

# Note de veille - CAPTIVEN

## LES RESEAUX DE CAPTEURS

Juillet 2013

Les réseaux de capteurs sont de plus en plus utilisés dans l'environnement et l'industrie grâce notamment aux derniers développements réalisés dans le domaine des technologies sans-fil (« wireless »). Depuis quelques années, le besoin d'observer, d'analyser et de contrôler des phénomènes physiques sur des zones étendues est essentiel pour de nombreuses applications environnementales et scientifiques. Cette nouvelle manière d'envisager la métrologie, en détectant un phénomène à différents points disséminés sur un système ou un site, fait émerger de nouvelles problématiques technologiques, par exemple sur l'autonomie énergétique des capteurs, et de nouveaux types d'applications nous permettant de mieux connaître notre environnement et d'anticiper les problèmes de sécurité, de pollution, de risques naturels, de défaillances, de maintenance, ou plus généralement de tous phénomènes non désirés qui pourraient être anticipés.

Cette note de veille dresse un état des lieux des derniers travaux et avancées technologiques autour des réseaux de capteurs appliqués à la métrologie environnementale et les tendances futures en termes de technologies et d'applications.

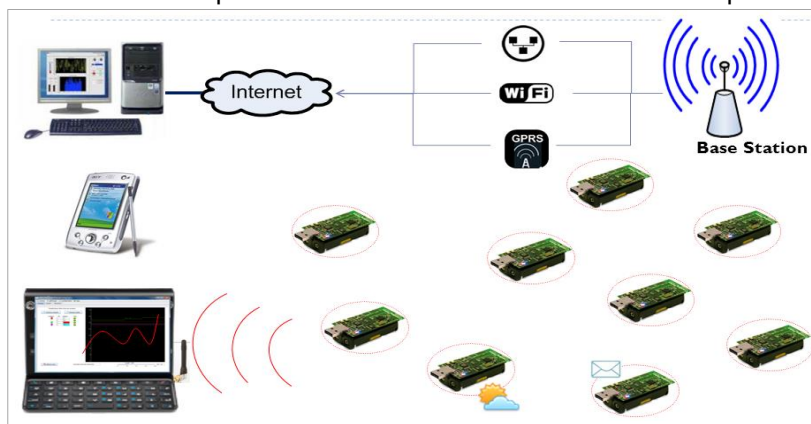
### Définition des réseaux de capteurs

Les réseaux de capteurs sont des systèmes qui regroupent plusieurs capteurs afin de couvrir une zone cible. Cette zone peut être géographique ou délimitée par un système plus ou moins étendu : un ouvrage d'art, un ensemble mécanique, un outillage, un réseau télécoms, ...

Les réseaux de capteurs connaissent de multiples applications telles que la métrologie environnementale, urbaine ou industrielle.

En réseau, ces capteurs peuvent interagir entre eux et avec un système externe (par exemple Internet) par le biais de communication sans fil ou filaire. Les réseaux de capteurs sans-fil concentrent les dernières avancées technologiques et représentent l'opportunité de nouvelles applications. En Anglais, on parle de « WSN » pour « Wireless Sensor Networks ».

Les capteurs sans fil communiquent par le biais des ondes radioélectriques. N'étant pas intégrés à un réseau préexistant ; les capteurs communiquent grâce à un réseau dit « ad hoc », capable de s'organiser sans infrastructure définie préalablement. Ceci implique que chaque capteur puisse retransmettre une information indépendamment ou avec l'aide des autres capteurs et ceci afin d'envoyer l'information à une



Exemple de représentation d'un réseau de capteurs

« station de base » capable de transmettre l'information à l'utilisateur final, par le biais d'Internet ou d'un réseau télécom GSM dans la majorité des cas.

Les capteurs sont capables de mesurer des grandeurs physiques, chimiques ou biologiques, de traiter ces informations et de les stocker. Ils sont alimentés électriquement via une batterie individuelle optimisée pour des tâches comme le traitement de l'information et la communication.

## L'INDUSTRIE DES RESEAUX DE CAPTEURS

### Une forte croissance prévue sur les dix prochaines années [1]

D'après une étude du cabinet IDTechEx de 2012, le marché mondial des réseaux de capteurs devrait croître de 0,45 milliard\$ à 2 milliard\$ entre 2012 et 2022. Cette croissance peut s'expliquer par la démocratisation des solutions technologiques (baisse du prix des composants) et par les utilisations de plus en plus variées (augmentation du nombre d'applications). L'étude souligne la présence accrue du protocole de communication Zigbee dans les dispositifs ainsi que le manque de solutions globales intégrées (des développements logiciels sont nécessaires pour chaque matériel conçu).

La gestion de l'énergie dans les réseaux de capteurs et la recherche de protocole de communication performants sont aujourd'hui les principaux enjeux pour les industriels.

La mise en relation d'un ensemble de données complémentaires intéresse de nombreux secteurs. Cela peut correspondre à un lieu / système ponctuel ou un espace plus large. Voici différentes applications des réseaux de capteurs aujourd'hui :

Marchés d'application	Types d'utilisation
Militaire	Départ de coups d'artillerie, détection des mouvements ennemis ou d'intrusion dans une zone, ...
Industrielle	Maintenance préventive des systèmes (Aéronautique, automobile, ferroviaire, outil industriel), contrôle des procédés de production, ...
Bâtiment et travaux publics	Surveillance d'ouvrages d'arts, monitoring de la consommation énergétique, ...
Environnementale	Pollution des eaux/sols/air, météorologie, activités sismiques, gestion de l'énergie, détection des risques naturels, ...
Energie et réseaux (eau, télécoms, ...)	Mesure de la consommation en temps réel, monitoring des pertes, ...
Autres applications	Agriculture, Sécurité civile, ...

## LES PROGRES DU COTE DES ENTREPRISES

### Les dernières innovations d'application [2] [3] [4] [5] [6] [7]

L'intérêt pour les réseaux de capteurs se renforce chez les acteurs industriels des instruments de mesure où de plus en plus de dispositifs voient le jour.

Exemples d'applications :

- La startup française HiKoB propose depuis 2011 des plateformes logicielles et matérielles composées de capteurs autonomes qui occupent et renseignent sur les caractéristiques d'une zone géographique donnée. Ces réseaux, gérés intégralement par une plateforme « Cloud », sont par exemple utilisés à Lyon pour renforcer les prévisions de Météo France vis-à-vis des risques de verglas et du salage des routes.
- Airparif assure le contrôle de la qualité de l'air respiré en région Ile-de-France à proximité des voies de trafic routier grâce à plus de 60 stations de mesure. Le contrôle très fréquent des appareils permet une bonne fiabilité malgré l'évolution constante des paramètres, notamment au niveau des particules (nature, taille et nombre), qui est un des défis majeurs de l'activité.
- NI (National Instruments) a annoncé en fin d'année 2012 l'intégration d'un réseau de capteurs dans son système NI CompactRIO, destiné à la maintenance préventive des machines industrielles.
- Les sociétés Microsemi et Virtual Extension se sont associées pour établir un jeu de 2 circuits électroniques destinés aux réseaux de capteurs sans fil maillés offrant de hautes performances, des communications solides et une faible consommation d'énergie.



**Un capteur HiKoB intégré sur dans la chaussée**

- En fin d'année dernière Sefram Instruments & Systèmes a introduit Datanet, un dispositif qui permet l'acquisition de données en temps réel applicable jusqu'à 65 000 unités. Les capteurs mis en réseaux ici mesurent la température et l'humidité d'un environnement et exploitent le protocole Zigbee.

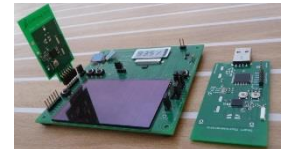


- L'entreprise américaine Sensity Systems a innové en bâtissant le premier réseau de données utilisant la technologie Lifi : des LED comme nœuds et outils de transmission. Chaque LED est capable de capter des informations, les traiter et les envoyer sur le réseau. Une des applications potentielles qui apparaît est la surveillance préventive de tremblements de terre.

### La recherche de performance dans les réseaux de capteurs [8] [9] [10]

Les améliorations de performances des réseaux de capteurs sont la clef de la réussite pour les industriels :

- Le fabricant de composant semi-conducteur Atmel a signé en juin dernier un accord de licence avec Sensinode, leader des logiciels et internet des objets, visant à simplifier le développement de matériels connectables à des réseaux de capteurs. Selon On World, un milliard de circuits pour réseaux de capteurs sans fil devraient être vendus en 2017.
- La société GreenSystech a conçu des micro-sources d'énergie renouvelable, à partir de la lumière ou de la chaleur, et adaptable à tout type de capteurs et objets. On parle « d'energy harvesting ». Les réseaux de capteurs autonomes à grande échelle sont une des cibles de la jeune entreprise normande.
- Panasonic a affirmé dernièrement avoir mis au point un circuit radio unique couvrant l'ensemble des fréquences utiles aux réseaux de capteurs et avec un gain de consommation de 30%.



## LES PROJETS EN COURS EXPLOITANT DES RESEAUX DE CAPTEURS

### L'eau en chef de fil [11] [12]

Le projet Hypox, financé par l'Union Européenne, a pour objectif de mieux comprendre les phénomènes de changements de l'écosystème dû à la déplétion d'oxygène dans la mer grâce à un réseau de capteurs placé en surface.

Le Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP) et l'Institut Physique de Globe de Paris (IPGP) travaillent depuis 2010 sur un nouveau réseau de contrôle de qualité de la Seine. Encore au stade de prototype, le projet CarboSeine aura pour but d'amener davantage d'expertise par rapport au réseau ODES (Oxygène Dissous en Seine) actuel qui date de 1990, sans le remplacer. Le projet doit également s'adapter aux nouvelles exigences d'un contexte réglementaire en plein changement.

### Vers plus de surveillance de l'environnement [13] [14]

Les campagnes d'études de l'environnement, permettent rarement de sonder un espace de manière suffisamment large. De nombreux projets ont récemment été lancés dans ce sens par des scientifiques.

- SensorScope en est l'illustration, puisque ce projet de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne vise à développer un système de mesure de l'environnement, distribué à grande échelle grâce à un réseau de capteurs alimentés à l'énergie solaire, amenant à des mesures de haute densité spatiale et temporelle. Un système très modulable puisque l'on peut facilement rajouter ou supprimer des stations de détection.
- Sur cette même thématique, EURAMET (European Association of National Metrology Institutes) a récemment lancé un appel à projets sur des réseaux de capteurs pour la métrologie environnementale soulignant l'importance d'inférences entre les informations recueillies pour réellement aboutir à des conclusions objectives. Les objectifs seraient d'améliorer la modélisation informatique et la communication entre les capteurs



**SensorScope : Le réchauffement climatique**

## Des capteurs dans nos smartphones [15] [16]

L'agence européenne de l'environnement a créé ses propres applications mobiles pour smartphones en offrant la possibilité à l'utilisateur lambda de s'informer sur son environnement mais également renseigner toutes informations suspectes, grâce à des capteurs spécifiques intégrés.



**Interfaces de l'application mobile Noisewatch pour mesurer le bruit**

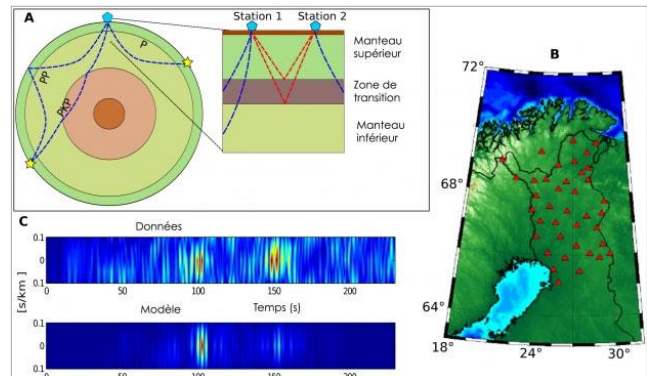
A l'École de Recherche en Sciences Informatiques de l'université nationale australienne, des chercheurs réfléchissent également à des applications mobiles pour transformer les smartphones en capteurs intelligents, en passant par la plateforme logicielle Global Sensor Network.

## L'utilité des réseaux de capteurs sismiques [17] [18] [19]

L'utilisation de capteurs sismiques en réseaux présente de nombreux avantages.

Le système DACEA (Danube Cross-Border System for Earthquake Alert) est la dernière création de l'Institut national de physique de la terre et a pour but de prévenir plus efficacement, et avec un gain de 30 secondes environ sur les méthodes actuelles, les tremblements de terre entre la Bulgarie et la Roumanie.

- Des sismologues de l'Institut des sciences de Grenoble ont réussi à utiliser les ondes de volume du bruit sismique pour visualiser les structures profondes du manteau terrestre à l'aide d'un réseau de 42 stations sismologiques au nord de la Finlande.
- Un projet d'un an a été lancé par Gipsa-Lab en janvier dernier pour le laboratoire OSUG avec pour objectif de localiser les chutes de séracs et les écoulements sous-glaciaires en enregistrant les signaux sismiques. Le réseau de capteurs permettra également de caractériser le débit des sources d'eau qui alimente les barrages ou de mieux connaître les écoulements d'eau intra-glaciaires.



**Les informations transmises et la cartes du réseau de capteurs sismiques en Finlande**

## Les projets à suivre [20]

De nombreuses recherches sont actuellement en cours autour des réseaux domestiques et urbains et ces technologies trouveront sans doute leurs applications dans le monitoring environnemental. Comme le projet Greco qui vise à optimiser la consommation et la puissance des objets communicants autonomes dans les bâtiments.

## LES SUJETS DE RECHERCHE ET TENDANCES FUTURES

### Les derniers sujets de recherche [21] [22] [23] [24] [25]

Exemples de récents travaux scientifiques :

- Un système sécurisé de collecte et de gestion des données pour les réseaux de capteurs sans fil (thèse) : sujet très impactant devant le risque de piratage des communications dans ces réseaux.
- L'amélioration de la qualité de transfert de données pour un réseau de capteurs mobiles en proposant une nouvelle architecture de routage appelé RoCoMAR (Robots' Controllable Mobility Aided Routing)
- Les systèmes de communication Ultra Wide Band qui pourraient représenter de nombreux avantages pour le développement de réseaux sans-fil en permettant des accès multiples en très haut débit et bas débit avec une consommation énergétique minimale.
- La mise au point d'une méthode de communication destinée aux réseaux de capteurs hétérogènes sans-fil. Hétérogène car ces réseaux sont constitués de dispositifs de détections variés qui collectent et transmettent des typologies de données différentes.

- Une méthode d'aide au choix des nœuds de têtes de grappes candidat dans un réseau, c'est-à-dire les nœuds qui vont collecter les informations des autres capteurs. Ce choix joue un grand rôle dans les performances du réseau et de son efficacité énergétique.

### Vers des villes de plus en plus connectées [26] [27] [28]



En 2050, 75% de la population mondiale sera urbaine, les villes sont donc aujourd'hui parmi les principales cibles du déploiement de réseaux de capteurs.

Ainsi, on voit par exemple apparaître des start-ups positionnées sur les réseaux de capteurs communicants dans un protocole IP destiné au relevé simultané de compteurs d'électricité et gaz, on parle de « smart metering ».

De nombreuses villes commencent à s'équiper en réseaux de capteurs pour mesurer la qualité de l'air, les nuisances sonores, l'humidité ou encore pour la régulation du trafic routier. Par exemple, la ville de Nice s'est équipée à partir de 2008. Cela permettra à terme de mieux gérer les infrastructures, d'équilibrer les consommations d'énergie, de mieux répartir les flux routiers, ou d'établir des cartes de pollution.

Un autre exemple de cette démocratisation est la société Sigfox qui vient d'achever le déploiement d'un nouveau réseau de communication dédié à l'internet des objets et aux capteurs dans 95 % des villes françaises.

Enfin, à Lille le réseau souterrain de la ville devrait être le théâtre d'une expérimentation de réseau de capteurs intelligents qui renseignera principalement les débits, les contraintes et les localisations tout au long des 12 km de canalisations. Cette action intervient dans le cadre du lancement d'une « chaire » d'enseignement et de recherche sur les réseaux urbains.



*Visualisation de la fréquentation du métro à Paris*

## REFERENCES

- [1] Etude ID TechEx  
<http://www.idtechex.com/research/reports/wireless-sensor-networks-wsn-2012-2022-forecasts-technologies-players-000314.asp>
- [2] NI : Surveillance pour maintenance préventive  
<http://www.ni.com/newsroom/release/ni-embedded-monitoring-products-minimize-downtime-prevent-structural-failure-and-analyze-fatigue/fr/>
- [3] HiKoB : Capteurs de terrain  
<http://business.lesechos.fr/directions-generales/numerique/hikob-favorise-la-creation-et-l-aide-a-la-decision-7798.php>
- [4] Airparif – Pollution de l'air  
<http://www.usinenouvelle.com/article/environnement-airparif-traque-la-pollution-de-l-air-parisien.N191414>
- [5] Microsemi et Virtual Extension  
[http://www.lembarque.com/les-reseaux-de-capteurs-sans-fil-mailles-courent-apres-la-sobriete\\_000406](http://www.lembarque.com/les-reseaux-de-capteurs-sans-fil-mailles-courent-apres-la-sobriete_000406)
- [6] Sefram – Enregistreur de données  
<http://www.usinenouvelle.com/article/enregistreurs-de-donnees-sans-fil.N182340>
- [7] Sensity – LED  
[http://www.lembarque.com/les-reseaux-de-capteurs-peuvent-tirer-profit-de-l-usage-des-led\\_000436](http://www.lembarque.com/les-reseaux-de-capteurs-peuvent-tirer-profit-de-l-usage-des-led_000436)
- [8] Atmel – Sensinode  
[http://www.lembarque.com/reseaux-de-capteurs-sans-fil-tout-ip-sensinode-monte-a-bord-des-microcontrolleurs-datmel\\_000636](http://www.lembarque.com/reseaux-de-capteurs-sans-fil-tout-ip-sensinode-monte-a-bord-des-microcontrolleurs-datmel_000636)
- [9] GreenSystem - Microsources  
[http://lentreprise.lexpress.fr/business-web-high-tech/des-capteurs-alimentes-par-plusieurs-sources-d-energie\\_37732.html](http://lentreprise.lexpress.fr/business-web-high-tech/des-capteurs-alimentes-par-plusieurs-sources-d-energie_37732.html)
- [10] Panasonic - Multibande  
<http://www.lembarque.com/les-reseaux-de-capteurs-sans-fil-ont-desormais-leur-circuit-radio-unique->

[multibande\\_000577yLnBkZg%3D%3D&cidReset=true  
&cidReq=GME305](http://www.multibande_000577yLnBkZg%3D%3D&cidReset=true&cidReq=GME305)

[11] Hypox  
<http://www.hypox.net/>

[12] CarboSeine  
[http://www.revue-ein.com/archives-actus/1061/Vers\\_un\\_nouveau\\_reseau\\_de\\_surveillance\\_de\\_la\\_qualite\\_des\\_eaux\\_de\\_la\\_Seine/?rech\\_globale=%2BWEG+%2BFRANCE+%2BSAS](http://www.revue-ein.com/archives-actus/1061/Vers_un_nouveau_reseau_de_surveillance_de_la_qualite_des_eaux_de_la_Seine/?rech_globale=%2BWEG+%2BFRANCE+%2BSAS)

[13] Projet métrologie environnementale  
<http://www.emrponline.eu/call2013/SRTs/SRT-v08.pdf>

[14] SensorScope  
<http://lcav.epfl.ch/sensorscope-en>

[15] Agence Européenne de l'Environnement  
<http://www.eea.europa.eu/mobile>

[16] Application mobiles – Australie  
<http://www.atelier.net/trends/articles/mobiles-se-transforment-reseau-de-capteurs>

[17] Sismique – Roumanie et Bulgarie  
<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/73379.htm>

<http://www.ujf-grenoble.fr/universite/medias-et-communication/actualites/le-bruit-sismique-utilise-pour-la-premiere-fois-pour-imager-des-structures-profondes-du-manteau-terrestre-333548.htm>

[19] Sismique – Ecoulements sous-glaciaires  
[http://www.gipsa-lab.grenoble-inp.fr/recherche/projets.php?id\\_projet=189](http://www.gipsa-lab.grenoble-inp.fr/recherche/projets.php?id_projet=189)

[20] Greco et autres projets urbains  
<http://cri-grenoble.com/node/12>

[21] Thèse – Collecte sécurisée  
<http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00814664/>

[22] RoCoMAR  
<http://www.mdpi.com/1424-8220/13/7/8695>

[23] Ultra Wide Band  
<http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00840023>

[24] Hétérogénéité  
<http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00771767/>

[25] Choix de tête de grappe  
<http://www.hindawi.com/isrn/sn/2013/909086/>

[26] Villes – Cote d'Azur  
[http://www.lepoint.fr/villes/les-capteurs-envahissent-la-metropole-06-06-2013-1684582\\_27.php](http://www.lepoint.fr/villes/les-capteurs-envahissent-la-metropole-06-06-2013-1684582_27.php)

[27] Sigfox  
<http://entrepreneur.lesechos.fr/entreprise/tendances/actualites/0202829791351-comment-les-capteurs-vont-changer-la-ville-10030227.php>

[28] Réseau d'eau - Lille  
<http://www.20minutes.fr/lille/1108697-capteurs-reseau-eau>

[18] Sismique – UJF – Bruit sismique

Note rédigée par Benoît Rivollet et Claude-Emmanuel Serre, Tech2Market

**Tech2Market**  
[www.tech2market.fr](http://www.tech2market.fr)