

3. Infrastructures logicielles des systèmes urbains

- Les systèmes logiciels distribués de la ville intelligente
- Intégration des objets connectés
- Intégration des capteurs sociaux
- **Faire face à l'échelle des systèmes urbains**
- Faire face à l'hétérogénéité des systèmes urbains

Valérie Issarny

VILLES INTELLIGENTES : DÉFIS TECHNOLOGIQUES ET SOCIÉTAUX

Après avoir abordé la problématique d'intégration des capteurs physiques et sociaux dans les systèmes urbains logiciels, nous allons nous intéresser à la réalisation de 2 propriétés essentielles de ces systèmes, c'est-à-dire **faire face à la problématique du passage à l'échelle**, ou encore **l'interopérabilité des systèmes urbains**.

Des systèmes urbains participatifs



2

Commençons par le problème du passage à l'échelle en nous intéressant plus particulièrement au cas des systèmes urbains participatifs, c'est-à-dire incluant le citoyen.

Systèmes participatifs et enjeux de la participation citoyenne



Les systèmes participatifs comme nous l'avons vu dans les séquences précédentes, consistent à permettre aux citoyens d'interagir avec la ville pour informer la ville, mais aussi être informés à propos de la ville.

Par exemple si l'on reprend le cas de l'application Sound city pour la mesure de la pollution sonore, le citoyen informe la ville des mesures qu'il fait lors de son parcours et de la même manière, la ville informe le citoyen de la pollution sonore sur l'ensemble du territoire.

Systèmes participatifs et enjeux de la participation citoyenne

- Comment garantir une participation suffisante et pérenne ?



4

La problématique est ici comment garantir une participation suffisante et pérenne puisqu'une telle contribution du citoyen n'est intéressante que si suffisamment de citoyens participent.

Systèmes participatifs et enjeux de la participation citoyenne

- Comment garantir une participation suffisante et pérenne ?
 - Différentes incitations
 - ✓ Incitation financière
 - ✓ Incitation égocentrique
 - ✓ Incitation altruiste
 - ✓ Incitation démocratique
 - ✓ Incitation ludique
 - ✓ ...



5

Il a été vu dans les séquences précédentes que ceci s'appuyait sur des techniques d'incitation qu'elle soit financière ou encore altruistes ou enfin démocratiques.

Systèmes participatifs et enjeux de la participation citoyenne

- Comment garantir une participation suffisante et pérenne ?
- Comment faire face à une contribution de masse ?



6

Mais une fois que nous avons acquis une participation du fait de l'intérêt du citoyen, le problème qui se pose est comment faire face à une contribution de masse.

Systèmes participatifs et enjeux du passage à l'échelle



Une fois que l'on a acquis une participation suffisante ou un intérêt suffisant des citoyens, la problématique qui se pose est de faire face à un grand nombre de contributions. D'autant plus si l'on considère l'émergence des méga villes avec plus de 10 millions d'habitants. En effet, nous arrivons à un nombre élevé de capteurs qui sont d'une disponibilité variable mais aussi d'une précision variable.

La solution en nuage



8

Une solution classique est de faire appel à l'informatique en nuages où l'ensemble des informations collectées est communiqué aux nuages pour ensuite pouvoir traiter et analyser les données.

Les limites de la solution en nuage



9

Toutefois un problème majeur de l'informatique en nuages est qu'elle conduit à une **consommation de ressources**, en particulier la **ressource réseau**, mais également qu'elle conduit à une **centralisation des informations** qui se fait au détriment du respect de la vie privée comme nous le verrons en semaine 5.
Mais concentrons-nous sur le problème du passage à l'échelle.

Une solution distribuée



10

L'idée est ici de faire appel plutôt qu'une solution centralisée à une solution distribuée où on va pouvoir avoir une gestion distribuée de l'accès aux capteurs.

Une solution distribuée



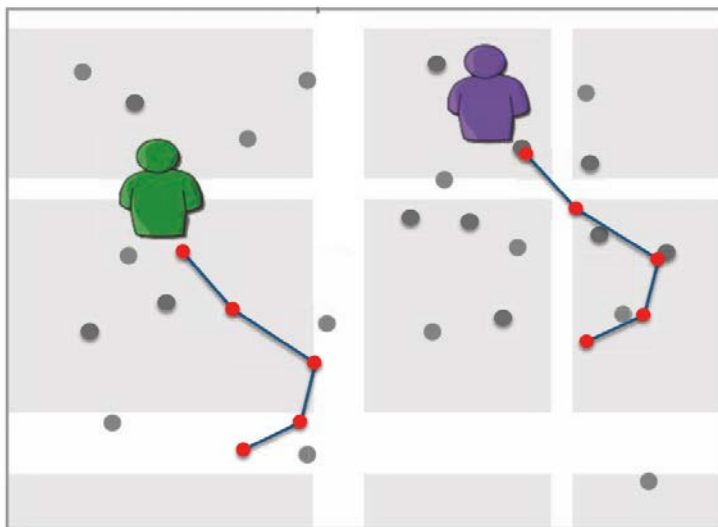
Une approche probabiliste à la réduction du nombre de participants

11

Si l'on prend la gestion de l'accès aux capteurs distribués, l'idée est d'avoir un registre qui est une base de données des capteurs connus et de limiter le nombre de capteurs enregistrés au sein de ce registre.

Mais le problème est comment faire? Nous allons avoir une **approche probabiliste à la réduction du nombre de participants**.

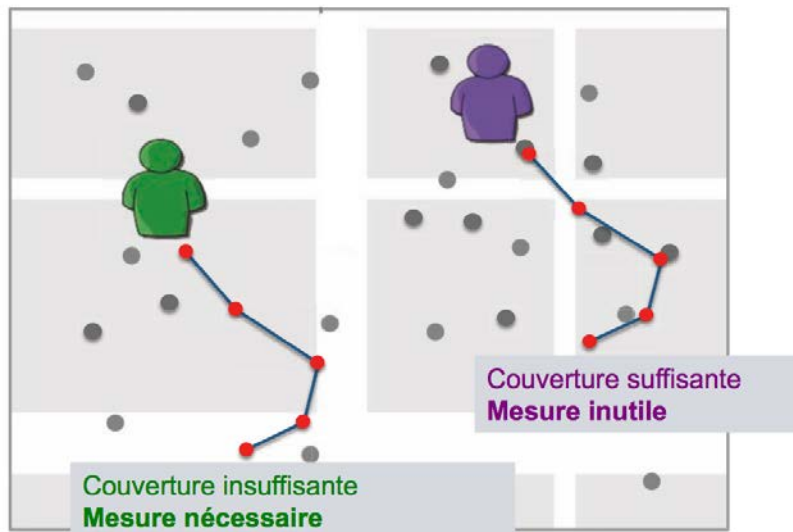
Apport de la mesure ?



12

Pour illustrer la problématique de l'approche probabiliste, considérons tout d'abord **l'apport de la mesure**.

Ignorer les mesures redondantes



En effet, le citoyen est en situation de mobilité et va rencontrer d'autres citoyens, eux-mêmes contribuant à la mesure.

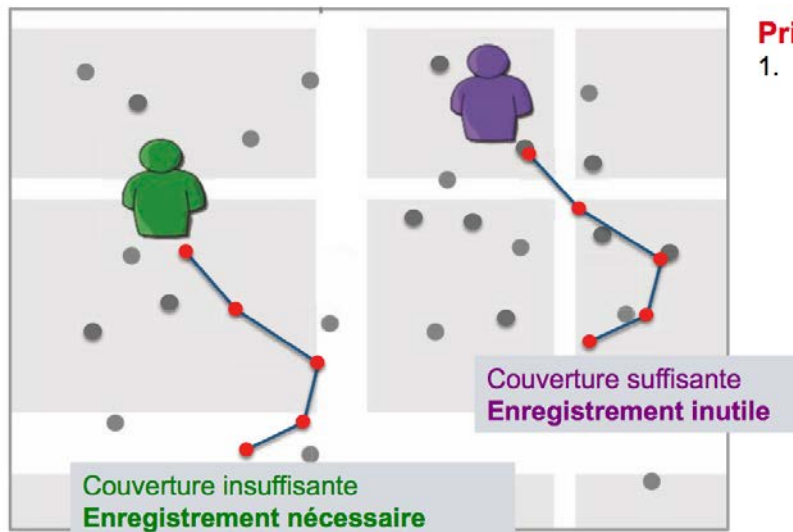
Suivant le parcours de chacun des citoyens, ils peuvent être ou non isolés.

Par exemple le citoyen violet va se retrouver à chaque fois à côté d'un autre citoyen qui également fournit des mesures ?

À l'inverse, le citoyen en vert va être souvent isolé.

Donc nous voyons typiquement que le citoyen violet n'apporte pas de nouvelles mesures comparé au citoyen qu'il rencontre alors que le citoyen vert apporte des mesures qui sont nouvelles et donc nécessaires.

Ignorer les mesures redondantes



Principes de solution

1. Ne pas enregistrer les capteurs redondants pour en limiter le nombre

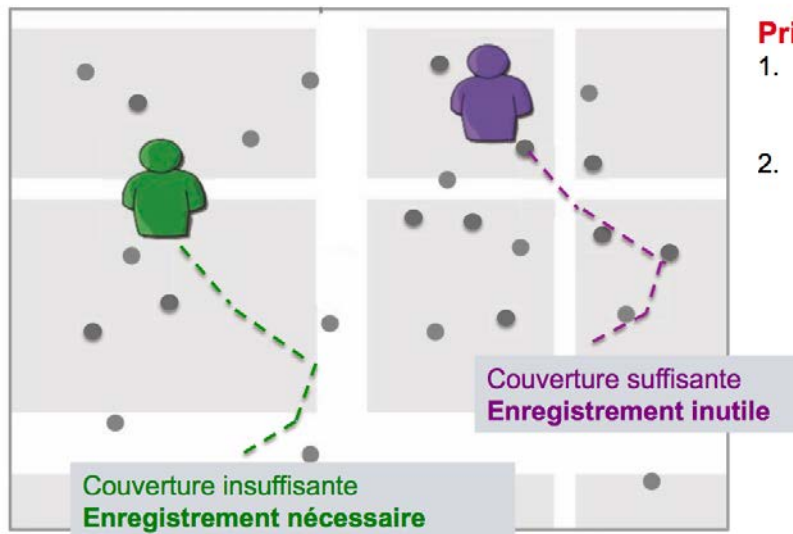
14

Globalement, l'idée est d'**ignorer les mesures redondantes**.

Le principe de la solution consiste à :

- **Ne pas enregistrer des capteurs redondants** pour en limiter le nombre. Nous n'allons pas enregistrer le capteur fourni par le citoyen violet alors que nous allons enregistrer celui fourni par le citoyen vert.

Ignorer les parcours redondants



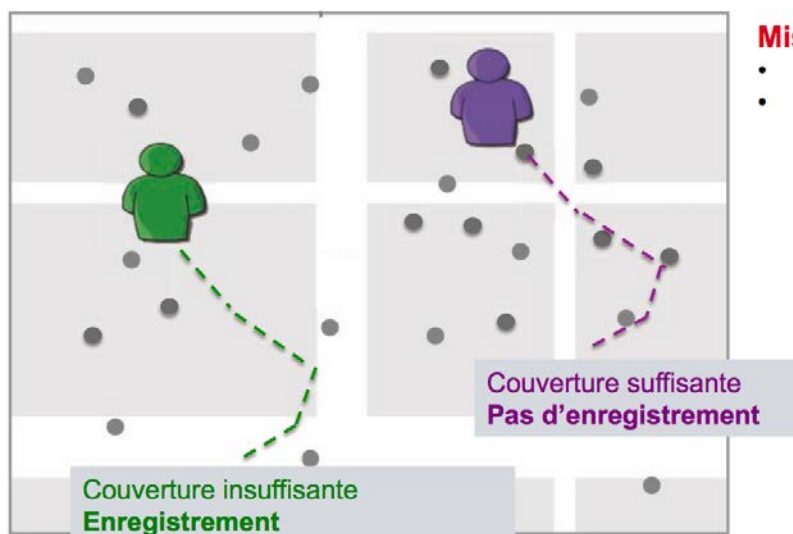
Principes de solution

1. Ne pas enregistrer les capteurs redondants pour en limiter le nombre
2. Anticiper le chemin qui va être parcouru

15

- **Anticiper le chemin qui va être parcouru** : pour ne pas enregistrer les capteurs redondants, il faut connaître la mobilité de l'ensemble des citoyens, ce qui crée une grande masse de données. Donc nous allons faire appel à des modèles de mobilité pour anticiper le chemin qui va être parcouru par les citoyens au cours de la journée.

Ignorer les parcours redondants



Mise en oeuvre

- Calcul distribué
- Estimation des déplacements suivant modèle de mobilité

16

Grâce au modèle de mobilité que nous allons présenter ultérieurement, nous allons pouvoir avoir un **calcul distribué** qui s'appuie sur une **estimation des déplacements des différents citoyens**.

Modèle de mobilité

- TLW – *Truncated Lévy Walk* [RHEE11]

Caractérisation statistique de la mobilité humaine :

- ✓ Direction suivant distribution uniforme dans l'intervalle $(0, 2\pi)$
- ✓ Suite de déplacements sur une distance suivant une distribution de Lévy
- ✓ Vitesse de déplacement constante
- ✓ Pause entre chaque déplacement suivant une distribution de Lévy

17

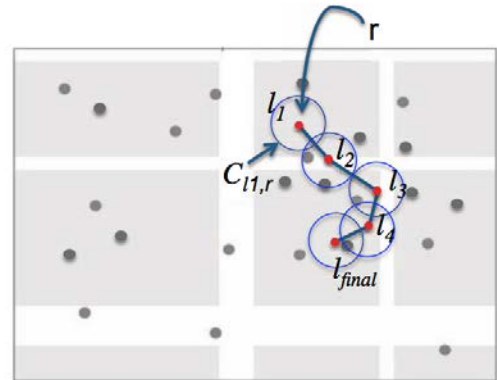
Différents modèles de mobilité ont été proposés dans la littérature, nous nous appuyons plus spécifiquement sur le **modèle TLW (Truncated Lévy Walk)** qui propose une **caractérisation statistique de la mobilité humaine**.

Cette caractérisation est telle que :

- La direction suit une distribution uniforme dans l'intervalle $0-2\pi$,
- Les déplacements suivent pour leur part une distribution de Lévy, c'est-à-dire que la suite de déplacements est composée de déplacements sur courtes distances, mais également des déplacements sur plus longue distance mais de manière plus réduite,
- La vitesse de déplacement est pour sa part constante,
- Entre chaque déplacement, nous avons des pauses qui également suivent une distribution de Lévy, c'est-à-dire que les pauses sont majoritairement sur une courte durée mais on a également des pauses sur une plus longue durée.

Principe de l'algorithme

- Etant donné
 - Nombre et distribution des capteurs enregistrés fournis par le registre.
- Utilisation du modèle de mobilité TLW pour estimer si les capteurs déjà enregistrés :
 - Passeront par l_2 à t_2
 - Passeront par l_3 à t_3
 - ...
- Si la probabilité que tous les points soient déjà couverts est supérieure à un seuil donné, alors le nouveau capteur ne s'enregistre pas



18

Le **principe de l'algorithme** pour un enregistrement probabiliste des capteurs portés par la personne, étant donné le modèle de mobilité TLW que nous venons de voir, est le suivant :

- Tout d'abord de par l'enregistrement des capteurs auprès des registres, nous connaissons le nombre et la distribution des capteurs déjà connus.
- De par le modèle TLW, nous connaissons également ou nous pouvons estimer la mobilité des différents capteurs déjà enregistrés et donc savoir le chemin que ces capteurs vont parcourir.
- Sur la base de ces différentes informations, si la mobilité que tous les points soient déjà couverts est supérieure à un seuil donné, alors le nouveau capteur n'a pas besoin d'être enregistré. Nous parlons donc d'un enregistrement probabiliste puisque tout ceci est basé sur l'estimation de la mobilité des différents citoyens.

L'implémentation MobloT



19

L'algorithme que nous venons de voir a été implémenté dans l'intergiciel Mobiot lequel est déployé sur les téléphones portables liés aux capteurs portés par le citoyen et un registre qui mémorise un sous-ensemble des capteurs déployés dans l'environnement et portés par les citoyens suivant le modèle probabiliste évoqué.

Systèmes participatifs et enjeux de la participation citoyenne

- Comment garantir une participation suffisante et pérenne ?
- Comment faire face à une contribution de masse ?
- Mais aussi :
 - Comment faire face à la diversité des contributions due à l'hétérogénéité des équipements numériques ?



20

Pour revenir au problème plus global des systèmes participatifs et de l'enjeu de la participation citoyenne, nous avons vu des techniques pour :

- garantir une participation suffisante et pérenne grâce à des mécanismes d'incitation,
- faire face à une contribution de masse grâce à des techniques probabilistes.

De manière complémentaire, nous devons faire face à la diversité des contributions due à l'hétérogénéité des équipements numériques, que ce soit la diversité des téléphones portables embarquant des capteurs ou la diversité des capteurs fixes qui sont déployés dans l'environnement.

Références bibliographiques

- Thiago Teixeira, Sara Hachem, Valérie Issarny, Nikolaos Georgantas: *Service Oriented Middleware for the Internet of Things: A Perspective* - (Invited Paper). ServiceWave 2011: 220-229.
- Sara Hachem, Animesh Pathak, Valérie Issarny: *Probabilistic registration for large-scale mobile participatory sensing*. PerCom 2013: 132-140.
- Sara Hachem, Animesh Pathak, Valérie Issarny: *Service-oriented middleware for large-scale mobile participatory sensing*. Pervasive and Mobile Computing 10: 66-82 (2014)
- [RHEE11] Injong Rhee, Minsu Shin, Seongik Hong, Kyunghan Lee, Seong Joon Kim, and Song Chong. 2011. On the levy-walk nature of human mobility. *IEEE/ACM Trans. Netw.* 19, 3 (June 2011), 630-643. <http://dx.doi.org/10.1109/TNET.2011.2120618>

Illustrations & photos : crédits

p. 2, 4-6, 10-11, 20 : © Consuelo Barreto, 123RF

p. 3 : © Diego Cervo, 123RF ; © beholdereye, 123RF ; © Songquan Deng, 123RF

p. 8-9 : © Christos Georgiou, Shutterstock