autre perspective de nos travaux consiste à introduire des techniques de recommandation dans IPSOM afin d'augmenter son caractère dynamique. Il s'agit notamment d'observer le contexte dans lequel les utilisateurs évoluent et sollicitent certains services (ou plutôt la satisfaction de certaines intentions), afin de pouvoir suggérer les services les mieux adaptés à d'autres utilisateurs dans un contexte similaire ou avec des intentions semblables, voire d'anticiper les services qui conviennent à leurs intentions émergentes. Ceci donnera au système un caractère plus proactif, par la compréhension de la relation entre la notion de contexte et les intentions.

6. Bibliographie

- Alonso G., Casati F., Kuno H., Machiraju V., *Web services: Concepts, architecture, and applications*, Springer Verlag, 2004.
- Bettini C., Brdiczka O., Henriksen K., Indulska J. Nicklas, D., Ranganathan, A., Riboni, D., « A survey of context modelling and reasoning techniques », *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 6, 2010, p. 161-180.
- Chaaari T., Laforest F., Celentano A., « Adaptation in context-aware pervasive information systems: the SECAS project », *Journal of Pervasive Computing and Communications*, vol. 3, n° 4, 2007, p. 400-425.
- Denis G., Arcangeli J.-P., Noël V., Triboulot C., Trouilhet S., « Composition opportuniste et ascendante à base d'agents coopératifs », *Ubimob 2012*, Editions Cépaduès, p. 196-209.
- Gensel J., Villanova-Oliver M., Kirsch-Pinheiro M., « Modèles de contexte pour l'adaptation à l'utilisateur dans des Systèmes d'Information Web collaboratifs », *EGC'08, Atelier Modélisation Utilisateur et Personnalisation d'Interfaces Web*, 2008, p. 5-15.
- Issarny V., Caporuscio M., Georgantas N., « A Perspective on the Future of Middleware-based Software Engineering », *Future of Software Engineering, International Conference on Software Engineering (ICSE)*, 2007.
- Kourouthanassis P. E., Giaglis G. M., « A Design Theory for Pervasive Information Systems », *3rd Int. Workshop on Ubiquitous Computing*, Paphos, Cyprus, 2006, p. 62-70.
- Najar S., Kirsch-Pinheiro M., Souveyet C., Steffemel L. A., « Service Discovery Mechanism for an Intentional Pervasive Information System », *19th International Conference on Web Services (ICWS)*, 2012, p. 520-527.
- Najar S., Saidani O., Kirsch-Pinheiro M., Souveyet C., Nurcan S., « Semantic representation of context models: a framework for analyzing and understanding », *1st Workshop on Context, information and ontologies, European Semantic Web Conference (ESWC'2009)*, 2009.
- Rolland C., Souveyet C., Kirsch-Pinheiro M. « An Intentional Approach to Service Engineering », *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 3, n° 4, 2010, p. 292-305.

- Roshen, W., *SOA-Based enterprise integration: a step-by-step guide to services-based application integration*, McGraw Hill, 2009.
- Santos L.O. B.S., Guizzardi G., Pires L.F., Van Sinderen M., « From User Goals to Service Discovery and Composition », *ER Workshops*, 2009, p. 265-274.
- Vanrompay Y., Kirsch-Pinheiro M., Berbers Y., « Service Selection with Uncertain Context Information », Reiff-Marganiec S., Tilly M. (Eds.), *Handbook of Research on Service-Oriented Systems and Non-Functional Properties: Future Directions*, IGI Global, 2011.
- Villalonga C., Bauer M., Huang V., Bernat J., Barnaghi P., « Modeling of sensor data and context for the real world Internet », *PerCom'10 Workshops Proceedings*, 2010.