



UNIVERSITÉ
DE NAMUR

University of Namur

Institutional Repository - Research Portal Dépôt Institutionnel - Portail de la Recherche

researchportal.unamur.be

THESIS / THÈSE

MASTER IN COMPUTER SCIENCE

Linked Open Data for Smart City

Morre, Anthony

Award date:
2016

Awarding institution:
University of Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

UNIVERSITÉ DE NAMUR
Faculty of Computer Science
Academic Year 2015–2016

Linked Open Data for Smart City

Anthony Morre



Supervisor: _____ (Signed for Release Approval - Study Rules art. 40)
Dr. Philippe Thiran

A thesis submitted in the partial fulfillment of the requirements
for the degree of Master of Computer Science at the Université of Namur

Abstract

Ce mémoire vise à déterminer le fonctionnement et la manière de mettre en place une Smart City par le biais des technologies Open Data et Linked Data. Pour ce faire, ces technologies sont définies et leur intégration dans le contexte d'une Smart City est détaillée. Dans un premier temps, ce mémoire a pour objectif de définir le concept de Smart City et d'aborder celui-ci sous un angle historique. Afin d'y parvenir, il présente une mise en situation des problèmes rencontrés par les villes amenant à la mise en place d'une Smart City et décrit la manière avec laquelle celle-ci permet de les résoudre. Dans un deuxième temps, ce mémoire cherche à définir la technologie Open Data. Dans ce but, il formalise celle-ci et propose un ensemble de mises en situation concrètes aux niveaux belge et européen ainsi que de multiples exemples de licences Open Data. Dans un troisième temps, ce mémoire a pour but de définir la technologie Linked Data. Pour ce faire, il formalise celle-ci et la met en application par la définition d'un ensemble d'ontologies ainsi que des exemples d'application de celles-ci. Une fois ces différents éléments détaillés, ce mémoire cherche dans un quatrième temps à définir l'utilisation de ces technologies dans le cadre de la mise en place d'une Smart City, ainsi qu'à concrétiser cette mise en place par le biais d'un exemple de mise en situation.

Table des Matières

1	Introduction	4
2	Smart City	5
2.1	Introduction	5
2.2	Première vision	6
2.3	Première définition	6
2.4	Les raisons d’adopter une SmartCity	7
2.4.1	Urbanisation rapide et croissance de la population	7
2.4.2	Hubs économiques	7
2.5	Les ”enablers”	8
2.5.1	Les enablers technologiques	8
2.5.2	Les enablers humains	9
2.6	Définitions	10
2.6.1	Mapping Smart Cities in the EU Definition	11
2.6.2	Critique	13
2.7	Tableau récapitulatif de définitions	13
2.8	Définition personnelle	15
3	Open Data	17
3.1	Introduction	17
3.2	Statut de la définition	17
3.2.1	Au niveau Belge	17
3.2.2	Au niveau européen	17
3.3	La définition de l’Open Knowledge Foundation	18
3.3.1	Introduction	18
3.3.2	Version 2.1	18
3.3.3	Oeuvre ouverte	18
3.3.4	Licences Ouvertes	19
3.4	L’importance de la licence	22
3.5	But	22
3.6	Exemples de Licences	23
3.6.1	CC0	23
3.6.2	Attribution-ShareAlike 4.0 International	23
3.6.3	Licence Ouverte - Open Licence	23
4	Linked Data	25
4.1	Introduction	25
4.2	Le Web actuel	25
4.3	Sémantique et application informatique	26
4.3.1	Définition de la sémantique	26

4.3.2	Ontologies	26
4.3.3	Graphes	29
4.3.4	Semantic Web : Web of Data	30
4.4	Linked Data : Définition	31
4.5	Les quatre principes des Linked Data	32
4.6	RDF	33
4.6.1	Resources	33
4.6.2	Propriétés	33
4.6.3	Statements	33
4.6.4	Triples	34
4.7	La sémantique dans RDF	34
4.8	Un exemple concret d'ontologie : FOAF	34
4.9	Réutiliser les données	37
4.10	SPARQL	37
4.11	Linked Open Data	37
4.12	JSON-LD : Exprimer des Linked Data via JSON	38
4.12.1	Introduction	38
4.12.2	La base de JSON-LD	39
4.12.3	Liens dans le JSON	43
4.12.4	Compaction and Expansion	44
4.12.5	Exemple de FOAF en JSON-LD	45
5	Linked Open Data for Smart City	47
5.1	Introduction	47
5.2	L'interaction	47
5.3	Améliorer les Smart City avec des ontologies	48
5.3.1	Les problèmes actuels	48
5.3.2	La solution proposée : une ontologie	48
5.3.3	Résultats de la recherche	49
5.4	Avantages des Linked Open Data dans les Smart City	49
5.4.1	Intégration transparente des données	49
5.4.2	Le format adaptable	49
5.4.3	Quantité de données	50
5.4.4	Exactitude des données	50
5.5	Inconvénients des Linked Open Data dans les Smart City	50
5.5.1	Difficultés d'ouverture des données	50
5.5.2	Problème d'acceptation d'une nouvelle technologie	50
5.5.3	Le développement difficile	50
5.5.4	Interopérabilité et intégration?	51
5.6	Mise en situation : Namur	52
5.6.1	Pourquoi s'intéresser à Namur	52
5.6.2	L'Open Data disponible	52
5.6.3	L'exemple d'un jeu de donnée de la ville de Namur exprimé en Linked Data	53
5.6.4	Trouver l'ontologie	58
5.6.5	Et après ?	66
5.7	Recherches futures	66
5.7.1	Ontologie unique	66
5.7.2	Recommandation personnelle: Discovery API	67
5.7.3	CitySDK	70
5.7.4	Horizon 2020 et SWIMing	71
6	Conclusion	72

Appendices	77
A Données Namur : Camping (2009) [5]	78
B Données Namur: Chambres d'hôtes (2009) [6]	80
C Données Namur: Gîtes (2009) [15]	84
D Données Namur: Gîtes citadins (2009) [15]	88
E Données Namur: Hébergements fluviaux (2009) [15]	90
F Données Namur: Hôtels (2009) [15]	92

Chapitre 1

Introduction

À l'heure actuelle, un nombre croissant de villes évoluent de villes traditionnelles en Smart Cities, et d'autres encore commencent à entrer dans cette ère de la Ville Intelligente. Ce besoin est dû entre autres aux problèmes de croissance démographique qu'une ville affronte, ainsi que les soucis de gestion des ressources que cela implique. Dès lors, la Smart City est appelée de telle sorte car elle utilise les nouvelles technologies (informatiques) afin de répondre à ses problèmes.

Parmi la multitude d'aspects traités dans la gestion d'une ville, celui qui nous intéressera dans ce mémoire regroupe les problèmes liés à l'information véhiculée au sein de la ville. Actuellement, internet est le réseau de prédilection pour véhiculer l'information. Cependant lorsque l'on parle d'échange d'informations, deux problèmes se posent : quelles sont les conditions inhérentes à l'utilisation de cette information, et comment structure-t-on cette information ? Comment être sûr que tout qui reçoit cette information comprend ce qu'elle représente?

Nous répondrons à ces problèmes grâce à deux technologies: l'Open Data et les Linked Data. Alors que l'un s'attarde sur l'ouverture des données et des conditions de la mise à disposition, l'autre s'occupera de la mise en place des données, de leur compréhension et de leur utilisation.

Cependant, il existe peu de travaux réalisant la synthèse entre Smart City, Linked Data et Open Data, et permettant de comprendre leurs interactions. Dès lors, nous nous concentrerons dans une approche compréhensive permettant de comprendre le rôle de ces trois acteurs au sein d'un contexte. Nous aborderons la relation entre les trois concepts précités comme suit: la Smart City est le but à atteindre et problème évoqué (la mise en contexte), tandis que les Linked Data sont un outil qui est utilisé par les Open Data afin de résoudre le problème. Le but de ce mémoire sera d'aborder le problème de manière conceptuelle afin de poser les bases pour un développement futur. De par cet axe plus conceptuel, nous nous référerons aux spécifications définies par des organismes et les détaillerons.

Dans un premier temps, nous allons tenter de délimiter les trois concepts-clés auxquels nous recourons tout au long de ce document. Nous commencerons donc par revenir sur ce qu'est une Smart City, en donnant une brève définition historique, avant de nous pencher sur les enjeux auxquels la Smart City doit répondre et de confronter plusieurs définitions disponibles. Nous définirons ensuite l'appellation "Open Data". Enfin, nous expliquerons ce que sont les Linked Data, et tenterons de donner tous les outils nécessaires à la compréhension de la suite de ce mémoire. Dans un second temps, nous détaillerons les interactions entre ces acteurs avant d'appliquer ce cadre théorique à la ville de Namur en son état actuel. Dans un troisième et dernier temps, nous prendrons le temps de développer des perspectives d'implémentation des Linked Data à Namur, tout en sachant qu'il s'agit de pistes à développer et non d'outils clés sur porte.

Chapitre 2

Smart City

2.1 Introduction

Commençons par revenir sur quelques questions basiques sur le concept de Smart City. Qu'est-ce qu'une Smart City? Quels sont les critères permettant de déterminer si une ville est Smart?

Smart City est un terme inventé un peu avant les années 2000 pour désigner une vision futuriste d'une ville. Désormais cette vision a certes évolué, mais est toujours basée sur les mêmes éléments, comme nous allons le détailler par la suite : aider la population, améliorer la gestion des ressources et l'automatisation restent les objectifs-clés de la Smart City.

Il est normal en parlant d'un concept d'en introduire une définition acceptée par une communauté. Cependant en ce qui concerne le concept de Smart City, ceci est impossible. En effet, il existe plusieurs définitions et aucune d'entre elles n'est acceptée comme universelle, et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les Smart Cities se basent essentiellement sur des technologies nouvelles, dont l'évolution risque de mettre à mal une définition axée sur cet aspect. Ensuite, le concept de ville est un concept qui varie selon plusieurs éléments de contexte, comme la culture ou la perception que ses habitants en ont. Une définition commune exclurait donc certaines villes de son champ, selon les éléments constitutifs du terme "ville" repris dans la définition de Smart City. Nous allons donc privilégier une approche compréhensive des Smart City, suivant le canevas suivant:

- Première vision d'une Smart City : définition donnée lors du "2nd International Life Extension Technology Workshop", qui s'avère être l'une des plus anciennes définitions du concept (impossible cependant d'affirmer si c'est la première définition). Cette définition constitue un bon point de départ pour comprendre le concept. En effet, bien que la définition qui y est proposée soit rudimentaire, les éléments constitutifs mis en évidence restent d'actualité. Nous prendrons donc cette définition afin de comprendre le concept de Smart City.
- Enjeux d'une Smart City : les raisons d'adopter une SmartCity et les problèmes que celle-ci est amenée à résoudre.
- Les enablers : les acteurs, humains ou technologiques, qui gravitent autour d'une Smart City et leurs rôles.
- Les différentes définitions : après avoir compris le rôle d'une Smart City, nous allons analyser comment la littérature définit une Smart City. Cette section n'est pas exhaustive, car la liste des définitions est grande : si la Commission européenne emploie dix définitions différentes dans une étude, il est possible d'en trouver encore une dizaine d'autres sur internet.

- Définir une Smart City : afin de s'appropriier le concept, nous allons tenter définir une Smart City en se basant sur les définitions analysées au préalable.

2.2 Première vision

Bien que la littérature relate les premières utilisations du concept de SmartCity dans les alentours de 2009, on peut remonter plus loin pour apercevoir dès 2000 les premières discussions autour de ce sujet. En effet, en septembre 2000 se tenait le "2nd International Life Extension Technology Workshop" à Paris, durant lequel a été présenté "The Vision of A Smart City". Ceci n'est pas le point de naissance du concept, mais plutôt une approche qui laisse présager des définitions actuelles. L'article peut être consulté à partir de Google Scholar ou à partir de cette adresse : http://www.crisismanagement.com.cn/templates/blue/down_list/11zt_zhcs/The%20Vision%20of%20A%20Smart%20City.pdf . [43]

Dans cet article les auteurs voyaient la SmartCity comme un centre urbain du futur qui se devait d'être sûr, green et efficace. La réalisation de ce centre urbain devait se faire via l'utilisation de senseurs, réseaux, tracking, algorithmes de décision, etc...

Dans leur vision, ils proposent une découpe du système en trois couches :

- Composants basiques et feedback : capteurs, senseurs, et sources d'informations.
- Système utilisant les composants : interface utilisant ces composants basiques.
- Structure complète et services + intégration des informations entre tous les composants

Ils ont en outre défini des objectifs que devaient remplir ces villes :

- Optimiser l'utilisation des ressources
- Planifier des mesures de maintenances préventives
- Contrôler les aspects de sécurité
- Maximiser les services aux citoyens

Quinze ans plus tard, cette approche est toujours proche de la réalité. Plus les aspects relatifs à l'optimisation des ressources ainsi que la maximisation des services aux citoyens se retrouvent au coeur de la plupart des définitions que nous introduirons par la suite.

Afin de terminer le document, ils désignent trois points à améliorer afin de réaliser cette vision d'une Smart City : la taille des composants, l'efficacité de la technologie et son prix. A l'heure actuelle, ces points ne constituent plus un problème, mais restent toujours perfectibles.

2.3 Première définition

Après avoir introduit cette première vision d'une SmartCity, nous pouvons définir de manière large ce qu'est une SmartCity, sans trop entrer dans les détails pour l'instant.

”Une SmartCity est un espace urbain développé qui crée un développement économique durable et un haut niveau de qualité de vie en excellant dans plusieurs domaines clés: économie, mobilité, environnement, population, vie, et gouvernance. Exceller dans ces domaines clés peut être accompli via un capital humain, un capital social et/ou une infrastructure IT.” [38]

Cette définition facilement accessible nous permettra d’avancer dans les différents points sans définir concrètement la Smart City pour l’instant, et ce afin de d’abord de comprendre le ”pourquoi” de la Smart City avant d’aborder une définition plus exhaustive.

2.4 Les raisons d’adopter une SmartCity

Les Smart Cities répondent à de nombreux enjeux et défis contemporains auxquels sont confrontés les villes et leurs acteurs. Cette section sera donc consacrée à l’identification des raisons qui ont poussé et poussent encore des villes très différentes à adopter le système de Smart City.

2.4.1 Urbanisation rapide et croissance de la population

Le taux de population dans les villes croît sans cesse. Il y a 100 ans, environ une personne sur sept vivait dans une ville. Actuellement, la moitié de la population vit en ville, et ce chiffre ne fait que grandir, et on estime à 70 pour cent le taux de population d’une ville d’ici 2050. [42] [27]

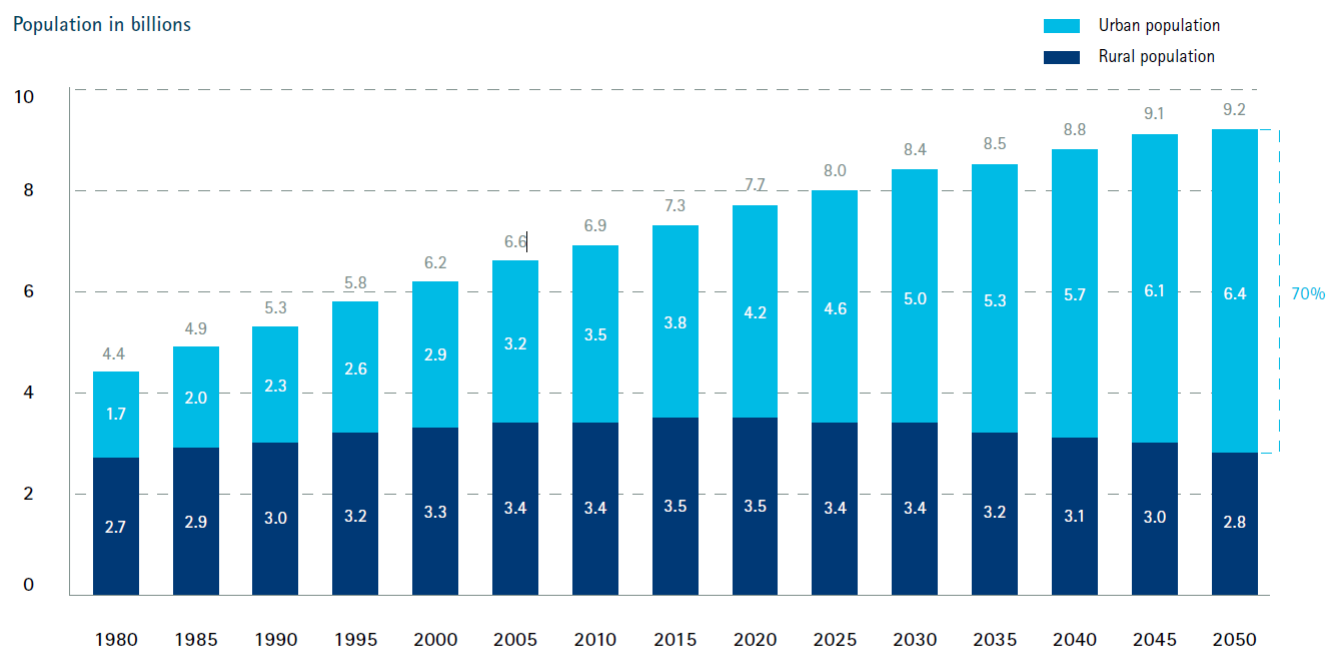
Les infrastructures actuelles des villes ne sont cependant pas adaptées pour supporter cette croissance démographique en zone urbaine. Ce développement massif ainsi que la surpopulation posent des problèmes de ressources. En termes de durabilité, les émissions de carbone excessives et la surconsommation sont actuellement un problème à l’échelle mondiale, qui ne fera qu’empirer si les villes se développent sans adaptation de leurs infrastructures.

Une urbanisation majeure requiert des méthodes nouvelles et innovantes afin de gérer la complexité de la vie citadine. Cela inclut entre autres la gestion de la surpopulation, la consommation énergétique, la gestion de ressource et la protection de l’environnement.

2.4.2 Hubs économiques

Cette augmentation de la population dans les zones urbaines entraîne aussi une augmentation de personnes créatives, entreprenantes et compétentes en ville. Une concentration de différents centres de connaissance dans les régions citadines, conjuguée à l’augmentation de ces profils, entraîne un développement économique majeur en ville, qu’il faudra exploiter et gérer de manière intelligente via la Smart City. [47]

Autre présence économique forte liée à la croissance de la population toujours, sera l’apport de nouveaux emplois et domaines de compétence. En effet, la création de Smart City entraîne inéluctablement la création d’emploi, qui à son tour permet le développement de la Smart City, qui permet encore de découvrir de nouveaux domaines de compétences.



Source: Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population Prospects: The 2006 Revision and World Urbanization Prospects: The 2007 Revision, <http://esa.un.org/unup>

Fig 2.1: Croissance de la population : de 1980 à 2050 [42]

Compétitivité économique

Le développement des Smart Cities répond aussi à la nécessité de rester compétitif sur le marché et pouvoir rivaliser en termes d'économie globale. C'est aussi pour cela que la recherche et la maîtrise de ce sujet sont essentielles, bien que l'Europe ne soit actuellement pas confrontée aux mêmes problèmes liés à la surpopulation des "Méga-City" d'Asie (comme en Chine ou en Inde, par exemple). [27]

2.5 Les "enablers"

Dans cette section nous allons dans cette section identifier les différents facteurs qui rendent possible le développement des Smart Cities ainsi que leurs rôles dans le fonctionnement de ces dernières. Nous diviserons les enablers en deux catégories distinctes : les enablers technologiques et les enablers humains. Cette liste n'est pas exhaustive, car les enablers peuvent varier d'un projet à un autre, mais reprend les enablers les plus récurrents.

2.5.1 Les enablers technologiques

Il s'agit de la partie technologie qui permet l'implémentation d'une Smart City. Sans cette technologie, la Smart City est condamnée à ne rester qu'un concept sur le papier.

Internet of Things

L'internet des objets peut se résumer très simplement de la sorte : Un objet physique + un contrôleur / senseur / actionneur + internet. L'objectif auquel répond l'ajout de l'intelligence dans un objet physique au détriment de ses performances est l'apport d'utilisabilité et d'interaction ambiante. Via l'utilisabilité on décide d'attribuer un service à un objet, qui sera spécialisé dans cet aspect, et via l'interaction ambiante on dénommera l'accessibilité de l'information, quel que soit le moment où l'heure. [45]

Dans cette première vision de l'informatique, l'Internet of Things représente donc tout objet capable de communiquer des données en rapport avec son environnement, nous garder up-to-date sur sa situation.

ICT

L'ICT désigne l'ensemble des technologies de la communication et de l'information, et composera le cœur de notre système de Smart City. En effet, c'est l'ICT qui va permettre, via les informations fournies sur le réseau, de mieux gérer les ressources, améliorer les services, automatiser l'environnement, etc...

L'ICT dans notre approche Smart nous permettra de répondre à trois questions : Quand? Comment? Quoi? Afin de répondre au "quand", nous recourrons dans la mesure du possible à l'aspect temps réel. "Comment" se résoudra via un réseau ouvert à tous et largement supporté. L'internet via n'importe quel réseau y permettant son accès est souvent utilisé, mais ne constitue pas la seule possibilité. Il se peut qu'une plateforme autre qu'internet fasse son apparition et soit plus appropriée à nos besoins. Pour finir se pose la question du "Quoi"? La réponse à cette dernière question réside en des données, dont le format est aussi important que les données elles-mêmes, et qui peuvent différer selon le contexte spécifique de la Smart City étudiée.

Réseaux

Le réseau est le moyen de communication employé afin de réaliser cette Smart City. Bien qu'il fasse partie de la partie ICT, il reste important de le considérer comme entité indépendante en raison du rôle spécifique qu'il remplit. Comme mentionné ci-dessus, le réseau le plus utilisé est l'internet, disponible partout y compris à partir des réseaux mobiles. Bien que le prix de cet internet mobile reste élevé, les gouvernements européens essaient de plus en plus de rendre le roaming gratuit et accessible à tous. Une alternative développée dans certaines Smart City pour répondre au problème de la disponibilité de l'internet est le wifi gratuit au sein de la ville.

2.5.2 Les enablers humains

Nous allons maintenant revenir sur les groupes humains influant dans la décision d'une Smart City.

Citoyen

Le citoyen vivant au sein de la ville, il constitue le premier bénéficiaire d'une Smart City. L'un des objectifs d'une Smart City sera donc de répondre aux besoins du citoyen d'une façon optimale, surtout en termes de gestion de ressource. De plus, les attentes, la coopération et les critiques des citoyens constituent des sources

d'informations cruciales dans le développement de services et solutions dans la Smart City.

Dans cette optique, certaines Smart City incorporent le citoyen dans la chaîne décisionnelle des projets, surtout dans les phases de test. Amsterdam a même mis en place "urban living lab" - une représentation d'une partie d'Amsterdam dans laquelle sont bêta-testés les divers projets de Smart City développés dans la ville. Pendant ces tests, les utilisateurs formulent leurs critiques et propositions, permettant aux créateurs du projet d'améliorer leur produit tout en analysant le comportement de la population en temps réel.

Entreprises

Les Smart Cities représentent un nouveau domaine économique en développement, ce qui ne manque pas d'attirer les entreprises. Ces dernières auront un rôle à jouer à plusieurs stades : en fonction du projet, une entreprise sera conceptrice du projet, développeuse ou bien simplement utilisatrice. Le but d'une entreprise sera de tirer profit du développement d'une Smart City.

La marché des Smart City en Asie constitue un cas particulier. En effet, les entreprises à la pointe de la technologie sont les acteurs premiers d'une Smart City, proposant une solution sur-mesure implémentée au préalable dans une ville construite de toute pièce. La demande en Smart City entre l'Asie et l'Europe est totalement différente, mais les analystes ne manquent pas d'indiquer que les entreprises européennes doivent acquérir cette expertise dès maintenant, afin de rester compétitives.

Gouvernement - dirigeants de la ville

Les élus à la tête de la zone urbaine sont à l'origine des opérations de changement dans celle-ci, et notamment des décisions d'évolution vers une Smart City. Ils dirigent les opérations successives dans la réalisation de cet objectif ou peuvent en déléguer le déroulement si nécessaire.

2.6 Définitions

Cette section est consacrée à l'introduction de plusieurs définitions présentes dans la littérature, afin d'en émettre une critique et une comparaison. Il n'est malheureusement pas possible d'introduire toutes les définitions existantes, et ce en raison de leur multiplicité ou de leur accès limité dans des ouvrages payants. Nous allons donc nous limiter à introduire la définition réalisée par la Commission Européenne, introduire un tableau synthétique de définitions présentes (non exhaustif) et terminer en proposant notre propre définition.

Plusieurs raisons motivent ce choix. Tout d'abord, le texte "Mapping Smart Cities in the EU" réalise déjà une analyse complète ainsi qu'une comparaison des différentes définitions dans la littérature. Par souci d'efficacité, il ne nous semble donc pas pertinent de réaliser ce travail une nouvelle fois. Ensuite, la plupart de ces définitions sont disponibles dans des ouvrages payants, et donc inaccessibles pour la réalisation de ce travail. Enfin, il est plus important d'amener une vue d'ensemble des définitions en présence que de détailler chaque définition déjà présente. En ce sens, il nous semble donc pertinent de nous baser sur les éléments de compréhension issus de ces définitions afin de dégager les éléments essentiels des Smart Cities et les définir de manière personnelle.

2.6.1 Mapping Smart Cities in the EU Definition

La dernière définition date de janvier 2014 et apparaît dans un rapport du parlement européen dont l'objectif est de fournir un état des lieux sur la situation des Smart City en Europe ainsi que des conseils concernant celles-ci. Ce rapport est extrêmement complet, car il contient une étude approfondie de la situation des Smart City en Europe. Les auteurs du rapport ont dans un premier temps étudié les différentes problématiques d'une Smart City, notamment via la comparaison des Smart Cities existantes, avant de revenir sur la quasi-totalité des définitions présentes dans la littérature. Le rapport établit ensuite une définition propre d'une Smart City. Le rapport complet est disponible à cette adresse : [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf) [27]

Définition

En guise de préambule à cette définition, le document rappelle que : "Une Smart City est typiquement permise par l'utilisation de technologies (essentiellement ICT) pour améliorer la compétitivité et assurer un futur plus durable par la liaison symbiotique de réseaux de personnes, entreprises, technologies, infrastructures, consommations, énergies et espaces. "

Le parlement européen définit donc une Smart City comme ceci :

"Une Smart City est une ville cherchant à résoudre des problèmes publics via des solutions orientées ICT, sur base d'un partenariat municipal et multi stakeholder. Ces solutions sont développées et affinées grâce à des Smart City initiatives, soit en tant que projets distincts ou (plus souvent) comme un réseau d'activités chevauchées.
Plus concrètement, les stratégies et initiatives d'une Smart City doivent inclure au moins une des caractéristiques suivantes : Smart Governance, Smart People, Smart Living, Smart Mobility, Smart Economy and Smart Environment. Ces caractéristiques constituent les sujets pour lesquels les stakeholders peuvent participer à une initiative Smart City."

La définition continue en définissant six axes d'une Smart City, tels que définis par l'Université de Vienne.

Smart Economy "Ce terme inclut l'e-business et l'e-commerce, productivité augmentée, services de production et de livraison améliorée et utilisant l'ICT, ainsi que les nouveaux produits, business et modèles. Le terme comprend aussi la création de clusters "smart" et de nouveaux systèmes économiques (business digital et entrepreneuriat). Pour terminer, la Smart Economy implique l'inter connectivité locale et globale et l'ancrage international avec des flux physiques et virtuels de biens, services et connaissances." [27]

Smart Mobility "Le terme Smart Mobility représente les transports et systèmes logistiques intégrés et employant l'ICT. Par exemple, les systèmes de transport écologiques, sûrs et interconnectés peuvent englober les trams, bus, trains, métros, voitures, vélos et piétons, en utilisant en situation un ou plusieurs de ces modes de transport. Smart Mobility priorisera les options les plus propres et souvent non-motorisées au sein de la ville. L'accessibilité en temps réel de l'information importante devrait être mise à la disposition du public, afin de répondre à ces besoins : sauver du temps, améliorer l'efficacité du navettage, sauver les coûts et les émissions de CO2, ainsi qu'aider les managers de réseaux de transports à améliorer leurs services et fournir un feedback aux citoyens. Les utilisateurs mobiles pourront aussi contribuer à ce système via leurs propres données." [27]

Smart Environment "Le terme Smart Environment inclut tout ce qui correspond à l'optimisation des ressources et l'introduction de ressources et techniques réutilisables. Établir une liste exhaustive de toutes les mesures est impossible, mais une telle mesure comprendra par exemple : l'utilisation d'énergies intelligentes, ainsi que les énergies réutilisables, les réseaux énergétiques utilisant l'informatique, le contrôle, mesure et surveillance de la pollution , la rénovation de bâtiments et des équipements, les bâtiments écologiques, la planification urbaine verte, ainsi qu' utilisation efficace des ressources, la réutilisation et la substitution des ressources qui dessert les objectifs ci-dessus. Les services urbains tels que les lumières de la ville, la gestion des déchets, le système de drainage, la gestion de l'eau sont des exemples de services pouvant bénéficier de tels services afin d'améliorer leurs services." [27]

Smart People "Via Smart People on entend tout ce qui comprend l'apprentissage des/via les nouvelles technologies ainsi que les systèmes de management humain utilisant les nouvelles technologies. Ce terme comprend donc les e-skills, les emplois utilisant un système informatique, l'accès à l'éducation et l'entraînement via informatique, les ressources humaines et gestion de capacité, au sein d'une société inclusive qui améliore la créativité et favorise l'innovation. Comme caractéristique, Smart People cherche aussi à permettre aux personnes et communautés d'eux-mêmes utiliser, manipuler, personnaliser et introduire des données, et ainsi prendre des décisions, créer des produits et des services." [27]

Smart Living "Par Smart Living, nous entendons des styles de vie fondés sur les TIC, le comportement et la consommation. Smart Living représente aussi une façon saine et sécuritaire de vivre dans une ville culturellement dynamique avec divers équipements culturels, et intègres des logements et hébergement de bonne qualité. Smart Living est également liée à des niveaux élevés de cohésion sociale et capital social "[27]

Smart Governance "Par Smart Governance nous entendons la gouvernance réunie au sein et en dehors de la ville, incluant les services et les interactions qui lient et, quand approprié, intègrent les organisations publiques, privées, civiles et la communauté européenne afin que la ville puisse fonctionner efficacement comme un organisme. L'outil principal permettant ceci est l'informatique (infrastructures, hardware et software), permis par l'utilisation de processus smart et l'interopérabilité, en utilisant les données comme carburant. Liens internationaux, nationaux et avec l'Arrière-Pays sont également importants (au-delà de la ville), étant donné qu'une Smart City pourrait être décrite comme typiquement un réseau hub mondial. Ceci implique des partenariats publics, privés et civils et la collaboration avec différentes parties prenantes à travailler ensemble dans la poursuite des objectifs intelligents au niveau de la ville. // Les objectifs Smart comprennent la transparence et l'ouverture des données en utilisant les TIC et l'e-gouvernement dans la prise de décision participative et la co-création d'e-services, par exemple des applications. Smart Governance, comme un facteur transversal, peut aussi orchestrer et intégrer certaines (ou l'ensemble) des autres caractéristiques Smart déjà mentionnées." [27]

Dans cette définition, le rôle et les buts de l'ICT sont étudiés de manière précise. Ainsi, la technologie et les données récoltées utilisées dans les Smart City devraient être capable de :

- Constamment récolter, analyser et distribuer les données à propos de la ville afin d'optimiser l'efficacité, dans le but d'être plus compétitif et durable.
- Communiquer et partager ces données et informations dans la ville en utilisant des définitions et standards pouvant être facilement réutilisés.
- Agir de façon multifonctionnelle, en proposant des solutions à des problèmes multiples du point de vue holistique d'une ville.

2.6.2 Critique

Cette définition est complète et ne peut être résumée en quelques lignes. En effet, elle est à destination d'un public déjà familier avec le concept de Smart City et explore les différents thèmes présents dans une ville, tout en y expliquant le rôle et la plus-value de l'ICT.

Cependant, cette définition est une définition européenne et a vocation à s'appliquer essentiellement au contexte européen, au détriment des Smart City en Asie, par exemple, qui sont surtout développées avec le soutien des entreprises. En effet, dans le cas de l'Asie, ce sont essentiellement les entreprises actuellement qui développent leurs solutions et les appliquent, gardant les usagers comme spectateur et non pas comme acteur, contrairement à ce qui est visé au niveau européen. Cette définition fait émerger une des limites des Smart City : la généralité. Bien qu'il soit possible d'identifier des facteurs communs à chaque Smart City, il est impossible de trouver une définition globale applicable à l'ensemble des Smart Cities, que ce soit en raison des différences culturelles ou des modes de fonctionnements des différents gouvernements.

Notons aussi que, comme dit précédemment, cette définition est détachée de l'influence des entreprises, ce qui lui confère une forme de neutralité quant à son approche. En effet, beaucoup de définitions fournies et développées par les entreprises ne sont pas intègres, car ne sont en réalité que le reflet du point de vue de l'entreprise et des avantages qu'elle souhaite mettre en avant.

Finalement, la définition de Smart City est en constante évolution. Bien que l'article date seulement de 2014, une nouvelle version de ces six axes est actuellement disponible sur internet, toujours fournie par l'Université de Vienne. Les changements relevés restent cependant des modifications mineures.

Cette définition est, à ce jour, la définition employée par la Commission Européenne pour expliciter le terme de Smart City.

2.7 Tableau récapitulatif de définitions

Dans cette partie nous exposerons à titre informatif un tableau non exhaustif reprenant différentes définitions Smart City disponibles sur le Web. Ces définitions sont synthétisées pour permettre une lecture sommaire de leur contenu.

Ces définitions sont issues de deux documents ayant réalisé ce travail auparavant : "Mapping Smart Cities in the EU" [27] et "Smart Cities en Belgique : Analyse qualitative de 11 projets" [48].

Définition	Auteurs	Date
Les "Smart Cities" sont des systèmes de systèmes qui présentent des systèmes nerveux numériques, une réactivité intelligente et l'optimisation de chaque niveau de système	MIT	2013
La conception d'une ville "intelligente" se développe comme une stratégie visant à atténuer les problèmes issus de la croissance démographique urbaine et l'urbanisation rapide des villes	Chourabi et al.	2012
L'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans les infrastructures et les services d'une ville — l'administration, l'enseignement, les services médicaux, la sécurité publique, l'immobilier, le transport — rend la ville plus intelligente, connectée et efficace	Washburn et Sindhu	2009
Dans une ville intelligente, les réseaux sont reliés entre eux, se soutenant et s'alimentant positivement, faisant en sorte que la technologie et la collecte de données devraient: être en mesure d'en permanence recueillir, analyser et diffuser des données sur la ville pour optimiser l'efficacité et l'efficience dans un but de compétitivité et durabilité; être en mesure de communiquer et de partager ces données et informations autour de la ville en utilisant des définitions et des normes communes afin qu'il puisse être facilement réutilisé; être en mesure d'agir multi fonctionnellement, ce qui signifie qu'ils doivent apporter des solutions aux multiples problèmes d'une ville d'un point de vue holistique	Copenhagen Cleantech Cluster	2012
[Une ville peut être appelée "intelligente"] lorsque les investissements dans le capital humain et social et les infrastructures de communication moderne et traditionnelle alimentent une croissance économique durable et une qualité de vie élevée, avec une gestion rationnelle des ressources naturelles, grâce à une gouvernance participative	Schaffers et al.	2011
Tout modèle adéquat pour la Smart City doit se concentrer aussi sur l'Intelligence (Smartness) de ses citoyens et communautés et sur leur bien-être et qualité de vie, ainsi que d'encourager les processus qui rendent les villes importantes pour les personnes, qui pourrait bien soutenir des activités très différentes (parfois contradictoires)	Haque	2012
Les villes intelligentes combinent diverses technologies afin de réduire leur impact sur l'environnement et d'offrir aux citoyens une vie meilleure. Cela n'est pas, cependant, simplement un défi technique. Le changement organisationnel au sein des gouvernements - et même la société en général - est tout aussi essentiel. Rendre une ville intelligente est donc un défi très multidisciplinaire, réunissant les responsables municipaux, les fournisseurs innovants, les décideurs nationaux et européens, les universitaires et la société civile	Smart Cities and Communities	2013

2.8 Définition personnelle

Sur base des éléments développés ci-dessus, nous définirons une Smart City comme suit :

Une Smart City est une ville mettant en place des solutions technologiques durables, efficaces et automatisées autour de 6 axes (Mobilité, Population, Environnement, Économie, Vie et Gouvernance) dans le but d'améliorer ses performances économiques, environnementales et sociétales.

Cette définition de Smart City se veut simple, mais complète, en réutilisant la définition des six axes émis auparavant par l'Université de Viennes, pouvant être trouvés plus haut dans ce document.

Le point particulier cependant est l'introduction des performances économiques, environnementales et sociétales. En réalité, ce triangle représente en quelque sorte la "trinité" des besoins et améliorations d'une Smart City.

Par environnemental on entendra l'environnement au sens large : physique, digital et énergétique. L'environnement physique comprend tout ce qui est bâtiments, mais aussi les infrastructures mises en place dans la ville. L'environnement Digital comprend quant à lui toutes les plateformes numériques développées et soutenues par la ville. Enfin, l'environnement énergétique se focalisera plus sur l'utilisation optimale de l'énergie au sein de la ville. Ces trois facteurs sont liés, et doivent être perçus comme un "tout" au sein de l'environnement, car toute modification de l'un de ces paramètres peut impacter les autres facteurs. Le but est de pouvoir implémenter ces trois facteurs pour améliorer la gestion des ressources de la ville, et offrir une meilleure structure à la zone urbaine.

Par économique on entendra tout réseau aux agglomérations d'entreprises générant une économie ou un business quelconque au sein de la ville. Cette économie est engendrée, comme expliquer auparavant, par l'augmentation de la population au sein de la ville, permettant la création de nouveaux hubs économiques au sein de la ville. Améliorer cette situation économique permet d'être économiquement compétitif par rapport à d'autres villes, et d'attirer de nouveaux entrepreneurs, créer de nouveaux emplois, etc...

Par sociétale on entendra tout facteur touchant de près ou de loin à la population présente en ville, à l'amélioration de son niveau de vie. En effet, la zone urbaine doit s'adapter à cette croissance de population pour répondre le mieux possible aux besoins de citoyens. De plus, l'amélioration de la situation sociale de cette population au sein ne peut avoir qu'un effet positif sur l'image de la ville, permettant d'attirer de nouvelles personnes en son sein, et donc d'améliorer son économie.

Ces trois facteurs sont intimement liés, et s'influencent les uns sur les autres. Par exemple, un meilleur environnement amène un sentiment de satisfaction au sein d'une population. Inversement, une population bien éduquée et consciente du problème environnemental est plus apte à y répondre. Une économie florissante permettra à de nouveaux actionnaires et entrepreneurs de se pencher sur le problème de l'environnement, quant à l'opposé ce même environnement en bonne santé ajoutera une plus-value à ces entreprises. Enfin, une bonne économie ajoutera de l'emploi pour cette population, tandis qu'une population plus grande incorporera de nouvelles personnes créatives et talentueuses utiles pour cette économie. La liaison et l'amélioration de ces 3 facteurs en parallèle sont essentielles à la création et l'aboutissement d'une ville du futur, d'une Smart City.

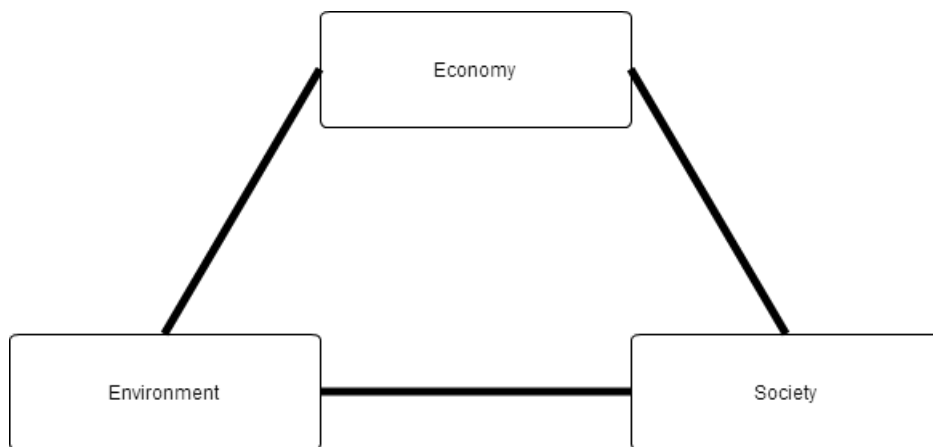


Fig 2.2: Les 3 facteurs principaux d'une Smart City

Chapitre 3

Open Data

3.1 Introduction

Le concept d'Open Data date d'avant la création même d'informatique. En effet, il est déjà inclus dans la Déclaration des droits de l'homme et du citoyen de 1789 que "La Société a le droit de demander compte à tout Agent public de son administration.", entendant par là que le citoyen a un droit d'accès à ses informations et aux informations publiques. [10]

À l'heure du XXIe siècle, comment appliquer ce concept de consultation de données publiques à l'internet? Quelles données doivent être publiques? Quels sont les avantages d'ouvrir nos données?

3.2 Statut de la définition

3.2.1 Au niveau Belge

L'Open Data étant "un concept vaste autour duquel il n'y a pas de consensus" [32], la Belgique référence la définition définie par l'OKFN (Open Knowledge Foundation). Nous reviendrons sur la définition fournie par l'OKFN, et l'expliquerons en détail.

3.2.2 Au niveau européen

L'Union européenne spécifie que "l'Open Data réfère à l'idée que certaines données devraient être librement disponibles pour l'utilisation et la réutilisation". Au niveau législatif et d'un point de vue pratique, l'Europe a adopté une directive à propos de la réutilisation de l'information du secteur public, la Directive 2003/98/EC (connue sous le nom de "PSI Directive"). Étant donné que nous nous attelons ici à définir l'Open Data, nous ne nous attarderons cependant pas sur le contenu de la Directive pour nous focaliser sur la définition citée par la Belgique, la définition de l'OKFN.

3.3 La définition de l'Open Knowledge Foundation

3.3.1 Introduction

"Knowledge is open if anyone is free to access, use, modify, and share it — subject, at most, to measures that preserve provenance and openness." [30]. Cette définition disponible sur le site de l'Open Definition énonce que "La connaissance est ouverte si n'importe qui est libre d'y accéder, de l'utiliser, de la modifier, et de la partager - sous réserve, au plus, de mesures préservant la provenance et l'ouverture". En outre, la donnée doit être sous une licence libre, libre d'accès et disponible dans un format ouvert. [29]

Cette définition a été traduite vers le Français par Caroline Ker, chercheuse, et Séverine Dusollier, Professeur, Université de Namur, dans une version définie comme "version 1.1" [11]. Cependant il existe désormais une version mise à jour en "version 2.1" disponible uniquement en anglais. Nous nous baserons sur cette version plus récente, que nous traduirons cependant littéralement pour respecter la cohérence linguistique de ce travail. Cette traduction respectera mot pour mot ce qui est présent sur le site de l'Open Knowledge Foundation.

3.3.2 Version 2.1

L'Open Definition précise ce qu'implique d'"ouvrir" en respect avec la connaissance, favorisant un moyen commun robuste avec lequel n'importe qui peut participer, et avec lequel l'interopérabilité est maximisée.

Résumé : *La connaissance est ouverte si n'importe qui est libre d'y accéder, de l'utiliser, de la modifier, et de la partager - sous réserve, au plus, de mesures préservant la provenance et l'ouverture.*

Cette signification essentielle de "Open" correspond à celle des logiciels trouvés dans l'"Open Source Definition", et est synonyme de "libre" comme dans la définition "Free Software Definition" ou la définition "Free Cultural Works".

Le terme **œuvre** désigne l'élément de savoir particulièrement visé.

Le terme **licence** désigne le contrat qui régit la mise à disposition de l'oeuvre.

Le terme **domaine public** dénote l'absence de copyright ou restrictions similaires, que ce soit par défaut ou la renonciation à toutes ces conditions.

Les mots clés "doit", "ne doit pas", "devrait", et "peut" dans ce document doivent être interprétés comme décrit dans RFC2119.

3.3.3 Oeuvre ouverte

Une oeuvre ouverte doit satisfaire les conditions suivantes lors de sa distribution:

Licence ou Status Ouvert

L'oeuvre doit être dans le domaine public ou fournie sous une licence ouverte (comme décrit dans la section 3.3.4 Licences Ouvertes). Tout terme additionnel accompagnant l'oeuvre (tel que des conditions d'utilisations, ou brevets détenus par un concédant) ne peut pas être en contradiction avec le statut domaine publique de l'oeuvre ou les termes de la licence.

L'accès

L'oeuvre doit être fournie comme un tout sans que son cout de soit supérieur à celui de reproduction unique, et devrait pouvoir être téléchargeable d'internet sans frais. Toute information nécessaire pour la conformité à la licence (comme les noms des collaborateurs nécessaires pour se conformer aux exigences d'attribution) doit également accompagner l'oeuvre.

La lisibilité par Machine

L'oeuvre doit être fournie sous une forme facilement traitable par un ordinateur et où les éléments individuels du travail sont facilement accessibles et modifiables.

Le Format Ouvert

L'oeuvre doit être fournie dans un format ouvert. Un format ouvert est un format qui ne place aucune restriction, monétaire ou autre, sur son utilisation et peut-être totalement traité via au moins un outil software gratuit/libre/open-source.

3.3.4 Licences Ouvertes

Une licence devrait être compatible avec d'autres licences.

Une licence est ouverte si ses termes satisfont les conditions suivantes :

Conditions requises

Une licence doit **irrévocablement** permettre (ou autoriser) les conditions suivantes:

Utilisation

La licence doit permettre l'utilisation libre de l'oeuvre sous licence.

Redistribution

La licence doit permettre la redistribution du travail sous licence, y compris la vente, que ce soit tout seul ou dans le cadre d'une collection faite à partir des œuvres provenant de différentes sources.

Modification

La licence doit permettre la création de dérivés de l'œuvre sous licence et de permettre la distribution de ces dérivés dans les mêmes conditions de l'œuvre sous licence originale.

Séparation

La licence doit permettre à n'importe quelle partie de l'œuvre d'être utilisée librement, distribuée ou modifiée séparément de toute autre partie du travail ou de toute collection d'œuvres dans lesquelles il a été initialement distribué. Toutes les parties qui reçoivent n'importe quelle distribution de n'importe quelle partie d'une œuvre dans les termes de la licence d'origine devraient avoir les mêmes droits que ceux qui sont accordés avec l'œuvre originale.

Compilation

La licence doit permettre que l'œuvre sous licence puisse être distribuée avec d'autres œuvres distinctes, sans imposer des restrictions sur ces autres œuvres.

Non-discrimination

La licence ne doit pas être discriminante envers une personne ou un groupe.

Propagation

Les droits attachés au travail doivent s'appliquer à tous ceux à qui il est distribué sans la nécessité de convenir des modalités juridiques supplémentaires.

Application à toute fin

La licence doit permettre l'utilisation, la redistribution, la modification, et la compilation à toute fin. La licence ne doit pas restreindre quiconque d'utiliser l'œuvre dans un domaine d'activité spécifique.

Sans frais

La licence ne doit pas imposer une entente d'honoraires, redevances ou autre indemnité ou rémunération monétaire dans le cadre de ses conditions.

Conditions acceptables

Une licence ne doit pas limiter, rendre incertain, ou diminuer les permissions des conditions requises excepté par les conditions acceptables suivantes :

Attribution

La licence peut requérir que les distributions du travail incluent une attribution aux contributeurs, détenteurs légaux, sponsors et créateurs tant que ces prescriptions ne sont pas onéreuses.

Intégrité

La licence peut requérir que les versions modifiées du travail portent un nom ou un numéro de version différent de l'original, ou indiquer quelles modifications ont été effectuées.

Partage à l'identique

La licence peut requérir que les distributions de l'oeuvre restent sous la même licence ou licence similaire.

Notice

La licence peut exiger le maintien des avis de droit d'auteur et l'identification de la licence

Source

La licence peut exiger que toute personne distribuant le travail doive fournir aux destinataires un accès à la forme préférée pour apporter des modifications.

Prohibition de restriction technique

La licence peut exiger que les distributions du travail restent libres de toute mesure technique qui limiterait l'exercice de droits autrement autorisés.

Non-agression

La licence peut exiger des modificateurs qu'ils accordent des autorisations supplémentaires publiques (par exemple, des licences de brevets) comme requises pour l'exercice des droits accordés par la licence. La licence peut également conditionner les permissions de non-agression à l'égard des titulaires de licences en accord avec l'exercice de n'importe quel droit permis (à nouveau, par exemple, les litiges en matière de brevets).

3.4 L'importance de la licence

En informatique, une licence confère un droit d'utilisation envers un logiciel par exemple. Une licence dans le domaine des données déterminera ce qu'il est légal de faire avec ces données.

Cette licence est d'une importance capitale dans le monde Open. En effet, bien que ces données aient vocation à être diffusées largement, elles restent tributaires d'un apport juridique. Mais justement, la licence permet en effet de délimiter le champ d'utilisation et de diffusion des données en question. Sans cette licence, une réutilisation de données est purement et simplement considérée comme une violation de propriété intellectuelle.

3.5 But

L'objectif principal est bien évidemment que ces données puissent être utilisées par les citoyens et la communauté, pour améliorer des services, ajouter de la transparence, améliorer les décisions, etc... , mais aussi qu'elles puissent être améliorées par ses destinataires.

On remarquera que beaucoup de secteurs pourront utiliser ces données pour améliorer leurs services. Le secteur public semble le plus évident, car un nombre important de données est nécessaire à son bon fonctionnement. Ce service peut donc être amélioré par ces données. Il ne s'agit cependant pas du seul secteur pouvant bénéficier d'améliorations par un travail sur les données: le secteur financier, par exemple, peut aussi recourir à certaines données pour s'améliorer, comme en performant des analyses sur ces données.

De plus, la transparence envers la population constitue une plus-value dans un système démocratique, puisqu'elle permettra aux citoyens de mieux comprendre les décisions prises par les gouvernants.

Ces données peuvent aussi changer le comportement des gens. En effet, un individu ne prend pas les mêmes décisions selon qu'il connaît les enjeux, tenants et aboutissants de son choix, ou qu'il n'en a pas idée. Une meilleure communication des données permettrait donc d'influer sur le comportement des citoyens.

Enfin, ces informations pourront être complétées par la communauté. En ainsi, que ça soit par la modification ou par l'introduction de nouvelles données, la communauté peut améliorer cette source de données. Il est impératif pour ce faire d'utiliser des formats de donnée réutilisable pour tous.

Il apparaît donc que l'objectif principal de l'ouverture des données est d'enrichir le web.

3.6 Exemples de Licences

Il existe beaucoup de licences valides disponibles en accès libre sur le web, principalement à cette adresse : <http://opendefinition.org/licenses/>.

3.6.1 CC0

La licence CC0 correspond à Creative Commons CC Zero Licence. Cette licence a été créée par Creative Commons et se définit comme une consécration au domaine public. En effet, la licence nous dit que : *” La personne qui a associé une œuvre avec cet acte l’a placée dans le domaine public en renonçant tous ses droits sur l’œuvre dans le monde entier en vertu du droit d’auteur , y compris tous les droits connexes et voisins , dans la mesure permise par la loi. Vous pouvez copier , modifier, distribuer et exécuter le travail , même à des fins commerciales, sans demander la permission.”* L’idée de la licence est donc simplement de dédier tout travail sur l’œuvre au domaine public, et donc de renoncer à tout droit de propriété dessus. Cette licence est simple, mais assez contraignante pour l’auteur, qui doit renoncer à tout droit d’auteur sur ces données.

3.6.2 Attribution-ShareAlike 4.0 International

La licence énonce que toute personne utilisant des données soumises à cette licence peut :

- Partager, copier et redistribuer le matériel dans n’importe quel média ou format
- Adapter, transformer et construire sur le matériel
- Qu’importe l’utilisation, même commercialement

Sous les conditions suivantes :

- Attribution : Il faut rendre le crédit approprié aux créateurs, indiquer un lien vers la licence et indiquer si des changements ont été effectués, et ce de manière raisonnable
- Share-Alike : si les données ont été transformées, adaptées ou reconstruites, alors les données résultantes doivent être distribuées sous la même licence que les données originales

3.6.3 Licence Ouverte - Open Licence

Cette licence a été développée par Etalab et est toujours la propriété de ce dernier. Cette licence dit que : *” Le ”Producteur” garantit au ”Réutilisateur” le droit personnel, non exclusif et gratuit, de réutilisation de ”l’Information” soumise à la présente licence, dans le monde entier et pour une durée illimitée, dans les libertés et les conditions exprimées ci-dessous.”*

Il est donc permis de :

- Reproduire, copier, publier et transmettre ”l’Information”
- Diffuser et redistribuer ”l’information”

- Adapter, modifier, extraire et transformer à partir de "l'Information", notamment pour créer des "Informations dérivées"
- Exploiter "l'Information" à titre commercial, par exemple en la combinant avec d'autres "Informations", ou en l'incluant dans votre propre produit ou application

Sous réserve de :

- Mentionner la paternité de "l'Information" : sa source (a minima le nom du "Producteur") et la date de sa dernière mise à jour. Le "Réutilisateur" peut notamment s'acquitter de cette condition en indiquant un ou des liens hypertextes (URL) renvoyant vers "l'Information" et assurant une mention effective de sa paternité. Cette mention de paternité ne doit ni conférer un caractère officiel à la réutilisation de "l'Information", ni suggérer une quelconque reconnaissance ou caution par le "Producteur", ou par toute autre entité publique, du "Réutilisateur" ou de sa réutilisation.

Chapitre 4

Linked Data

4.1 Introduction

Linked Data est un moyen de représentation des données spécifique, spécialement conçu pour le web. Plus particulièrement, les Linked Data ne représentent pas une technologie particulière, mais plutôt un set de technologies, de bonnes pratiques et d'une philosophie afin de publier les données sur le web. [25] Ces données sont dites "machine understandable data", et sont conçues spécialement pour l'échange de données entre ordinateurs. En effet, actuellement la plupart (voir la majorité) des données publiées sont lisibles pour l'œil humain, mais non compréhensibles pour une machine. Il s'avère qu'un ordinateur doté de données qu'il peut comprendre peut "améliorer" sa manière d'effectuer par exemple une recherche sur le web, ou de proposer des données aux personnes utilisant un ordinateur.

Un des objectifs principaux des linked data est de lier les données, c'est-à-dire d'ajouter un "sens" à ces données. De cette manière, il sera possible de toujours découvrir du nouveau contenu relatif au sujet désiré. Dernièrement, cette méthode de lien a permis la réutilisation des données et son automatisation, pour par exemple mettre à jour ces données sans devoir à nouveau parcourir l'entièreté du web pour mettre aussi à jour le contenu relatif.

Afin d'avoir une vue d'ensemble du monde (théorique) des Linked Data, nous commencerons par expliquer brièvement le Web actuel avant de, dans un second temps, présenter la sémantique(et comment les ontologies vont "permettre" son expression). Enfin, nous nous concentrerons sur les principes des Linked data et reviendront sur les syntaxes particulières qui viennent soutenir cette sémantique.

Cette partie n'a pas pour objectif d'initier l'apprentissage de la syntaxe exacte des langages Linked Data en présence, ni d'apprendre à formuler une ontologie de A à Z. Il s'agit plutôt d'avoir une vue d'ensemble des différents concepts pour pouvoir les utiliser par la suite.

4.2 Le Web actuel

Le Web actuel tel que nous l'entendons est une partie de l'Internet, la partie contenant l'information, les contenus médias, etc... De ce fait, une page web est une page sur internet majoritairement créé via HTML contenant de l'information et ayant pour but d'être lue par un utilisateur. HTML reste cependant un langage très simple : son rôle est de prendre l'information qu'on lui donne et puis l'afficher. Cette information n'est pas vraiment traitée par HTML, elle ne sera souvent qu'affichée en format lisible pour un être humain.

De plus, toute l'intelligence est en quelque sorte faite par le lecteur, c'est-à-dire que c'est lui qui doit actuellement sélectionner la prochaine étape, combiner les éléments qu'il désire, etc... Cependant, typiquement lors d'une recherche, si l'utilisateur ne sait pas que deux éléments sont connectés il ne pensera pas à regarder le prochain élément. Nous voulons remédier à ça, en exprimant les données et les connectant entre-elles.

À l'heure actuelle, les spécialistes considèrent le web comme étant "the web of text and pictures". En effet, alors que l'information est généralement contenue dans une base de données ou un CMS, ces conteneurs de données offrent généralement une structure riche en information, qui est perdue dans le processus d'affichage HTML. Et ces données ne sont pas "compréhensibles" par un ordinateur. L'ordinateur peut continuer à effectuer des opérations sur ces données, mais ces opérations ne seront pas aussi efficaces qu'elles ne pourraient l'être s'il "comprendait" les données. Au lieu de faire une recherche sur les caractères, il pourrait par exemple faire une recherche sur le contenu directement, sur les propriétés de l'information en elle-même.

4.3 Sémantique et application informatique

4.3.1 Définition de la sémantique

La sémantique est l'étude du sens, de la signification. À vrai dire, ce qui importe dans notre langage est la relation qu'il existe entre ces éléments, la signification qu'un mot ou que n'importe quel élément peut avoir est-ce qu'il lui donne du sens. Après tout et pour donner un exemple concret, une simple ponctuation peut changer drastiquement la signification d'une phrase. La sémantique est ce qui étudie cette signification dans le but de comprendre ce qui constitue cette signification, cet ajout sémantique.

En informatique, plus particulièrement, il existe la sémantique dans les langages de programmation. Dans un programme, alors que la syntaxe aura pour rôle de définir ce qui constitue un programme valide du point de vue de la forme et du texte, la sémantique aura pour but de définir la signification d'un programme, c'est-à-dire ce qu'il calcule, comment il le calcule. C'est cette forme de sémantique que nous allons appliquer au web. [7]

4.3.2 Ontologies

Nous allons introduire ici le concept d'ontologie, avant de voir plus loin comment ces ontologies sont employées dans les Linked Data. Le but n'est donc pas d'expliquer en détail comment créer une ontologie, cela étant déjà disponible via des documents de qualité. Pour référence, voir ce document : "Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology"http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf [50]

Définition

La définition la plus communément référencée et citée est celle de Gruber and Borst : [44]

”Une ontologie est une spécification formelle, explicite d’une conceptualisation partagée. La conceptualisation se réfère au modèle abstrait d’un phénomène du monde, en identifiant les concepts pertinents de ce phénomène. ”Explicite” signifie que le type de concepts utilisés, et les contraintes qui pèsent sur leur utilisation sont explicitement définis. ”Formel” fait référence au fait que l’ontologie devrait être lisible par une machine. ”Partagé” reflète cette idée qu’une ontologie capture la connaissance consensuelle qui est, non admise par un individuel, mais acceptée par un groupe ”.

Objectifs

Afin de bien comprendre ce que l’on veut décrire et définir, il est important de comprendre les objectifs auxquels les ontologies veulent répondre. Ces objectifs peuvent être résumés comme suit : [34]

- **Partager** la compréhension commune d’un domaine (et de l’information relative à ce domaine) parmi humains et composants informatiques : utiliser les mêmes concepts et noms entre tous.
- **Ré utiliser** la connaissance.
- **Séparer** la connaissance d’un domaine de la connaissance opérationnelle : séparer ”ce qui est utilisé” de ”comment l’utiliser”.
- **Analyser** la connaissance d’un domaine

Les éléments d’une ontologie

En pratique au niveau informatique, une ontologie comporte plusieurs éléments distincts. On dira qu’une ontologie définit des ”classes” (ou concepts), qu’elle définit des ”propriétés” à propos de ces classes (ou rôles, ou encore restrictions). Enfin, les instances d’une ontologie (ou encore sa valuation) constituent ce que l’on appelle une base de connaissance. [50]

Classe : Une classe définit donc un concept, un objet à l’intérieur du domaine que l’on veut exprimer. Par exemple, sil’on veut parler d’instruments de musique, nous aurons une première classe appelée ”Instrument”. Attention ici à la terminaison : ”Instrument” est utilisé au singulier, pas au pluriel. En effet, c’est le concept d’instrument qui importe, pas ses multiples instances.

Au sein de cette classe, une **hiérarchie** est définie afin d’établir des sous-classes. C’est cette ”hiérarchie” qui va permettre de raffiner les concepts, et définir un objet particulier. Il est important de garder en tête ces règles lors de la création de classes/sous-classes :

- Une classe définit un concept particulier.
- Une sous-classe est un élément qui **spécialise** sa superclasse. La relation est donc qu’un élément de la sous-classe fait également partie de la superclasse, alors que des éléments qui font partie de la superclasse ne sont pas forcément éléments de la sous-classe.

- Les sous-classes d'un "même niveau" doivent avoir un même niveau de "précision".
- Si une sous-classe définit un seul élément, il faut alors la supprimer ou il faut envisager de la supprimer pour la transformer en "propriété".
- Si une classe/sous-classe contient trop d'éléments (une douzaine par exemple), il faut considérer l'introduction d'une nouvelle classe/sous-classe

Pour continuer sur notre exemple d'instrument de musique, les trois grandes classes sont les instruments à vent, les instruments à cordes et les percussions :

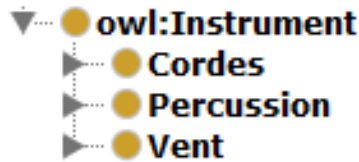


Fig 4.1: music instrument ontology

Pour les instruments à vent, il faut distinguer en séparant la voix, les bois et les cuivres:

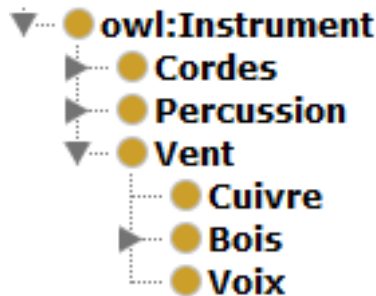


Fig 4.2: music instrument ontology : wind

Il est à noter que ceci représente **un choix de conception** : en effet, bien que cette catégorisation soit standard dans le monde de la musique, il serait tout à fait possible de les classer par leur tonalité.

Propriétés : Les propriétés sont des attributs communs à toutes les instances des classes, ils ont pour but de décrire la classe. Elles sont de diverse forme :

- Intrinsèque
- Extrinsèque
- Parties, si l'objet est structuré (physiques ou abstraites)
- Relations, entre des entités

Toutes les sous-classes héritent des attributs de leur superclasse. Si un attribut est commun aux sous-classes du même niveau, cet attribut doit donc être inclus dans la superclasse.

Dans notre exemple, nous pourrions entrevoir comme propriétés générales le nom, la marque, l'année de fabrication, etc... En revanche, la propriété "embouchure" ne peut être ajoutée qu'à la classe Cuivre, étant donné qu'il n'y a que les cuivres qui ont une embouchure.

Une propriété définit une cardinalité précise, qui détermine combien de valeurs une propriété peut avoir. Cette cardinalité est définie par un minimum et un maximum, un minimum "n" définissant que la propriété doit avoir au moins "n" valeurs, un maximum "m" définissant que la propriété doit avoir au moins "m" valeurs.

Une propriété définit un type. Ce type peut être un type commun utilisé dans tout langage informatique (String, Boolean, Integer, etc...), peut être un type spécifique (comme un type de date(xs:date)) ou encore être une définition de la relation entre 2 individus.

Instance : Une instance est la "valuation" d'une classe particulière. En d'autres termes, une classe décrit un domaine particulier, une instance donne une valeur appartenant à ce domaine.

Dans le cas de notre exemple, une instance d'instrument sera la description d'un instrument particulier. Ainsi, un cornet à piston de marque particulière correspondant à un modèle spécifique représente un objet, quand l'appellation "cornet à pistons" est une définition générique de l'objet en question.

4.3.3 Graphes

Étant donné qu'un des aspects importants des linked data sont les graphes, il est important de bien comprendre en quoi il consiste, pour comprendre son impact sur les Linked Data. L'idée est surtout d'encourager le lecteur à essayer d'imaginer les données sous forme de graphe, permettant une meilleure compréhension.

La théorie des graphes consiste en l'étude des graphes. La définition d'un graphe peut varier, mais dans la plupart des cas mathématiques et informatiques un graphe est une combinaison de noeuds, reliés entre eux par une ligne.

Plus formellement, un graphe est un triplet (V, E, ψ) tel que [51]:

- V est un ensemble de sommets ou noeuds,
- E est un ensemble de bords ou lignes,
- ψ est une fonction, appelée la fonction d'incidence, qui associe à chaque ligne un ou une paire de noeuds.

Dans l'exemple ci-dessus, nous pouvons identifier G comme un triplet (V, E, ψ) où :

- $V = \{a, b, c, d, e\}$,
- $E = \{u, v, w, x, y, z\}$,
- ψ une fonction telle que :
 - $\psi(u) = ec$,
 - $\psi(v) = bc$,
 - $\psi(w) = ab$,
 - $\psi(x) = ab$,

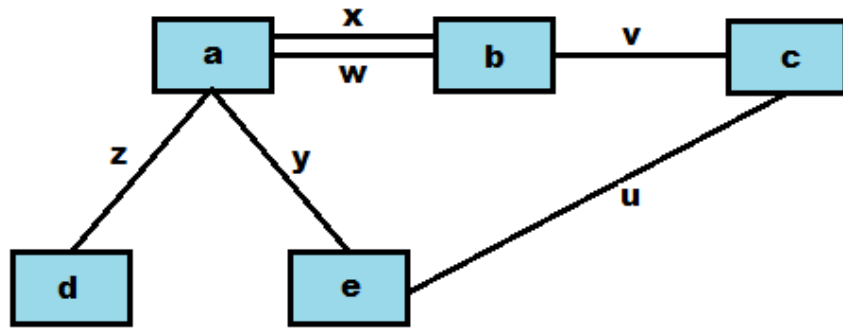


Fig 4.3: graph example

- $\psi(y) = ae$,
- $\psi(z) = ad$.

Un graphe orienté est un graphe décrivant un ordre, une hiérarchie, entre les noeuds. Ainsi, le sens de lecture est défini par les lignes, et détermine le sens de parcours de noeud en noeud.

Deux choses nous intéressent particulièrement dans la théorie des graphes: les triplets et la représentation graphique. En effet, la représentation, d'une part, constitue une aide précieuse dans le raisonnement afin de comprendre de manière plus précise l'information à analyser. Nous recourons donc à cet esprit lors de la conception de modèle de données. D'autre part, les triplets seront aussi des éléments utiles de compréhension puisqu'ils sont au cœur de la représentation des données selon RDF.

Le lien entre la théorie des graphes et les Linked Data se situe au niveau de l'ontologie. En effet, une ontologie définit un domaine en construisant un graphe de données sur ce domaine. Ce graphe est représenté par les classes/sous-classes comme noeuds, et les relations entre-elles par les arrêtes du graphe. Ce modèle peut aussi être utilisé pour structurer et visualiser les données, permettant ainsi d'en saisir les connexions de manière claire et lisible.

4.3.4 Semantic Web : Web of Data

Comme évoqué un peu plus haut dans ce document, le web actuel est essentiellement un web de textes et de photos, qui est lisible pour l'être humain, mais pas pour la machine. [41]

L'ajout d'une sémantique comme nous l'avons défini dans un tel web a pour effet de rendre ces données compréhensibles pour un ordinateur, permettant des actions différentes en fonction du contexte. Par exemple, une recherche sur le web ne se fait pas via une recherche dans un index de mots clés, mais plutôt par concept et le lien qui les unit, rendant possible la compréhension de synonymes. Il est possible de lier toutes ces données ensemble, et par exemple intégrer des informations en provenance de différentes sources.

Mais comment construire un web plus sémantique? Le web sémantique suit différentes règles de design :

- rendre les données structurées et semi-structurées disponibles dans un format standardisé sur le web.
- pas uniquement les datasets, mais rendre aussi les éléments de donnée individuelle et leurs relations accessibles sur le web.

- décrire la sémantique des données désirée dans un formalisme, tel que cette sémantique peut être utilisée par un ordinateur.

La première règle de design peut-être satisfaite en utilisant des graphes labellisés comme modèle de donnée pour les objets et leur relation, les objets étant représentés par les nœuds et les relations par les liens entre les nœuds. Ce modèle de donnée en graphe est par exemple utilisé par RDF.

La deuxième règle peut être respectée par l'utilisation d'identifiants pour identifier les éléments de donnée individuelle et leurs relations, les rendre visiblement au sein de leur data-set. Nous utiliserons donc des URI pour nommer tous ces éléments.

La troisième règle peut quant à elle être exécutée par l'utilisation d'ontologies au sein du data modèle pour représenter formellement la sémantique de la donnée. Une ontologie en informatique est définie comme étant l'utilisation d'un vocabulaire afin de définir hiérarchiquement les relations entre les concepts, les propriétés et les restrictions d'un domaine. Dans notre utilisation, une ontologie permettra la définition autour d'un vocabulaire précis d'un modèle de donnée décrivant le domaine hiérarchiquement. RDFs et OWL représentent tous deux une manière d'effectuer cette partie.

Compte tenu de ce que nous avons appris, nous identifierons trois concepts dans le Web of Data : le lien, le partage et la complétude.

Le lien L'idée du web of data et de créer un "web of knowledge", à savoir passer de l'information brute à de l'information avec une valeur ajoutée. Ce lien entre les différentes données est justement ce qui va ajouter cette valeur. En effet, ces différentes relations vont permettre de tirer des conclusions et de comprendre ce que représentent ces données. De plus, ces liens vont non seulement nous permettre d'intégrer des données en provenance de diverses sources, mais aussi nous permettre de découvrir de nouvelles données tout en naviguant à travers ces liens.

Le partage Il s'agit d'avoir des modèles de donnée représentant les données et réutilisable par d'autres, et ce afin de permettre de lier les données entre elles.

La complétude La complétude se fonde sur les deux concepts que nous venons de développer. Dans le web, tout le monde peut ajouter de l'information, "*anyone can say anything about anything*". Pour continuer, cette vision en Web of Data, il faudra réutiliser les "data models", et faire des liens entre les différentes données publiées.

4.4 Linked Data : Définition

Sur base de ce que nous venons d'étudier, les linked data consistent en un ensemble de données provenant de diverses sources, reliées entre-elles par des ontologies. Ces données que l'on a liées doivent être publiées sur le web afin d'être "machine readable", et leur signification doit être explicitement définie. [52]

Cependant, d'un point de vue syntaxique, peut-on toujours utiliser HTML pour exprimer ces données sur le web? Force est de constater que nous devons désormais nous appuyer sur de nouvelles syntaxes permettant le soutien de la sémantique, tel que Resource Description Framework. Nous reviendrons sur RDF plus loin dans ce mémoire, et nous contenterons donc ici de le définir brièvement comme un conteneur pour l'information,

permettant d'y ajouter une valeur sémantique. Les linked data utiliserons RDF afin de créer des liens entre les différentes données, les différentes valeurs.

Nous utiliserons une approche par couche afin de construire ces Linked Data, et ce afin de respecter deux principes importants: la rétrocompatibilité et la compréhension partielle ultérieure. Le respect de ce premier principe permettra aux agents situés au-dessus dans cette approche en couche soient toujours capables de comprendre ce qui est écrit dans les couches inférieures. Le second principe induit quant à lui que les agents de couches inférieures soient au moins capables de comprendre et interpréter les informations utiles des couches supérieures.

4.5 Les quatre principes des Linked Data

Quand Tim Berners-Lee, directeur World Wide Web Consortium, a défini le terme de Linked Data, il y a aussi incorporé quatre principes de design. [53] [26]

- Utilisation d'URIs pour nommer les éléments.
- Utilisation d'HTTP URIs pour que les personnes (et les machines) puissent chercher ces noms.
- Fourniture de l'information utile via l'utilisation des standards (RDF, SPARQL) quand quelqu'un recherche une URL.
- Inclusion des liens vers d'autres URI, pour qu'ils découvrent plus de choses.

Revenons d'abord sur l'utilisation d'URIs pour nommer les éléments. Que sont les URIs? URI, ou Uniform Resource Identifier, est une suite de caractères identifiant une ressource [37]. Le but principal d'un URI est d'être unique, et de permettre d'identifier un objet de manière certaine. Dans les Linked Data, les URIs sont utilisés pour tout : tout ce qui peut-être nommé est susceptible d'avoir un URI.

Ensuite, il faut recourir aux HTTP URIs afin de permettre aux individus de chercher ces noms. L'idée est de combiner le mécanisme d'identification unique avec une technologie simple, commune et maîtrisée. Un URI se décomposant en URL et URN, nous utiliserons la partie URL de l'URI pour identifier nos objets.

Il est ensuite essentiel de permettre la réutilisation des données par tous les utilisateurs, peu importe d'où elles proviennent. Cela est impossible si l'information recherchée par l'individu est disponible dans un format qui ne lui est pas accessible. Il est donc indispensable de recourir à des standards pour permettre le bon fonctionnement de la recherche. Par exemple, HTML est un standard utilisé sur le web pour répondre à ce besoin. Dans le cas de Linked Data, RDF sera le format de bas auquel nous recourrons.

Enfin, il faut inclure des liens vers d'autres pour qu'ils découvrent plus de choses. Il s'agirait ici d'utiliser le même concept que celui des hyperliens, sans se cantonner aux documents web. Le but est donc de lier toutes les entités qui aient un rapport entre elles, afin d'explorer les données comme l'on explorerait un graphe, nœud par nœud.

4.6 RDF

RDF est un modèle de donnée standard, flexible et domain-independant pour l'échange de données sur le Web. Afin de construire un modèle de donnée RDF, nous utiliserons comme concept de base de concept de triplet : (entité , attribut , valeur) ou encore (sujet , prédicat , objet) , appelé statement. De par le fait que RDF n'est pas dépendant d'un domaine en particulier, il nous faudra utiliser RDFS afin de déterminer une terminologie propre au modèle de donnée que l'on a créé. Enfin, nous utiliserons une base syntaxique sur laquelle appuyer RDF.

Ces technologies combinées nous donnent les différents composants requis pour échanger de l'information sur le Web[41] :

- RDF - le modèle de donnée
- RDFS/OWL - la sémantique
- Turle/RDFa/RDF-XML - la syntaxe

Les références à RDF peuvent revêtir un sens différent selon le contexte. En effet, dans le langage courant, RDF consiste en l'entièreté des éléments repris ci-dessus, quand nous parlons uniquement ici du modèle de données.

Avant de définir notre triplet plus en détail, 3 concepts nécessitent d'être précisés : ressources, propriétés et statements.

4.6.1 Resources

La définition de ressource est équivalente à la définition d'un objet en programmation orientée objet. Une voiture est un objet, un film est un objet, etc... [23] Ici le principe reste le même : nous pensons à une ressource que l'on veut utiliser, décrire, et nous lui donnons un URI afin de l'identifier. Comme déjà expliqué précédemment, le but de l'URI sera d'enlever l'ambiguïté autour du concept, de son identification.

4.6.2 Propriétés

Les propriétés constituent un type spécifique de ressources : ce sont les ressources qui décrivent les relations entre d'autres ressources. Si nous voulons une représentation graphique de ce que représente une propriété, nous pouvons nous référer à la théorie de graphe : une propriété est une relation entre deux nœuds sur un graphe.

4.6.3 Statements

Le statement est la mise en commun de ces concepts via une utilisation finale, et ce qui va faire valoir les propriétés de nos ressources. Il consistera en un triplet constitué d'une ressource, une propriété et une valeur. Cette valeur peut-être une ressource ou un littéral(les valeurs atomiques (lettres, chiffres, dates, etc...)).

Dans notre exemple de théorie de graphes, nous avons défini une fonction, la fonction ψ , comme étant une fonction entre les noeuds et leurs bords. Les statements relèvent du même: les statements sont des instances

d'une "fonction" entre les ressources et les propriétés.

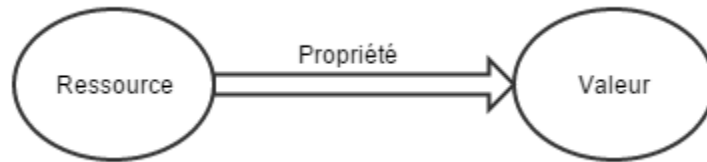


Fig 4.4: Représentation d'un statement

4.6.4 Triplets

Enfin, le triplet est le mécanisme employé pour construire une donnée en RDF. Les triplets dans RDF prennent la forme sujet-prédicat-objet. Le sujet est la ressource que l'on veut décrire, le prédicat la propriété que l'on veut explorer et l'objet est le "résultat" de cette exploration. [33]

4.7 La sémantique dans RDF

Nous devons nous rappeler que RDF est un langage universel qui permet aux utilisateurs de décrire leur propre vocabulaire, mais il ne définit pas vraiment la sémantique d'un domaine. En effet, RDF, pris isolément, constitue seulement une syntaxe, sans proposer de sémantiques autour des données que nous voulons utiliser, or le but est justement de proposer une sémantique autour de nos données. Pour spécifier cette sémantique, nous avons besoin de définir ce que les vocabulaires employés dans RDF signifient. Pour ce faire nous allons utiliser un groupe de structures basiques et indépendantes définies par RDF.

Cette sémantique sera définie par un langage tel que RDFS qui nous permet de définir une ontologie, et de pouvoir l'employer au sein de RDF. RDFS est certes un langage basique qui propose essentiellement une structure binaire, mais il est extensible si des moyens sont investis en ce sens. Cette extension de RDF et RDFS est appelée OWL2, et fournit plus d'expressivité dans le langage par exemple l'utilisation de cardinalités, etc... OWL2 est découpé en deux langages : OWL2 DL et OWL2 Full. OWL2 DL est un langage imposant quelques restrictions quant à la combinaison entre RDFS et OWL2 pour rester décidable. OWL2 Full quant à lui permet la compatibilité complète entre OWL2 et RDFS, mais est connu pour être indécidable.

4.8 Un exemple concret d'ontologie : FOAF

FOAF [13] (Friend of a Friend) est une des premières ontologies définies sur le web sémantique, et constitue à ce jour un vocabulaire utilisé par des centaines d'autres vocabulaires[12]. Cette ontologie a pour but de lier les personnes et les informations sur le web. Peu importe que l'information soit détenue de manière physique ou virtuelle, l'essentiel est que l'information soit liée parmi les entités.

Actuellement, FOAF définit 13 classes et 62 propriétés. Nous n'allons pas introduire toute l'ontologie, mais seulement les parties pertinentes pour définir un être humain. La définition complète peut être trouvée à cet endroit : <http://xmlns.com/foaf/spec/>. Nous définirons donc quatre classes, et une poignée de propriétés

intéressantes reliées à ces sujets. Une visualisation graphique de l'ontologie est disponible à la figure 4.5.

Thing La classe "Thing" est la superclasse toujours présente en OWL. Elle rassemble tous les objets du domaine, et permet entre autres d'ajouter des propriétés globales.

Dans FOAF, une propriété globale est :

- depiction : référence une image représentant l'objet en présence

Agent La classe "Agent" est définie comme une classe "d'éléments qui font une action". Cette classe est une classe globale permettant de définir n'importe quel acteur, qu'il soit humain ou bien logiciel, ou encore un groupe de personnes, etc... Un exemple concret de sous classe plus spécifique d'Agent est "Person".

Propriété intéressante :

- mbox_sha1sum : la fonction SHA1 appliquée à l'adresse mail de l'agent, afin d'éviter le Spam

Person La classe "Person" représente les gens. Peu importe que la personne soit vivante, décédée, imaginaire ou réelle, l'important est que l'entité que l'on veut exprimer représente une personne.

Quelques propriétés relatives à la classe Person :

- surname : un littéral décrivant le surnom de la personne
- familyName : un littéral décrivant le nom de famille de la personne
- firstName : un littéral décrivant le prénom de la personne
- workInfoHomepage : une instance de la classe "Document" décrivant la page d'accueil expliquant le travail d'une personne
- schoolHomepage : une instance de la classe "Document" décrivant la page d'accueil de l'école d'une personne
- img : une instance de la classe "image" représentant cette personne
- workplaceHomepage : une instance de la classe "Document" décrivant la page d'accueil du travail d'une personne
- knows : une instance de la classe "Person" représentant une personne que cette personne connaît

Document La classe "Document" décrit globalement les choses qui sont "conçues", par exemple un document papier, un document électronique, une page web, etc... Une de ses sous-classes est la classe "Image".

Image La classe "Image" est une sous-classe de "Document" ayant pour but de représenter une image. Cette classe est appelée par la propriété "depiction", qui référence une image liée à un objet.

4.9 Réutiliser les données

Mais pourquoi utiliser des ontologies et RDF pour décrire nos données et les partager sur internet, alors qu'il suffirait pour cela de publier des données brutes? Les objectifs que nous poursuivons ici sont non seulement de créer des liens entre les données, mais aussi de parvenir à la réutilisabilité de nos modèles de données.

Si quelqu'un a déjà décrit un modèle de donnée particulier, pourquoi ne pas le réutiliser? Il existe en ce sens des plateformes d'échange de modèle de données, où l'on peut publier ces données et les utiliser celles des autres. La plus connue est DBpedia. DBpedia est un effort communautaire ayant pour but d'extraire les données de Wikipédia et de les rendre accessibles sur le web, en linked data. [9]. Il est donc toujours utile de chercher si une ontologie est déjà présente sur le web et, si elle ne convient pas, de l'adapter.

4.10 SPARQL

Après avoir créé un bon modèle de donnée, reste à savoir comment en tirer parti, comment l'explorer. Il existe un langage permettant de "query" le langage RDF : SPARQL.

SPARQL, ou SPARQL Protocol and RDF Query Language, est un langage de query nous permettant de sélectionner, extraire, modifier, ajouter et supprimer nos données RDF. SPARQL est spécifiquement créé pour fonctionner avec RDF, et nous permettra d'interagir avec notre modèle de donnée en graphe.

Afin d'effectuer une query SPARQL, il faut soumettre cette query à un logiciel appelé triple store. Un triple store est un logiciel permettant de stocker et publier des triplets RDF. En ce sens, un triple store est un similaire à une base de données, mais pour les Linked Data. Chaque triple store contient un point d'accès, à partir duquel les query peuvent être reçus. un résultat possible est un graphe RDF contenant les données demandées.

4.11 Linked Open Data

Linked Open Data représente l'utilisation des Linked Data via une licence Open Data. Les linked open data ont été classées selon cinq étoiles, un système de cotation développé par Tim Berners-Lee.

- 1 Disponible sur le Web(quelque soit le format), mais avec une licence open, afin d'être Open Data
- 2 Disponible dans un format de donnée structuré et machine readable (par exemple Excel)

- 3 Comme le point 2, mais dans un format non propriétaire (par exemple CSV au lieu d'Excel)
- 4 Tous les points ci-dessus plus l'utilisation de standards du W3C (RDF et SPARQL) pour identifier les choses, pour que les gens puissent faire des liens
- 5 Tous les points ci-dessus plus lier les données aux données d'autres personnes afin de fournir un contexte

L'utilisation des points 4 et 5 de la cotation représente l'utilisation de Linked Open Data.

4.12 JSON-LD : Exprimer des Linked Data via JSON

JSON-LD, ou JavaScript Object Notation for Linked Data est une méthode pour exprimer les Linked Data au format JSON. JSON-LD est conçu pour fonctionner avec le concept de "contexte", qui va permettre une interaction entre JSON et RDF. Le but du contexte sera de lier les objets JSON avec une ontologie, afin de leur fournir une représentation comme requise au sein des Linked Data. [19]

4.12.1 Introduction

Un des problèmes du RDF ou des Linked Data pour un développeur est sa transformation en "Machine Readable Format". Ce format est utile afin qu'un ordinateur comprenne la donnée qu'il utilise, mais rend la tâche fastidieuse pour un développeur, qui ne veut pas travailler avec ce genre de données. C'est dans l'optique de simplifier la tâche au développeur que JSON-LD a été développé: utiliser une technologie répandue, et l'adapter afin de pouvoir exprimer des Linked Data avec. [20]

Prenons un exemple afin d'illustrer l'idée :

Listing 4.1: Définition d'une personne en RDF

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/">

<foaf:Person rdf:about="http://me.example.com">
  <foaf:name rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">John Smith</foaf:name>
  <foaf:workplaceHomepage rdf:resource="http://www.example.com/">
</foaf:Person>
</rdf:RDF>
```

Listing 4.2: Définition d'une personne en JSON-LD

```
1 {
2   "@context": {
3     "name": "http://xmlns.com/foaf/0.1/name",
4     "homepage": {
5       "id": "http://xmlns.com/foaf/0.1/workplaceHomepage",
6       "@type": "@id"
7     },
8     "Person": "http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"
```

```

9     },
10  "@id": "http://me.example.com",
11  "@type": "Person",
12  "name": "John Smith",
13  "homepage": "http://www.example.com/"
14 }

```

Dans l'exemple ci-dessus, la différence est la lisibilité. L'exemple en RDF/XML est très verbeux, requiert de définir l'URI de chaque élément, ce qui rend le fichier difficile à la lecture humaine. L'exemple en JSON-LD permet quant à lui la lecture humaine, rendant plus facile aussi la modification d'un élément.

Ce sont donc les raisons qui ont poussé les créateurs de JSON-LD à développer ce langage : la lisibilité de RDF, la difficulté à développer en RDF et l'interopérabilité des technologies existantes avec RDF. Ces points sont les objectifs auxquels JSON-LD répond.

4.12.2 La base de JSON-LD

Dans cette section nous allons explorer les tags de base utilisés en JSON-LD, qui seront utiles pour la compréhension de la suite de notre travail.

Context

JSON-LD définit un contexte, afin de respecter la règle de non-ambiguïté. C'est le contexte qui va nous dire comment interpréter les données présentes dans notre JSON. [40]

Pour définir un objet sur Internet, nous avons toujours défini les objets via des URL(URI). Cependant, définir une URL complète afin de définir un objet à chaque fois est verbeux, peut devenir contraignant pour le développeur. C'est pour cela que l'on définit un contexte : l'objectif de ce contexte est de définir comment les objets exprimés en JSON doivent être interprétés. C'est donc le contexte qui va déterminer comme les objets doivent être lus, mais aussi ce qu'ils doivent contenir. Par exemple, si un document JSON contient la balise nommée "date", c'est en regardant le contexte que celui-ci déterminera que la balise doit contenir un String ou bien un type Date. Nous pouvons aussi imaginer une balise nommée "name" dans deux documents différents : dans un des documents, le contexte déterminera que le nom désigne en réalité le nom d'une personne physique, et doit être écrit en String, alors que dans l'autre document le contexte déterminera que ce nom désigne un numéro de série pour la release d'un programme et doit être écrit en Integer. C'est donc le contexte qui définit ce dont on parle, et comment on en parle.

Dans le cadre de JSON-LD, c'est ce contexte qui va permettre de définir notre ontologie. Il représente donc la couche sémantique de nos données.

Exemple : Imaginons vouloir exprimer l'identité d'une personne de l'UNamur sur le web. Dans cette identité, nous voudrions définir un nom, une page web personnelle, la page web menant au carnet du personnel de l'UNamur et une photo. Nous avons donc :

```

1 {
2   "name": "Anthony Morre",
3   "homepage" : "https://plus.google.com/+AnthonyMorre",

```

```

4     "unamur" : "https://directory.unamur.be/staff/amorre",
5     "image"  : "https://yt3.ggpht.com/-n0phCNNc7ZU/AAAAAAAAAAI/AAAAAAAAAA/eyJVhp47-xiw/s
           900-c-k-no/photo.jpg"
6 }

```

Pour un humain il est évident que la donnée exprimée est à propos d'un certain Anthony Morre, et qu'il y a plusieurs URL menant à sa page web, sa page de l'UNamur et une image. Cependant ce degré de compréhension est inaccessible à une machine, c'est pourquoi il nous faut utiliser des noms uniques pour éviter toute ambiguïté. Nous utiliserons des "IRI", International Resource Identifiers. Voici donc ce que nous allons trouver à présent :

```

1 {
2     "http://schema.org/name" : "Anthony Morre",
3     "http://schema.org/url"  : "https://plus.google.com/+AnthonyMorre",
4     "http://schema.org/url"  : "https://directory.unamur.be/staff/amorre",
5     "http://schema.org/image" : "https://yt3.ggpht.com/-n0phCNNc7ZU/AAAAAAAAAAI/
           AAAAAAAAAAA/eyJVhp47-xiw/s900-c-k-no/photo.jpg"
6 }

```

Notre objet est désormais compréhensible pour une machine, mais plus pour un humain. En effet, l'humain ne perçoit plus la différence entre les différentes URL, et ne voit donc aucun intérêt à utiliser un IRI complet plutôt qu'un mot simple.

C'est donc ici que nous allons définir un contexte pour notre objet, afin de le rendre à la fois lisible pour l'homme et pour la machine :

```

1 {
2     "@context" :
3     {
4         "name" : "http://schema.org/name",
5         "image" : "http://schema.org/image",
6         "homepage" : "http://schema.org/url",
7         "unamur" : "http://schema.org/url"
8     }
9 }

```

Une fois le contexte créé, il peut soit être référencé, soit intégré dans le document JSON-LD.

Prenons le premier cas, dans lequel nous voulons référencer notre contexte. Pour ce faire, il faut que le contexte soit accessible à partir d'une URL (ou IRI). Partant du principe que le contexte créé plus tôt est disponible à l'adresse "http://unamur.be/ld/export/simplePersonContext", nous aurons ceci pour notre donnée finale :

```

1 {
2     "@context" : "http://unamur.be/ld/export/simplePersonContext",
3     "name" : "Anthony Morre",
4     "homepage" : "https://plus.google.com/+AnthonyMorre",
5     "unamur" : "https://directory.unamur.be/staff/amorre",
6     "image" : "https://yt3.ggpht.com/-n0phCNNc7ZU/AAAAAAAAAAI/AAAAAAAAAA/eyJVhp47-xiw/s
           900-c-k-no/photo.jpg"
7 }

```

Dans le deuxième cas où nous voulons intégrer le contexte complet au sein de notre document, il suffit de recopier le contexte dans la balise context :

```
1 {
2     "@context":
3     {
4         "name": "http://schema.org/name",
5         "image": "http://schema.org/image",
6         "homepage": "http://schema.org/url",
7         "unamur": "http://schema.org/url"
8     },
9     "name": "Anthony Morre",
10    "homepage" : "https://plus.google.com/+AnthonyMorre",
11    "unamur" : "https://directory.unamur.be/staff/amorre",
12    "image" : "https://yt3.ggpht.com/-n0phCNNc7ZU/AAAAAAAAAAI/AAAAAAAAAA/eiVhp47-xiw/s
13    900-c-k-no/photo.jpg"
14 }
```

Ces deux définitions sont équivalentes.

Global Identifier

L'identifiant en JSON-LD permet d'identifier une ressource complète, un objet, afin d'améliorer l'accessibilité à cette ressource. L'id représente donc l'identifiant universel de cette donnée sur le web, chaque donnée exprimée en JSON-LD doit alors comporter un identifiant différent. L'identifiant est exprimé via un IRI.

Exemple : Si nous reprenons notre exemple précédent et que nous y ajoutons un identifiant, nous pourrions avoir quelque chose de ce type :

```
1 {
2     "@context":
3     {
4         "name": "http://schema.org/name",
5         "image": "http://schema.org/image",
6         "homepage": "http://schema.org/url",
7         "unamur": "http://schema.org/url"
8     },
9     "@id" : "http://exported.unamur.be/ld/simplePersonContext/amorre",
10    "name": "Anthony Morre",
11    "homepage" : "https://plus.google.com/+AnthonyMorre",
12    "unamur" : "https://directory.unamur.be/staff/amorre",
13    "image" : "https://yt3.ggpht.com/-n0phCNNc7ZU/AAAAAAAAAAI/AAAAAAAAAA/eiVhp47-xiw/s
14    900-c-k-no/photo.jpg"
15 }
```

Type

JSON-LD permet deux genres de types différents : le type d'objet et le type de donnée. Le type d'objet représente le type de l'objet que l'on veut décrire. Par exemple, sil'on veut parler d'une personne, on peut attribuer un type "Person" à cet objet, pour autant que ce type ait été défini au préalable. Le type de donnée représente par exemple un String, ou une date.

Exemple : Reprenons notre exemple, avec cette fois-ci la version avec le contexte "référéncé". Imaginons que notre répertoire de contexte, "http://unamur.be/ld/export/" donc, contient plus d'un "type", puisse être utilisé pour décrire plus d'un objet. Supposons que notre exemple correspond à un type connu et décrit dans ce répertoire, et nommé "simplePersonContext", dès lors nous aurons une ressource comme celle-ci :

```
1 {
2     "@context" : "http://unamur.be/ld/export/",
3     "@type" : "simplePersonContext",
4     "name" : "Anthony Morre",
5     "homepage" : "https://plus.google.com/+AnthonyMorre",
6     "unamur" : "https://directory.unamur.be/staff/amorre",
7     "image" : "https://yt3.ggpht.com/-n0phCNNc7ZU/AAAAAAAAAAI/AAAAAAAAAA/eiVhp47-xiw/s
8     900-c-k-no/photo.jpg"
```

Pour définir un type pour une donnée, il existe deux méthodes différentes : soit définir ce type dans le contexte, soit définir le type en l'encapsulant dans la balise que l'on définit. Définir le type dans le contexte est appelé le "type coercion".

Exemple :

Listing 4.3: Type encapsulé dans la balise

```
1 {
2     "@context" : {
3         .
4         .
5         .
6     },
7     "@type" : "someType",
8     "birthdate" : {
9         "@value" : "1992-10-21",
10        "@type" : "xsd:date"
11    }
12 }
```

Listing 4.4: Type dans le contexte

```
1 {
2     "@context" : {
3         .
4         "birthday" : {
5             "@id" : "http://schema.org/birthday",
6             "@type" : "xsd:date"
```

```

7         }
8         .
9         .
10        },
11        .
12        .
13        "birthday" : "1992-10-21",
14        .
15    }

```

4.12.3 Liens dans le JSON

Nous allons à présent voir comment créer un lien entre deux objets à partir de JSON. Pour ce faire, deux méthodes existent : l'encapsulation ou la référencement. L'encapsulation consiste à ajouter l'objet que l'on veut lier à l'intérieur de l'objet auquel on le lie, en y ajoutant une relation. La référencement consiste à ajouter un lien pointant vers l'objet que l'on veut lier à l'intérieur de l'objet auquel on le lie, en y ajoutant une relation. [22]

Exemple : Imaginons 2 personnes, Perceval et Karadoc, que nous voulons lier ensemble via la relation "knows", afin de définir qu'ils se connaissent tous les deux.

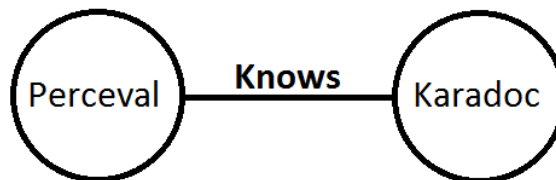


Fig 4.6: Relations entre 2 personnes

Les 2 personnes sont définies comme suit :

```

1 {
2     "@context" : {...},
3     "@id" : "http://bretagne.fr/table/perceval",
4     "name" : "Perceval"
5 }

```

```

1 {
2     "@context" : {...},
3     "@id" : "http://bretagne.fr/table/karadoc",
4     "name" : "Karadoc"
5 }

```

Si nous voulons exprimer cette relation via l'encapsulation :

Listing 4.5: Encapsulation

```

1 {
2   "@context" : {...},
3   "@id" : "http://bretagne.fr/table/perceval",
4   "name" : "Perceval",
5   "knows" : {
6     "@context" : {...},
7     "@id" : "http://bretagne.fr/table/karadoc",
8     "name" : "Karadoc"
9   }
10 }

```

Si nous voulons exprimer cette relation via référencement :

Listing 4.6: Référenciation

```

1 {
2   "@context" : {...},
3   "@id" : "http://bretagne.fr/table/perceval",
4   "name" : "Perceval",
5   "knows" : "http://bretagne.fr/table/karadoc"
6 }

```

4.12.4 Compaction and Expansion

Les algorithmes de Compaction et d'Expansion sont les deux mécanismes permettant de passer d'une donnée lisible pour un être humain à une donnée lisible pour une machine. Comme nous l'avons vu précédemment, une machine a besoin une donnée identifiée via un URL, alors qu'un humain préférera une donnée identifiée par un mot court, raison pour laquelle nous avons introduit le concept de contexte. Dès lors, l'expansion va permet d'éliminer le contexte et rendre la donnée lisible pour l'ordinateur, alors que la compaction reprend cette donnée machine-readable et en retire un contexte et la rendre lisible pour l'humain. [21]

Exemple :

Listing 4.7: Compacted

```

1 {
2   "@context" : "http://schema.org",
3   "name" : "Bob"
4 }

```

Listing 4.8: Expanded

```

1 {
2   "http://schema.org/name" : "Bob"
3 }

```

Via ce mécanisme, nous pouvons intégrer des données en provenance de plusieurs sources. En effet, l'idée est d'employer un algorithme d'expansion afin de rendre les données lisibles pour la machine, c'est alors

que les données seront "traduites" dans un format commun aux deux sources. Par exemple, si les deux sources expriment un texte, mais via deux appellations différentes, l'algorithme d'expansion est supposé traduire les deux balises dans une balise commune. L'idée est la même dans le sens inverse : en connaissant la représentation des données de deux systèmes différents, il est alors possible d'utiliser l'algorithme de compaction pour traduire les données vers ces systèmes.

4.12.5 Exemple de FOAF en JSON-LD

Le contexte est la clef de JSON-LD, car il permet de définir une ontologie et d'ajouter de l'expressivité sur nos données. Dès lors, il semble logique de recourir à des ontologies déjà présentes pour définir nos données.

Dans cet exemple nous allons montrer une instance de FOAF définie sur une personne, écrite en JSON-LD. Cet exemple de FOAF a été généré via le FOAF-O-MATIC : <http://www.ldodds.com/foaf/foaf-a-matic>.

Listing 4.9: Anthony Morre's FOAF

```
1 {
2   "@context": {
3     "admin": "http://webns.net/mvcb/",
4     "foaf": "http://xmlns.com/foaf/0.1/",
5     "rdf": "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#",
6     "rdfs": "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#",
7     "xsd": "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
8   },
9   "@graph": [
10    {
11      "@id": "#me",
12      "@type": "foaf:Person",
13      "foaf:depiction": {
14        "@id": "https://yt3.ggpht.com/-n0phCNNc7ZU/AAAAAAAAAAI/AAAAAAAAAA/
15          eiVhp47-xiw/s900-c-k-no/photo.jpg"
16      },
17      "foaf:family_name": "Morre",
18      "foaf:givenname": "Anthony",
19      "foaf:homepage": {
20        "@id": "https://amorreblog.wordpress.com/"
21      },
22      "foaf:knows": [
23        {
24          "@id": "_:N3aa7d811f5f242cba81db1432b2014d8"
25        },
26        {
27          "@id": "_:N7af416de6bb548f694d98141f2532169"
28        }
29      ],
30      "foaf:mbox_sha1sum": "8674e7752d12e4345ab2d3f2327174d96a875d86",
31      "foaf:name": "Anthony Morre",
32      "foaf:nick": "amorre",
33      "foaf:phone": {
34        "@id": "tel:+33497265510"
35      }
36    }
37  ]
38 }
```



```

34     },
35     "foaf:schoolHomepage": {
36         "@id": "www.unamur.be"
37     },
38     "foaf:title": "Mr",
39     "foaf:workInfoHomepage": {
40         "@id": "Consulting"
41     },
42     "foaf:workplaceHomepage": {
43         "@id": "www.csc.com"
44     }
45 },
46 {
47     "@id": "",
48     "@type": "foaf:PersonalProfileDocument",
49     "admin:errorReportsTo": {
50         "@id": "mailto:leigh@ldodds.com"
51     },
52     "admin:generatorAgent": {
53         "@id": "http://www.ldodds.com/foaf/foaf-a-matic"
54     },
55     "foaf:maker": {
56         "@id": "#me"
57     },
58     "foaf:primaryTopic": {
59         "@id": "#me"
60     }
61 },
62 {
63     "@id": "_:N3aa7d811f5f242cba81db1432b2014d8",
64     "@type": "foaf:Person",
65     "foaf:mbox_sha1sum": "d00901bacf75a3f89e3c67f27d0748889bb1db74",
66     "foaf:name": "Dang Vinh Tran"
67 },
68 {
69     "@id": "_:N7af416de6bb548f694d98141f2532169",
70     "@type": "foaf:Person",
71     "foaf:mbox_sha1sum": "9cc734bf1c90de07d272a19acdc4a239ef688d48",
72     "foaf:name": "Martin Minet"
73 }
74 ]
75 }

```

Chapitre 5

Linked Open Data for Smart City

5.1 Introduction

Après avoir défini ce que sont les Smart Cities, les Open Data et les Linked Data, nous allons maintenant nous intéresser au lien qui les unit. Pourquoi souhaiter recourir aux Linked Open Data au sein d'une Smart City ? Quels en sont les avantages et inconvénients ?

Pour répondre à ces questions, nous allons réfléchir en trois temps. Nous allons tout d'abord nous intéresser aux interactions théoriques entre ces éléments. Nous nous pencherons ensuite sur les résultats de recherche concernant l'amélioration de l'efficacité des Smart Cities. Enfin, nous allons tenter d'appliquer cela à une Smart City naissante: Namur.

Le but est donc de montrer que l'utilisation des Linked Data au sein d'une Smart City à du sens, et de montrer ce qui pourrait être fait dans une ville où tout est à faire.

5.2 L'interaction

Reprenons brièvement les objectifs des différents objets que nous avons décrit ci-avant, et avec lesquels nous allons travailler dans cette section:

Smart City Proposer des solutions durables et technologiques aux problèmes d'une ville.

Open Data Fournir la connaissance, afin que tout le monde soit libre d'y accéder, de l'utiliser, de la modifier, et de la partager (sous réserve, au plus, de mesures préservant la provenance et l'ouverture)

Linked Data Fournir un moyen de connecter les données entres-elles, pour mieux les organiser et les exploiter via machine et automatisation.

En quelques mots, le but des Linked Open Data dans les Smart City sera de fournir de l'information aux développeurs en provenance de plusieurs sources, complète et à jour, tout en respectant un formalisme, un vocabulaire et des standards permettant la réutilisation et l'intégration facilement. Ces données seront souvent accompagnées d'outils et de plateformes permettant une utilisation facile.

5.3 Améliorer les Smart City avec des ontologies

Un document récent paru dans le "Journal of Smart Cities" tente de répondre à la question "comment améliorer l'efficacité des Smart Cities ?". Ce document de recherche scientifique fournit une approche détaillée et complète des raisons pour lesquelles les applications Smart City actuelles ne fonctionnent pas comme prévu, et comment y remédier. Le document est disponible en accès libre à cette adresse : <http://jsc.whioce.com/index.php/JSC/article/view/01001/pdf>. [49]

Les éléments pointés du doigt constituent les raisons pour lesquelles nous préconisons une intégration d'ontologies au sein d'une Smart City. Nous allons donc revenir sur les challenges que le document référence et les défauts des Smart Cities actuelles, avant de revenir sur la conclusion de cette recherche.

5.3.1 Les problèmes actuels

Le document pointe du doigt un problème majeur rencontré au sein des Smart Cities actuelles: le Stand-alone. Actuellement, le monde ouvert dans lequel les applications se développent, et le fait que la créativité des développeurs soit sollicitée apportent un espace plutôt propice à l'expansion des différentes applications. Il y a des sphères de développement, des données, des outils mis en place qui attirent le développement, qu'il soit soutenu par une équipe de développement concrète ou qu'il soit amateur.

Pourtant, ces applications manquent d'efficacité. Afin de soutenir cette observation, la recherche s'appuie sur l'exemple concret de la ville d'Amsterdam. Amsterdam est une des villes leaders en termes de Smart City, proposant des plateformes de développement partagées, un soutien à des nombreux projets ainsi qu'un espace de testing réel au sein de la ville. Pourtant, l'impact réel des applications est en deçà des ambitions. Par exemple, en ce qui concerne l'économie d'énergie au sein de la ville, l'étude estime que les projets "réels" (sortis de leur phase de test, et appliqués à l'ensemble de la ville) permettront de réduire les émissions de CO2 de 171 kton, ce qui correspond à 7 % des ambitions d'Amsterdam. La ville estimait, tous ces projets d'économie d'énergies confondus, atteindre 50.5 % des réductions de consommation espérées. Même si ces ambitions n'étaient pas "réalistes", l'étude estime que 7 % n'est pas un résultat satisfaisant.

L'exemple d'Amsterdam n'est pas le seul de la recherche, mais il est le plus éloquent, et permet de bien se rendre compte que les applications ont des problèmes d'efficacité au sein de la ville. Il est vrai qu'aucune application n'est encore parvenue à induire un changement radical au sein de la ville. Néanmoins, les systèmes complets ou les applications combinées sont aussi rares au sein des Smart Cities, le développement et l'utilisation d'applications reste la stratégie dominante en termes de développement de Smart City.

Cette recherche indique que le problème n'est pas lié à la puissance du matériel, aux compétences des programmeurs, aux sources des données, etc... mais relève plutôt du concept des applications et des fonctions urbaines. Le but est donc de changer la façon dont on voit le monde, dont on communique avec, afin de pouvoir permettre une communication commune entre les applications et accéder ainsi à leur plein potentiel.

5.3.2 La solution proposée : une ontologie

La vie d'une ville est conditionnée par une série de routines qui définissent les pratiques journalières des citoyens, organisations, gouvernements, etc... Un des objectifs des applications Smart City est de trouver un moyen d'améliorer ces routines. Or, c'est l'ontologie d'une application qui définit son potentiel

à résoudre un problème. Cette recherche s'est donc basée sur ces hypothèses pour construire sa propre ontologie.

Cette ontologie a été développée pour définir toute une ville, et tout ce qui interagit en son sein. Comprendre comment les applications Smart City présentes dans la ville interagissent avec leur entourage, et quelles fonctions de connaissances et d'innovations sont dérivées de ces applications est la clef dans la construction d'une telle ontologie. Une fois cette dernière terminée, les éléments d'une ville se retrouvent dotés d'un sens précis, et les applications peuvent communiquer entre-elles par ces données.

5.3.3 Résultats de la recherche

L'ontologie proposée par la recherche que nous étudions ici a donné lieu à des résultats probants et très prometteurs. L'utilisation des Linked Data au sein des Smart Cities étant un domaine relativement nouveau, un tel résultat est très encourageant pour le futur. Le résultat positif de cette recherche démontre qu'une Smart City devrait davantage se concentrer sur la création d'une ontologie, afin d'améliorer les résultats des applications en présence.

Au-delà de la création d'une ontologie globale pour la ville, la recherche montre aussi que les applications développées en groupes fonctionnaient plus efficacement que les applications développées en stand-alone. Dès lors, il serait intéressant d'encourager l'utilisation d'ontologies communes à plusieurs applications, pour les aider à communiquer plus efficacement.

Enfin, l'étude que nous abordons dans ce chapitre n'est pas destinée à rester en l'état actuel. Les auteurs précisent en effet que leur objectif est de sortir une nouvelle version mise à jour de ces résultats en moyenne tous les six mois pour intégrer des ontologies déjà populaires à la leur, et permettre ainsi plus d'interopérabilité.

5.4 Avantages des Linked Open Data dans les Smart City

5.4.1 Intégration transparente des données

Les linked data permettent une intégration transparente des données. En effet, de par l'emploi d'un modèle de données hiérarchique et de noms uniques, les linked data permettent une intégration simplifiée. Au-delà de l'intégration de données au sein d'une application, l'intégration est possible via différentes sources de données. Si deux fournisseurs de données transmettent des données différentes, mais qui fournissent sensiblement la même information, ces informations peuvent être rassemblées pour être traitées simultanément, et ce en utilisant un modèle de données commun. [21]

5.4.2 Le format adaptable

Les Linked Data ne proposent pas un format standard, mais l'utilisation d'un modèle de donnée unique. Grâce à cette hiérarchie, il est possible de transformer le format des données assez facilement. Ainsi, s'il est plus facile pour un développeur de construire une application utilisant du XML, mais que les données sont présentes dans un format JSON, il peut les faire passer dans un transformateur qui adaptera les données à ses besoins. De nombreux transformateurs de données sont disponibles sur internet, comme <http://www.easyrdf.org/converter>

5.4.3 Quantité de données

La quantité de données est issue de deux aspects, à savoir, d'une part, les données ouvertes et services sans traitement et, d'autre part, les données provenant d'API. Dans le premier cas, les données proviennent de Data Provider dont les données sont ouvertes et utilisables pour tout le monde. Les Data Provider jouent donc un rôle capital dans cette construction, puisque les données dont la source des solutions ici recherchée. Dans le second cas, les données sont fournies au travers d'API après avoir été légèrement modifiées et traitées. Ces données sont issues des Data Providers.

5.4.4 Exactitude des données

Les données doivent être continuellement maintenues à jour de manière aisée. Ainsi, en Linked Data, les données sont toujours liées à leur source. De cette manière, si la source change, les données sont mises à jour et changent elles aussi. La réalisation de copie de données et leur usage ne permet cependant pas d'être sur de ce mécanisme.

5.5 Inconvénients des Linked Open Data dans les Smart City

5.5.1 Difficultés d'ouverture des données

L'ouverture des données n'est pas une tâche facile. En effet, la plupart des entreprises et groupes détenant des données en disposent au sein de bases de données. Afin de les rendre ouvertes pour tout le monde il est nécessaire de les rendre dans un premier temps accessibles, et donc disponibles sur un autre format que ces bases de données. L'adaptation en données open nécessite donc du temps et de l'énergie.

De plus, le développement de plateforme permettant le partage de ces données engendre un coût pour les organisations désireuses de mettre ce système en place.

Outre les aspects précédemment mentionnés, certaines entreprises restent réticentes à l'ouverture de leurs données privées. [36]

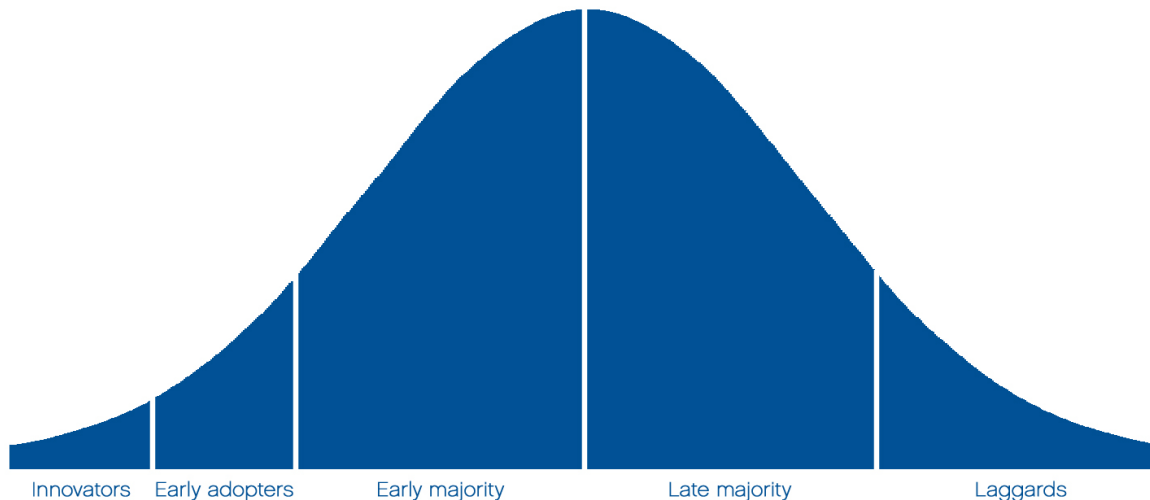
5.5.2 Problème d'acceptation d'une nouvelle technologie

Toute nouvelle technologie doit d'abord établir avec certitude son efficacité avant d'être utilisée de manière large. Le recours au Linked Data dans le domaine des Smart Cities constitue une approche récente qui nécessite encore du temps et des développements pour être acceptée comme pertinente.

5.5.3 Le développement difficile

Selon bon nombre de développeurs, mais aussi des acteurs influents dans le monde des Linked Data, cette technologie ne se prête pas facilement au développement. Many Sporny évoque cette question dans un article personnel intitulé "JSON-LD and Why I Hate the Semantic Web" [20]. Il expose pourquoi RDF est dépassé,

Technology Adoption Lifecycle



The Technology Adoption Lifecycle was developed by Joe M. Bohlen, George M. Beal and Everett M. Rogers at Iowa State University built on earlier research conducted there by Neal C. Gross and Bryce Ryan.

Fig 5.1: Cycle de vie de l'acceptation de nouvelles technologies

et explique que c'est une raison l'ayant poussé à développer le JSON-LD.

Il est donc possible de développer plus "facilement" le web Sémantique, mais un format tel que JSON-LD n'est passé au statut de recommandation du W3C le 16 Janvier 2014.

5.5.4 Interopérabilité et intégration?

Le recours aux Linked Data améliore-t-il réellement l'intégration et l'interopérabilité?

Le problème des Linked Data et des ontologies est qu'il est possible de décrire une ressource d'un nombre infini de manières. Il est donc essentiel qu'une ville dispose de son propre vocabulaire et que celui-ci évolue avec elle. Cependant, il existe encore peu de vocabulaires dédiés et il n'est pas rare de voir réutilisées des ontologies provenant de sources différentes, et donc ayant des significations parfois très différentes.

Des projets développent le "data interlinking" sont actuellement en développement, dans le but d'établir des entités similaires dans des datasets différents. Ces améliorations permettraient d'augmenter l'interopérabilité dans de nombreuses situations. [46]

5.6 Mise en situation : Namur

Nous allons maintenant nous pencher sur la situation Open Data à Namur. Le choix de la ville à mettre en situation aurait pu se porter sur une ville- comme Gent, qui dispose déjà de plusieurs ontologies et applications Smart City déjà abouties. Cependant, et comme nous l'avons précisé au début, ce mémoire a pour objectif de développer le cheminement d'une ville vers son évolution en Smart City, et non de nous pencher sur un cas bien établi.

5.6.1 Pourquoi s'intéresser à Namur

Namur est une Smart City en pleine expansion, qui a été désignée comme la deuxième ville la plus intelligente du pays par Agoria [28], la ville doit toujours chercher à étendre plus son secteur Smart City. La ville de Namur cherche actuellement à étendre son secteur Smart City, et est donc en quête de nouveaux collaborateurs. Namur cherche aussi à décrocher de nouveaux fonds européens, et cherche donc à développer des approches innovantes et efficaces de Smart City. [4]

5.6.2 L'Open Data disponible

Plateforme Digital Wallonia

La plateforme Digital Wallonia a pour but d'être une plateforme centrale en Wallonie pour le développement numérique. Cette plateforme est développée et maintenue par l'Agence du Numérique (AdN), une société anonyme de droit public. [31]

Les Open Data sont publiés en Wallonie via une plateforme secondaire développée dans Digital Wallonia. Cette plateforme pour l'Open Data utilise un logiciel clefs en main qui s'appelle CKAN, et qui permet l'accès et l'utilisation de données, fournissant les outils nécessaires pour rationaliser la publication, le partage, la recherche et l'utilisation de données. [1] Cette plateforme est accessible via l'URL suivante : <http://opendata.digitalwallonia.be/>.

Les jeux de données pour la ville de Namur

Actuellement la ville de Namur dispose de 16 jeux de données publiées sur Digital Wallonia. Ces derniers sont disponibles aux formats suivants :

- 13 au format XLS
- 1 au format XLSX
- 1 au format WMS
- 1 au format SHP
- 1 au format DOC

Ces données ne comportent pas de licence spécifique. Comme mentionné sur la plateforme, " Actuellement ce sont le service DataOffice et la Cellule Géographie Urbaine qui s'occupent de mettre à disposition les premières données en OpenData." [2].

Les nouvelles directives Européennes pour le futur de l'Open Data

Suite à la directive Européenne PSI (Public Sector Information), un décret a été validé par le gouvernement Wallon, en association avec celui de la Fédération Wallonie-Bruxelles. Ce décret vise à fournir en Open Data toutes les données des services publics. Et c'est via la plateforme Digital Wallonia que ces données seront publiées. Ces données seront fournies sous une licence Open Data développée en collaboration avec les autres entités fédérées, l'État fédéral et l'Europe. [24] La ville de Namur aura donc dans peu de temps de nouvelles données à sa disposition.

5.6.3 L'exemple d'un jeu de donnée de la ville de Namur exprimé en Linked Data

Parmi les seize jeux de données présents sur Namur, six ont une caractéristique commune : ils représentent un type de logement sur Namur. Ces six exemples sont :

- Camping autour de Namur. [5]
- Chambres d'hôtes à Namur. [6]
- Gîtes à Namur. [15]
- Gîtes citadins à Namur. [16]
- Hébergement sur bateau. [17]
- Hôtels à Namur. [18]

Ces documents ne comportent pas de structure, ce qui les rend peu compréhensibles. En effet, l'absence de dénomination claire des colonnes rend difficile leur interprétation et leur intégration dans un programme. Notre objectif est donc de:

- Décomposer chaque colonne de chaque document, afin de connaître les éléments des fichiers.
- Trouver une ontologie qui permette d'exprimer tous ces documents. Le choix est fait ici de réutiliser une ontologie existante principalement par simplicité, mais la création d'une nouvelle ontologie est toujours un choix possible.
- Convertir ces six fichiers en un fichier JSON-LD, exprimant l'ontologie trouvée précédemment.

La décomposition

Lors de cette décomposition, et après une analyse complète, nous ne prendrons que les colonnes jusque "Z". Ce choix a été réalisé afin de rester concis dans l'exercice.

Camping autour de Namur La table "camping autour de Namur" ne comporte qu'une seule ligne, et est remplie de la colonne "A" à la colonne "T". Les colonnes "G", "K", "L", "M" ne sont pas remplies, mais il n'est pas possible de savoir si elles représentent une catégorie vide ou un espace désiré au sein du fichier. Nous nous baserons sur les valeurs dans les colonnes remplies pour déterminer ce que représentent les colonnes. Les colonnes qui n'auront pas été correctement identifiées ne seront pas utilisées par la suite.

- **A "2"** : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **B "Les Trieux"** : nom du camping.
- **C "Rue des Tris, 99"** : rue et numéro du camping.
- **D "5020"** : code postal du camping.
- **E "Malonne"** : ville du camping.
- **F "+32(0)81/44.55.83"** : numéro de téléphone du camping.
- **H "camping.les.trieux@skynet.be"** : adresse mail du camping.
- **I "http://www.campinglestrieux.be"** : site web du camping.
- **J "Camping familial niché [...] air - pêche à 5km"** : description du camping.
- **N "trieux.jpg"** : photo du camping.
- **O "15.50 - 21.50€"** : tarif (?) .
- **P "15.50 - 21.50€"** : tarif (?) .
- **Q "15.50 - 21.50€"** : tarif (?) .
- **R "15.50 - 21.50€"** : tarif (?) .
- **S "non"** : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **T "<iframe width="[...]"** : iframe HTML tag contenant le plan du camping.

Chambres d'hôtes à Namur La table "chambres d'hôtes à Namur" comporte treize lignes, et est remplie de la colonne "A" à la colonne "Y". Les colonnes "H", "S", "T", "U", "V" ne sont pas remplies, mais il n'est pas possible de savoir si elles représentent une catégorie vide ou un espace désiré au sein du fichier. Nous nous baserons sur les valeurs dans les colonnes remplies pour déterminer ce que représentent les colonnes. Les colonnes qui n'auront pas été correctement identifiées ne seront donc pas utilisées par la suite. Nous utiliserons les valeurs d'une ligne afin d'illustrer la catégorie.

- **A "1"** : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **B "Le Clinchamp"** : nom de l'établissement.
- **C "3"** : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **D "Rue du Clinchamp, 65"** : rue et numéro de l'établissement.
- **E "5020"** : code postal de l'établissement.
- **F "Malonne"** : ville de l'établissement.
- **G "+32(0)81/44.50.36"** : numéro de téléphone de l'établissement.

- **I** "mduvivier@swing.be" : adresse mail de l'établissement.
- **J** "http://www.leclinchamp.be" : site web de l'établissement.
- **K** "4.804502" : longitude de l'établissement.
- **L** "50.43858" : latitude de l'établissement.
- **M** "Dans un cadre calme et [...], Parking" : description de l'établissement, en français.
- **N** "In a quiet,[...] Marlagne." : description de l'établissement, en anglais.
- **O** "In een rustige omgeving, [...] Marlagne." : description de l'établissement, en néerlandais.
- **P** "In ruhiger und luftiger Umgebung,[...] Waldes." : description de l'établissement, en allemand.
- **Q** "45 - 70€" : tarif.
- **R** "non" : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **W** "clinchamp.jpg" : image de l'établissement.
- **X** "clinchamp_pt.jpg" : image de l'établissement.
- **Y** "<iframe width="310"[...]</small>" : iframe HTML tag contenant le plan de l'établissement.

Gîtes à Namur La "table gîtes à Namur" comporte douze lignes, et est remplie de la colonne "A" à la colonne "Z". Les colonnes "H", "T", "U", "V", "W" ne sont pas remplies, mais il n'est pas possible de savoir si elles représentent une catégorie vide ou un espace désiré au sein du fichier. Nous nous baserons sur les valeurs dans les colonnes remplies pour déterminer ce que représentent les colonnes. Les colonnes qui n'auront pas été correctement identifiées ne seront pas utilisées par la suite. Nous utiliserons les valeurs d'une ligne (la deuxième) afin d'illustrer la catégorie.

- **A** "4" : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **B** "Le Faon" : nom de l'établissement.
- **C** "3" : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **D** "Chemin des Marronniers, 49" : rue et numéro de l'établissement.
- **E** "5100" : code postal de l'établissement.
- **F** "Wépion" : ville de l'établissement.
- **G** "+322/354.06.58" : numéro de téléphone de l'établissement.
- **I** "andre.remels@skynet.be" : adresse mail de l'établissement.
- **J** "http://www.astronef.com/wepion" : site web de l'établissement.
- **K** "50.427336" : latitude de l'établissement.
- **L** "4.843871" : longitude de l'établissement.
- **M** "Petite maison confortable [...]calme." : description de l'établissement, en français.
- **N** "Small comfortable house [...] location." : description de l'établissement, en anglais.
- **O** "Comfortabel huisje [...] ligging." : description de l'établissement, en néerlandais.

- **P** "Kleines bequemes Haus [...] Lage." : description de l'établissement, en allemand.
- **Q** "230 - 300€" : tarif.
- **R** tarif (utilisé à d'autres lignes).
- **S** "non" : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **X** "faon.jpg" : image de l'établissement.
- **Y** "faon_pt.jpg" : image de l'établissement.
- **Z** "<iframe width="310"[...]</small>" : iframe HTML tag contenant le plan de l'établissement.

Il est à noter que ce fichier est altéré par:

- Des données manquantes : certaines lignes n'ont pas toutes leurs colonnes remplies (ex : pas de site web).
- Des colonnes inversées : les lignes 9,10 et 11 du fichier ont leurs valeurs pour les colonnes "K" et "L" inversées, ont donc une inversion entre la longitude et la latitude.

Gîtes citadins à Namur La table "gîtes citadins à Namur" comporte cinq lignes, et est remplie de la colonne "A" à la colonne "Z". Les colonnes "H", "T", "U", "V", "W" ne sont pas remplies, mais il n'est pas possible de savoir si elles représentent une catégorie vide ou un espace désiré au sein du fichier. Nous nous baserons sur les valeurs dans les colonnes remplies pour déterminer ce que représentent les colonnes. Les colonnes qui n'auront pas été correctement identifiées ne seront pas utilisées par la suite. Nous utiliserons les valeurs d'une ligne (la première) afin d'illustrer la catégorie.

- **A** "1" : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **B** "Maison Mucha" : nom de l'établissement.
- **C** "3" : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **D** "Chée de Waterloo, 198" : rue et numéro de l'établissement.
- **E** "5002" : code postal de l'établissement.
- **F** "Saint-Servais" : ville de l'établissement.
- **G** "+32473/30.55.00" : numéro de téléphone de l'établissement.
- **I** "info@maisonmuchabe" : adresse mail de l'établissement.
- **J** "http://www.maisonmuchabe" : site web de l'établissement.
- **K** "4.844421" : longitude de l'établissement.
- **L** "50.472549" : latitude de l'établissement.
- **M** "Gîte citadin [...] maison !" : description de l'établissement, en français.
- **N** "The 'Maison Mucha' [...] garden." : description de l'établissement, en anglais.
- **O** "Door een recente [...] omgeving." : description de l'établissement, en néerlandais.

- **P** "Stadtferienhaus 3 [...] Epoque." : description de l'établissement, en allemand.
- **Q** "190 - 260€" : tarif.
- **R** "410 - 470€" : tarif.
- **S** "non" : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **X** "maison_mucha.jpg" : image de l'établissement.
- **Y** "maison_mucha_pt.jpg" : image de l'établissement.
- **Z** "<iframe width="310" [...]</small>" : iframe HTML tag contenant le plan de l'établissement.

Hôtels à Namur La table "hôtels à Namur" comporte quatorze lignes, et est remplie de la colonne "A" à la colonne "Z". La colonne "M" n'est pas remplie, mais il n'est pas possible de savoir si elle représente une catégorie vide ou un espace désiré au sein du fichier. Nous nous baserons sur les valeurs dans les colonnes remplies pour déterminer ce que représentent les colonnes. Les colonnes qui n'auront pas été correctement identifiées ne seront pas utilisées par la suite. Nous utiliserons les valeurs d'une ligne (la neuvième) afin d'illustrer la catégorie.

- **A** "9" : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **B** "Ibis Namur Centre" : nom de l'établissement.
- **C** "3" : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **D** "Rue du 1er Lanciers, 10" : rue et numéro de l'établissement.
- **E** "5000" : code postal de l'établissement.
- **F** "Namur" : ville de l'établissement.
- **G** "+32(0)81/25.75.40" : numéro de téléphone de l'établissement.
- **H** numéro de fax de l'établissement. (utilisé uniquement à la ligne 13)
- **I** "h3151@accor.com" : adresse mail de l'établissement.
- **J** "http://www.ibishotel.com" : site web de l'établissement.
- **K** "50.466373" : latitude de l'établissement.
- **L** "4.871032" : longitude de l'établissement.
- **N** "Situé à 300m [...] gratuit." : description de l'établissement, en français.
- **O** "The hôtel is [...] corner." : description de l'établissement, en anglais.
- **P** "Het hotel ligt [...] internetcorner." : description de l'établissement, en néerlandais.
- **Q** "Das Hotel ist [...] Internetcorner." : description de l'établissement, en allemand.
- **R** "69 - 99€" : tarif.
- **S** "oui" : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **T** "3 chambres adaptées [...] PMR." : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **U** "3 adapted rooms [...] PRM." : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.

- **V** "3 kamers aangepast [...] PBM" : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **W** "3 Zimmer zugänglich [...] für Behinderte." : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **X** "ibis.jpg" : image de l'établissement.
- **Y** "ibis_pt.jpg" : image de l'établissement.
- **Z** "<iframe width="310" [...]</small>" : iframe HTML tag contenant le plan de l'établissement.

Hébergement sur bateau La "table hébergement" sur bateau comporte six lignes, et est remplie de la colonne "A" à la colonne "M". La colonne "D" n'est pas remplie, mais il n'est pas possible de savoir si elle représente une catégorie vide ou un espace désiré au sein du fichier. Nous nous baserons sur les valeurs dans les colonnes remplies pour déterminer ce que représentent les colonnes. Les colonnes qui n'auront pas été correctement identifiées ne seront pas utilisées par la suite. Nous utiliserons les valeurs d'une ligne (la première) afin d'illustrer la catégorie.

- **A** "1" : impossible de savoir avec certitude ce que cette colonne représente.
- **B** "L'Ange-Gabriel" : nom de l'établissement.
- **C** "+32487/88.56.87" : numéro de téléphone de l'établissement.
- **E** "info@ange-gabriel.be" : adresse mail de l'établissement.
- **F** "www.ange-gabriel.be" : site web de l'établissement.
- **G** "La péniche amarrée [...] d'entreprise." : description de l'établissement, en français.
- **H** "The barge moored [...] get-togethers." : description de l'établissement, en anglais.
- **I** "De rivieraak die [...] bedrijfsvergadering." : description de l'établissement, en néerlandais.
- **J** "Dieser vor dem [...] Unternehmenstage." : description de l'établissement, en allemand.
- **K** "'60€" : tarif.
- **L** "ange_pt.jpg" : image de l'établissement.
- **M** "ange.jpg" : image de l'établissement.

5.6.4 Trouver l'ontologie

Nous cherchons ici une ontologie qui permet de décrire de manière générique tout logement temporaire, peu importe sa forme. Les recherches menées en ce sens ont convergé vers une ontologie conçue spécialement à cet effet: Accomodation Ontology. [3] L'ontologie "Accomodation Ontology" a été développée par Martin Hepp (Hepp Research GmbH) et est hébergée par le Semantic Technology Institute Innsbruck. Cette ontologie est conçue pour être utilisée en combinaison avec l'ontologie "GoodRelations", un vocabulaire standard pour les aspects commerciaux pour les offres de vente ou de location. [14] L'Accomodation Ontology est sous la licence Creative Commons Attribution 3.0 Unported (CC BY 3.0) [8].

Nous ne nous limiterons cependant pas à cette ontologie, et n'en utiliserons pas tous les éléments. Elle restera néanmoins la base de description de notre donnée. Voici ces éléments appliqués à notre contexte, et les interactions qui les relient:

Listing 5.1: context

```

1 {
2   "@context": {
3     "dbpedia": "http://dbpedia.org/resource/",
4     "foaf": "http://xmlns.com/foaf/0.1/",
5     "gr": "http://purl.org/goodrelations/v1#",
6     "ns0": "http://purl.org/acco/ns#",
7     "rdf": "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#",
8     "rdfs": "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#",
9     "xsd": "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#",
10    "s": "https://schema.org/",
11    "pto": "http://www.productontology.org/id/"
12  }
13 }

```

Bien que le contexte ait été conçu après la compréhension de l'ontologie mise en place, il est utile de se pencher dans un premier temps sur celui-ci afin de mettre en évidence la compilation de différents vocabulaire reprise dans cette ontologie. Nous allons définir brièvement le but de chacune de ces ontologies séparément, avant de nous pencher sur le schéma de leur utilisation de cet exercice. Il n'est cependant pas possible dans le cadre de ce mémoire d'expliquer en détail toutes les ontologies et de les spécifier complètement.

- dbpedia : Transcription de Wikipedia au format Linked Data (bien qu'il ne soit pas utilisé dans cet exemple, il est tout de même utile de le mentionner)
- foaf : Friend of a Friend, abordé dans le Chapitre 4
- GoodRelations : ontologie définissant les relations commerciales entre les objets
- Accommodation : déjà abordé plus en détail précédemment
- RDF : syntaxe RDF
- RDFS : syntaxe RDFS
- XSD : permet de réutiliser les types xsd
- Schema.org : ontologie comportant énormément d'éléments, et proposant des actions supplémentaires sur certains éléments
- Production Terminology Ontology : ontologie permettant la détermination précise des identifiants.

Le graphe suivant permet de comprendre schématiquement les éléments utilisés, et leurs interactions. Le graphe **n'est pas** le schéma complet du contexte défini précédemment, mais bien une représentation plus simple et adaptée à nos besoins.

Nous décrirons ici comment nous avons construit nos instances, en expliquant les relations entre les entités. Il faut rappeler que toutes les classes héritent des propriétés de la classe "owl:Thing".

Types d'accommodations tous ayant pour superclasse "gr:ProductorService", et étant répartis comme suit dans les différentes sous-classes :

- Camping : ns0:CampingSite
- Chambres d'hôtes : pto:Bed_and_breakfast
- Gîtes : pto:Guest_house
- Gîtes citadins : pto:Guest_house
- Hébergement sur bateau : pto:Boat
- Hôtels : ns0:Hotel

Les éléments issus de l'ontologie "Production Terminology Ontology" devront aussi être référencés avec la classe "ns0:Accommodation" afin de respecter l'Accommodation Ontology.

Ce type d'accommodation sera notre point de départ pour définir une donnée et donc la suite de notre graphe. Cette accommodation comprendra les propriétés suivantes :

- gr:description : la description du logement
valeur : un littéral
(remarque : la description peut-être multiple, et contenir une langue en JSON-LD)
- gr:name : le nom de l'accommodation
valeur : un littéral
- gr:hasManufacturer : l'entité qui est en charge de l'accommodation. Plus généralement, il s'agira de la société qui représente l'établissement
valeur : gr:BusinessEntity
- foaf:depiction : une photo de l'accommodation
(remarque: il n'a pas été possible de récupérer des images en provenance du fichier de base. Cependant, une image en rapport à l'accommodation et trouvée sur internet à toujours été associée manuellement)
- s:geo : coordonnées géographiques de l'accommodation
valeur : s:GeoCoordinates
s:latitude : la latitude
s:longitude : la longitude

La société est représentée par la classe "gr:BusinessEntity" et utilisera les propriétés suivantes :

- gr:legalName : le nom légal de la société
valeur : un littéral
(remarque : ce n'est pas une valeur explicitement indiquée dans le fichier de base, nous reprendrons donc le nom de l'accommodation à titre indicatif)
- s:email : email de la société
valeur : un littéral
- s:telephone : téléphone de la société
valeur : un littéral
- foaf:page : page web de la société
valeur : foaf:Document
- gr:offers : la société offre les offres suivantes, relatives à l'accommodation
valeur : gr:Offering
- s:address : adresse légale de la société
valeur : s:PostalAddress
(remarque : l'adresse légale supposée sera celle de l'accommodation en présence)

L'adresse indique l'adresse légale de l'accommodation. Celle-ci comprend les propriétés suivantes :

- s:addressLocality : localité
valeur : un littéral
(remarque : "Ville," + " " + "Pays")
- s:postalCode : code postal
valeur : un littéral
- s:streetAddress : rue et numéro
valeur : un littéral
(remarque : "rue" + " " + "numéro")

L'adresse est étendue via un code HTML représentant la carte de l'accommodation. Celle-ci est sous une classe "s:CreativeWork" et comporte deux propriétés : "s:inLanguage" (HTML) et "s:text" (le code relatif).

L'offre comprend deux éléments principaux : le type d'offre (gr:hasBusinessFunction), et le prix (gr:hasPriceSpecification). Le type d'offre est toujours "gr:LeaseOut", correspondant à la location. Quant au prix, il est défini à l'intérieur de la classe "ns0:CompoundPrice". Cette classe dispose d'une ou plusieurs propriétés "ns0:priceComponent", permettant de faire une liste des prix. Ces prix sont quant à eux repris au sein de la classe gr:UnitPriceSpecification, qui dispose des propriétés suivantes :

- gr:hasCurrency : la monnaie dans laquelle le prix est défini
valeur : un code à 3 lettres définissant la monnaie (ex: euro = EUR)

- gr:hasCurrencyValue : la valeur exacte de l'accommodation
valeur : xsd:float
- gr:hasMaxCurrencyValue : la valeur maximale de l'accommodation
valeur : xsd:float
- gr:hasMinCurrencyValue : la valeur minimale de l'accommodation
valeur : xsd:float

La conversion

Après avoir expliqué la structure de notre donnée, nous allons donner un exemple d'une entrée transformée en JSON-LD. La conversion complète a cependant été effectuée et peut être trouvée à cette adresse : <https://github.com/amorre92/NamurJsonLD/blob/master/NamurAccommodation.json>.

Pour un exemple le plus probant possible, nous reprendrons les données relatives à l'hôtel Ibis, déjà représentées brièvement précédemment. Voici le résultat exprimé en JSON-LD :

Listing 5.2: Ibis Namur in JSON-LD

```

1 {
2   "@context": {
3     "dbpedia": "http://dbpedia.org/resource/",
4     "foaf": "http://xmlns.com/foaf/0.1/",
5     "gr": "http://purl.org/goodrelations/v1#",
6     "ns0": "http://purl.org/acco/ns#",
7     "rdf": "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#",
8     "rdfs": "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#",
9     "xsd": "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#",
10    "s": "https://schema.org/",
11    "pto": "http://www.productontology.org/id/"
12  },
13  "@graph": [
14    {
15      "@id": "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre",
16      "@type": [
17        "ns0:Hotel",
18        "gr:SomeItems"
19      ],
20      "gr:name" : {
21        "@language": "fr",
22        "@value": "Ibis Namur Centre"
23      },
24      "gr:description" : {
25        "@language": "fr",
26        "@value": "Situé 300m de la gare, quelques pas du Théâtre Royal, des
          Facultés Universitaires, du casino de Namur, du centre commercial et
          historique. L'hôtel vous propose 92chambres tout confort. Bar, service
          en-cas 24h/24, parking et accès internet Wifi payants. Coin internet
          gratuit."
27    }
28  ],
29 }

```

```

28     "gr:description" :{
29         "@language" : "en",
30         "@value" : "The hotel is located 328yds (300 m) from the station, a short
                walk from the university, the Casino de Namur and the city's historic
                and business center. It offers 92fully-equipped rooms, plus a bar, 24/7
                snack service and paying car park. Free Wifi andInternet corner."
31     },
32     "gr:description" :{
33         "@language" : "nl",
34         "@value" : "Het hotel ligt op 300meter van het station, op loopafstand van
                Th tre Royal, de universiteit, het casino en het historische en
                zakelijke centrum van Namen. Het heeft 92volledig uitgeruste kamers,
                een bar, 24-uurs snackservice, betaalde parkeerplaats en draadloos
                internet. Gratis internetcorner."
35     },
36     "gr:description" :{
37         "@language" : "de",
38         "@value" : "Das Hotel ist 300m vom Bahnhof und wenige Min. zu Fu von der
                Universitt, dem Casino de Namur, dem historischen Stadtzentrum sowie
                dem Geschftsviertel entfernt. Es verfgt ber 92voll ausgestattete Zimmer,
                Bar, 24-h-Snackservice, kostenpfl. Parkplatzund WIFI-Zugang.
                Kostenlose Internetcorner."
39     },
40     "foaf:depiction" : "http://www.ibis.com/imagerie/bandeau/header-logo.png",
41     "gr:hasManufacturer" : "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#
                BusinessEntity",
42     "s:geo" : "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#Geo"
43     },
44     {
45         "@id" : "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#BusinessEntity",
46         "@type" : "gr:BusinessEntity",
47         "gr:legalName" : "Ibis Namur Centre",
48         "foaf:page" : {
49             "@id" : "http://www.ibishotel.com"
50         },
51         "s:address" : {
52             "@id" : "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#Address"
53         },
54         "s:email" : "h3151@accor.com",
55         "s:telephone" : "+32(0)81/25.75.40"
56     },
57     {
58         "@id" : "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#Address",
59         "@type" : "s:PostalAddress",
60         "s:addressLocality" : "Namur, Belgium",
61         "s:postalCode" : "5000",
62         "s:streetAddress" : "Rue du 1er Lanciers 10",
63         "s:areaServed" : {
64             "@id" : "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#GeoShape"
65         }
66     },
67     {

```

```

68   "@id": "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#GeoShape",
69   "@type": "s:GeoShape",
70   "s:mainEntityOfPage" :{
71       "id" : "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#Map"
72   }
73 },
74 {
75   "@id" : "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#Map",
76   "@type" : "s:CreativeWork",
77   "s:inLanguage" : "HTML",
78   "s:text" : "<iframe width=\"309\" height=\"250\" frameborder=\"0\" scrolling=\"no\"
    marginheight=\"0\" marginwidth=\"0\" src=\"http://maps.google.be/maps?f=q&
    source=s_q&hl=fr&geocode=&q=Rue+du+Premier+Lanciers+10+5000+Namur&
    amp;aq=1&oq=Rue+du+1er+Lanciers,+10,+5000+Namur& sll=50.466257,4.871089
    &sspn=0.094298,0.264187&ie=UTF8&hq=&hnear=Rue+du+Premier+
    Lanciers+10,+Namur+5000+Namur,+R%C3%A9gion+Wallonne&t=m&ll=50.466301,4.
    871235&spn=0.013658,0.026436&z=14&iwloc=A&output=embed\"></
    iframe><br /><small><a href=\"http://maps.google.be/maps?f=q&source=embed&
    amp;hl=fr&geocode=&q=Rue+du+Premier+Lanciers+10+5000+Namur&aq=1&
    amp;oq=Rue+du+1er+Lanciers,+10,+5000+Namur& sll=50.466257,4.871089&sspn
    =0.094298,0.264187&ie=UTF8&hq=&hnear=Rue+du+Premier+Lanciers+10,+
    Namur+5000+Namur,+R%C3%A9gion+Wallonne&t=m&ll=50.466301,4.871235&
    spn=0.013658,0.026436&z=14&iwloc=A\" style=\"color:#0000FF;text-align:
    left\">Agrandir le plan</a></small>"
79   },
80   {
81   "@id" : "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#Geo",
82   "@type" : "s:GeoCoordinates",
83   "s:latitude" : "50.466373",
84   "s:longitude" : "4.871032"
85   },
86   {
87   "@id" : "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#Offers",
88   "@type" : "gr:Offering",
89   "gr:hasBusinessFunction" : "gr:LeaseOut",
90   "gr:hasPriceSpecification" : "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#
    CompoundPrice"
91   },
92   {
93   "@id": "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#CompoundPrice",
94   "@type": "ns0:CompoundPrice",
95   "ns0:priceComponent": [
96       {
97           "@id": "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#Price1"
98       }
99   ]
100 },
101 {
102   "@id": "http://example.org/Namur/Hotel/Ibis_Namur_Centre#Price1",
103   "@type": "gr:UnitPriceSpecification",
104   "gr:hasCurrency": "EUR",
105   "gr:hasMaxCurrencyValue": {

```

```
106         "@type": "xsd:float",
107         "@value": "99"
108     },
109     "gr:hasMinCurrencyValue": {
110         "@type": "xsd:float",
111         "@value": "69"
112     }
113 }
114 ]
115 }
```

5.6.5 Et après ?

La phase suivante consiste en la publication des données. La publication est la partie qui donne véritablement du sens, qui va permettre de créer des liens avec d'autres données déjà disponibles sur la toile. Ensuite, ces données devront être raffinées. Comme mis en lumière plus tôt dans ce mémoire, certaines des données de cet exemple ne sont plus à jour (car datant de 2009) et n'exploitent pas toutes les possibilités de l'ontologie, comme les features ou encore HotelRoom. Une mise à jour de ces données est donc nécessaire pour continuer des travaux futurs.

5.7 Recherches futures

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons exploré comment passer d'une donnée à une donnée exprimée selon une ontologie. Ensuite, plusieurs chemins sont possibles, comme celui d'exprimer ces données selon une seule ontologie, ou bien décider d'une architecture à mettre en place via ces données. Ceci ne sera cependant pas le but de ce mémoire. En revanche, nous aborderons des pistes dans la section suivante afin de guider les recherches futures dans ce domaine sur la ville de Namur.

Nous évoquerons en premier lieu la possibilité d'utiliser une ontologie unique au sein de la ville, ensuite nous aborderons d'une recommandation architecturale personnelle, pour ensuite parler de CitySDK (une solution API à implémenter dans la ville), et finirons par quelques initiatives Européennes.

5.7.1 Ontologie unique

Comme détaillé dans le document exploité plus tôt issu du " *Journal of Smart Cities*" [49], qui décrit une ontologie développée par leurs soins et qui permettrait de tout exprimer au sein de la ville. Cette ontologie est la première du genre, et se focalise sur les aspects d'une ville, en tentant de les exprimer de la meilleure manière possible. Une ontologie de ce genre est pratique, car elle permet à tout le monde réutiliser la donnée de manière uniforme, mais présente un problème : elle est très fournie, et par conséquent d'une certaine complexité.

Cette ontologie est disponible à l'adresse suivante : <https://www.dropbox.com/s/q7tz39jjeibhzl/2015-SMART%20CITY%20ONTOLOGY-V01.owl?dl=0>.

5.7.2 Recommandation personnelle: Discovery API

Cette idée d'implémentation peut se résumer comme tel : une application de guide. L'idée est que tout dans la ville (API, données présentes, etc...) devrait être enregistré au sein de cette API, afin de faciliter l'ensemble des recherches sur toute la ville. Plus au stade d'idée que de recommandation, cette API servirait de point d'entrée pour quiconque souhaite développer au sein de la ville.

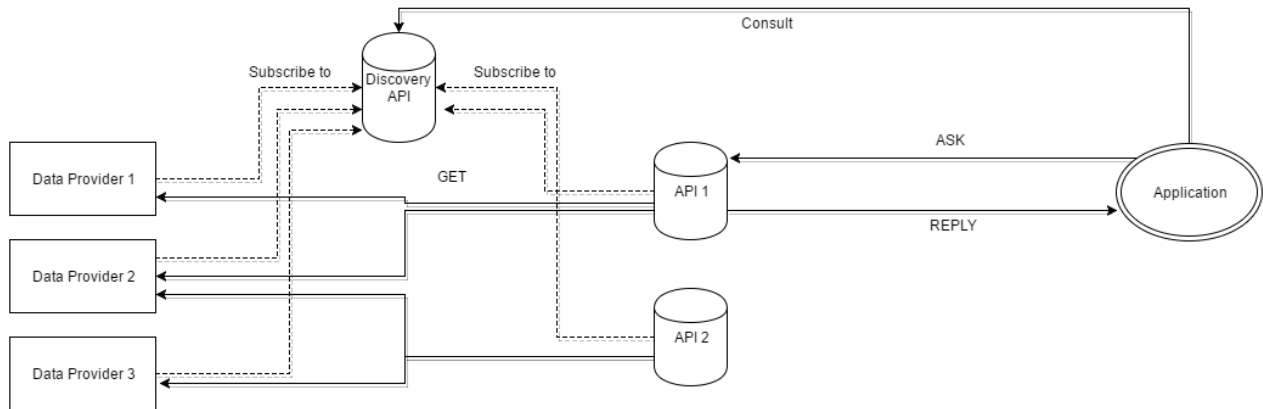


Fig 5.3: Architecture d'un environnement de développement d'applications Smart City

Dans les faits, l'application requiert différents éléments :

- Le "bon vouloir" des acteurs en présence : il est primordial pour que cette API fonctionne que tout qui fournit des données/développe y soit enregistré, sans quoi son utilité serait toute relative.
il en va de même pour la mise à jour des informations, ou leur suppression.
- Une facilitation de l'enregistrement : il est impératif que l'enregistrement soit facile et rapide. Si l'enregistrement est trop contraignant, il est probable que les acteurs abandonnent l'opération en cours de route.
- Une publicité appropriée : si l'API n'est pas promue par la ville, elle sera peu connue du grand public et donc peu utile.

Les avantages de cette solution sont que l'on uniformise le réseau, le rendant simple d'accès pour les nouveaux arrivants, ainsi que son aspect extrêmement explicite. Le désavantage est ce "single point of failure", mais cela n'impactera que les développements, pas les applications déjà terminées étant donné qu'aucune information n'est contenue dans cette API.

Discovery API

La Discovery API a pour rôle d'être un registre pour les Data Provider, les API et les applications. Son but est donc d'être un intermédiaire entre ces différents acteurs, afin qu'ils sachent ce qui est disponible dans la ville. Ainsi, son objectif est de donc de détenir un descriptif de ses subscribers, pour pouvoir le transmettre à un Third Party souhaitant exploiter leurs services/données.

On contacte donc la Discovery API quand on veut :

- enregistrer le service/les données que l'on offre au sein de la ville
- chercher un service/des données au sein de la ville
- mettre à jour ses informations au sein de l'API
- se désinscrire de l'API

Interactions avec les Data Provider Un Data Provider contactera cette API dans 3 situations : pour inscrire des données au service, pour mettre à jour ses données ou pour supprimer l'accès à ses données.

Dans le premier cas, le Data Provider doit inscrire des données au service. Il contacte donc la Discovery API, et celle-ci lui communique les informations nécessaires afin de s'enregistrer. Ces informations doivent être constituées de : un nom des données fournies, une URL d'accès aux données (qui sera l'IRI d'identification des données), un format (le format dans lequel les données sont fournies sur le endpoint), une description des données fournies, le nom du Data Provider, une URL vers la homepage du Data Provider. La Discovery API répondra au Data Provider en approuvant ou pas son inscription au service. Si elle répond par la négative, la Discovery API devra fournir un code d'erreur expliquant pourquoi l'inscription n'a pas fonctionné. Si elle répond par l'affirmative, la Discovery API devra répondre via une URL, menant aux données générées à propos du Data Provider et/ou un identifiant unique simple désignant les informations relatives à ce que vient d'enregistrer le Data Provider.

Dans le deuxième cas, le Data Provider veut mettre à jour ses données au sein de la Discovery API. Il contacte donc la Discovery API, et celle-ci lui communique les informations nécessaires afin de se mettre à jour. Ces informations doivent être constituées de : l'URL identifiant les données du Data Provider au sein de l'API. Pour la suite de l'update, les champs suivants doivent être non-vides pour être modifiés : le nom des données fournies, l'URL d'accès aux données (qui sera l'IRI d'identification des données), le format (le format dans lequel les données sont fournies sur le endpoint), une description des données fournies, le nom du Data Provider, l'URL vers la homepage du Data Provider. La Discovery API répondra au Data Provider en approuvant ou pas la mise à jour de ses données. Si elle répond par la négative, la Discovery API devra fournir un code d'erreur expliquant pourquoi la mise à jour n'a pas fonctionné. Si elle répond par l'affirmative, la Discovery API devra répondre via une URL, menant aux données générées à propos du Data Provider et/ou un identifiant unique simple désignant les informations relatives à ce que vient d'enregistrer le Data Provider.

Dans le cas final, le Data Provider veut supprimer des données enregistrées au sein de la Discovery API. Il contacte donc la Discovery API, et celle-ci lui communique les informations nécessaires afin d'enlever ses données. Ces informations doivent être constituées de: l'URL identifiant les données du Data Provider au sein de l'API, le nom du Data Provider, l'URL vers la homepage du Data Provider. La Discovery API répondra au Data Provider en approuvant ou pas la suppression des données au sein de son registre. Si elle répond par la négative, la Discovery API devra fournir un code d'erreur expliquant pourquoi la mise à jour n'a pas fonctionné. Si elle répond par l'affirmative, la Discovery API devra répondre via un code de succès.

Interactions avec les API Une API contactera la Discovery API dans 4 situations : pour s'inscrire au service, pour chercher des services/données au sein de la ville, mettre à jour ses informations au sein de l'API et se désinscrire du service.

Dans le premier cas, l'API doit s'inscrire au service. Elle contacte donc le Discovery API, et celle-ci lui communique les informations nécessaires afin de s'enregistrer. Ces informations doivent être constituées de : le nom de l'API, une URL d'accès à l'API (qui sera l'IRI d'identification de l'API), une description du

service fourni, le nom du responsable de l'API, une URL vers la homepage du responsable. La Discovery API répondra à l'API en approuvant ou pas son inscription au service. Si elle répond par la négative, le Discovery API devra fournir un code d'erreur expliquant pourquoi l'inscription n'a pas fonctionné. Si elle répond par l'affirmative, le Discovery API devra répondre via une URL, menant aux données générées à propos de l'API et/ou un identifiant unique simple désignant les informations relatives à ce que vient d'enregistrer l'API.

Dans le deuxième cas, l'API veut rechercher des données/services au sein de la ville. Elle contacte donc le Discovery API, et celle-ci lui communique les informations nécessaires afin de rechercher/affiner sa recherche. Une fois la requête de recherche envoyée, la Discovery API répond par l'affirmative ou la négative. Si elle répond par la négative, la Discovery API devra fournir un code d'erreur expliquant pourquoi la recherche à échoué. Si elle répond par l'affirmative, elle doit fournir les résultats de la recherche.

Dans le troisième, l'API veut mettre à jour ses données au sein de la Discovery API. Elle contacte donc la Discovery API, et celle-ci lui communique les informations nécessaires afin de se mettre à jour. Ces informations doivent être constituées de : l'URL identifiant l'API au sein de l'API. Pour la suite de l'update, les champs suivants doivent être non-vides pour être modifié : le nom de l'API, une URL d'accès à l'API (qui sera l'IRI d'identification de l'API), une description du service fourni, le nom du responsable de l'API, une URL vers la homepage du responsable. La Discovery API répondra à l'API en approuvant ou pas la mise à jour. Si elle répond par la négative, le Discovery API devra fournir un code d'erreur expliquant pourquoi l'inscription n'a pas fonctionné. Si elle répond par l'affirmative, le Discovery API devra répondre via une URL, menant aux données générées à propos de l'API et/ou un identifiant unique simple désignant les informations relatives à ce que vient d'enregistrer l'API.

Dans le cas final, l'API veut mettre fin à son service, et se retirer de la Discovery API. Il contacte donc la Discovery API, et celle-ci lui communique les informations nécessaires afin d'enlever ses données. Ces informations doivent être constituées de: l'URL identifiant l'API au sein de l'API, le nom du responsable de l'API, l'URL vers la homepage du responsable. La Discovery API répondra à l'API en approuvant ou pas la suppression des données au sein de son registre. S'il répond par la négative, la Discovery API devra fournir un code d'erreur expliquant pourquoi la mise à jour n'a pas fonctionné. S'il répond par l'affirmative, la Discovery API devra répondre via un code de succès.

Interactions avec de nouvelles applications Une application désirant s'intégrer dans l'infrastructure de la ville contactera la Discovery API afin de savoir ce qui existe déjà. De cette manière, elle pourra avoir accès à une liste complète des services et données qui sont déjà disponibles afin de les utiliser. Une fois cette application terminée, et si elle est susceptible de pouvoir être utilisée par d'autres applications en développement, elle pourra s'enregistrer sur la Discovery API (et sera dès lors considérée comme API dans le schéma présenté ci-dessus). Mais prenons ici le cas d'une simple application désirant d'utiliser des données et des services présents dans l'infrastructure, pour fournir un service à un utilisateur physique.

Dans ce cas, l'application pendant son développement contactera la Discovery API pour découvrir ce qui est disponible. Une fois cette découverte terminée et que les développeurs ont déterminé ce qu'ils allaient utiliser dans l'infrastructure, l'application est développée en contactant elle-même directement les Data-Provider (si elle utilise les données présentées par le Data Provider) ou les API (si elle utilise les données présentées par les API ou les services).

Data Provider

Le Data Provider est comme son nom l'indique celui qui fournit ses données, et les maintient. Il est de son ressort de fournir ses données dans un format exploitable et avec une licence rendant possible l'utilisation

de celles-ci. Il doit mettre à disposition de tout qui voudrait utiliser ses données un accès web facile aux données.

API

Les API peuvent être de différents types, mais on se concentrera ici sur un type précis : la génération de données. Dans ces API, le but sera de :

- Récupérer l'information d' une ou plusieurs sources
- Effectuer une opération sur les données si besoin
 - Intégrer les données en un format donné
 - Sélectionner seulement une partie de l'information proposée par un Data Provider
 - ,etc...
- Fournir un accès à ces données générées

Leur but est donc de servir de véritable Endpoint pour l'information, afin de rendre plus facile la tâche à tout développeur souhaitant utiliser de l'information sur un certain sujet.

5.7.3 CitySDK

CitySDK est un projet commencé en Janvier 2012 et développé autour de 8 villes Européennes afin de créer des interfaces et des processus réutilisables. Ce "Service Development Kit" tend à vouloir harmoniser le développement d'applications SmartCity entre les villes en fournissant des outils que toutes les villes peuvent réemployer, à condition de les adapter à leurs propres besoins. Actuellement le toolkit s'est concentré sur 4 API :

- Discovery Service : Afin de trouver rapidement quelles villes et quels datasets sont supportés actuellement par le toolkit
- Open311 API : API destinée au reporting d'erreurs
- Linked Data API : API proposant une interface d'accès aux données Linked Data disponible dans la ville. Couplé avec Open Street Map pour visualiser les données.
- Tourism API : Afin de créer des applications de tourisme intervilles plus facilement

L'API nous intéressant le plus ici est la Linked Data API. En effet, celle-ci se charge donc de :

- Récolter l'information à partir de Data Providers
- Proposer l'information dans un format unifié et intégrable

5.7.4 Horizon 2020 et SWIMing

Horizon 2020 est une initiative de la Commission Européenne, se caractérisant comme étant le plus gros programme de recherche et innovation, et représentant presque 80 milliards d'euros investis. Ce programme entend promouvoir la recherche et l'innovation autour du développement durable et les technologies Smart au sein de l'Europe. [39]

Parmi ces projets Horizon 2020, il existe le programme SWIMing. SWIMing signifie "Semantic Web for Information Modeling in Energy Efficient Buildings". Le but premier de ce programme est de supporter les projets Energy Efficient Building, les projets ayant donc pour sujet les bâtiments utilisant l'énergie efficacement. Pour ce faire, le programme encourage les data models ouverts et accessibles. De plus, il désire rendre disponibles des données gratuites et sémantiquement interopérables provenant de diverses sources. [35]

SWIMing se base sur l'ontologie "ifcOWL", et souhaite l'utiliser comme ontologie de référence. Actuellement ce projet a été accepté par Horizon 2020 et procède à des études et Uses cases.

Chapitre 6

Conclusion

Au cours de ce mémoire, nous avons répondu aux questions suivantes : Qu'est-ce qu'une Smart City et dans quel contexte celle-ci se pose-t-elle ? Quelles sont les conditions d'utilisation de l'information que l'on peut utiliser au sein d'une Smart City ? Comment structurer uniformément l'information afin d'être compréhensible par tous ?

La Smart City a donc été définie comme étant "Une Smart City est une ville mettant en place des solutions technologiques durables, efficaces et automatisées autour de 6 axes (Mobilité, Population, Environnement, Économie, Vie et Gouvernance) dans le but d'améliorer ses performances économiques, environnementales et sociétales.". Les aspects nous intéressant principalement étant l'échange et la mise à disposition d'informations dans la Smart City, nous nous sommes tournés vers les Open Data pour répondre au problème de mise à disposition du savoir, ainsi que vers les Linked Data pour la compréhension de ce savoir.

L'Open Data permet de répondre aux problèmes liés aux conditions d'utilisation de l'information, et définit que "La connaissance est ouverte si n'importe qui est libre d'y accéder, de l'utiliser, de la modifier, et de la partager - sous réserve, au plus, de mesures préservant la provenance et l'ouverture.". Nous en avons détaillé les conditions et avons illustré par des exemples de licence.

Les Linked Data répondent au problème de compréhension des données, et se définissent comme "un ensemble de données provenant de diverses sources, reliées entre-elles par des ontologies. Ces données que l'on a liées doivent être publiées sur le web afin d'être "machine readable", et leur signification doit être explicitement définie."

L'objectif final était d'appliquer ce concept à Namur et définir à quel niveau cette Smart City se situe par rapport à la technologie Linked Data. Pour ce faire, il nous faut observer l'impact immédiat de cette conversion et de cette création de Linked Data. Avant de générer les Linked Data sur les fichiers de notre exemple, nous avions 6 fichiers disparates et non expressifs. Il a fallu du temps et des recherches pour comprendre ce que les colonnes représentaient, et à ce jour certaines colonnes restent toujours un mystère. De plus, chaque fichier devait être lu de sa propre manière, les colonnes n'étant pas les mêmes pour chaque fichier, bien que les catégories étaient les mêmes. Qui plus est, la seule manière de savoir le type d'accommodation résidait dans le nom du fichier original. Désormais, les 6 fichiers sont regroupés dans un seul fichier, et chaque catégorie est explicite. Le type d'accommodation n'est plus dans le nom du fichier.

Bien que l'observation précédente soit la plus explicite, il en existe une autre qui est le but principal des Linked Data : la lisibilité par une machine. Pour reprendre notre exemple, une machine ne peut pas déterminer par elle-même les noms des colonnes dans un fichier Excel. Cependant, avec notre fichier JSON-LD elle sait qu'une relation "foaf:Page" correspond à une page Web. L'observation relative au développement

est sensiblement la même. Développer une application en java et devoir reprendre les données d'un fichier Excel n'est pas évolutif, relève plus de l'hard-codage que d'une approche compréhensive et évolutive. Ici avec le JSON-LD, l'intégration ne relève plus de l'hard-codage, étant donné la présence d'un vocabulaire clair et défini.

Cependant, les Linked Data ne comportent pas que des avantages. Il y a généralement une corrélation entre la richesse sémantique d'une donnée et sa complexité à la compréhension, dans le sens où plus une donnée sera riche sémantiquement, plus elle sera compréhensive pour une machine, moins elle sera facile à utiliser lors d'un développement. Mme Annukka Varteva (Project Manager, Forum Virium Helsinki) nous indiquait dans un e-mail que les ontologies sont un domaine complexe. Elle a notamment rencontré des problèmes lors de l'utilisation d'ontologies, celles-ci n'étant pas assez fournies pour exprimer tout le domaine. L'utilisation des Linked Data présente ainsi un certain nombre de contraintes.

Mais dans une ville comme Namur où en termes de données tout est encore à faire, il existe là un marché à exploiter. L'utilisation de Linked Data pourrait être un facteur attirant, pour les développeurs comme pour les investisseurs. Vouloir implémenter les Linked Data peut par exemple permettre de décrocher une bourse Européenne. Mais le principal élément décisionnel de l'implémentation d'une solution Linked Data est de voir à long terme immédiatement, et non pas d'implémenter et de voir plus tard ce que l'on peut faire avec. Si une stratégie concrète avec un but précis est établie pour les Linked Data, alors Namur pourrait devenir la première Smart City de Belgique.

Bibliographie

- [1] À propos. <http://opendata.digitalwallonia.be/fr/about>. (Visited on 04/05/16).
- [2] À propos - ville de namur. <http://opendata.digitalwallonia.be/fr/organization/about/ville-de-namur>. (Visited on 04/05/16).
- [3] Accommodation ontology language reference. <http://ontologies.sti-innsbruck.at/acco/ns.html>. (Visited on 05/05/16).
- [4] Annonce smart city, ville de namur. http://www.ville.namur.be/files/files/Hotel_de_ville/travailler_a_l_hotel_de_ville/Annonce_Smart_City.pdf. (Visited on 30/07/2015).
- [5] Camping autour de namur. <http://opendata.digitalwallonia.be/nl/dataset/camping-autour-de-namur/resource/d9c21ba1-03af-4fe0-8348-cc3f5b9d557c>. (Visited on 05/05/16).
- [6] Chambres d'hôtes à namur. <http://opendata.digitalwallonia.be/nl/dataset/chambres-d-hotes-a-namur/resource/bff388bb-c824-4a10-86a2-d181068f2fb4>. (Visited on 05/05/16).
- [7] Chapitre 4 : Introduction à la syntaxe et à la sémantique des langages de programmation. <http://www.montefiore.ulg.ac.be/~geurts/Cours/iti/2012/04-semantique-part1-2012-2013.pdf>. (Visited on 4/07/2015).
- [8] Creative commons - attribution 3.0 unported (cc by 3.0). <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>. (Visited on 05/05/16).
- [9] Dbpedia. <http://dbpedia.org/About>. (Visited on 07/12/2014).
- [10] Déclaration des droits de l'homme et du citoyen de 1789. <http://www.legifrance.gouv.fr/Droit-francais/Constitution/Declaration-des-Droits-de-l-Homme-et-du-Citoyen-de-1789>. (Visited on 6/07/2015).
- [11] Définition du savoir libre. <http://opendefinition.org/od/1.1/fr/>. (Visited on 26/04/16).
- [12] Foaf: visualisation of incoming and outgoing links. <http://lov.okfn.org/dataset/lov/vocabs/foaf>. (Visited on 26/04/16).
- [13] Foaf vocabulary specification 0.99. <http://xmlns.com/foaf/spec/>. (Visited on 26/04/16).
- [14] Goodrelations language reference. <http://www.heppnetz.de/ontologies/goodrelations/v1.html>. (Visited on 05/05/16).
- [15] Gîtes à namur. <http://opendata.digitalwallonia.be/nl/dataset/gites-a-namur/resource/b24daaa4-aac6-426b-8ba5-d1586aace87b>. (Visited on 05/05/16).

- [16] Gîtes citadins à namur. <http://opendata.digitalwallonia.be/nl/dataset/gites-citadins-namur/resource/93a08fdb-a9b1-4aa4-b9c9-3dc490df6601>. (Visited on 05/05/16).
- [17] Hébergement sur bateau. <http://opendata.digitalwallonia.be/nl/dataset/hebergement-sur-bateau/resource/be1905e9-7990-4e26-a06f-ed47e2ba18a2>. (Visited on 05/05/16).
- [18] Hôtels à namur. <http://opendata.digitalwallonia.be/nl/dataset/hotels-a-namur/resource/de9b0e2a-8d74-421e-a7b5-8356107b931e>. (Visited on 05/05/16).
- [19] A json-based serialization for linked data. <https://www.w3.org/TR/json-ld-syntax/#typed-values>. (Visited on 16/03/16).
- [20] Json-ld and why i hate the semantic web. <http://manu.sporny.org/2014/json-ld-origins-2/>. (Visited on 16/03/16).
- [21] Json-ld: Compaction and expansion. <https://www.youtube.com/watch?v=Tm3fD89dqRE>. (Visited on 16/03/16).
- [22] Json-ld: Core markup. https://www.youtube.com/watch?v=UmvWk_TQ30A. (Visited on 16/03/16).
- [23] La programmation orientée objet. <http://openclassrooms.com/courses/concevez-votre-site-web-avec-php-et-mysql/la-programmation-orientee-objet-6>. (Visited on 09/12/2014).
- [24] Le décret open data adopté par le gouvernement wallon. <https://www.digitalwallonia.be/decret-open-data/>. (Visited on 04/05/16).
- [25] Linked data. <http://www.w3.org/wiki/LinkedData>. (Visited on 07/12/2014).
- [26] Linked data. http://en.wikipedia.org/wiki/Linked_data. (Visited on 07/12/2014).
- [27] Mapping smart cities in the eu. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf). (Visited on 03/12/2014).
- [28] Namur serait la deuxième ville la plus.
- [29] Open data handbook. <http://opendatahandbook.org/>. (Visited on 7/07/2015).
- [30] Open definition. <http://opendefinition.org/od/>. (Visited on 10/12/2014).
- [31] Présentation de l'agence du numérique. <https://www.digitalwallonia.be/qui-sommes-nous/>. (Visited on 04/05/16).
- [32] Qu'est-ce que l'open data ? <http://data.gov.be/fr/quest-ce-que-lopen-data>. (Visited on 26/04/16).
- [33] Resource description framework. http://en.wikipedia.org/wiki/Resource_Description_Framework. (Visited on 07/12/2014).
- [34] A simplified guide to create an ontology. <http://tierra.aslab.upm.es/documents/controlled/ASLAB-R-2007-004.pdf>. (Visited on 25/04/16).
- [35] The swimming project. <http://fr.slideshare.net/ld4sc/the-swimming-project>. (Visited on 30/07/2015).
- [36] Tim berners-lee: The next web. http://www.ted.com/talks/tim_berniers_lee_on_the_next_web#t-964085. (Visited on 30/07/2015).

- [37] Uniform resource identifier. http://en.wikipedia.org/wiki/Uniform_resource_identifier. (Visited on 07/12/2014).
- [38] What is a smart city? definition. <http://www.businessdictionary.com/definition/smart-city.html>. (Visited on 30/06/2015).
- [39] What is horizon 2020. <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020>. (Visited on 30/07/2015).
- [40] What is json-ld. <https://www.youtube.com/watch?v=vioCbTo3C-4>. (Visited on 16/03/16).
- [41] G. Antoniou, P. Groth, F. van Harmelen, and R. Hoekstra. *A Semantic Web Primer*. Cooperative Information Systems. MIT Press, 2012.
- [42] Bruno Berthon and Philippe Guittat. *Rise of the Intelligent City*. Accenture, 2011.
- [43] B Bowerman, J Braverman, J Taylor, H Todosow, and U Von Wimmersperg. The vision of a smart city.
- [44] O. Corcho. *A Layered Declarative Approach to Ontology Translation with Knowledge Preservation*. Frontiers in artificial intelligence and applications. IOS Press, 2005.
- [45] Bruno Dumas. *Internet of Things; 1 – Introduction*. Université de Namur, 2014-2015.
- [46] Jérôme Euzenat. Data interlinking. <http://fr.slideshare.net/ld4sc/data-interlinking>. (Visited on 30/07/2015).
- [47] K laus Roving Kristiansen Maria Kanstrup-Clausen Marianna Lubanski Jonas Mortensen, Frederik Jonsbak Rohde. Danish smart cities: sustainable living in an urban world. http://www.dac.dk/media/37489/Danish%20smart%20cities_report.pdf. (Visited on 5/07/2015).
- [48] HEC-ULg ; Nathalie Crutzen PhD Chargée de Cours HEC-ULg Jonathan Desdemoustier, Chercheur-Doctorant. Smart cities en belgique: Analyse qualitative de 11 projets. <http://labos.ulg.ac.be/smart-city/wp-content/uploads/sites/12/2015/10/Rapport-Smart-City-Institute-Novembre-2015.pdf>.
- [49] Nicos Komninos, Charalambos Bratsas, Christina Kakderi, and Panagiotis Tsarchopoulos. Smart city ontologies: Improving the effectiveness of smart city applications. *Journal of Smart Cities*, 1(1), 2015.
- [50] Natalya F. Noy and Deborah L. McGuinness. Ontology development 101: A guide to creating your first ontology. Technical report, March 2001.
- [51] Lionel Tabourier Renaud Lambiotte. *Théorie des graphes*. Université de Namur, 2013-2014.
- [52] A. Sheth. *Semantic Services, Interoperability and Web Applications: Emerging Concepts: Emerging Concepts*. Information Science Reference, 2011.
- [53] Christian Bizer Tom Heath. Linked data: Evolving the web into a global data space. <http://linkeddatabook.com/editions/1.0/#htoc2>. (Visited on 07/12/2014).

Annexes

Annexe A

Données Namur : Camping (2009) [5]

Résumé des données relatives au Camping sur Namur. Ces données sont reprises représentent les colonnes A, B, C, D, E, F, H, I, J, N, O, P, Q, R, S et T. Les colonnes J et T ne contiennent pas l'information au complet, car trop longue pour tenir dans un tableau Latex.

Tableau A.1: Données Namur : Camping (2009)

A	B	C	D	E	F	H	I	J
2	Les Trieux	Rue des Tris, 99	5020	Malonne	+32(0)81/44.55.83	camping.les.trieux@skynet.be	http://www.campinglestrieux.be	Camping familial niché dans un endroit calme [...]
A	N	O	P	Q	R	S	T	
2	trieux.jpg	15.50 - 21.50€	15.50 - 21.50€	15.50 - 21.50€	15.50 - 21.50€	non	<iframe width="309" height="250" [...]	

Annexe B

Données Namur: Chambres d'hôtes (2009) [6]

Résumé des données relatives aux Chambres d'hôtes sur Namur. Ces données sont reprises représentent les colonnes de A à Y, en omettant les colonnes H, S, T, U et V car vides. Les colonnes M, N, O, P et Y ne contiennent pas l'information au complet, car trop longue pour tenir dans un tableau Latex.

Tableau B.1: Données Namur : Chambre d'hôtes (2009)

A	B	C	D	E	F	G	I	J
1	Le Clinchamp	3	Rue du Clinchamp, 65	5020	Malonne	+32(0)81/44.50.36	mduvuvier@swing.be	http://www.leclinchamp.be
2	Clos du Berger	4	Bois Saint-Antoine, 3a	5100	Wépion	+32479/77.28.48	philippe.bihain@gmail.com	http://www.clos-du-berger.be
3	Côté Fontaine	3	Rue de la Fontaine, 43	5022	Cognelée	+32(0)81/20.04.75	info@cotefontaine.be	http://www.cotefontaine.be
4	Le Beau Vallon	2	Chemin du Beau Vallon, 38	5100	Wépion	+32(0)81/41.15.91	bed@deribaucourt.be	http://www.lebeauvallonwepion.be
5	Accueil Champêtre	2	Rue des Aubépines, 28	5101	Erpent	+32(0)81/31.06.40		
6	Ferme de Reumont	3	Chemin de Reumont, 97	5020	Malonne	+32(0)81/44.18.52	reumont@swing.be	http://www.chambre-dhote.be
8	La Marchanderie	4	Rue Cotibeau, 26	5100	Nannine	+32496/204610	info@marchanderie.be	http://www.marchanderie.be
9	Le Manoir Ivoire	4	Chée de Dinant, 642	5100	Wépion	+32477/527560	info@manoir-ivoire.com	http://www.manoir-ivoire.com
10	Le Petit Bois	4	Rue du Petit Bois, 54	5020	Malonne	+32494/48.02.15	info@lepetitbois.be	http://www.lepetitbois.be
11	Entre ciel et rivage	4	Rue de l'École,79	5100	Dave	+32(0)81/40.22.12	contact@entrecieletrivage.net	http://www.entrecieletrivage.be
12	La Noiseraie	4	Domaine du Bois de Néverlée, 3	5020	Temploux	+32(0)81/25.32.25	info@lanoiseraie.be	http://www.lanoiseraie.be
13	Les Dépendances	1	Haut de Bomel, 14	5003	Saint Marc	+32497/41.05.61	info@lesdependances.be	http://www.lesdependances.be
14	La Maison des Angés	4	Rue des Trappes, 9	5020	Temploux	+3281/56.79.45	fochon.liliane@gmail.com	http://www.maisondesanges.be

A	K	L	M	N	O	P
1	4.804502	50.43858	Dans un cadre calme et aéré [...]	In a quiet, airy setting [...]	In een rustige omgeving, [...]	In ruhiger und luftiger Umgebung [...]
2	4.873088	50.409779	Chambre d'hôtes pour 2 personnes à Namur. [...]	Comfortable guest rooms on the 2nd floor [...]	Comfortabel ingerichte gastenkamer op de tweede verdieping [...]	Bequem eingerichtetes Gästezimmer am 2. [...]
3	4.902577	50.515038	C'est sur les hauteurs à 5 km de Namur [...]	In a small and quiet village, 2 guest rooms [...]	In een klein en rustig dorpje, twee comfortabele [...]	In einem kleinen ruhigen Dorf, zwei sehr bequeme [...]
4	4.859828	50.391684	En pleine nature, à quelques centaines de [...]	Four bedrooms (3 with shared bathr. and 1 [...]	Vier kamers (3 met gemeensch. badk. en 1 met [...])	Vier Zimmer in einem Schlosshof mitten in der Natur. [...]
5	4.897011	50.449128	A l'entrée du vieux village, jolie fermette [...]	At the entrance of the old village, pretty, [...]	Mooie vakwerkhoeve aan de ingang van het dorp [...]	Am eingang des alten Dorfes gelegen, hübsches [...]
6	4.808171	50.431131	Sur les hauteurs et à l'écart du village, ferme [...]	On the hills and on the edge of the village, 16th [...]	Verblijf in een 16de-eeuwse vierkante kleinvee- en [...]	3 Gästezimmer 3 Sterne (2 bis 3 Personen). Ruhige Lage [...]
8	4.939597	50.417033	Prenez le temps de vous accorder une parenthèse [...]	Two comfortable guest rooms on the 1st fl. of an [...]	Twee gastenkamers met groot comfort ingericht op [...]	Zwei sehr komfortable Gästezimmer, eingegliedert [...]
9	4.862589	50.434603	Le Manoir Ivoire est une demeure d'exception érigée [...]	"Le Manoir Ivoire" is an exceptional mansion built in [...]	Le Manoir Ivoire is een uitzonderlijke woning gebouwd in [...]	Die Gästezimmer von "Le Manoir Ivoire" sind wunderbar [...]
10	4.801068	50.421931	Accès par cour intérieure, agrémentée d'une décoration [...]	Access through the inner courtyard, adorned with varied [...]	Toegang langs het binnenhof, opgefrist met florale tonen [...]	Schönes Haus aus 1895. 2 reizenden, großen und bequemen [...]
11	4.893721	50.415407	Au cœur de la vallée mosane, dans un petit village riche [...]	At the heart of the Meuse valley, in a small village with [...]	In het hart van de Maasvallei en in een dorpje met een rijk [...]	Im Herzen des Maas-Tals heißen wir Sie in einem kleinen Dorf [...]
12	4.818106	50.48662	La Noiseraie, maison d'hôtes élégante, située dans un parc [...]	La Noiseraie, elegant Guesthouse, situated in a park [...]	La Noiseraie, elegant gastenhuis ligt een park van 25 [...]	La Noiseraie, elegantes Gästehaus in einem Park von 25 [...]
13	4.857196	50.485146	"Les Dépendances", chambres d'hôtes 1 épi aménagées dans les [...]	"Les Dépendances", bed & Breakfast, 1 spike lodged in old stables [...]	"Les Dépendances", gastenkamers van een korenaar ingericht in [...]	"Les Dépendances", Gästezimmer 1 Sterne, eingerichtet in der alten [...]
14	4.764197	50.484763	Chambre d'hôte de charme 4 épis au calme avec lit double [...]	Bed and breakfast of charm 4 ears quiet with double bed [...]	De gastenkamer Ariel (Temploux) is romantisch en charmant [...]	Bed and breakfast mit Charme 4 Ohren ruhig mit Doppelbett [...]

A	Q	R	W	X	Y
1	45 - 70€	non	clinchamp.jpg	clinchamp_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
2	60 - 75€	non	clos_berger.jpg	clos_berger_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
3	50 - 65€	non	cote_fontaine.jpg	cote_fontaine_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
4	45 - 65€	non	beauvallon.jpg	beauvallon_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
5	50 à 90€	non	Seïdoff.jpg	Seïdoff_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
6	45 - 60€	non	reumont.jpg	reumont_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
8	125 - 135€	non	marchanderie.jpg	marchanderie_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
9	109 - 149€	non	manoir_ivoire.jpg	manoir_ivoire_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
10	82 - 90€	non	petit_bois.jpg	petit_bois_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
11	85€	non	ciel.jpg	ciel_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
12	109 - 149€	non	noiseraie.jpg	noiseraie_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
13	45 - 85€	non	dependances.jpg	dependances_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
14	80€	non	maison_anges.jpg	maison_anges_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]

Annexe C

Données Namur: Gîtes (2009) [15]

Résumé des données relatives aux Gîtes sur Namur. Ces données sont reprises représentent les colonnes de A à Z, en omettant les colonnes H, T, U, V et W car vides. Les colonnes M, N, O, P et Z ne contiennent pas l'information au complet, car trop longue pour tenir dans un tableau Latex. Les colonnes après Z ne seront pas reprises car ignorées par l'exercice.

Tableau C.1: Données Namur : Gîtes (2009)

A	B	C	D	E	F	G	I	J
1	Les Cardamines	2	Comognes de Temploux, 16	5020	Temploux	+32475/270830	lescaramines@hotmail.com	
4	Le Faon	3	Chemin des Marronniers, 49	5100	Wépion	+322/354.06.58	andre.remels@skynet.be	http://www.astronof.com/wepion
5	Ferme Beguin	2	Rue Georges Roquiny, 33	5020	Suarlée	+32(0)81/56.61.26	info@fermebeguin.be	http://www.fermebeguin.be
17	Le Manoir d'Atys	3	Rue du Mologna, 5	5101	Erpent	+32 81/31.09.97 - +32 474/42.60.42	edouard.destreel@freebel.net	
7	Ferme de Bossimé	3	Rue de Bossimé, 2	5101	Loyers	+32496/30.90.16	magdaetandre@hotmail.be	http://www.gitenamur.be
8	Ferme du Haut Dausoulx	3	Rue de l'Echangeur, 36	5020	Dausoulx	+32(0)81/21.18.10		
10	Gîte du Curnolo	3	Rue de Curnolo, 15	5020	Malonne	+32476 750 276	info@gitecurnolo.com	http://www.gitecurnolo.com
11	Gîte du Piroy	3	Chemin des Pierres, 32	5020	Malonne	+32479/936068	gitedupiroy@gmail.com	http://www.gitedupiroy.com
12	Gîte du Rond-Chêne	3	Rue du Rond-Chêne, 66	5020	Vedrin	+32(0)81/20.12.30	pdefraipont@hotmail.com	http://www.www.rond-chene.be
13	La Grange d'Alfred	2	Rue de la Sapinière, 1	5100	Naninne	+32496/30.90.16	magdaetandre@hotmail.be	http://www.gitenamur.be
14	La Sapinière	2	Rue de la Sapinière, 1	5100	Naninne	+32496/30.90.16	magdaetandre@hotmail.be	http://www.gitenamur.be
16	Le Souimanga	3	Rue Ernest Moëns 75	5024	Gelbressée	+32479/71.14.86	michel.kowalski5024@gmail.com	

A	K	L	M	N	O	P
1	50.472678	4.458258	Gîte rural aménagé, avec poutres apparentes, au 1er [...] [...]	Rural lodging, with apparent beams, fitted out on the [...] [...]	Landelijk verblijf met zichtbare balken, ingericht op [...] [...]	Das Ferienhaus ist an der ersten Etage von einem [...] [...]
4	50.427336	4.843871	Petite maison confortable dans un quartier résidentiel [...] [...]	Small comfortable house in a residential district near [...] [...]	Comfortabel huisje in een woonwijk op de hoogten van [...] [...]	Kleines bequemes Haus in einem Wohngebiet auf den Höhen [...] [...]
5	50.782741	4.782373	Deux gîtes propres et bien équipés, aménagés dans le [...] [...]	Two lodgings at the side of a large square blue stone- [...] [...]	2 mooie ingerichte verblijven, aan de zijkaant van een [...] [...]	Zwei ländliche Unterkünfte am Rande eines großen Vierecks [...] [...]
17			Niché dans un écrin de verdure, entre bois et prairies [...] [...]	Nestling in a green setting, between woods and meadows, [...] [...]	De 'Manoir d'Atys' ligt in het groen genesteld, tussen [...] [...]	Das im Grünen, zwischen Wäldern und Wiesen gelegene Ferienhaus [...] [...]
7	50.457928	4.942453	Gîte aménagé dans un ancien château-ferme de fin du 16è s., [...] [...]	Lodging fitted out in a former castle-farm (16th c) in the [...] [...]	Verblijf ingericht in een oude 16de-eeuwse kasteelhoeve, [...] [...]	Ferienhaus eingerichtet in einem alten Schloss-Bauernhof von [...] [...]
8	50.516923	4.877104	Gîte (15 pers.) aménagé dans un ancien manoir en périphérie [...] [...]	Lodging in a former manor on the outskirts of Namur. Square [...] [...]	Verblijf in een oud herenhuis in de omgeving van Namen. Vierkante [...] [...]	Ferienhaus (15 Personen) eingerichtet in einem alten Herrenhaus [...] [...]
10	50.420017	4.797758	Situé au centre de la Belgique, dans un cadre champêtre, à 6 [...] [...]	Holiday cottage quite new and comfortable (75 square metres) [...] [...]	Curnolo is een vakantiehuis van groot comfort van een oppervlakte [...] [...]	Das Ferienhaus von Curnolo ist sehr bequem mit 75 Quadratmeter, ganz [...] [...]
11	50.415926	4.788663	Le gîte est à environ 300 mètres de la route N928 reliant [...] [...]	Lodging in the outbuildings of a former farm situated in a [...] [...]	Verblijf ingericht in de bijgebouwen van een voormalige boerderij, [...] [...]	Unterkunft in den Nebengebäuden eines ehemaligen Bauernhofs am [...] [...]
12	4.873482	50.493618	Le gîte du Rond-Chêne, c'est un gîte de charme situé à 3 km [...] [...]	Charming lodging located near Namur, in a stone-built house, [...] [...]	Verblijf met charme kortbij Namen gelegen. Ingericht in een [...] [...]	Das Ferienhaus "Rond-Chêne" ist ein reizendes Ferienhaus, der 3 km [...] [...]
13	4.928328	50.414474	2 gîtes dans une ferme restaurée en 2004 dans un [...] [...]	2 lodgings in a renovated farmhouse (2004) in a quiet [...] [...]	2 verblijven in een oud boerderijte gerestaureerd [...] [...]	
14	4.928328	50.414474	2 gîtes dans une ferme restaurée en 2004 dans un [...] [...]	2 lodgings in a renovated farmhouse (2004) in a quiet [...] [...]	2 verblijven in een oud boerderijte gerestaureerd [...] [...]	Zwei gemeinschaftliche Ferienhäuser (14 Personen) [...] [...]
16	50.509748	4.952389	Gîte entièrement remis à neuf dans une maison [...] [...]	Fully renovated gîte in a house of character [...] [...]	Volledig vernieuwde gîte in een karaktervol huis [...] [...]	Komplett renovierte Ferienunterkunft in [...] [...]

A	Q	R	S	X	Y	Z
1	140€	230 - 260€	non	cardamines.jpg	cardamines_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
4		230 - 300€	non	faon.jpg	faon_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
5	170 - 290€	390 - 550€	non	beguin.jpg	beguin_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
17	250 - 400	350 - 600	non	manoir_asty.jpg	manoir_asty_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
7	450 - 550€	550 - 700€	non	default.jpg	default_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
8	290€	450 - 550€	non	haut_.jpg	haut_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
10	175 - 210€	265 - 450€	non	curnolo.jpg	curnolo_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
11	170 - 180€	250 - 360€	non	piroy.jpg	piroy_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
12		245 - 295€	non	rond_chene.jpg	rond_chene_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
14	500 - 650€	600 - 750€	non	grange.jpg	grange_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
13	500 - 650€	600 - 750€	non	sapiniere.jpg	sapiniere_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
16	140 - 200€	200 - 320€	non	souimanga.jpg		<iframe width="309" height="250" [...]

Annexe D

Données Namur: Gîtes citadins (2009)

[15]

Résumé des données relatives aux Gîtes sur Namur. Ces données sont reprises représentent les colonnes de A à Z, en omettant les colonnes H, T, U, V et W car vides. Les colonnes M, N, O, P et Z ne contiennent pas l'information au complet, car trop longue pour tenir dans un tableau Latex. Les colonnes après Z ne seront pas reprises car ignorées par l'exercice.

Tableau D.1: Données Namur : Gîtes citadins (2009)

A	B	C	D	E	F	G	I	J
1	Maison Mucha	3	Chée de Waterloo, 198	5002	Saint Servais	+32473/30.55.00	info@maisonmucha.be	http://www.maisonmucha.be
2	Gîtes du Vieux Namur	3	Rue du Président, 32	5000	Namur	+32475/45.76.00	info@lesgitesduvieuxnamur.be	http://www.lesgitesduvieuxnamur.be
3	Namur-Energie	3	Rue Albert Ier, 95c	5000	Namur	+32496/54.40.67	namurenergie@sudepervier.be	http://www.namur-energie.be
4	La Clé des Songes	3	Rue Jean Gilson, 22	5100	Jambes	+32472/75.19.51	julien.jenicot@netcourrier.com	
5	Maison Rops	3	Rue du Président 49	5000	Namur	+32475/45.76.00	info@lesgitesduvieuxnamur.be	http://www.maisonrops.be

A	K	L	M	N	O	P
1	4.844421	50.472549	Gîte citadin 3 épis, aménagé dans une maison Art [...]	The 'Maison Mucha' welcomes guests for business or [...]	Door een recente grondige renovatie verschaft het [...]	Stadtferienhaus 3 Sterne, eingerichtet in einem Haus [...]
2	4.863789	50.462422	4 Gîtes appartements tout confort - pour séjourner [...]	4 guest apartments with every convenience for [...]	4 flats van alle gemakken voorzien, waar u van 2 [...]	4 Ferienappartement mit allem Komfort ausgestattet [...]
3	4.884651	50.466834	Gîte citadin clair et moderne pour 2 à 3 personnes. Cet [...]	Apartment-studio on the 2nd floor without elevator of a [...]	Schone, moderne stad huisje voor 2-3 personen. Appartement-[-...]	Kleine Ferienwohnung in Stadtblrij Für 2-3 Personen, nicht weit [...]
4	4.89114	50.457176	Gîte citadin aménagé à l'étage de la maison des propriétaires. [...]	Stadsvakantieverblijf gebouwd op de eerste verdieping van het [...]	City cottage located on the 1st floor of the owners' home [...]	Stadtferienwohnung, die im ersten Stock des Hauses von den [...]
5						

A	Q	R	S	X	Y	Z
1	190 - 260€	410 - 470€	non	maison_mucha.jpg	mucha_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
2			non	vieuxnam.jpg	vieuxnam_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
3	150€	300€	non	maison_mucha.jpg	mucha_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
4	190 - 260€	410 - 470€	non	energie_gd.jpg	energie_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]
5			non	maison_rops.jpg	maison_rops_pt.jpg	<iframe width="309" height="250" [...]

Annexe E

Données Namur: Hébergements fluviaux (2009) [15]

Résumé des données relatives aux Gîtes sur Namur. Ces données sont reprises représentent les colonnes de A à M, en omettant la colonne D car vide. Les colonnes G, H, I et J ne contiennent pas l'information au complet, car trop longue pour tenir dans un tableau Latex.

Tableau E.1: Données Namur : Hébergements fluviaux (2009)

A	B	C	E	F	G
1	L' Ange-Gabriel	+32487/88.56.87	info@ange-gabriel.be	www.ange-gabriel.be	La péniche amarrée devant le Casino [...]
2	La Valse Lente	+32479/56.91.16	info@lavalselente.be	www.lavalselente.be	Amarrée au confluent de la Meuse et de la [...]
3	Le MS Elisabeth	+32495/43.18.61	croisieres@mselisabeth.com	http://www.mselisabeth.be	Ancienne péniche marchande transformée en [...]
4	Meermin	+32473/30.49.79	laurence@bateaumeermin.be	http://www.bateaumeermin.be	Dans un magnifique cadre verdoyant de la [...]
5	Le Vif Argent	+32486/36.76.84	jerome@vifargent.be	http://www.vifargent.be	Le "Vif Argent" est un remorqueur fluvial [...]
6	Quintus Quartier	+32 475/42.14.39	info@lequintus.be	http://www.lequintus.be	Amarré au pied de la citadelle, le Quintus [...]

A	H	I	J	K	L	M
1	The barge moored in front of the Casino [...]	De rivieraak die voor het Casino ligt [...]	Dieser vor dem Kasino vertäute ehemalige [...]	60€	ange_pt.jpg	ange.jpg
2	Moored at the confluence of the Meuse and [...]	De rivieraak ligt aangemeerd bij de samenvloeiing [...]	Am Zusammenfluss von Sambre und Maas in der Nähe [...]	50 - 70€	valse_pt.jpg	valse.jpg
3	An old merchant barge transformed into a [...]	Voormalige transportboot die is omgevormd [...]	Dieser ehemalige Lastkahn und spätere Vergnügungsschiff [...]	Sur demande / Op aanvraag / On demand / auf Anfrage	ms_elis_pt.jpg	ms_elis.jpg
4	Set in the centre of Namur, we would be [...]	In het centrum van Namen ontvangen we jullie [...]		110€	meermin_pt.jpg	meermin.jpg
5	The boat can receive from 2 to 4 persons. Double [...]	Duitse sleepboot gebouwd in de XX ste eeuw. De boot [...]	Flussschlepper gebaut Beginn XX. Jahrhunderts. Von 2 [...]	120€	vifargent_pt.jpg	vifargent.jpg
6	Moored at the foot of the Citadel, the "Quintus" [...]	Vastgelegd aan de voet van de citadel kunt u de "Quintus" [...]	Am Fuße der Zitadelle, das Schiff "Quintus" wird für []	49€	quintus.jpg	quintus_gd.jpg

Annexe F

Données Namur: Hôtels (2009) [15]

Résumé des données relatives aux Gîtes sur Namur. Ces données sont reprises représentent les colonnes de A à Z, en omettant la colonne M car vide. Les colonnes N, O, P, Q, T, U, V, W et Z ne contiennent pas l'information au complet, car trop longue pour tenir dans un tableau Latex. Les colonnes après Z ne seront pas reprises car ignorées par l'exercice.

Tableau F.1: Données Namur : Hôtels (2009)

A	B	C	D	E	F	G	I	J
1	Le D'Hélice	3	Rue Aviateur Jacquet, 44	5020	Suarlée	+32(0)81/74.88.40	le.d.helice@skynet.be	http://www.ledhelice.be
2	Beauregard	3	Av. Baron de Moreau, 1	5000	Namur	+3281/23.00.28	info@hotelbeauregard.be	http://www.hotelbeauregard.be
3	New Hôtel de Lives	3	Chée de Liège, 1178	5101	Lives-sur-Meuse	+3281/58.05.13	info@newhoteldelives.com	http://www.newhoteldelives.com
4	Le Breughel	1	Chaussée de Liège, 637	5100	Jambes	+32(0)81/31.01.01		
5	Château de Namur	4	Avenue de l'Ermitage, 1	5000	Namur	+32(0)81/72.99.00	info@chateaudenamur.com	http://www.chateaudenamur.com
6	La Ferme du Quartier	1	Place Ste-Marguerite, 4	5004	Bouge	+32(0)81/21.11.05		
7	Formule 1	1	Nouvelle route de Suarlée 12	5020	Rhishes	+32(0)81/56.91.56	h2614@accor.com	http://www.hotelformule1.com
8	Grand Hôtel de Flandre	3	Place de la Station, 14	5000	Namur	+32(0)81/23.18.68	info@hotelflandre.be	http://www.hotelflandre.be
9	Ibis Namur Centre	3	Rue du 1er Lanciers, 10	5000	Namur	+32(0)81/25.75.40	h3151@accor.com	http://www.ibishotel.com
14	NE5T Hôtel & SPA	4	Avenue Vauban, 26	5000	Namur	+3281/58.88.88	info@ne5t.com	http://www.ne5t.com
11	Les Tanneurs	4	Rue des Tanneries, 13	5000	Namur	+32(0)81/24.00.24	info@tanneurs.com	http://www.tanneurs.com
12	Villa Gracia	4	Chée de Dinant, 1455	5100	Wépion	+32(0)81/41.43.43	hotel@villagracia.com	http://www.villagracia.com
13	Hampton's Hôtel Namur	3	Chée de Dinant 1149	5100	Wépion	+3281/46.08.11	info@hamptons-hotel.com	http://www.hamptons-hotel.com
15	The Royal Snail Hotel	4	Avenue de la Plante, 23	5000	Namur	+ 32 81/57.00.23	info@theroyalsnail.com	http://www.theroyalsnail.com

A	K	L	N	O	P	Q
1	50.486755	4.772595	Le d'Hélice est localisé dans un charmant [...]	Enjoy an original stay in the countryside [...]	Geniet van een origineel verblijf op het platteland [...]	Das Hotel liegt in einem reizenden Ort, auf [...]
2	50.457273	4.863579	Situé dans le bâtiment qui abrite également [...]	Located in Namur's casino building, Bearegard [...]	Aan de voet van de Citadel en aan de oever van de [...]	Im Gebäude des Casino de Namur begrüßt Sie das Bearegard [...]
3	50.478319	4.968118	Passé et présent se rencontrent dans cet établissement [...]	Hotel 3 * * * , nearly situated on the bank of the [...]	Hotel, 3 * * * , bijna gelegen aan de oevers van de [...]	Vergangenheit und Gegenwart strömen zusammen in [...]
4	50.46376	4.904881	Hôtel simple, chambres pourvues de bain/douche, [...]	Rooms wit all modern conveniences, with bad/shower, [...]	Van alle comfort voorziene kamers met douche/bad, [...]	Zimmer mit allem Komfort ausgestattet mit Bad/Dusche, TV [...]
5	50.454818	4.853799	Le Château de Namur, hôtel & restaurant d'application [...]	The "Château de Namur", hotel and application restaurant [...]	Het Château de Namur, hotel en opleidingsrestaurant van de [...]	
6	50.472028	4.891383	Ancienne ferme aménagée en hôtel-restaurant. Endroit calme [...]	Ancient farm, converted into a hotel-restaurant. Quiet and [...]	Oude hoeve, verbouwd tot hotel-restaurant. Rustige en ontspannende [...]	Hotel -Restaurant eingerichtet in einem alten Bauernhof. Ruhige Lage [...]
7	50.494866	4.800489	Formule 1, c'est plus de 80 hôtels ultra économiques dans [...]	Formule 1 is a chain of over 80 ultra-economical hotels around [...]	Formule 1, meer dan 360 zeer voordelige hotels in de hele wereld [...]	Formule 1 umfasst über 80 besonders preisgünstige Hotels in [...]
8	50.46812	4.862022	Le Grand Hôtel de Flandre est idéalement situé au centre de [...]	The Grand Hôtel de Flandre is ideally situated in the [...]	Het Grand Hôtel de Flandre is ideaal gelegen in het centrum [...]	Das Grand Hôtel de Flandre in idealer Lage im Zentrum der [...]
9	50.466373	4.871032	Situé à 300m de la gare, à quelques pas du Théâtre Royal, [...]	The hotel is located 328 yds (300 m) from the station, a [...]	Het hotel ligt op 300 meter van het station, op loopafstand [...]	Das Hotel ist 300 m vom Bahnhof und wenige Min. zu Fuß von der [...]
14	50.453097	4.842719	Dissimulé au cœur de l'imposante citadelle médiévale de Namur [...]	Nestled in the heart of the historic Citadel of Namur, an [...]	NE5T is gelegen in het hart van de Citadel van Namen, waar 6 [...]	Im Herz von der Zitadelle von Namur, das NE5T Hotel und Spa vorschlägt [...]
11	50.464594	4.871943	A 8 km de Namur, dans un parc arboré en bord de Meuse;]br; L'hôtel [...]	A stone's throw from the Théâtre de Namur and the Confluence of the [...]	Op een steenwoep van het Theater en de samenvloeiing van Samber en Maas [...]	Ein paar Schritte vom Theater von Namur und der Mündung der Sambre und Maas [...]
12	50.41101	4.880993	A 8 km de Namur, dans un parc arboré en bord de Meuse;]br; L'hôtel Villa [...]	For a relaxing stay or a seminar, we welcome you on the bank [...]	Villa Gracia is gelegen in een boomrijk park dicht bij Namur.[...]	Für einige Entspannungstage oder Seminare erwarten wir Sie in [...]
13	50.410523	4.881041	Le Hampton's Hotel Namur dispose de 110 chambres confortables avec [...]	The Hampton's Hotel Namur offers 110 comfortable rooms with different [...]	Het Hampton's Hotel Namen beschikt over 110 comfortabele kamers met [...]	
15			The Royal Snail Hotel... une expérience unique dans le premier Boutique [...]	The Royal Snail Hotel, a unique experience in the first Boutique [...]	The Royal Snail Hotel, een unieke ervaring in het eerste Boutique [...]	Das Royal Hotel Snail ... ein einzigartiges Erlebnis in der ersten Boutique [...]

A	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	68€	non					delice.jpg	delice_pt.jpg	<iframe width [...]
2	79€	non					beauregard.jpg	beauregard_pt.jpg	<iframe width [...]
3	90 - 140€	non					lives.jpg	lives_pt.jpg	<iframe width [...]
4	50€	non					default.jpg	default_pt.jpg	<iframe width [...]
5	100€	non					chateau_nam.jpg	chateau_pt.jpg	<iframe width [...]
6	72.50€	non					quartier.jpg	quartier_pt.jpg	<iframe width [...]
7	43€	non					formule1.jpg	formule1_pt.jpg	<iframe width [...]
8	85 - 129€	non					flandre.jpg	flandre_pt.jpg	<iframe width [...]
9	69 - 99€	oui	3 chambres adaptées [...]	3 adapted rooms [...]	3 kamers aangepast aan [...]	3 Zimmer zugänglich [...]	ibis.jpg	ibis_pt.jpg	<iframe width [...]
14	110 - 150 €	non					nest.jpg	nest_pt.jpg	<iframe width [...]
11	65€	non					tanneurs.jpg	tanneurs_pt.jpg	<iframe width [...]
12	123 - 173€	non					gracia.jpg	gracia_pt.jpg	<iframe width [...]
13	65€	non					leonardo.jpg	leonardo_pt.jpg	<iframe width [...]
15	125 - 205€	non					royal_snail_gd.jpg	royal_snail_pt.jpg	<iframe width [...]