

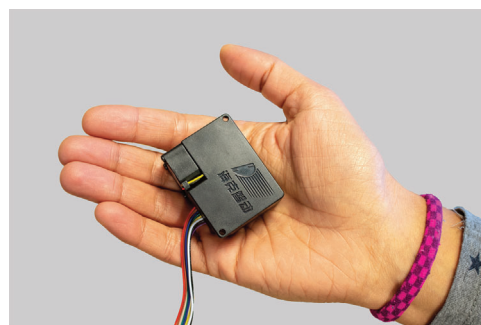
éditorial

POLLUTION DE L'AIR : ÊTRE OU NE PAS ÊTRE CONNECTÉS ?

Telle pourrait être la question. Déjà en 2002, Atmo Normandie (*Air Normand à l'époque*) s'était intéressé aux micro-capteurs, en l'occurrence pour la mesure de l'ozone. Après une multitude de tests terrains et des résultats mitigés, c'est la modélisation qui avait alors pris le pas pour une représentation cartographique de ce polluant. La technologie ayant progressé et l'intérêt des particuliers se tournant vers la mesure individuelle (on parle maintenant de capteurs -citoyens), les micro-capteurs reviennent sur le devant de la scène. Nous sommes entrés dans une nouvelle ère où le numérique s'infiltré dans notre quotidien. Miniaturisés et affichant des résultats instantanés, les micro-capteurs pour mesurer la pollution de l'air sont d'actualité. Le marché, car il s'agit bien avant tout de marché, foisonne de tant de propositions que le consommateur s'en trouve parfois perdu. Aujourd'hui, Atmo Normandie continue de s'intéresser à ces nouvelles technologies et se prête d'ailleurs à des expériences avec des partenaires comme par exemple Citeos et la Métropole Rouen Normandie pour évaluer l'utilisation de micro-capteurs dans la régulation du trafic. On peut citer également les premiers vols de micro-capteurs embarqués sur des drones avec Normandie AeroEspace ou encore les travaux avec les experts en statistiques de l'INSA, des universités Paris-Descartes et Paris-Sud. L'objectif est de pouvoir traiter l'ensemble des données et non pas de les opposer. Ce numéro de L'air Normand fait le point. Je vous en souhaite bonne lecture.

Denis Merville
Président d'Atmo Normandie

dossier :: les micro- capteurs



Des capteurs portatifs

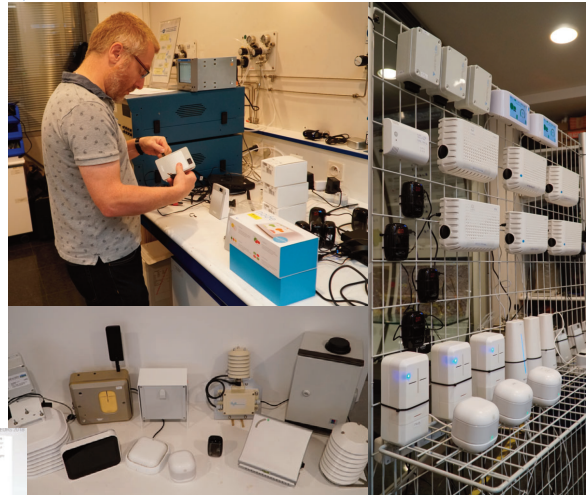
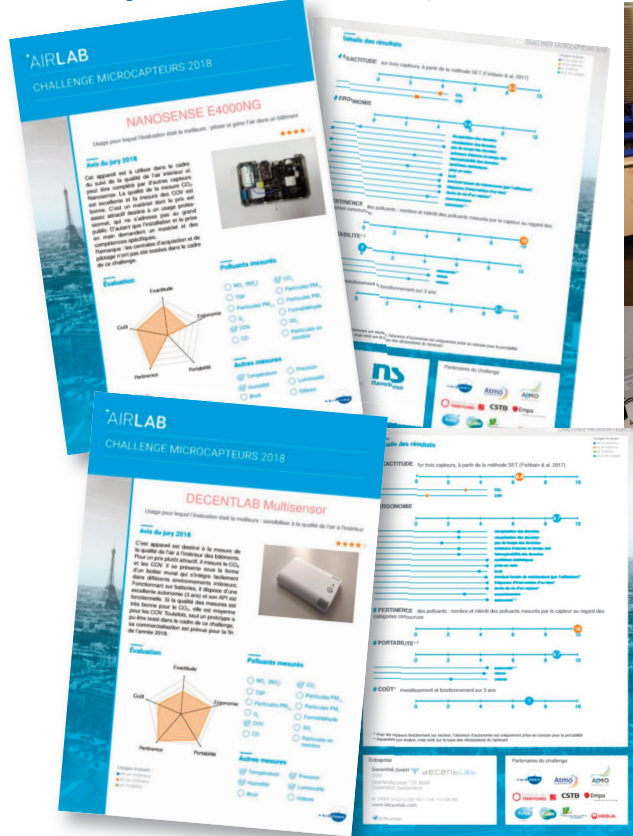
Avec de nombreux fabricants recensés, les micro-capteurs pour la mesure de la qualité de l'air foisonnent sur le marché français et international. Des nouveautés sont enregistrées quasiment toutes les semaines...

LES MICRO-CAPTEURS FONT LE BUZZ*

* les mots indiqués par un astérisque (*) dans cet article relèvent d'un vocabulaire récent lié au développement du numérique et sont explicités dans un glossaire en 6^{ème} page.

CHALLENGE 2018 : DES MICRO-CAPTEURS SUR LE BANC D'ESSAI

Un Challenge micro-capteurs a été proposé par Airparif et ses partenaires pour tester des solutions disponibles sur le marché (pour les fabricants qui le souhaitaient) et apporter ainsi un appui aux utilisateurs. Pendant trois mois, Airparif a mené une série de tests sur un total de 29 capteurs. Les résultats à ces tests ont donné lieu à des fiches synthétiques mises librement à disposition sur le site d'AIRLAB (www.airlab.solutions).



Test de micro-capteurs dans le laboratoire de métrologie d'Airparif

Ci-contre un exemple de fiches synthétisant les résultats des différents tests. Le E4000NG par NanoSense parmi les lauréats pour la catégorie « piloter et gérer l'air dans un bâtiment » et le Multiensor par Decentlab parmi les lauréats pour la catégorie « sensibilisation sur la qualité de l'air intérieur ».

Depuis plusieurs années, les objets connectés envahissent notre quotidien : domestique (= domotique*), montres, réfrigérateurs ou cafetières, assistants vocaux, drones, voitures... Une multitude d'accessoires peuvent se greffer aux smartphones en exploitant leurs composants (GPS*, gyroscope*, données internet mobile, appareils photos...)

En parallèle, les méthodes de connexion ont muté : 4G*, Cloud*, Wi-Fi*, Bluetooth*... L'époque du tout filaire devient un lointain souvenir. Nous ne sommes plus contraints d'être sédentaires pour être connectés. C'est ainsi que des personnes se sont regroupées en communautés, sur des plateformes numériques. Le « participatif » est mis en avant : pétitions en lignes, crowdfunding*, crowdsourcing*, jeux en réseau par équipes, vélotafeurs*... Les exemples sont innombrables. La mouvance sociétale et technologique du numérique a interféré avec le métier de la surveillance de la qualité de l'air. Les micro-capteurs pour mesurer les polluants en sont une illustration.

Comme pour les applications GPS mobile qui permettent aux utilisateurs d'indiquer toute sorte d'événement rencontré sur leur itinéraire, les micro-capteurs pourraient être un maillon à part entière de la chaîne de mesure. C'est bien naturellement que les AASQA s'y intéressent et testent leurs caractéristiques techniques intrinsèques, ainsi que les questions du stockage et du traitement de ces données.

Micro-capteurs : un sujet pluridisciplinaire

Les micro-capteurs intéressent divers corps de métiers. Conscients de ce potentiel, de plus en plus d'investisseurs se lancent dans l'aventure et développent leur propre micro-capteur. De nombreux acteurs se disputent actuellement le marché. Ils s'accompagnent de techniciens, de développeurs, de statisticiens mais aussi de cartographes pour spatialiser l'utilisation citoyenne de leurs produits. Les micro-capteurs sont généralement reliés à une application mobile ou à une plateforme numérique participative. Les composants électroniques des micro-capteurs ne sont pas réservés aux professionnels. Il est possible pour les particuliers de s'en procurer à l'unité. Après quelques requêtes sur un moteur de recherche internet, il est facile de trouver des tutoriels pour monter, pas à pas, son propre dispositif. Des ateliers s'organisent également autour des micro-capteurs. L'accès à cette technologie est « démocratique ».

Pas de cadre réglementaire pour les micro-capteurs

Les appareils conventionnels pour la mesure de la qualité de l'air, utilisés par Atmo Normandie et ses homologues des autres régions françaises, répondent à des normes strictes. Leurs résultats sont restitués, via le ministère en charge de l'environnement, à la communauté

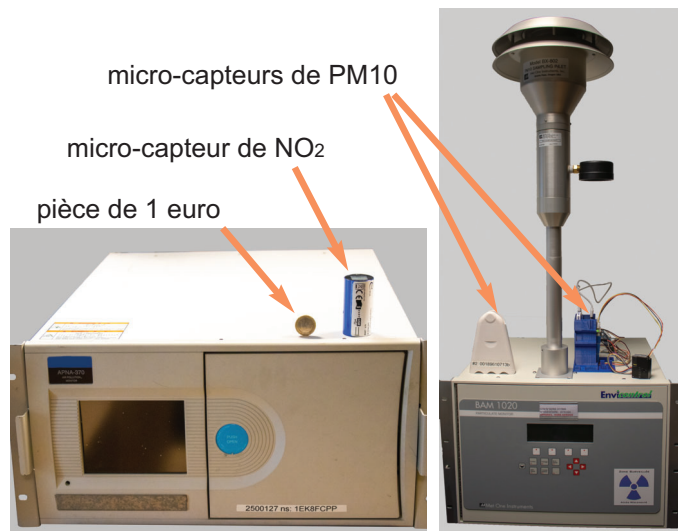
européenne. Les instruments de mesure sont vérifiés régulièrement selon des procédures de contrôle, maintenance, étalonnage. Ils sont soumis à des tests d'intercomparaison réguliers par le LCSQA¹. Ce suivi permet d'assurer la concordance des mesures et leur comparaison au niveau national.

A contrario, les micro-capteurs ne sont pas soumis, aujourd'hui, à de telles exigences techniques et réglementaires. Des travaux sont cependant en cours au niveau de l'Union Européenne avec le CEN (Comité Européen de Normalisation).

Les atouts et faiblesses des micro-capteurs

Ils sont « smart », les micro-capteurs, ils font de l'œil à tous les aficionados des nouvelles technologies. Ils répondent à un besoin

¹Laboratoire Central De Surveillance de la Qualité de l'Air



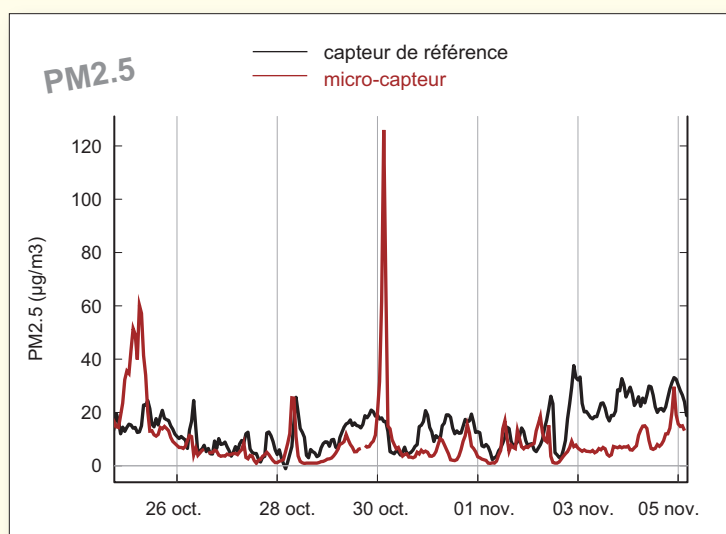
Micro-capteurs posés sur les capteurs conventionnels et agréés.
A gauche pour le NO₂ et à droite pour les particules en suspension (PM₁₀).

d'information claire et concrète. Les individus concernés par la qualité de l'air souhaitent connaître ce qu'ils respirent en temps réel, là où ils se trouvent. Ce sont ainsi d'excellents outils de sensibilisation : sorte de thermomètre personnel. Ces appareils rendent visible l'invisible. Chiffrer rend palpable les phénomènes de pollution.

Les vendeurs de micro-capteurs ont compris qu'ils avaient une carte à jouer et ont d'ores et déjà investi certains domaines. Ainsi pour certaines gammes de voitures, la circulation de l'air dans l'habitacle est gérée de manière automatique grâce à des micro-capteurs de CO, monoxyde de carbone. Le même principe existe, avec la mesure du CO₂, dioxyde de carbone, pour la surveillance et la ventilation de l'air intérieur dans les locaux professionnels.

Les micro-capteurs, comme leur nom l'indique, sont de petites tailles

Exemple de test réalisé en parallèle sur un capteur conventionnel agréé et un micro-capteur commercialisé pour les PM2.5



Sur le graphe ci-contre, on remarque que globalement l'allure des 2 courbes se suivent. Le micro-capteur donne une tendance correcte mais en regardant plus précisément les résultats, les valeurs indiquées sont parfois sur-estimées ou sous-estimées, par rapport au capteur conventionnel utilisé par Atmo Normandie.

et légers, donc facilement transportables. C'est à la fois un de leurs atouts "marketing" mais aussi un de leurs points faibles "technologiques". En effet, leurs composants électroniques ne se comportent pas de la même manière selon le lieu d'exposition : beaucoup sont sensibles aux variations de température, à l'humidité, aux mouvements... Les résultats peuvent différer selon les concentrations rencontrées (fortes ou faibles) ou encore selon la nature même des particules. Des dérives dans le temps peuvent aussi être observées.

Les progrès technologiques sont cependant rapides et les points négatifs des micro-capteurs seront peut-être levés demain. Les atouts d'aujourd'hui, autorisent d'ores et déjà à imaginer leur place dans le dispositif de surveillance. Ainsi si leur vocation première n'est pas de

fournir des données de référence ni de remplacer le réseau de stations de mesure fixes des AASQA², les micro-capteurs peuvent être envisagés comme complément en renforçant le nombre de points de mesures. Du côté des statisticiens, on planche sur la possibilité de fusionner les mesures « traditionnelles » issues du terrain avec celles, en plus grand nombre, des micro-capteurs en combinant un traitement statistique de type « big data » (voir le Zoom en page 4). Ainsi plus le nombre de données récoltées est important, plus la modélisation (à l'échelle d'une ville ou d'une région), pourquoi pas en temps réel, serait affinée.

Deux rapports récemment publiés et téléchargeables apportent un éclairage détaillé sur les perfor-

² Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

mances de plusieurs micro-capteurs. L'un par Airparif suite au Challenge Micro-capteurs 2018 au cours duquel et pendant 3 mois, 29 capteurs mis à disposition par les fabricants participant au concours ont été évalués. 41 paramètres ont été testés, pour 12 polluants. Le classement s'est effectué selon des critères répartis en 5 grandes familles : l'exactitude, l'ergonomie, la pertinence des polluants mesurés (selon l'usage annoncé du micro-capteur), le coût et la portabilité. Le second rapport d'évaluation est signé par le LCSQA qui a organisé le 23 novembre dernier, un colloque sur le sujet. Ce fut l'occasion de dresser des perspectives d'utilisation : modélisation, apports sociologiques et retours d'expériences français et européens.

ZOOM sur....

le travail des statisticiens pour exploiter TOUTES les données



De gauche à droite :

Bruno PORTIER, INSA Rouen Normandie

Michel BOBBIA, Atmo Normandie

Véronique DELMAS, Atmo Normandie

Jean-Michel POGGI, Paris Descartes & Paris-Sud

Les données de pollution de l'air sont de plus en plus abondantes et proviennent d'instruments de toutes sortes, de qualité diverses. Ainsi en complément des analyseurs conventionnels d'Atmo Normandie se trouvent les micro-capteurs, placés en des endroits fixes ou ceux utilisés par tout à chacun : objets connectés (IoT pour les initiés), capteurs individuels ou capteurs-citoyens. Face à cette arrivée massive de données très hétérogènes, Atmo Normandie s'est rapprochée des universités Paris-Descartes, Paris-Sud et de l'INSA de Rouen pour en étudier le stockage et le traitement, nécessitant le développement de méthodes mathématiques et statistiques appropriées.

Une première étude bibliographique a été menée afin d'identifier et de capitaliser les connaissances sur ce sujet. Une seconde étape est amorcée avec la mise en œuvre de techniques de correction et de fusion de données, celles-ci provenant de plusieurs sources, tant fixes que mobiles et de qualité variable (bonne et moins bonne). L'objectif est d'aboutir à des cartes de pollution, réalisées sur une échelle très fine du territoire. Une participation citoyenne sera sollicitée !

3 questions à Jean-Michel Poggi et Bruno Portier

1/ La fusion de données est-elle déjà utilisée dans des domaines autres que celui de la pollution de l'air ?

Oui, dans d'autres domaines, on combine plusieurs sortes d'informations.

Ainsi par exemple, des observations d'aérosols obtenues à partir de divers instruments de télédétection embarqués dans un vaisseau spatial, sont fusionnées. De même en météorologie, pour améliorer les cartographies, on peut combiner des observations par satellite avec des sorties de modèle. Des sources de données, différentes en nature et en échelle, peuvent ainsi être associées. Ou encore, cette approche peut s'appliquer à des informations issues de sondages officiels avec les informations récoltées par des citoyens.

2/ Quelles sont les particularités des données issues des citoyens ?

Leur caractéristique majeure est d'être opportuniste, leur recueil n'est pas planifié. L'observation réalisée par des citoyens ne peut être maîtrisée ni en quantité, ni en localisation, ni même en qualité.

3/ Les sciences participatives sont en plein essor. On parle de Big data. Les statistiques « classiques » peuvent-elles être utilisées ?

Le principal enjeu est de préciser les conditions permettant d'utiliser les données. Il faut évaluer l'apport d'information additionnel : la donnée est-elle complète, est-elle juste ou biaisée... ? Il est difficile d'utiliser directement les statistiques « classiques » (estimation et tests statistiques), car la collecte des données « participatives » engendre un échantillonnage non maîtrisé, anarchique. Deux ensembles de données peuvent coexister ; toutes les données doivent être utilisées. Un premier ensemble regroupe des données moins nombreuses le plus souvent mais associées à un protocole précis d'observation et de recueil. Ce protocole est élaboré en vue d'une exploitation ultérieure. Le second ensemble est constitué de données a priori en grand nombre mais rapportées selon les souhaits et habitudes des observateurs. Leur traitement est l'objet du travail de recherche en cours.

**RÉSEAUX
SOCIAUX****ABONNEZ-VOUS !**

Suite à l'embauche d'un chargé de mission en communication digitale, Atmo Normandie a investi les réseaux sociaux.

Plus précisément, l'association communique sur Facebook et Twitter depuis juin 2018. Devenez "Fan" ou "Follower" !



Atmo Normandie



@AtmoNormandie

LE GLOSSAIRE

Faire le Buzz En anglais, « buzz » signifie bourdonnement », « vrombissement ». On parle de buzz pour un phénomène, une information qui rencontre un vif succès et se propage rapidement notamment sur internet et les réseaux sociaux. Le bouche-à-oreille par voie numérique en quelque sorte.

Domotique Ensemble des techniques de gestion automatisée et centralisée appliquées aux bâtiments, souvent associé à une prise en main à distance. Par exemple : gestion centrale du chauffage ou des volets via une application mobile.

GPS Global Positioning System – système mondial de positionnement géographique par satellite. Il permet de se localiser précisément ou encore de pouvoir se rendre à un point défini. D'abord développé par les américains, des systèmes concurrents se sont développés.

Gyroscope/Accéléromètre Il permet de calculer un angle de rotation. La plupart des smartphones en sont équipés pour repérer précisément la position et l'orientation de l'appareil dans l'espace.

Cloud Système de stockage (données, logiciels...) sur des serveurs distants et non plus sur un ordinateur d'un utilisateur ou en réseau sur un serveur local. L'accès à ce stockage distant se fait par connexion Internet.

Wi-Fi Wireless Fidelity - Technique de communication sans fil entre divers appareils par ondes radioélectriques.

Bluetooth Standard de communication sans fil permettant l'échange à courte distance de données entre appareils.

Crowdfunding Mode de financement collectif et participatif.

Crowdsourcing Mode de production participatif en faisant appel à des connaissances, aux compétences ou à la créativité de personnes externes. Internet a permis de développer ce concept.

Vélotafeurs Communauté de personnes adeptes du vélo pour leurs trajets domicile-travail ou déplacements professionnels.

Fablab Atelier de fabrication mettant à disposition les ressources nécessaires, notamment numériques.

:: TURFU FESTIVAL**OCTOBRE 2018**

Source : TurFU Festival

15 participants se sont inscrits à l'atelier de fabrication d'un micro-capteur lors du Turfu Festival, organisé au Dôme à Caen durant 3 jours en octobre 2018.

Atmo Normandie était présent aux côtés du Dôme et d'Air Citizen les 5, 6 et 7 octobre. Innovation et recherche participative sous forme d'ateliers étaient au cœur de cet événement. Parmi les différentes activités figurait un Fablab* au cours duquel 15 participants ont pu apprendre à construire en équipes et pas à pas un micro-capteur de particules fines avec des composants électroniques tous accessibles dans le commerce. Un boîtier en plastique a été créé avec une imprimante 3D pour contenir et protéger les éléments électroniques. Les participants ont ensuite pu faire une carto-balade dans les rues de Caen et tester les performances de leurs prototypes.



Atmo Normandie

siège social : 3 place de la Pomme d'Or - 76 000 Rouen

antennes locales :

48 rue Denfert-Rochereau - 76600 Le Havre

Citis - Immeuble Le Pentacle, avenue de Tsukuba - 14209 Hérouville-St-Clair Cedex

Tél : 02 35 07 94 30 - Fax 02 35 07 94 40

contact@atmonormandie.fr

Directeur de la publication :: Denis Merville

Rédacteur en chef :: Véronique Delmas

Rédaction :: Kévin Massit, Céline Léger

L'Air Normand

ISSN 1289-3692

déc. 2018

Tirage 3800 exemplaires