DEVELOPPEMENT DE NOUVEAUX MICROCAPTEURS BASES SUR UN SYSTEME D'IMAGERIE POUR LA MESURE DES PARTICULES ET DES POLLENS

A. Chang[1], R. Karnik[1], H. Duprez[2], O. Blanc[3], C. Paulus[3], J.M. Roux[3], J. Allard[2], P. Jallon[2]

[1]Deparment of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 02139, USA
[2]eLichens, 38025 Grenoble cedex 1, France
[3]CEA Leti, Minatec Campus, 38054 Grenoble, France
*Courriel de l'orateur : julie.allard@elichens.com

TITLE

Development of new micro-sensors based on an imaging system for the measurement of particles and pollens

RESUME

Les microcapteurs de particules sont très généralement des compteurs optiques avec un flux d'air libre. La mesure du nombre et des concentrations massiques de particules repose sur les propriétés de diffusion de la lumière et sur des hypothèses concernant la sphéricité et densité des particules. La précision des mesures des concentrations massiques des particules (PM_{10}, $PM_{2.5}$, PM_1) issues de ces capteurs est fortement dépendante de la stabilité du débit d'air, des hypothèses concernant la nature des particules mais également de la limite de détection des particules < 0.3 µm. D'autre part, les particules telles que les pollens, outre leurs concentrations, nécessitent l'identification des espèces allergisantes réalisée généralement par un système de microscopie optique volumineux et non automatisé. En fixant les particules sur un support, un nouveau prototype pour la mesure des particules est développé lors d'une collaboration entre le MIT et eLichens permettant de diminuer la limite de détection des particules (PM < 0.1 µm) et de les imager. Le système compact d'imagerie sans lentille du CEA a également été testé pour l'identification des pollens. Les résultats étant concluant, un démonstrateur temps-réel de microcapteur de pollen basé sur ce système est en cours d'élaboration.

ABSTRACT

Particle microsensors are generally optical counters with free air flow. The particle number and mass concentrations measurements are based on light scattering and assumptions about the sphericity and density of particles. These sensors accuracy regarding the particles mass concentration (PM_{10}, $PM_{2.5}$, PM_1) is strongly dependent on the airflow stability, assumptions about the nature of particles but also on the particles detection limit < 0.3 µm. On the other hand, for particles such as pollens, not only the concentration is needed but also the identification of allergenic species which is generally performed through a large and non-automated optical microscopy system. By fixing the particles on a support, a new prototype for the particles measurement is developed in a collaboration between MIT and eLichens, allowing to image the particles thus decreasing their detection limit (PM < 0.1 µm). CEA's compact lensfree imaging system has been tested for pollen identification. The results being conclusive, a real-time demonstrator of pollen microsensor based on this system is currently under development.

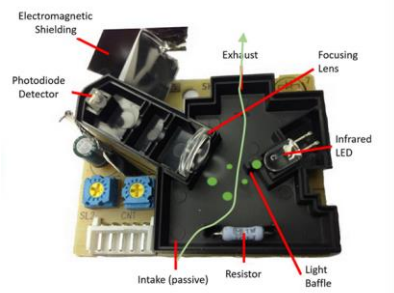
MOTS-CLÉS: microcapteur optique de particules, systèmes d'imagerie, capteur de pollen/
KEYWORDS: optical particle microsensor, imaging system, pollen sensor

1. LIMITES ET CONTRAINTES DES SYTEMES ACTUELS POUR LA MESURE DES PARTICULES ET DES POLLENS

1.1. Microcapteurs de particules

Les microcapteurs de particules présentent un fort intérêt pour investiguer la qualité de l'air intérieure et extérieure, fortement variable spatialement et temporellement et ainsi pouvoir mieux se prémunir et mettre en place des actions en cas de dégradations. Leur principal défi métrologique reste leur performance (EEA Report 2019). Le fonctionnement de ces capteurs repose presque exclusivement sur la diffusion de la lumière : un flux d'air de particules passe devant une source lumineuse (laser), la différence d'intensité des particules selon des classes de taille est alors mesurée, ce qui permet de déduire la concentration massique (Figure 1).

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24822 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs



	Flux d'air	Source lumineuse	Détecteur
Limite de détection	**	**	*
Classification des PM	***	*	*
Précision concentration	***	*	*
Consommation	*	***	*

** Influence faible* **** Influence forte*

Figure 1. Capteur Shinyei PPD42NS (Source : Austin et al. 2015) et influence des composés physiques du microcapteur sur la performance de mesure et la consommation.

La mesure des particules réalisée en flux d'air libre est le facteur prépondérant impactant la précision des mesures : les particules inférieures à 0.3 µm de diamètre ne sont pas détectées et des défauts d'interprétation de la variation d'intensité liées à des changements éventuels de débits d'air. En fixant les particules sur un support avant la mesure, on s'affranchit d'une partie de ces limites.

1.2. Mesure des pollens

La connaissance à fine échelle et en temps-réel du risque allergénique liée au pollen ainsi que sa prévision est un élément essentiel pour se prémunir des allergies liées au pollen, sujet préoccupant de santé publique. En effet, pour limiter les allergies, les deux principaux moyens sont d'éviter les surexpositions et de prendre à l'avance les traitements antihistaminiques. Or, similairement aux autres polluants atmosphériques réglementaires, si les modélisations à fine échelle existent, elles ne reposent que sur des réseaux très peu dense de capteurs de pollen. La France a un des réseaux nationaux les plus denses géré par le RNSA (Réseau National de Surveillance Aérobiologique) avec près de 80 stations. L'instrumentation de référence pour mesurer le pollen, le capteur Hirst, fait l'objet d'une standardisation européenne (CEN/TS 16868 publié en 2015). Cette instrumentation repose sur l'identification manuelle par microscopie optique de pollens conduisant à des mesure précises mais coûteuses et différées. Des instrumentations permettant la mesure en temps-réel de pollens se développent telles que le Swisens Poleno mais ne sont pas compactes pour envisager un déploiement dense. Le problème de volume est principalement lié au système d'imagerie qui doit être miniaturisé.

2. ELABORATION DE NOUVEAUX PROTOYPES ET TESTS DE FAISABILITE

2.1. Microcapteur PM basé sur la déposition et l'analyse d'image

Basé sur le concept de la fixation des particules sur un support se recyclant, la mesure d'intensité permet de diminuer la limite de détection des particules (PM <0.1 µm). De plus, le fait de pouvoir imager les particules avec une caméra CMOS permet d'obtenir d'informations additionnelles comme la nature des particules. Le fonctionnement de ce capteur fait aujourd'hui l'objet d'un brevet. Les différents tests des sous-composants du capteur, réalisés avec des échantillons de référence de sable d'Arizona, ont montré sa capacité à quantifier la distribution granulométrique de particules, notamment inférieures à 0.5 µm ainsi que les concentrations de PM. Une distinction visuelle entre des particules de type biologiques et des particules de l'échantillon de référence a également été montrée.

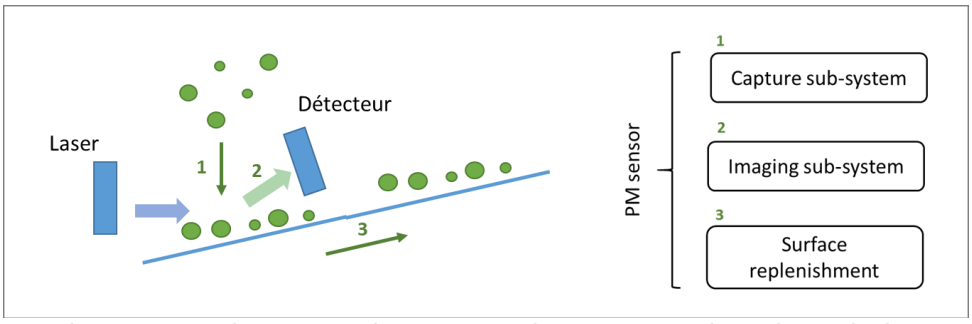


Figure 2. Fonctionnement du nouveau microcapteur optique de particules

2.2. Test de faisabilité pour l'élaboration d'un microcapteur de pollen

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24822 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

Le système miniature d'imagerie sans lentille[1] (< 10 cm) développé par le CEA Leti repose sur un procédé holographique et est aujourd'hui employé pour la mesure de suivi de culture de cellules dans l'industrie pharmaceutique. Des résultats encourageants ont été obtenus pour l'identification de 5 espèces de pollens choisies en conditions statiques. Un démonstrateur temps-réel est en cours de fabrication dont le principal développement concerne le prélèvement d'air qui doit répondre à des contraintes multifactorielles liées notamment à la faible présence des grains de pollens dans l'atmosphère, au temps d'acquisition d'image, à la consommation électrique du système.

Austin E, Novosselov I, Seto E, Yost MG (2015) Laboratory Evaluation of the Shinyei PPD42NS Low-Cost Particulate Matter Sensor. PLOS ONE 10(10): e0141928.

EEA Report No10/2019 (2019) Assessing air quality through citizen science. Available on eea.europa.eu

[1] *http://www.leti-cea.fr/cea-tech/leti/Documents/démonstrateurs/Flyer_Lensfree_num.pdf*

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24822 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs