



**HAL**  
open science

## Vers un système d'information pervasif pour un Smart Village

Thierry Antoine-Santoni, Bastien Poggi, Evelyne Vittori, Ho van Hieu, David Araujo, Antoine Aiello

► **To cite this version:**

Thierry Antoine-Santoni, Bastien Poggi, Evelyne Vittori, Ho van Hieu, David Araujo, et al.. Vers un système d'information pervasif pour un Smart Village. Evolution des SI : vers des SI Pervasifs ?, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Jun 2019, Paris, France. hal-02152730v1

**HAL Id: hal-02152730**

**<https://hal.science/hal-02152730v1>**

Submitted on 11 Jun 2019 (v1), last revised 16 Jul 2019 (v2)

**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.

---

# Vers un système d'information pervasif pour un Smart Village

**Thierry Antoine-Santoni<sup>1</sup>, Bastien Poggi<sup>1</sup>, Evelyne Vittori<sup>1</sup>, Ho Van Hieu<sup>1</sup>, David Araujo<sup>1</sup>, Antoine Aiello<sup>2</sup>**

1. Unité Mixte de Recherche Université de Corse – CNRS SPE 6134  
Quartier Groseeti, 20250 Corte, France  
antoine-santoni@univ-corse.fr

2. Unité Mixte de Service Université de Corse – CNRS Stella Mare 3514  
Lieu dit a marana, 20250 Bigiglia, France  
aiello@univ-corse.fr

---

*RESUME.* Le programme scientifique Smart Village – Smart Paesi tente d'accompagner la commune de Cozzano, petit village de l'intérieur de la Corse dans sa volonté de développement durable. Cet article pose la réflexion en cours sur la construction d'un système d'information réactif, sensible au contexte et aux utilisateurs pour la gestion des ressources et des activités d'une commune rurale. Nous proposons une approche autour d'une architecture de système d'information pervasif simple, duplicable et adaptable à des petits territoires non urbains en se basant sur quatre composantes majeures : un réseau d'objets connectés utilisant un réseau LoRAWAN, une base de données NoSQL, un modèle d'intelligence artificielle générique appelé Smart Entity pour la prédiction et des tableaux de bord de visualisation des données en fonction des différents utilisateurs. L'architecture ainsi que les résultats présentés ne valident que la première étape de la phase de construction et de mise en production du SIP sur le Smart Village.

*ABSTRACT.* The scientific program Smart Village - Smart Paesi want to support the municipality of Cozzano, a small corsican village, in its desire for sustainable development. In this paper, we propose the first step of the deployment of an architecture of pervasive information system for small rural territories, context and users aware based on four major components : a wireless sensors network using LoRAWAN protocol, a NoSQL database, a generic artificial intelligence model called Smart Entity for prediction, and dashboards for visualizing the data according to the different users

*Mots-clés :* système d'informations, objet connecté, intelligence artificielle, visualisation des données

*KEYWORDS:* information system pervasif, IoT, AI, data visualization

---

## 1. Introduction

Au cours des deux dernières décennies, l'évolution des villes a été marquée par une place toujours plus importante des technologies de l'information et de la communication exerçant une influence permanente et généralisée (Kitchin, 2014) sur le développement de l'ensemble de la cité. Le terme « ville intelligente » a été défini de diverses manières dans la littérature, mais l'on peut retrouver deux grands axes de définitions :

- d'une part, la notion de «ville intelligente» faisant référence à la mesure croissante dans les lieux urbains (Grennfield, 2006) grâce à l'informatique ubiquitaire et à l'omniprésence de dispositifs numériques intégrés dans l'environnement urbain (réseaux de communications filaires et sans fil, services publics utilisant le numérique, les infrastructures de transport, réseaux de capteurs et de caméras, systèmes de gestion de bâtiments, etc.) utilisés pour surveiller, gérer et réguler les flux urbains, les divers processus, souvent en temps réel ; l'informatique mobile est inclus (par exemple, les téléphones intelligents) car elle est utilisée par de nombreux citoyens pour interagir et naviguer dans la ville avec une production de données sur les usages (emplacement, activité, etc.)
- D'autre part, la notion de "ville intelligente" se réfère plus largement au développement d'une économie de la connaissance dans une ville-région (Kourtit et al., 2012). De ce point de vue, une ville intelligente intègre une gouvernance pilotée par l'innovation, la créativité et l'esprit d'entreprise. Les technologies de l'information et de la communication sont perçues comme un élément central, en tant que support de mobilisation et de réalisation des idées et des innovations, notamment en ce qui concerne les services aux citoyens et aux entreprises.

La ville intelligente, ou Smart City, place donc le citoyen au cœur de sa stratégie de développement grâce, notamment, à des infrastructures informatiques robustes (système d'informations, communication, stockage, sécurité, réactivité, réseaux de capteurs...) et à la création de services numériques, participatifs et inclusifs. Son objectif permanent consiste à maîtriser ses ressources naturelles, énergétiques, humaines et économiques. Cette nouvelle trajectoire est affichée depuis plusieurs années par de grandes villes européennes comme Amsterdam, Londres, Stockholm, Barcelone, Paris, Manchester, Padoue, ou encore Santander ((D'Auria et al., 2016) (European Parlement, 2014). Cependant, l'hétérogénéité des histoires et des situations interroge sur la mise en œuvre de cette ville intelligente : une réalité, une volonté marketing (Zubizarreta et al., 2015) ou une utopie ? Et dans ce contexte, que faire des territoires ruraux ? Doit-on les exclure de ce développement (Caisse des dépôts, 2016)? Ne doivent-ils pas faire partie de ce défi planétaire à l'heure de changements climatiques avérés ? L'évolution de systèmes d'informations avec l'intégration de l'Internet des Objets ouvrent des perspectives dans la surveillance environnementale, la création de services nouveaux et l'aide à la décision. Dans ce cadre, l'Université de Corse, EDF Systèmes Électriques Insulaires (SEI) et la société d'informatique SITEC se sont associés pour proposer un programme scientifique appelée Smart Village –

Smart Paesi : émergence de territoires intelligents. L'objectif est donc de développer un village intelligent en se basant sur un système d'information intelligent incluant les contraintes et les spécificités de système d'information pervasif (Khalfi and Benslimane, 2014). En intégrant la prédiction de Weiser (Weiser, 1991) sur l'évolution vers des environnements densément peuplés de ressources informatiques, souvent communicantes, comme l'Internet des Objets, impactant les systèmes d'information traditionnels (Najar et al., 2015), nous proposons une première étape dans la constitution d'une architecture basique pour les territoires non urbains. Cet article introduit dans un premier temps notre définition du Smart village. Nous proposerons ensuite notre architecture de système d'information pervasif (SIP) en décrivant les quatre éléments qui le constitue : le réseau de capteurs sans fil, la base de données, le modèle d'apprentissage automatique pour la prédiction, les interfaces de visualisation des données. Nous concluons sur les prochaines étapes du développement du système d'information.

## 2. Le Smart Village

Le village de Cozzano est une petite commune de 280 âmes en hiver (1200 habitants en été) de l'intérieur de la Corse qui était en proie à tous les symptômes des communes rurales françaises : désertisation, peu d'emplois, services en déclin, fermeture d'école, peu ou pas d'infrastructures numériques, etc. La municipalité a inversé la tendance depuis quinzaine d'années en développant sur sa commune des services (abattoir départemental, centre de secours, infirmiers, médecin) relaçant la commune, permettant à des habitants de rester sur place. Cela a permis d'augmenter le nombre d'enfants à l'école (passage de 8 élèves à 40), d'ouvrir une micro crèche, une médiathèque, une salle de sport et un centre d'interprétation du patrimoine. Dans cette phase de développement, un travail important a été réalisé sur la production d'énergie verte, en installant une chaufferie biomasse pour les bâtiments communaux et en développant une centrale hydroélectrique sur eau potable produisant 400 kW.h/an. Une deuxième centrale au fil de l'eau sera effective en décembre 2020 et produira 1 600 kW.h/an. L'ensemble fait que ce territoire devient à énergie positive : il produira plus qu'il ne consomme. Dans ce contexte remarquable, l'Université de Corse, en partenariat avec EDF SEI et la SITEC, a lancé un programme scientifique autour de la définition d'un Smart Village reposant sur un système d'information intelligent pour favoriser une meilleure connaissance et gestion des ressources de la commune. Dans notre définition, nous proposons quatre grands axes :

- Le développement durable : développement d'infrastructure et de comportement en accord avec un développement maîtrisé des ressources disponibles sur la commune ;
- Une infrastructure numérique : infrastructure réseau mobile et haut débit avec un réseau de capteurs sans fil pour la collecte d'informations relatives à l'environnement de la commune ; un système d'information dédié.

- Éducation et citoyenneté : informations de la population, processus inclusif, école intégrée au projet par le biais de la production d'un journal sur le Smart Paesi.
- Intégration des activités rurales dans le dispositif et dans le système d'informations.

Dans un premier temps, un réseau de capteurs sans fil a été déployé pour permettre la collecte d'informations environnementales sur les éléments relatifs aux bâtiments communaux (température, humidité, ouvertures), sur la qualité de l'air, sur la qualité de l'eau en différents points, stations météo en différents points. Nous pouvons distinguer les dispositifs existants et déployés sur la commune :

- les sources de production d'énergie connectées : centrale et chaufferie biomasse ;
- le réseau de capteurs sans fil et la passerelle LoraWAN ;
- les structures partenaires : champ de safran, élevage porcin, sapeurs-pompiers ;

Cet ensemble intègre notre système d'information que nous proposons dans la partie suivante.

### 3. Proposition d'architecture de SIP

Nous proposons dans cette partie la vision de l'architecture de notre SIP comme illustré sur la Figure 1.

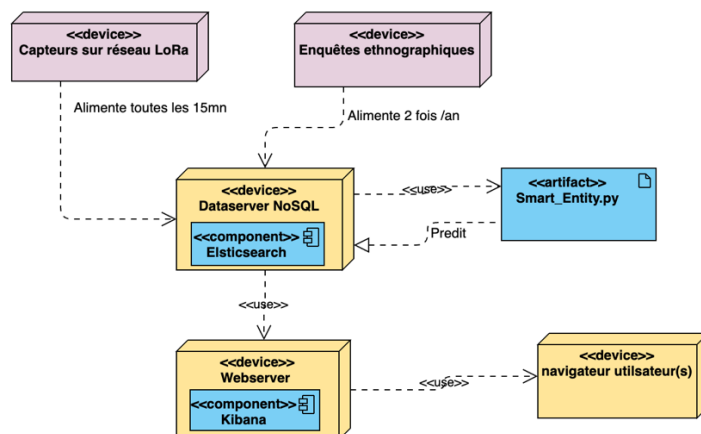


Figure 1 : Diagramme de déploiement simplifié du SIP du Smart Village

Ce système a pour objectif de réaliser plusieurs actions :

- la collecte d'informations de deux types :

- Informations issues des objets connectés : systèmes de production et de comptage énergétique ; réseau de capteurs sans fil LoraWAN
  - Informations issues d'enquêtes de terrain auprès de la population sur leurs besoins, leurs attentes.
- le stockage de l'informations issues de objets connectés dans une base données NoSQL basée sur un indexage, utilisant le moteur Elasticsearch pour une recherche dynamique des données ;
- l'information va être utilisée par un modèle de calcul appelé Smart Entity, utilisant des bibliothèques d'apprentissage automatique supervisé et des algorithmes d'optimisation pour aider à la prédiction et l'optimisation des systèmes observés ;
- la visualisation des données depuis un navigateur se fera selon des tableaux de bord construit à l'aide de l'outil de visualisation de données complémentaire de Elasticsearch, Kibana. Nous proposons dans notre SI, quatre types d'utilisateurs : le chercheur avec la possibilité d'extractions de données brutes, un tableau pour des activités spécifiques (agriculture, élevage porcin), la municipalité et la population. Chaque niveau dispose de différents types d'information et de différents niveaux de représentations des données des données.

### ***3.1 Le déploiement des objets connectés LoraWAN***

Un des points clés de notre système d'informations repose sur un réseau de capteurs sans fil intégrant la technologie LoRa. LoRa est une technologie de communication sans fil longue portée favorisant une économie d'énergie pour les dispositifs déployés (Lora Alliance, 2015). Le protocole LoRaWAN associé permet donc aux objets connectés de limiter leur communication pour optimiser leur consommation énergétique. Il permet également une meilleure identification des dispositifs et le cryptage de données transmises. Le débit s'établit entre 0,3 à 50 kbps sur la fréquence 868 MHz en Europe ; la télémétrie est l'application idéale pour ce type de réseau.



Figure 2 : Exemples de dispositifs déployés pour la surveillance environnementale

### 3.2 Un modèle de prévision et d'aide à la décision

Notre SIP intègre un outil de prédiction et d'optimisation dont l'objectif est de pouvoir générer des scénarios de prédiction en fonction des données collectées.

Notre modèle est défini selon un formalisme DEVS (*Discrete Event Specification* proposé par BP Zeigler à la fin des années 70) permettant la modélisation et la simulation de systèmes (Zeigler et al., 2000). Notre modèle collecte les informations collectées (données environnementales XE) par les objets connectés, construit un modèle d'apprentissage selon l'algorithme d'apprentissage automatique supervisé le plus performant identifié par un score de performance (MSE Loss) et réalise ces prédictions (YEP) comme illustré sur la Figure 3. Ces résultats intègrent une phase d'optimisation (S) pour permettre de trouver la valeur décisionnelle optimale (D) de fonctionnement au système observé.

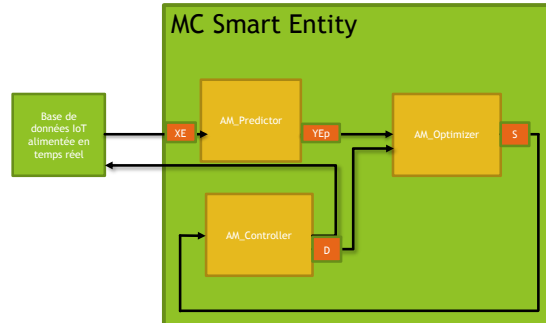


Figure 3 : le Modèle Smart Entity selon formalisme DEVS (Zeigler et al., 2000)

### 3.3 La visualisation des données

La visualisation des données est un aspect important de notre système d'information. Comme évoqué précédemment, notre base de données repose sur le moteur de recherche Elasticsearch et l'outil de visualisation des données Kibana. La base de données NoSQL est indexée permettant une interaction dynamique avec l'outil Kibana. Dans notre approche, l'ensemble des données se trouve dans une base de données unique et ceux sont les tableaux de bord qui permettent de visualiser les données selon différents niveaux :

- Les chercheurs : extraction de données au format CSV – quelques interfaces de visualisation
- Les applications spécifiques : agriculture de précision sur le safran, traçage GPS d'un élevage comme illustré sur la Figure 4
- La municipalité pour visualiser l'ensemble de ses installations.

Ces tableaux de bord seront bientôt visualisables depuis un terminal connecté à internet à partir d'un site web *responsive design* après authentification.



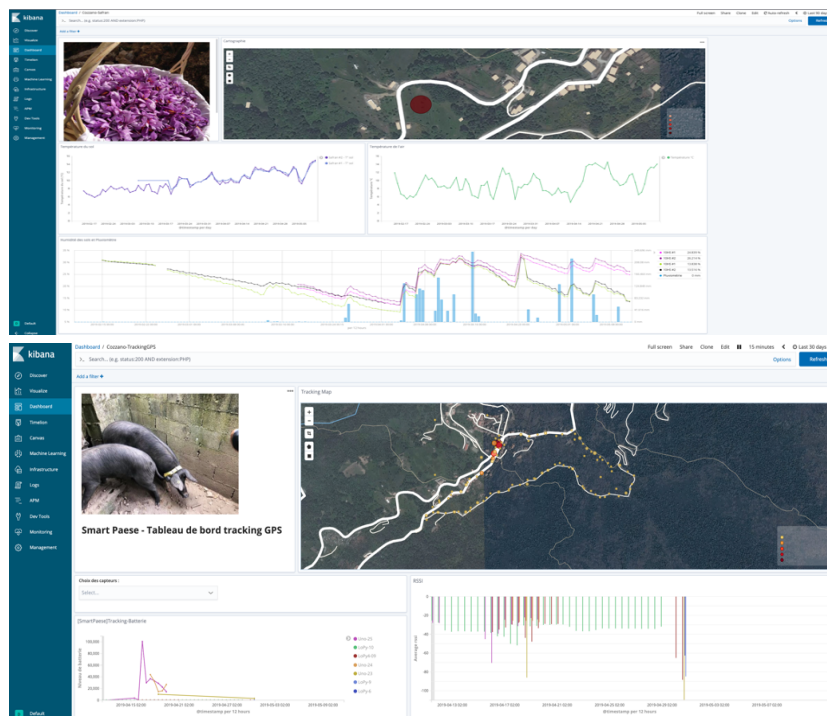


Figure 4 : Exemple de tableaux de bord pour agriculture et l'élevage.

#### 4. Conclusion

Cet article propose les premières avancées dans la définition et la construction d'un système d'information pervasif pour la gestion des infrastructures et activités d'une commune rurale. La volonté est de se diriger vers un système puissant mais minimaliste, adaptable et duplicable. Il se décompose en quatre actions majeures : la collecte de données (objets connectés), le stockage (une base de données NoSQL indexée), la prédiction (modèle utilisant des algorithmes d'apprentissage automatique) et la visualisation des données (Kibana). Cet ensemble doit permettre l'interaction avec les utilisateurs et permettre l'émergence de nouveaux services. Cette proposition de système d'information est fonctionnelle dans la visualisation des données mais nécessite de nombreuses évolutions :

- Les algorithmes du modèle DEVS Smart Entity ne sont pas encore intégrés comme un service web ; le modèle doit être amélioré ; il doit intégrer une phase automatique de nettoyage des données et nous devons valider l'aspect d'optimisation système.
- la scalabilité des serveurs de données face aux informations grandissantes et face à l'arrivée de nouveaux dispositifs ; ces données sont essentielles pour

améliorer les performances de notre modèle utilisant des algorithmes d'apprentissage automatique ;

- Les interactions bidirectionnelles du SIP avec les nouveaux dispositifs connectés : chaufferie, centrale hydroélectrique, autres ;
- Les interfaces de visualisation des données pour la population : un travail avec une ergonome est en cours pour proposer la meilleure solution d'affichage de données, compréhensible et lisible ;
- L'intégration d'une notion sécurité plus avancé de l'ensemble des blocs du SIP : objets connectés, accès à la base de données.

## Bibliographie

- Caisse des dépôts, 2016. Étude de la caisse des dépôts Smart city versus stupid village ? (Etude).
- D'Auria, A., Amitrano, C.C., Bifulco, F., Tregua, M., 2016. ICT and sustainability in smart cities management. *Int. J. Public Sect. Manag.* 29, 132–147.
- European Parlement, 2014. Mapping Smart Cities in EU 2014 (Technical report).
- Grennfild, A., 2006. *Everyware: The dawning age of ubiquitous computing*, 1st ed. New Riders Publishing.
- Khalfi, M., Benslimane, S.M., 2014. Systèmes D'information Pervasifs : Architecture et Challenges. Presented at the UbiMob 14, Sophia Antipolis (France).
- Kitchin, R., 2014. The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal* 79, 1–14.
- Kourtit, K., Nijkamp, P., Arribas, D., 2012. Smart cities in perspective – a comparative European study by means of self-organizing maps. *Innov. Eur. J. Soc. Sci. Res.* 25, 229–246.
- Lora Alliance, 2015. White Paper: A Technical Overview of Lora and Lorawan. CA, USA.
- Najar, S., Pinheiro, M.K., Souveyet, C., 2015. Service discovery and prediction on Pervasive Information System. *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.* 6, 407–423. <https://doi.org/10.1007/s12652-015-0288-5>
- Zeigler, B.P., Praehofer, H., Kim, T., 2000. *Theory of Modeling and Simulation* 2nd Edition. Academic Press, USA.
- Zubizarreta, I., Seravalli, A., Arrizabalaga, S., 2015. Smart City Concept: What It Is and What It Should Be. *J. Urban Plan. Dev.* 142.