

Les Espaces de Services au service des Smart Village

Manuele Kirsch Pinheiro, Carine Souveyet

▶ **To cite this version:**

Manuele Kirsch Pinheiro, Carine Souveyet. Les Espaces de Services au service des Smart Village. 1er Colloque 2021 sur l'émergence de TERritoires INTelligents (TERINT2021), Jun 2021, Cozzano, France. hal-03974357

HAL Id: hal-03974357
https://paris1.hal.science/hal-03974357

Submitted on 5 Feb 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.

1er Colloque 2021 sur l'émergence de TERritoires INTelligents (TERINT2021)

Les Espaces de Services au service des Smart Village

Manuele Kirsch Pinheiro, *Centre de Recherche en Informatique, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne*

Carine Souveyet, *Centre de Recherche en Informatique, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne*

Abstract

L'évolution des nouvelles technologies, et notamment celles en rapport avec l'IoT et *l'Edge* et le *Cloud Computing*, permettent aujourd'hui un déploiement massif de celles-ci auprès des populations. La mise en place de ces territoires intelligents, qui peuvent être assimilés à la notion de « *smart city* », passe par des nombreux défis, dont celui du pilotage de l'offre de services dans ces territoires. L'abstraction de l'espace de services offre un outil conceptuel d'aide à ce pilotage, permettant une prise en main de ces espaces en toute transparence.

1 Introduction

L'évolution des nouvelles technologies, et notamment celles en rapport avec l'IoT (*Internet of Thing*), permettent aujourd'hui un déploiement massif de celles-ci auprès des populations. Ces technologies se retrouvent de plus en plus intégrées à l'environnement physique autour de nous, permettant notamment l'observation à large échelle de l'environnement qui nous entoure. Cette arrivée massive d'information ouvre de nouvelles perspectives de services résolument tournés vers la société civil, soit vers directement les populations, soit vers organisations publiques ou privées. D'un point de vue technique, ces services peuvent prendre différentes formes, dont les Web Services mais également (et de plus en plus) la forme de micro-services, lesquels peuvent être facilement déployés sur différents types de ressources. La disponibilité de ces services interroge également sur la question de la disponibilité des ressources suffisantes pour leur exécution. Ces ressources peuvent provenir des plateformes *Cloud*, mais pas seulement. En effet, l'usage des plateformes *Cloud*, même si très répandue, est encore assujettie à certaines limitations, notamment liées à la connectivité et à la latence réseau, mais également à la confidentialité de certaines informations. Des ressources de proximités, placées à proximité des sources de données, peuvent également être considérées, à travers notamment les plateformes de *Fog* (ou *Edge*) *Computing*.

Il en résulte un écosystème particulièrement complexe, composé d'informations issues de l'observation de l'environnement, des services proposés aux communautés et des ressources nécessaires à l'exécution de ces services. Il se pose alors la question de la gestion de cet écosystème, de ces espaces publiques (ou privés) dans lesquels on souhaite rendre disponible un ensemble de services et d'informations directement aux usagers. La gestion de ces écosystèmes par les décideurs est d'autant plus importante lorsqu'on parle d'espace publique, dans un contexte de *smart city*. On parle alors de services à destination d'une population, dont le choix, aussi bien en termes d'offre de services qu'en termes de ressources pour leur mise en œuvre, peut devenir vite stratégique tant l'échelle d'application et la population impliquée peuvent être importants. Cependant, on ne peut pas réduire ces scénarios de *smart city* aux grandes villes et territoires densément peuplés. Il s'agirait alors d'une vision réductrice, puisque les territoires ruraux ou moins dense d'un point de vue de leur population peuvent bénéficier tout autant d'un déploiement technologique et de services qui pourraient en découler. Même si l'échelle d'application n'est pas forcément la même dans les deux cas, leur impact pour les populations peut être tout aussi important, comme le sont les défis pour la mise en place. Il ne s'agit pas uniquement d'une question de déploiement des technologies et des défis techniques liés à ce déploiement, mais également une question de gestion : comment (mieux) gérer l'offre de services destinés à une population tout en garantissant un usage raisonné des ressources disponibles ?

Malheureusement, peu d'abstractions ou d'outils d'aide existent pour épauler les décideurs dans la gestion de ces environnements devenus pervasifs, au sens de technologiquement chargés. L'abstraction des « espaces de services », originellement proposée en direction des Systèmes d'Information [9][10][13], offre une première réponse à cette question. Cette abstraction, qui se présente comme un outil d'aide conceptuel, permet la prise en main de ces espaces en toute transparence. Cette prise en main se fait notamment à travers les rôles des principaux éléments composant ces espaces (les services, les ressources et la notion de contexte, représentation les informations

pouvant être acquises à partir de l'observation de l'environnement). La prise en main de ces rôles permet ainsi considérer les services qui seront offerts dans ces espaces, tout en cachant la complexité technologique qui y est présente. Il s'agit donc d'un outil conceptuel pour la prise de décision, sensée accompagner les décideurs dans la gestion de ces espaces. Dans cet article, nous discutons l'application de l'abstraction de l'espace de services à un scénario de « *smart village* » pour le pilotage de ces écosystèmes dans nos territoires.

L'article s'organise comme le suit : la Section 2 introduit le contexte de ce travail ; la section 3 présente l'abstraction de l'espace de services, alors que la Section 4 illustre son application dans ce contexte, avant de présenter nos conclusions et perspectives à la Section 5.

2 Des *smart cities* aux Systèmes d'Information Pervasifs : le défi de la gestion

Derrière la notion de « ville intelligente » ou « *smart city* », il y a l'idée d'une zone urbaine qui utilise fortement les technologies de l'information au bénéfice de ses habitants et de leurs besoins, à travers des solutions qu'on pourrait qualifier d'innovantes. Différents auteurs mettent en avant différents aspects concernant les *smart cities* : la qualité de vie de ses habitants et la gestion des ressources [8] ou encore le développement durable [16]. Pour Antoine-Santoni *et al.* [1], on peut retrouver deux axes principaux dans les définitions de *smart city* : (i) celui de l'informatique ubiquitaire et de l'omniprésence de dispositifs numériques intégrés à l'environnement urbain, utilisés pour surveiller, gérer et réguler les flux urbains et les divers processus, souvent en temps réel ; et (ii) celui du développement d'une économie de la connaissance par une gouvernance pilotée par l'innovation, la créativité et l'esprit d'entreprise, dans laquelle les technologies de l'information sont perçues comme un élément central, notamment en ce qui concerne les services aux citoyens et aux entreprises.

La notion de *smart city* est ainsi directement liée à l'usage des technologies au bénéfice d'une population se retrouvant sur un certain territoire. Selon Khataoun & Zeadally [8], les technologies de l'information et de la communication joueraient un rôle de pivot dans le développement de villes capables de s'adapter aux besoins de leurs citoyens. L'objectif serait alors d'améliorer la qualité de vie des citoyens, mais également d'optimiser les ressources environnementales, économiques et territoriaux. A travers les technologies, c'est donc les citoyens qui sont au centre des préoccupations. Selon Antoine-Santoni *et al.* [1], les citoyens sont au cœur de la stratégie de développement des villes intelligentes grâce notamment à des infrastructures informatiques et à la création de services, le tout dans une recherche de maitrise des ressources naturelles, énergétiques, humaines et économiques.

Les technologies étant le facteur déclencheur des villes intelligentes, il est important comprendre les évolutions technologies ayant permis l'essor des *smart cities* et l'apparition plus générale des territoires intelligents. En effet, cette dernière décennie a été témoin des nombreuses évolutions technologiques et des nouveaux usages ayant fortement impacté les entreprises, mais également la société de manière générale. Parmi les nouvelles tendances apparues au cours de ces dernières années, nous pouvons citer la 4G, l'IoT (*Internet of Things*), le *Big Data*, le *Cloud Computing* et l'*Edge Computing*, ou encore la démocratisation du *Machine Learning*.

Le développement des technologies mobiles, dont les réseaux de type LoRa ou encore la 4G (et très prochainement la 5G), a contribué à la démocratisation de l'accès Internet à un débit raisonnable dans des nombreuses zones et territoires qui en étaient avant dépourvus ou peu équipés. Même si nous sommes encore loin d'une couverture complète de notre territoire, les évolutions de ces dernières années dans le domaine ont permis un accès élargi aux ressources sur Internet.

Cette couverture élargie permet aujourd'hui d'envisager le développement à large échelle de l'IoT. Celle-ci ouvre des nouvelles perspectives d'interaction avec l'environnement physique, et avec elles, des nouvelles perspectives de services. Selon Sundmaeker *et al.* [15], on espère que les objets dont il est question dans l'IoT deviennent actifs, participant à différents aspects de la société : « *business, information and social process* » [15]. L'aspect informationnel demeure aujourd'hui celui le plus en vue puisqu'à travers l'IoT, il est possible de récolter facilement (et même en continu) des données issues de l'environnement physique, mais également d'agir sur cet environnement à travers des capteurs et d'actuateurs souvent reliés à des nano-ordinateurs connectés au réseau et doués d'un certain pouvoir de calcul.

Le volume des données récoltées à partir de l'IoT peut devenir particulièrement important. Les plateformes de *Big Data* permettent aujourd'hui de mieux maitriser ces données et d'enfin pouvoir les exploiter convenablement. On peut donc extraire de la valeur ajoutée de cette masse de données, à travers de nombreuses techniques d'analyse, y compris issues du *Machine Learning*, à condition, bien évidemment, d'avoir accès à une infrastructure permettant ce type d'exploitation.

Cette infrastructure repose bien souvent sur les plateformes *cloud*. L'essor du *Cloud Computing* a permis à des nombreuses organisations, publiques ou privées, de rationaliser leur infrastructure informatique. Le *Cloud Computing* peut être vu comme la capacité d'accéder à un pool de ressources détenu et maintenu par une tierce partie via Internet. Il ne s'agit donc pas d'une nouvelle technologie à proprement parler, mais d'une nouvelle manière de consommer les ressources informatiques [5]. Dans le modèle *cloud*, les ressources utilisées n'appartiennent plus à l'organisation, mais elles sont le plus souvent « louées » auprès d'un ou plusieurs fournisseurs en fonction des besoins de l'organisation. Les ressources sur le *cloud* sont ainsi perçues comme ayant un faible coût de maintenance, adoptant un modèle à la demande dans lequel on peut adapter sa consommation en fonction de ses besoins et ne payer que les ressources effectivement consommées. Cependant, l'adoption du modèle *cloud* est souvent accompagnée des craintes liées à l'externalisation des données et de leur traitement, ou encore à la dépendance vis-à-vis d'un fournisseur. A ces craintes s'ajoutent des problèmes liés à la connectivité et à la latence réseau qui subsistent malgré les évolutions dans les réseaux. Selon Madamori *et al.* [12], les dispositifs issus de l'IoT peuvent générer un large volume des données qui doit être transmis vers les infrastructures de types *cloud* pour son traitement et stockage, nécessitant pour cela une connectivité (notamment à travers les réseaux cellulaires) qui a un coût et qui peut être surchargée par ce volume de données générées.

Le choix entre déployer un certain service dans une ressource locale appartenant à une organisation ou de l'externaliser sur une ressource *cloud* publique est devenu ainsi un choix aussi bien stratégique que technique. Les ressources sont, par conséquent, plus visibles et doivent désormais être gérées autrement que d'un point de vue exclusivement technique. Dans ce contexte, la notion de *Fog* ou *Edge computing* gagne de l'importance. L'*Edge Computing* peut être vu comme un nouveau paradigme permettant la distribution des calculs, du stockage et de la gestion de services au plus proche de l'utilisateur final, tout au long du continuum entre le *cloud* et les objets (IoT) et les terminaux [2]. L'*Edge Computing* promeut l'usage de ressources de proximité pour l'exécution de certains services à la proximité de la production des données, mais également à proximité des utilisateurs qui les consomment. Il devient alors possible d'envisager l'usage des ressources autres que ceux des centres de calcul ou des plateformes *cloud* pour l'exécution de services, ouvrant encore plus la perspective d'une rationalisation de l'usage des ressources disponibles.

Toutes ces nouvelles évolutions et tendances permettent d'envisager leur application au plus près des populations et au service de celles-ci, permettant ainsi l'essor des *smart cities*. On parle ainsi de multiples technologies, dont notamment celles liées à *l'IoT* et au *Edge Computing*, qui pourraient être déployées sur un territoire au plus près d'une population. Des nombreux services peuvent ainsi être proposé en direction de cette population. Or la mise en place de ces services soulève non seulement des défis techniques, liés au déploiement de ces technologies, à leur connectivité ou encore à leur consommation d'énergie, mais également des défis liés à la gestion de cette nouvelle offre de services. Il s'agit de gérer un environnement est devenu de plus en plus hétérogène, intégrant des dispositifs de nature très variée, qui peuvent en plus être mobiles, ce qui rajoute le dynamisme à l'hétérogénéité. Par ailleurs, on attend de cet environnement hétérogène et dynamique un comportement qu'on pourrait qualifier d'intelligent, puisqu'au service de la communauté et de ses besoins. Au centre de ce comportement perçu comme intelligent, il y a la gestion de la variabilité des différents services et implémentations pouvant être proposées, et de l'adaptation de ces services aux besoins des utilisateurs et à leur contexte d'usage. La conception et le pilotage d'un tel environnement deviennent ainsi un problème complexe à gérer, car il faut identifier les services qui doivent être accessibles aux utilisateurs et dans quelles circonstances, le tout en tentant compte de l'hétérogénéité de l'environnement et des services impliqués.

Cette problématique liée à la gestion d'une offre de services dans un environnement devenu dynamique et hétérogène grâce aux technologies qui y sont embarquées est partagée également par les Systèmes d'Information, dont l'introduction des nouvelles technologies permet aujourd'hui d'envisager une nouvelle génération : les Systèmes d'Information Pervasifs. Un SI Pervasif peut ainsi être vu comme une classe émergente de SI dans laquelle les technologies de l'information sont graduellement embarquées dans l'environnement physique, capable d'accommoder les besoins et les désirs des utilisateurs quand nécessaire [11]. Ces systèmes sont caractérisés par leur

hétérogénéité, leur besoin de transparence et de sensibilité au contexte, leur orientation vers la satisfaction des besoins utilisateurs et le caractère maitrisé et prédictible, malgré leur dynamisme [13]. Ces mêmes caractéristiques peuvent également être soulignées auprès des *smart cities*. Celles-ci doivent composer avec des nombreuses technologies, formant un maillage très hétérogène qui doit être géré au bénéfice de la population. Il s'agit là aussi d'un écosystème tourné vers la satisfaction d'objectifs précis, liés aux besoins de cette population et à la gestion du territoire. Le caractère embarqué de ces technologies fait de la transparence une autre caractéristique commune, puisque ces technologies ont vocation à devenir invisibles aussi bien aux yeux de cette population, mais également des décideurs, qui n'ont pas forcément le bagage nécessaire pour les maitriser. Enfin, dans l'idéal, il s'agit d'un environnement qui devrait pourvoir s'adapter à ces utilisateurs et aux conditions d'exploitation, tout en gardant un caractère maitrisé, puisqu'il doit rester piloté et pilotable par les décideurs et organismes de gestion, en fonction des objectifs et des stratégies établies pour le territoire.

Face à ces nombreux points communs, nous considérons dans cet article l'application de l'abstraction de l'espace de services, originellement proposée pour les Systèmes d'Information Pervasifs, pour la gestion et le pilotage de l'offre de services dans le cadre de *smart village*. La prochaine section présente ainsi les principaux concepts utilisés par cette abstraction, avant de l'appliquer dans ce cadre dans la section 4.

3 L'abstraction Espace de Services

Comme nous l'avons souligné précédemment, les SI Pervasifs et les *smart villages* ont en commun plusieurs caractéristiques, mais également plusieurs défis, dont celui du pilotage de ces systèmes. Ceux-ci sont confrontés à une hétérogénéité et à un dynamisme sans précédent, mais ils demeurent soumis aux contraintes (et aux pratiques) propres à un SI, qui dans le cas des *smart village*, va s'étendre sur tout un territoire, pouvant ainsi affecter toute une population. Il s'agit notamment de pouvoir gérer l'offre de services proposés et les informations pouvant être observées à partir de l'environnement. Dans les deux cas, ce choix est stratégique et soumis aux objectifs fixés par l'organisation ou par les collectivités.

Malheureusement les technologies impliquées dans ces systèmes sont multiples et conduisent à une complexité accrue. Cette complexité rend difficile la compréhension du système et sa prise en main, aussi bien de la part des utilisateurs finaux que de ceux devant assurer le pilotage de ces systèmes. Or comme l'a souligné Dey [4], lors que les utilisateurs expérimentent des difficultés pour établir un modèle mental de comment les applications fonctionnent, ils sont moins disposés à les adopter et à les utiliser. Le fait de ne pas comprendre un tel système et son fonctionnement peut affecter son acceptation, ou du moins celle de certains de ses composants, et ainsi compromettre son adoption. Il est donc important que, dès les utilisateurs jusqu'aux décideurs, de tels systèmes puissent être facilement compris, sans qu'une compréhension plus approfondie de l'ensemble de technologies impliquées soit nécessaire. Les décideurs notamment doivent pouvoir maitriser de tels systèmes et leurs fonctionnalités, afin de prendre les bonnes décisions relatives à l'offre de services, sans pour autant être encombrés par les détails relatifs aux technologies utilisées. Le pilotage d'un *smart village* passe ainsi par le pilotage de son SI, lequel, comme un SIP, doit passer inéluctablement par la transparence. Celle-ci est nécessaire pour cacher l'hétérogénéité qui caractérise ces systèmes et qui touche aussi bien leurs ressources, infrastructures, services et usages. Cette transparence est nécessaire pour permettre aux décideurs de pouvoir focaliser sur l'offre de services et les informations concernées, et non sur les technologies qu'ils assureront ces services. Pour permettre d'atteindre ce niveau de transparence, des abstractions sont nécessaires afin de permettre la construction d'un modèle mental représentant ces systèmes. L'espace de services décrit dans ce qui suit se présente comme un outil conceptuel permettant une représentation abstraite d'un SIP avec les fonctionnalités qu'il est supposé remplir et les ressources considérées pour permettre leur exécution.

Originellement proposé dans [9][10][13], l'espace de services se présente donc comme un ensemble de définitions qui formalisent conceptuellement un SIP comme un ensemble d'espaces dans lesquels des *services* sont proposés aux utilisateurs et exécutés sur des *ressources* disponibles dans l'environnement en fonction du contexte dans lequel ils (service, ressources et utilisateurs) se trouvent. Ce contexte représente en réalité des informations qui peuvent être observées, grâce à des *capteurs*, à partir de l'environnement, notamment physique, qui entoure aussi bien l'utilisateur que ces services et ressources. La notion de contexte considérée ici correspond ainsi à celle

utilisée dans l'Informatique Ubiquitaire, laquelle peut être définie comme tout élément d'information permettant de caractériser la situation d'une entité, qu'il s'agisse d'une personne, d'un endroit ou d'un autre objet (utilisateur, application, etc.), considérée pertinent pour l'interaction entre l'utilisateur et l'application [3].

Ces différentes définitions permettent de conceptualiser un SIP en tant qu'ensemble d'espaces de services, comme l'illustre la Figure 1. Dans chaque espace, l'utilisateur interagit avec un ensemble de *services* qui peuvent s'exécuter sur des *ressources* disponibles, en fonction du contexte courant obtenu grâce aux *capteurs*. Le système dans sa globalité est vu comme un ensemble d'espaces perméables et évolutifs, puisqu'ils peuvent se partager des entités communes (par exemple, un service disponible dans plusieurs espaces, ou une ressource pouvant être utilisée dans plusieurs espaces) et évoluer dans le temps (avec, par exemple, des ressources qui vont et viennent dans un espace ou qui se déplacent d'un espace vers un autre). La notion d'espace ne se limite donc pas à des éléments disposés dans une zone géographique précise, mais à une véritable conceptualisation au service du SI. Par exemple, dans le cadre d'un territoire, on pourrait avoir certains espaces associés à des zones géographiques, mais également des espaces dédiés à certaines activités socio-économiques, comme la gestion de l'eau, les services de transport ou la production agricole.

Chaque espace est ainsi vu comme un ensemble d'entités, représentant les trois abstractions majeures mentionnées précédemment : les *services*, les *ressources* et les *capteurs*. Ces abstractions correspondent aux *rôles* joués par les éléments composant un SI, et pas forcément aux éléments eux-mêmes. On conceptualise les éléments à travers les rôles qu'ils jouent auprès d'un SIP, ce qui permet de faire plus facilement abstraction de la vraie nature de ces éléments. Ceux-ci peuvent jouer différents rôles, ils seront alors considérés sous l'angle de ces rôles. Par exemple, un nano-ordinateur de type RaspberryPI équipé d'un capteur de température sera considéré à la fois comme un capteur, puisqu'il permet d'observer l'environnement physique, mais également comme une ressource, puisqu'il permet l'exécution de certains services, dont un service permettant d'acquérir et de retransmettre les données de température obtenues. On se concentre donc sur les différents rôles qui peuvent être joués et pas forcément sur l'élément lui-même et ses technologies.

Un espace comme un ensemble d'entités :

$$\xi^t = \{ e_i \mid e_i \in \mathcal{A}^t \vee e_i \in \mathcal{P}^t \vee e_i \in \mathcal{R}^t \}$$

Services caractérisés par leur intentions et fonctionnalités dans un contexte :

$$\mathcal{A}^t = \{ sv_i \}, \text{ où } sv_i = < I, \mathcal{F}, \mathcal{CXR}, \mathcal{CoR}, \mathcal{Pr}, \mathcal{CX} >$$

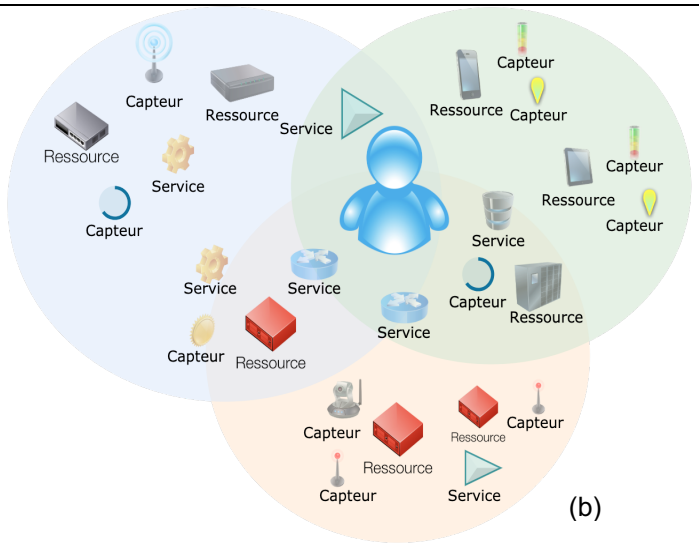
Capteurs vus à travers les observations :

$$\mathcal{P}^t = \{ cp_i \}, \text{ où } cp_i = \{ O_{cpi}, \mathcal{CX} \}$$

Ressources caractérisées par leurs capacités et contraintes d'usage :

$$\mathcal{R}^t = \{ r_i^t \}, \text{ où } r_i^t = < \mathcal{C}a_i, \mathcal{C}o_i, \mathcal{P}r, \mathcal{CX} >$$

(a)



(b)

Figure 1. Principales définitions d'un espace de service (a) et illustration des multiples espaces (b) composant un SIP (d'après [9][10][13]).

4 L'application de l'Espace de Services à un *smart village*

L'application de l'abstraction de l'espace de services est un processus itératif impliquant différents acteurs et permettant de gérer l'offre de services et les ressources et informations nécessaires à ces services. À travers plusieurs cycles d'itération, différentes étapes permettent de mettre en lumière chaque rôle présent dans un espace de services, amenant à l'identification des différents éléments pouvant jouer ces rôles et former ainsi différents espaces

(illustrés par la Figure 2). Il s'agit d'une démarche hybride, à la fois descendante (*top down*) et ascendante (*bottom up*), et pluridisciplinaire, dans laquelle des décideurs, conseillés par des acteurs issus du monde technique, vont pourvoir coopérer pour éliciter les différents *services* à proposer, les capteurs à *déployer* et les *ressources* nécessaires à leur exécution. En effet, on remarque souvent dans la littérature des démarches presque exclusivement descendantes, avec une vision *business* projetée sur le niveau technique. La démarche proposée dans [7][14] en est d'ailleurs un exemple. Or une vision complément descendante peut se heurter à la réalité du déploiement technique à l'échelle du territoire. Un décideur peut facilement identifier des objectifs à atteindre, mais il pourra difficilement connaître les implémentations permettant d'offrir ces services, ni les ressources et les capteurs qui pourront s'avérer nécessaires pour leur exécution. Il nous paraît alors essentiel d'avoir une interaction entre le niveau conceptuel et l'environnement technique et que cette interaction se fasse dans les deux sens : en remontant des informations et des services présents dans l'environnement au niveau métier, et en projetant les éléments business de leur niveau conceptuel jusqu'à leur exécution sur l'environnement technique réel. Ceci demande une conceptualisation de l'environnement technique au niveau métier, permettant de mieux appréhender celui-ci et ses ressources. L'intervention d'une équipe pluridisciplinaire est donc nécessaire pour permettre cette conceptualisation.

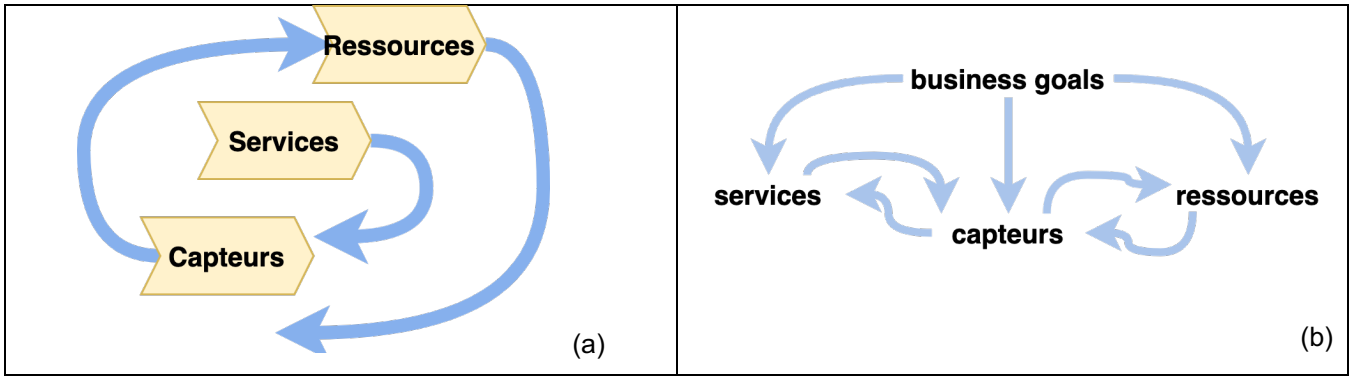


Figure 2. Illustration d'un processus d'elicitation itératif (a) et illustraction des interactions entre les étapes (b).

Un espace de services correspond à un ensemble de *services*, de *capteurs* et de *ressources*. Chaque espace se définit autour d'un critère, en fonction des besoins de l'organisation (ici, un *smart village*) : une zone géographique, une activité socio-économique, etc. On peut donc imaginer, par exemple, un premier espace associé à une zone géographique précise (le village) et un second espace associé aux activités de production agricoles. Le critère donne le point de départ de l'analyse. À partir de ce point, on va pouvoir identifier les besoins qui doivent être satisfaits par les services dans cet espace. Différents services peuvent alors être considérés : services à destination de la population, qui peuvent être facteur d'attractivité sur le territoire, comme le souligne [1], mais également des services pour assurer le bon fonctionnement et la maintenance des infrastructures et autres structures appartenant aux collectivités, notamment dans un cadre de réflexion sur le développement durable.

Ces *services* sont conceptualisés d'abord en fonction des besoins qu'ils permettent de satisfaire, avant de considérer les fonctionnalités mises en œuvre. Ces besoins sont formalisés, à l'instar de [7][14], en tant qu'intentions, ce qui permet aux décideurs de se concentrer d'abord sur le « pourquoi » (but) d'un service, avant le « quoi » (les fonctionnalités). Les services peuvent ainsi assumer différentes formes, même si le plus souvent on peut parler aujourd'hui de micro-service. Les micro-services sont techniquement définis en fonction des fonctionnalités mises en œuvre, mais choisis en fonction des intentions qu'ils permettent de satisfaire. Par exemple, dans l'espace « village », on peut considérer un service pour *activer* l'illumination publique (intention), mais également un service pour *alerter* si le niveau des cours d'eau proches au village s'élève trop rapidement. Ce dernier service peut également servir à l'espace dédié aux activités de production. A chaque fois, on se concentre d'abord sur les intentions (décrites normalement par des verbes, comme dans [7][14], avant de descendre au niveau des fonctionnalités, puis aux micro-services les réalisant.

Comme on peut observer par cet exemple, certains services s'appliquent à des circonstances bien précises, nécessitant parfois l'observation de l'environnement. Par exemple, le service d'illumination n'est nécessaire le soir et lorsqu'il y a des passants dans les rues concernées (ce qui permettrait de réduire la consommation électrique et la pollution lumineuse). On parle alors de contexte requis pour l'exécution de ce service. Il est donc nécessaire de considérer les *capteurs* pouvant observer l'environnement et fournir ces informations de contexte. Dans cet

exemple, deux capteurs sont nécessaires : un capteur de luminosité et des détecteurs de mouvement. Du même, le service l'alerte sur les cours d'eau lui aussi aura besoin d'observer certaines informations issues de l'environnement physique, et notamment le niveau de ces cours et leur débit. Pour cela, des capteurs doivent être déployés dans l'environnement, ce qui demande des services permettant de l'acquisition de ces informations, mais également des ressources pouvant héberger ces capteurs et ces services. On peut donc imaginer le déploiement de plusieurs nano-ordinateurs du type Arduino ou RaspberryPI équipés d'une connexion 3G et éventuellement alimentés par des batteries et panneaux solaires, à l'instar du système décrit par [6].

Ces ressources de proximité permettent de déployer les capteurs souhaités et les services d'acquisition nécessaires, mais elles peuvent également accueillir d'autres services prévus dans chaque espace, comme, par exemple, le service d'illumination. Par contre, certains services peuvent demander des ressources plus puissantes, comme le service d'alerte, lequel peut se baser sur des modèles stochastiques, comme dans [6]. La dernière étape de la démarche va donc s'intéresser aux *ressources* nécessaires à l'exécution des services identifiés pour chaque espace. Certaines ressources peuvent être identifiées lors de l'identification des capteurs, mais d'autres peuvent venir s'ajouter. C'est le cas notamment des ressources distantes, de type *cloud*, qui peuvent alors s'ajouter aux ressources de proximité déjà identifiées dans la composition de l'espace de services.

Au terme de plusieurs itérations de cette démarche, plusieurs services, capteurs et ressources sont identifiés comme nécessaires pour chaque espace. Ce travail d'élicitation permet alors aux décideurs de conceptualiser chaque espace en fonction des objectifs stratégiques établis pour le territoire, tout en offrant un cadre de discussion avec les équipes techniques qui seront responsables de la mise en œuvre de ces espaces.

5 Conclusions & perspectives

L'espace de services se présente avant tout comme un cadre de réflexion, permettant une prise en main des Systèmes d'Information Pervasifs (SIP) de manière transparente, sans tenir particulièrement compte des différences technologiques entre les éléments considérés. Elle offre ainsi un cadre conceptuel permettant conceptualisation d'un SIP en fonction des rôles joués par les entités présentes dans ces systèmes. Les territoires intelligents pouvant être perçus comme des systèmes pervasifs, ils partagent avec les SIP les mêmes défis liés au pilotage de l'offre de services et des ressources et informations nécessaires. L'abstraction de l'espace de services représente ainsi un outil conceptuel intéressant permettant aux décideurs, accompagnés de leurs équipes techniques, d'imaginer ensemble les territoires de demain.

6 Références

[1] ANTOINE-SANTONI, Thierry; POGGI, Bastien ; VITTORI, Evelyne ; VAN HIEU, Ho ; ARAUJO, David ; AIELLO, Antoine. « Vers un système d'information pervasif pour un smart village », Atelier « Evolution des SI : vers des SI Pervasifs ? », XXXVIIème Congrès INFORSID (INFORSID 2019), Paris, France, Juin 2019. Disponible sur : https://evolution-si.sciencesconf.org/279383 (consulté le : mars 2021).

[2] CHEN, S.; ZHANG, T.; SHI, W. "Fog computing", IEEE Internet Computing, mars 2017, vol. 21, n° 2, pp. 4-6.

[3] DEY, A. K., "Understanding and using context", Personal and Ubiquitous Computing, 2001, vol. 5, n° 1, pp. 4-7.

[4] DEY, A.K. "Intelligibility in ubiquitous computing systems". In : FERSCHA, A., Pervasive Adaptation: Next generation pervasive computing research agenda, 2011, pp. 68-69. Disponible sur : https://www.pervasive.jku.at/Conferences/fet11/RAB.pdf (consulté le : août 2020).

[5] FERGUSON-BOUCHER, K. "Cloud Computing: A Records and Information Management Perspective", IEEE Security & Privacy, Nov.-Dec. 2011, vol. 9, n° 6, pp. 63-66. doi: 10.1109/MSP.2011.159.

[6] HUGHES, D.; GREENWOOD, P.; BLAIR, G.; COULSON, G.; GRACE, P.; PAPPENBERGER, F.; SMITH, P.; BEVEN, K. "An Experiment with Reflective Middleware to Support Grid-based Flood Monitoring", Concurr. Comput.: Pract. Exper., John Wiley and Sons Ltd., 2008, vol. 20, n° 11, pp. 1303-1316.

[7] KAABI, R.S. ; SOUVEYET, Carine. "Capturing Intentional services with Business Process Maps". 1rst Int. Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS), 2007, pp. 309- 318.

[8] KHATAOUN, Rida ; ZEADALLY, Sherli. « Smart cities: concepts, architectures, research opportunities ». Communication of the ACM, Aug. 2016, vol. 59, n° 8, pp. 46-57. Doi: 10.1145/2858789.

[9] KIRSCH PINHEIRO, Manuele ; LE GRAND, Bénedicte ; SOUVEYET, Carine ; NAJAR, Salma. « 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, 2013, pp. 215-223.

[10] KIRSCH PINHEIRO, Manuele ; SOUVEYET, Carine. « Le Rôle des Ressources dans l'Évolution des Systèmes d'Information », Actes du XXXVIIème Congrès INFORSID (INFORSID 2019), Paris, France, Juin 11-14 2019, pp. 85-97.

[11] KOUROUTHANASSIS, P. E., GIAGLIS, G. M. "A Design Theory for Pervasive Information Systems". 3rd Int. Workshop on Ubiquitous Computing (IWUC 2006), in conjunction with ICEIS 2006, May 2006, Paphos, Cyprus, pp. 62-70. Doi: 10.5220/0002503700620070. Disponible sur : https://www.scitepress.org/Papers/2006/25037/25037.pdf (consulté le : août 2020).

[12] MADAMORI, O. ; MAX-ONAKPOYA, Esther ; ERHARDT, Gregoy D. ; BAKER, Corey E. « A latency-defined edge node placement scheme for opportunistic smart cities ». 6th IEEE International Workshop on Pervasive Context-Aware Smart Cities and Intelligent Transport Systems (PerAwareCity 2021), 2021, pp. 142-147.

[13] NAJAR, Salma ; KIRSCH PINHEIRO, Manuele ; LE GRAND, Bénedicte ; SOUVEYET, Carine. "A user-centric vision of service-oriented Pervasive Information Systems", 8th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS 2014), 2014, IEEE, pp. 359-370.

[14] ROLLAND, Colette ; KIRSCH PINHEIRO, Manuele ; SOUVEYET, Carine. "An Intentional Approach to Service Engineering", IEEE Transactions on Services Computing, Oct.-Dec. 2010, vol. 3, n° 4, pp. 292-305.

[15] SUTTERER, M.; DROEGEHORN, O. ; DAVID, K. "UPOS: User Profile Ontology with Situation-Dependent Preferences Support", First International Conference on Advances in Computer-Human Interaction - ACHI 2008, IEEE, 2008, pp. 230-235.

[16] ÜBELMESSER, Likas ; KLINGERT, Sonja ; BECKER, Christian. "Comparing Smart Cities Concepts". 2020 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops), Austin, TX, USA, 2020, pp. 1-6. doi: 10.1109/PerComWorkshops48775.2020.9156219.