

Systèmes d'Information Pervasifs et Espaces de Services : Définition d'un cadre conceptuel

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

▶ **To cite this version:**

Salma Najar, Manuele Kirsch Pinheiro, Bénédicte Le Grand, Carine Souveyet. Systèmes d'Information Pervasifs et Espaces de Services : Définition d'un cadre conceptuel. UbiMob 2013 : 9èmes journées francophones Mobilité et Ubiquité, Jun 2013, Nancy, France. pp.sciencesconf.org:ubimob2013:19119. hal-00834127

HAL Id: hal-00834127

https://paris1.hal.science/hal-00834127

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.

Systèmes d'Information Pervasifs et Espaces de Services : Définition d'un cadre conceptuel

Salma Najar Manuele Kirsch-Pinheiro Bénédicte Le-Grand Carine Souveyet
Centre de Recherche en Informatique / Université Paris 1 Panthéon Sorbonne
90 rue de Tolbiac, 75013 Paris, France
{ Prénom.Nom }@univ-paris1.fr

ABSTRACT
In this paper, we propose a conceptual framework, called *Service Space*, for specifying Pervasive Information Systems (PIS) and their functionalities. These systems have to combine the dynamism and the heterogeneity of the pervasive environment to which they belong with the business constraints of Information Systems (IS). We present the notion of Service Space as a conceptual framework intending to represent PIS elements in a transparent way. It is a conceptual tool allowing PIS designers to manage heterogeneity from pervasive environments in the specific case of Information Systems

RESUME
Cet article introduit la notion d'Espace de Services, constituant un cadre conceptuel pour la spécification des Systèmes d'Information Pervasifs (SIP). Ces systèmes doivent aligner le dynamisme et l'hétérogénéité propres aux environnements pervasifs avec les contraintes métiers et de sécurité qui caractérisent les Systèmes d'Information (SI). La notion d'espace de services est ainsi un outil conceptuel permettant de mieux gérer l'hétérogénéité des environnements pervasifs dans le cadre d'un SI.

Categories and Subject Descriptors
H.1.0 [Information Systems]: Models and Principles – General. H.4.0 [Information Systems]: Information Systems Applications – General.

General Terms
Management, Documentation, Design.

Keywords
Pervasive Information Systems, Ubiquitous computing, Information Systems, Service engineering.

Mots-Clés
Système d'Information Pervasif, Informatique Ubiquitaire, Système d'Information, Ingénierie de Services.

1. INTRODUCTION
Smartphones, tablettes, 3G et autres technologies ont bouleversé la manière dont on utilise les différents systèmes qui prennent place dans notre quotidien. Cette informatique pervasive est devenue invisible à nos yeux, puisque nous utilisons continuellement des ressources informatiques sans forcément les percevoir en tant qu'ordinateurs [3]. Elle fait partie intégrante de notre quotidien, à tel point qu'il nous est désormais impossible d'imaginer notre vie personnelle et professionnelle sans elle. La vision de Weiser [22] est ainsi devenue une réalité sous la forme d'un environnement densément peuplé de ressources informatiques [3].

Cette réalité impacte également les organisations et leurs Systèmes d'Information (SI). Les nouvelles technologies devenant de plus en plus indispensables les Directions de SI (DSI) sont obligées de prendre en compte les nouveaux usages au quotidien demandés par les employés. La mobilité apportée par les nouvelles technologies a étendu les SI bien au-delà des frontières physiques de l'organisation. Cette évolution des usages apporte des nouveaux besoins auxquels les DSI sont confrontées, alors que les démarches d'Ingénierie de SI existantes n'ont pas été conçues pour prendre en considération les environnements pervasifs. Une nouvelle classe de SI émerge alors, en réponse à cette importante évolution : les *Systèmes d'Information Pervasifs (SIP)*.

Les SIP se distinguent des SI traditionnels par leur intégration à un environnement pervasif composé d'une multitude d'artefacts capables de percevoir le contexte de l'utilisateur et de gérer sa mobilité [11]. Les SIP se caractérisent par l'hétérogénéité non seulement des terminaux, mobiles ou intégrés à l'environnement, qui permettent d'accéder au système, mais également des services offerts par celui-ci, avec de technologies variées (services Web, composants OSGI...).

Les environnements pervasifs se caractérisent aussi par leur évolutivité. Il s'agit, par opposition aux environnements desktop caractérisant les SI, d'environnements dont l'état varie en fonction des actions, de la mobilité des utilisateurs et de l'état de leurs éléments, eux-mêmes variables. L'adaptation au contexte joue ainsi un rôle central dans les systèmes pervasifs [2][7][12]. Contrairement aux SI traditionnels, dans lesquels une réponse du système est précédée d'une action de l'utilisateur, les SIP doivent être proactifs, réagissant aux stimuli de l'environnement. Ils doivent s'adapter aux préférences de l'utilisateur et au contexte d'utilisation [12].

Cependant, un comportement totalement opportuniste et non prévu, tel que celui proposé par [6] [17], serait difficilement acceptable dans le cadre d'un SI. Les SI ont un rôle stratégique au sein des organisations. Ils contribuent à la mise en place des différents processus métiers propres à celles-ci, dont le succès ou l'échec peut avoir d'importantes conséquences. L'accès aux SI est ainsi particulièrement contrôlé. Les fonctionnalités sont soigneusement choisies afin de répondre aux besoins métiers de leurs utilisateurs. Un comportement totalement opportuniste est aujourd'hui encore incompatible avec la nature maîtrisée des SI.

Les SIP doivent ainsi faire coexister deux mondes *à priori* contradictoires. Ils doivent être sensibles au contexte, prendre en compte le caractère dynamique des environnements pervasifs, sans perdre complétement le caractère maîtrisé et prédictible propre aux SI. En tant que SI, les SIP doivent être conçus afin de mieux satisfaire les besoins des utilisateurs, les rendre plus performants par une meilleure prise en compte de l'environnement. La complexité et l'hétérogénéité de cet environnement doivent ainsi devenir transparents aux utilisateurs, afin que ceux-ci puissent focaliser sur leurs objectifs métiers et non sur la technologie elle-même. Une nouvelle vision centrée utilisateur est donc nécessaire. Malgré les capacités d'adaptation au contexte et un comportement proactif, les SIP doivent rester compréhensibles de leurs utilisateurs, puisqu'il s'agit, avant tout, de Systèmes d'Information. Un tel niveau de compréhension renforce le besoin d'une vision globale, de haut niveau, de leur fonctionnement.

Le problème de la conception d'un SIP répondant à ces besoins n'est pas résolu aujourd'hui. Il n'existe pas à l'heure actuelle de cadre ou méthode permettant à une DSI de prendre en compte ces caractéristiques lors de la conception d'un SIP. Les DSI sont livrés à eux-mêmes, sans aucun support leur permettant de mieux définir ces systèmes. Plus qu'une aide technologique, il leur faut un outil conceptuel.

L'objectif de ce papier est de proposer un tel cadre conceptuel, appelé « *espace de services* ». Celui-ci vise à permettre aux DSI de comprendre et de décrire les composants d'un SIP. La suite de cet article définit 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. Nous commençons par la présentation de l'approche globale (section 2). Puis nous présentons les fonctionnalités que doit fournir le système, qui se traduisent par la spécification des services offerts (section 3). L'environnement dans lequel évoluent ces *services* étant primordiale, nous décrivons ensuite la manière dont nous considérons la prise en compte de cet environnement par la notion de *contexte* (section 4). 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 l'ensemble de capteurs qui renseignent l'utilisateur et le système sur le contexte (section 5). Enfin, nous présentons ainsi une méthodologie permettant une prise en main de ce cadre conceptuel (section 6), avant de présenter nos conclusions et nos perspectives (section 7).

2. APPROCHE GLOBALE

Le but d'un Système d'Information Pervasif (SIP) est de rendre accessibles les fonctionnalités du SI dans un environnement pervasif. Ces fonctionnalités peuvent se présenter sous différentes formes, en fonction du SI et de ses composants. Le système qui en résulte peut ainsi devenir très hétérogène car, au-delà de l'hétérogénéité intrinsèque aux environnements pervasifs, les fonctionnalités offertes par le SIP peuvent varier en fonction des multiples technologies employées. La spécification d'un SIP devient ainsi un problème complexe à gérer, d'autant plus que l'immersion des fonctionnalités d'un SI dans un environnement pervasif expose celui-ci à différents risques, notamment en termes de sécurité. Il nous faut donc un cadre conceptuel permettant de masquer cette hétérogénéité et de spécifier les fonctionnalités qui seront proposées et sous quelles conditions, de manière indépendante des technologies. Le focus est ainsi mis sur l'utilisateur et ses besoins. Il s'agit d'une vision centrée utilisateur pour la conception des SIP.

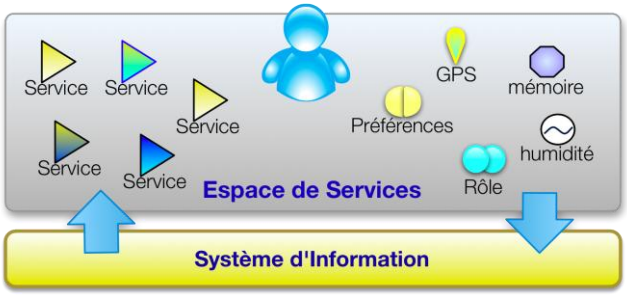


Figure 1. Un SIP en tant qu'espace de services

3. 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. Parmi les définitions existantes, Alonso *et al.* [1] définissent les services comme des éléments logiciels auto-décrits, indépendants de la plateforme et accessibles par une interface standard. De même, Issarny *et al.* [10] 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.

Même si la notion de service fait souvent référence aux services Web, celle-ci est bien plus large, allant d'une vision technologique à une vision « business » (les services offerts par une organisation, par un SI). Même dans une optique purement technologique, cette notion dépasse les services Web et peut correspondre à d'autres technologies telles que ESB ou OSGi (souvent vu comme de « micro-services » [9]).

Un autre aspect caractérise les services : le faible couplage entre le client et le fournisseur de service. Le client n'a pas besoin de connaître la manière dont le service fonctionne pour faire appel à ses fonctionnalités. C'est ce qui rend la notion de service particulièrement attractive pour les environnements pervasifs, caractérisés par la volatilité de leurs éléments [20]. La notion de service se comporte comme une boîte noire : son contenu interne n'est pas visible aux clients, seule son interface l'est.

La notion de service permet ainsi d'évoquer le caractère actif de l'ensemble de fonctionnalités offertes par un SIP, tout en cachant la nature réelle de ces services.

Ainsi, nous considérons qu'un service sv_i offre à un ensemble $\mathcal{F}$ de fonctionnalités. D'un point de vue strictement fonctionnel, chaque fonctionnalité f_j est définie en fonction de l'ensemble d'entrées *in* et de l'ensemble de sorties *out* attendues. La Définition 1 ci-dessous résume cet aspect. On remarquera que la nature exacte du service n'est jamais révélée au client qui recherche et invoque un service sv_i. Ceci nous permet de gérer l'hétérogénéité de l'environnement, en conservant une certaine transparence dans la définition des services qui y sont offerts. Une découverte de services par ces fonctionnalités est donc possible sans que le client ait besoin de connaître les technologies impliquées. Par ailleurs, la nature atomique ou composite d'un service devient également transparente pour le client. En effet, les fonctionnalités exposées correspondent à celles offertes par le service. Un client

peut alors les invoquer indistinctement, quelque soit leur origine, qu'elles viennent d'un service atomique ou d'une complexe composition de services.

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.

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

3.1 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 [18], de combler le fossé qui sépare une vision technique d'une vision métier des services, centrée sur l'utilisateur et ses besoins. Une intention peut être représentée, basé sur les travaux de Prat [16], selon une structure composée d'un *verbe*, une *cible* et un ensemble de *paramètres* [18]. Le verbe *v* caractérise l'action décrivant l'intention. Cette action agit sur une cible *tg*, pouvant être aussi bien l'objet affecté par l'action que le résultat obtenu. Les paramètres *par* spécifient d'autres aspects de l'action tels que le bénéficiaire, la direction, la quantité, etc. Ces paramètres sont, bien entendu, optionnels et dépendent directement du verbe utilisé. Par exemple, un service offrant à un agent commercial la possibilité de consulter une fiche client peut être associé à l'intention I_1*={#consulter, #fiche_client, ∅}*. Ici, le verbe « consulter » est utilisé en compagnie de la cible « fiche client » sans qu'un paramètre soit indiqué. La Définition 2 ci-dessous résume cette notion.

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*.

$$I = \{ < \text{v} , \text{tg} , \text{par} > \}$$

Chaque élément de cette définition doit être sémantiquement défini au préalable et nous supposons, pour cela, l'existence d'une *ontologie* d'intentions. Cette ontologie se compose, 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. Une telle définition, basée sur une ontologie prédéfinie, n'est envisageable que dans le cadre fermé d'un SI. D'une part, ces systèmes n'autorisent pas un comportement ouvert sur des intentions et des cibles non-autorisées ou inconnues auparavant, de par leur importance stratégique dans les entreprises. D'autre part, en dehors d'un tel système, l'expression de l'intention à l'aide d'un ensemble prédéfini de termes est difficilement imaginable, laissant une part trop importante à l'ambigüité. Celle-ci provient, en réalité, des utilisateurs : dans un environnement pervasif ouvert, le profil des utilisateurs n'est pas forcément connu à l'avance et leur mode d'expression peut varier sensiblement.

3.2 Services sensibles au contexte

Une intention n'est pas le fruit du hasard : elle représente le besoin d'un utilisateur. Or ce besoin émerge dans un *contexte* donné. Nous pensons qu'une intention n'a de sens que lorsqu'on la considère dans un contexte donné (Figure 2) : un utilisateur invoque un service car celui-ci lui permettra de satisfaire une intention, mais le contexte dans lequel émerge cette intention est lui aussi significatif. Il peut influencer la manière dont cette 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). Ainsi, à une même intention peuvent correspondre de multiples services, en fonction aux différents contextes dans lesquels cette intention émerge.

Cette vision commence à se développer. Quelques auteurs, dont [19], proposent d'associer ces deux notions. Cependant, pour beaucoup d'entre eux, cette association reste assez floue. Par exemple, Santos *et al.* [19] ne considèrent le contexte que comme un filtre pour la découverte de services, le contexte étant une partie des entrées nécessaires aux 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 ne peut être réduit à de simples paramètres d'entrée/sortie. Non seulement il influence l'exécution du service, mais il caractérise aussi le service lui-même et les intentions affichées par le service.

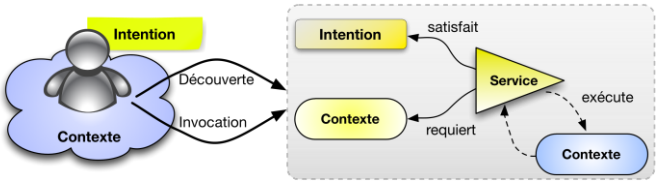


Figure 2. Un service dans un espace de services.

On observe sur la Figure 2 que l'impact du contexte sur le service est double : il influence son exécution et le caractérise. Nous considérons qu'un service sv se situe lui-même dans un contexte donné. Ainsi, à l'instar de [20], nous considérons qu'un service peut être associé à deux contextes complémentaires. Tout d'abord, un service s'exécute dans un contexte $\mathcal{CX}$ donné. 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. Ensuite, nous considérons qu'un service sv peut avoir un contexte requis $\mathcal{CXR}$ représentant un ensemble de conditions contextuelles dans lesquelles le service est le plus apte à atteindre ses objectifs, *i.e.* les conditions de contexte auxquelles il peut s'adapter. Plus le contexte courant observé pour l'utilisateur correspond au contexte requis $\mathcal{CXR}$, plus le service aura de chances de s'adapter à cette situation et de satisfaire l'utilisateur. Par exemple, à l'intention I_1*={#consulter, #fiche_client, ∅}*, nous pouvons attacher multiples services. Ceux-ci peuvent varier en fonction autant de leur contexte requis $\mathcal{CXR}$, impliquant les capacités du terminal utilisé, sa localisation ou encore le type de réseau impliqué, que qu'en fonction de leur contexte d'exécution $\mathcal{CX}$, exécutant sur des serveurs plus ou moins puissants, à l'intérieur de l'entreprise ou sur une plateforme extérieure, en mode *cloud*.

Il nous paraît ainsi évident qu'un service ne peut être défini sans tenir compte de ces éléments qui lui permettent de mieux se situer dans son environnement et de réagir à celui-ci :

Définition 3 : Un service sv_i correspond à un ensemble de fonctionnalités $\mathcal{F}$ fournies par cette entité sv_i dans un contexte $\mathcal{CX}$ afin de satisfaire un ensemble d'intentions I. La satisfaction de ces

intentions dépend d'un contexte favorable, décrit comme un contexte requis $\mathcal{CXR}$ pour le bon fonctionnement du service.

$$sv_i = <I, \mathcal{F}, \mathcal{CX}, \mathcal{CXR}>$$

4. LA PRISE EN COMPTE DU CONTEXTE DANS UN SIP

La notion de contexte est explorée depuis plusieurs années dans l'informatique pervasive [15][21]. Selon Gensel *et al.* [8], 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 au centre des mécanismes d'adaptation prônés par les systèmes sensibles au contexte. Ces systèmes ont la capacité d'adapter leur fonctionnement afin d'augmenter leur utilisabilité et leur efficacité par la prise en compte du contexte environnant [2].

La notion de contexte devient ainsi essentielle pour les SIP, car ceux-ci doivent également être sensibles au contexte pour pouvoir s'adapter à l'environnement pervasif dans lequel ils évoluent. La maîtrise des SIP passe donc par la maîtrise du contexte, dont une représentation formelle permettra de définir les contours et d'identifier les informations pertinentes qui influenceront le comportement du système. Ce constat, effectué par différents auteurs [8] [5] a conduit à la proposition de multiples modèles de contexte [15] [4]. Même si ceux-ci varient par leur forme et leur formalisme, nous pouvons dégager certains éléments clés. Ces éléments, représentés dans la Figure 3, forment un méta-modèle, qui nous permet de « réduire » un modèle de contexte à l'observation d'un ou plusieurs sujets (un utilisateur, un dispositif, etc.) pour lequel (lesquels) on observe un ensemble d'éléments de contexte (localisation, activité, mémoire disponible, etc.), obtenant pour chacun de ces éléments, des valeurs observées accompagnées de leurs métadonnées (forme de 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. Depuis quelques années, une tendance vers la description sémantique de ces éléments se dégage [15]. De plus en plus de modèles utilisent en effet les ontologies pour les décrire. Il s'agit souvent d'ontologies conçues pour être facilement étendues par des sous-ontologies, en fonction du système dans lequel le modèle s'applique. 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.

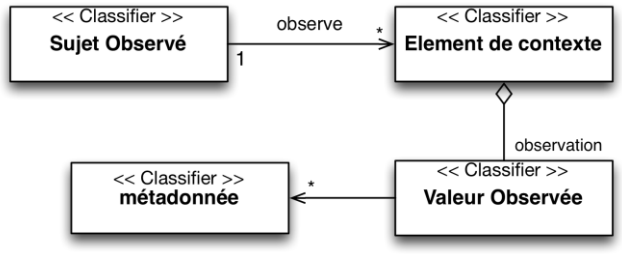


Figure 3. Méta-modèle de contexte.

La notion d'espace de services permet de prendre en compte l'information contextuelle à travers la notion de *capteur*. Un *capteur* se définit en fonction des informations contextuelles qu'il est capable de renseigner. Chaque capteur fournit un ensemble d'informations contextuelles correspondant aux *valeurs observées* pour des *éléments de contexte* clairement identifiés dans une ontologie de domaine. Considérer des éléments spécifiés dans une ontologie présuppose que des éléments de contexte inconnus jusqu'alors ne seront pas pris en compte par le SIP, car ils risquent de ne pas être correctement interprétés par ce dernier. Ce n'est qu'après avoir été reconnu dans l'ontologie, et donc reconnu par le système, qu'un élément de contexte pourra être pris en compte. 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 : Un capteur cp_i fournit un ensemble d'observations O_{cpi}. 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 $\mathcal{M}$.

$$O_{cpi} = \{ < ob_j, t_j > \}, \; ob_j = < sj, eo, v, \mathcal{M} >, \text{ où}$$

- 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 : $\mathcal{M} = \{ m = d \}$.

Par ailleurs, nous devons considérer qu'un capteur cp_i est défini non seulement par l'ensemble d'observations O_{cpi} qu'il réalise, mais également par le contexte $\mathcal{CX}$ 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_{cpi} qu'il réalise et d'un contexte $\mathcal{CX}$, décrit par un ensemble d'observations.

$$cp_i = \{ O_{cpi}, \mathcal{CX} \}$$

5. DEFINITION D'ESPACE DE SERVICES

Grâce à tous les éléments identifiés précédemment, nous proposons enfin de conceptualiser un espace de services, en définissant de manière générale chacun de ses éléments.

5.1 Définition des entités

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).

Cet environnement contient 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, qu'il soit physique (gestion de la température d'un dépôt de stockage, etc.), logique (invocation d'un service Web ou d'une fonctionnalité d'un ERP, etc.) ou organisationnel (intervention sur un processus métier, etc.). Les entités actives correspondent ainsi à la notion de *service*, présentée dans la section 3. Les *entités passives* alimentent quant à elles le SIP en informations à propos de l'environnement. Elles correspondent ainsi à la notion de *capteur* (cf. section 4). Ces capteurs, de différente nature, permettent 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.).

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

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

- $\mathcal{A} = \{ sv_i \}$ correspond à l'ensemble des ***entités dites actives***,
- $\mathcal{P} = \{ cp_i \}$ correspond à l'ensemble des ***entités dites passives*** disponibles sur l'espace ξ.

Nous considérons que les entités qui composent l'espace de services ξ se trouvent elles-mêmes dans cet espace et peuvent donc être caractérisées par les informations contextuelles que l'on peut y capter à leur sujet. Ainsi, chaque entité possède un contexte $\mathcal{CX}$ dans lequel on l'observe et qui lui est associé.

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 $\mathcal{CX}$, 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.

$$\mathcal{CX} = \{ < ob_j , t_j > \}, \; ob_j = < e_i , eo , v , \mathcal{M} >$$

5.2 Evolution d'un espace de services

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. On peut ainsi distinguer deux visions : d'abord, une vision statique qui conceptualise l'espace de services par la définition des entités dont l'intégration à l'espace est prévue, voire souhaitée par l'entreprise. Or, la nature dynamique des environnements pervasifs oblige cette conceptualisation à évoluer avec cet environnement. Une vision dynamique est alors nécessaire et doit tenir compte des entités effectivement disponibles dans l'espace de services à un instant t.

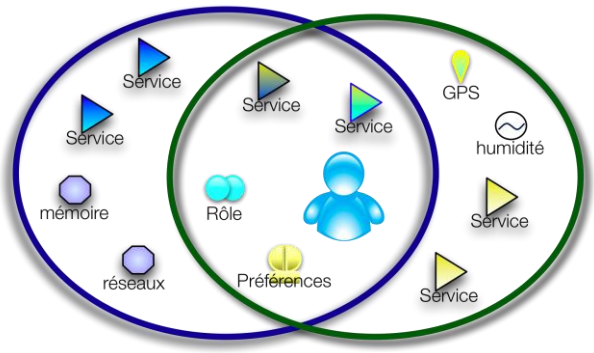


Figure 4.Multiples espaces de services perméables.

Dans les faits, les SIP sont confrontés à la volatilité des ressources qui se trouvent dans des environnements pervasifs. Cependant, la découverte et la prise en compte opportuniste des entités ne sont pas toujours possibles ni souhaitables. Les SIP requièrent le maintien d'un certain contrôle, puisqu'il s'agit, avant tout, d'un SI. La prise en compte de nouvelles entités doit ainsi passer par la validation ou un accord préalable de la part de l'entreprise. La notion d'espace de services permet ainsi aux concepteurs de mieux imaginer les environnements optimaux, maîtrisés et pourtant dynamiques. Les concepteurs peuvent décrire leur SIP sous la forme de multiples espaces de services perméables, qui peuvent se partager des entités (actives ou passives) communes (voir Figure 4). Les entités actives ou passives d'un espace peuvent ainsi exister sur d'autres espaces. L'utilisateur évolue entre ces multiples espaces qui se superposent et évoluent dans le temps.

Afin de permettre aux visions statique et dynamique de coexister de manière harmonieuse, nous considérons l'état d'un espace de service en plus de sa définition statique. L'*état* d'un espace de services ξ à un instant t, noté ξ^t, correspond 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 $e_i^{\xi t}$, 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 :

$$\xi^t \subseteq \xi, \; \xi^t = \left\{ e_i \middle| e_i \in \xi \wedge e_i^{\xi t} \right\}, \text{ où}$$

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

6. METHODOLOGIE

Afin de faciliter et d'organiser la conception de cet espace de service, nous proposons ici une méthodologie de conception de cet espace à destination des concepteurs de SIP. Notre objectif est de les aider à spécifier les fonctionnalités attendues de leur système, ainsi que les informations qui seront capturées par celui-ci pour une meilleure adaptation. Il s'agit d'un processus de conception d'un espace de service et de ses différents éléments dans la perspective 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.

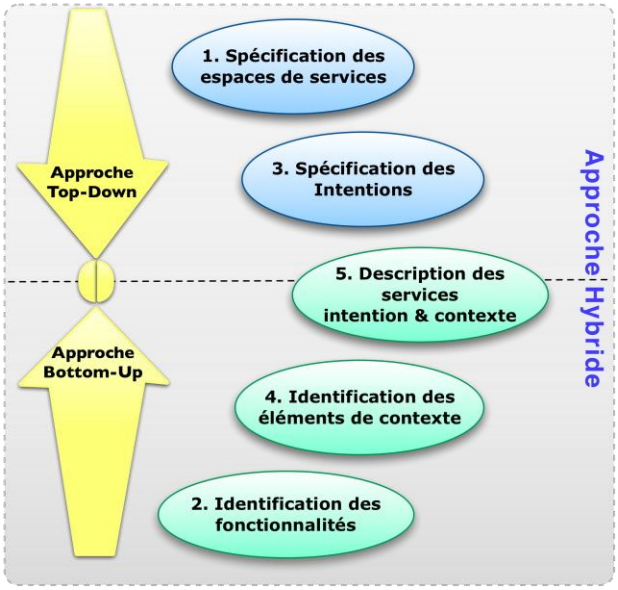


Figure 5. Vue schématique sur la méthodologie de conception d'un SIP.

La méthodologie que nous proposons repose sur une combinaison entre les approches ascendante et descendante (voir Figure 5), se basant à la fois sur les aspects métiers et fonctionnels pour permettre la définition de l'espace de services et de ses différents éléments métiers et techniques. 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 (voir Figure 4). 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. Les entités actives (services) sont ainsi définies en fonction de l'intention qu'elles doivent satisfaire et du contexte dans lequel ces intentions émergent. 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. L'objectif est de permettre la prise en compte de ce contexte afin de proposer aux utilisateurs les services qui leur correspondent le mieux.

La méthodologie proposée s'organise ainsi en cinq étapes, illustrées par la Figure 5 et décrites ci-dessous :

1) Spécification des différents espaces de services : cette étape vise l'analyse et la spécification des principaux espaces de travail de l'utilisateur. Il s'agit d'établir au préalable, et d'une façon générale, les différents espaces de services au sein desquels les utilisateurs vont interagir avec le SIP. Le point de vue adopté ici est celui d'un utilisateur mobile. Le résultat est une liste des différents espaces de services considérés comme pertinents pour l'utilisateur et souhaités pour le SIP.

2) Identification des différentes fonctionnalités : cette étape permet d'identifier les différentes fonctionnalités considérées comme pertinentes pour le SIP. Suivant une approche ascendante, cette étape part de l'existant (SI), au niveau fonctionnel, et identifie les fonctionnalités qui seront exposées en tant que service par les différents espaces.

3) Spécification des intentions possibles de l'utilisateur : lors de cette étape, une analyse plus approfondie des besoins potentiels de l'utilisateur dans chaque espace et leur spécification sous forme d'intention est réalisée. Il s'agit de mieux comprendre le fonctionnement que doit avoir le SIP de point de vue utilisateur. Les intentions identifiées ici seront, par la suite, associées aux services techniques identifiés précédemment. Des nouveaux services, correspondant à des nouvelles intentions, pourront également être intégrés.

4) Identification des éléments de contexte nécessaires : cette étape vise à identifier les différents éléments de contexte qui sont pertinents par rapport aux services pouvant être proposés dans chaque espace. Il s'agit surtout d'identifier les technologies disponibles permettant d'observer et de capturer les éléments de contexte nécessaires et leur représentation dans un modèle de contexte.

5) Description des services selon l'intention et le contexte : cette étape consolide la définition de chaque espace de service. Les services qui seront proposés dans ces espaces sont décrits de manière sémantique, en incorporant à leur description technique, les intentions qu'ils doivent satisfaire, leur contexte requis et leur contexte d'exécution. Une description sémantique a ainsi été proposée [13], sous forme d'une extension OWL-S. L'ensemble de ces descriptions peut ainsi être utilisé pour la découverte et l'exécution de ces services en fonction de l'intention et du contexte courant de l'utilisateur [14]. Une plate-forme a été proposée [14] afin d'aider les concepteurs d'un SIP dans la mise en œuvre de ces systèmes.

7. CONCLUSIONS

Dans cet article, nous avons proposé la notion d'espace de services, cadre conceptuel pour la spécification 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 ses utilisateurs et les capteurs qui l'alimentent avec des informations collectées 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.

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, présentée dans la section 6, et, d'autre part, d'une plate-forme que nous avons déjà développé, appelée IPSOM [14], pour la mise en œuvre d'un SIP. Les premiers résultats obtenus avec IPSOM sont prometteurs, notamment concernant la découverte de services adaptés aux intentions et au contexte de l'utilisateur (voir [14]). Une 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.

Enfin, il est important d'observer que d'autres aspects méritent encore réflexion et doivent être intégrés aux différentes définitions proposées dans cet article. Il s'agit, avant tout, d'éléments présents ou potentiellement présents dans les SIP et qui doivent être pris en compte par la notion d'espace de services. Parmi ces aspects, nous trouvons la composition de services et des intentions, aspect qui n'a pas encore été totalement traité par la notion d'espace de services à l'état actuel. La notion de qualité de services et sa possible prise en compte en tant qu'élément de contexte requis méritent également une réflexion approfondie, ainsi que l'intégration de la notion *cloud computing* et l'usage de service répartis sur ces plateformes. Ces aspects représentent autant de pistes des travaux futurs et nous permettent d'ores et déjà d'imaginer la nécessaire évolution de la notion d'espace de service.

8. REFERENCES

[1] Alonso G., Casati F., Kuno H. and Machiraju V., 2004. *Web services: Concepts, architecture, and applications*. Springer Verlag.

[2] Baldauf M., Dustdar S. and Rosenberg F., 2007. A survey on context-aware systems. *Int. Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 2, 4 (June 2007), 263-277.

[3] Bell, G., Dourish, P., 2007. Yesterday's tomorrows: notes on ubiquitous computing's dominant vision. *Personal and Ubiquitous Computing*, 11, 2 (Jan. 2007), 133-143.

[4] Bettini C., Brdiczka O., Henricksen K., Indulska J. Nicklas, D., Ranganathan, A. and Riboni, D., 2010. A survey of context modelling and reasoning techniques. *Pervasive and Mobile Computing*, 6, 2 (April 2010), 161-180.

[5] Chaari T., Laforest F. and Celentano A., 2007. Adaptation in context-aware pervasive information systems: the SECAS project. *J. of Pervasive Computing and Communications*, 3, 4, 400-425.

[6] Denis G., Arcangeli J.-P., Nöel V., Triboulot C. and Trouilhet S., 2012. Composition opportuniste et ascendante à base d'agents coopératifs. In *8èmes Journées Francophones Mobilité et Ubiquité (Ubimob 2012),* P. Roose and N. Rouillon-Couture (dir.), Cépaduès Editions, 196-209.

[7] Ferscha A. (Ed.), 2011. *Pervasive Adaptation: Next generation pervasive computing research agenda*. http://www.pervasive.jku.at/fet11/RAB.pdf

[8] Gensel J., Villanova-Oliver M. and Kirsch-Pinheiro M., 2008. Modèles de contexte pour l'adaptation à l'utilisateur dans des Systèmes d'Information Web collaboratifs. *Atelier Modélisation Utilisateur et Personnalisation d'Interfaces Web, EGC'08*, 5-15.

[9] Hall R. S., Pauls K., McCuilloch S. and Savage, D., 2011. *OSGi in Action: Creating modular applications in Java*. Manning books.

[10] Issarny V., Caporuscio M. and Georgantas N. 2007. A Perspective on the Future of Middleware-based Software Engineering, *Future of Software Engineering, Int. Conf. on Soft. Eng. (ICSE)*.

[11] Kourouthanassis P. E. and Giaglis G. M., 2006. A Design Theory for Pervasive Information Systems. *3rd Int. Workshop on Ubiquitous Computing*, 62-70.

[12] Kourouthanassis, P.E., Giaglis G. M. and Karaiskos D.C. 2008. Delineating the Degree of 'Pervasiveness' in Pervasive Information Systems: An Assessment Framework and Design Implications. *Panhellenic Conf. on Informatics*, 251-255.

[13] Najar, S., Kirsch Pinheiro, M. and Souveyet, C., 2011. Towards Semantic Modeling of intentional pervaisve System. *6th Int. Workshop on Enhanced Web Service Technologies (WEWST'11), European Conference on Web Services (ECOWS'11)*, ACM Press, 30-34.

[14] Najar, S., Kirsch-Pinheiro, M., Steffenel, L. A. and Souveyet, C., 2012. Analyse des mécanismes de découverte de services avec prise en charge du contexte et de l'intention. In *8èmes Journées Francophones Mobilité et Ubiquité (Ubimob 2012),* P. Roose and N. Rouillon-Couture (dir.), Cépaduès Editions, 210-221.

[15] Najar S., Saidani O., Kirsch-Pinheiro M., Souveyet C. and Nurcan S., 2009. Semantic representation of context models: a framework for analyzing and understanding. *1st Workshop on Context, information and ontologies, European Semantic Web Conference (ESWC'2009)*, article n° 6.

[16] Prat, N. 1997, Goal Formalisation and Classification for Requirements Engineering. Dubois, E., Opdahl A.L., Pohl, K. (Eds.), 3rd Int. Workshop on Requirements Eng.: Foundations of Software Quality.

[17] Preuveneers D., Victor K., Vanrompay Y., Rigole, P., Kirsch Pinheiro, M. and Berbers, Y., 2009, Context-Aware Adaptation in an Ecology of Applications. In *Context-Aware Mobile and Ubiquitous Computing for Enhanced Usability: Adaptive Technologies and Applications*, Stojanovic D. (Ed.), IGI Global, 1-25.

[18] Rolland C., Souveyet C. and Kirsch-Pinheiro M., 2010. An Intentional Approach to Service Engineering, *IEEE Transactions on Services Computing*, 3, 4, 292-305.

[19] Santos L.O. B.S., Guizzardi G., Pires L.F. and Van Sinderen M., 2009. From User Goals to Service Discovery and Composition, *ER Workshops*, 265-274.

[20] Vanrompay Y., Kirsch-Pinheiro M. and Berbers Y., 2011. Service Selection with Uncertain Context Information. In *Handbook of Research on Service-Oriented Systems and Non-Functional Properties: Future Directions*, Reiff-Marganiec S. and Tilly M. (Eds.), IGI Global, 192-215.

[21] Villalonga C., Bauer M., Huang V., Bernat J. and Barnaghi P., 2010. Modeling of sensor data and context for the real world Internet, *PerCom'10 Workshops Proceedings*, 1-6.

[22] Weiser, M., 1991. The computer for the 21st century ». *Scientific American* (Sept. 1991), 94-104.