

# Plateformes mobiles pour les mesures d'aérosols

Ioana POPOVICI<sup>a,b</sup>, Philippe GOLOUB<sup>a</sup>, Luc BLAREL<sup>a</sup>, Thierry PODVIN<sup>a</sup>, Rodrigue LOISIL<sup>a</sup>, Florin UNGA<sup>a</sup>, Augustin MORTIER<sup>c</sup>, Christine DEROO<sup>a</sup>, Cyril DELEGOVE<sup>a</sup>, Marie CHOËL<sup>d</sup>, Stéphane VICTORI<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Univ. Lille, CNRS, UMR 8518 - LOA - Laboratoire d'Optique Atmosphérique, F-59000 Lille, France

<sup>b</sup> CIMEL Electronique, 75011 Paris, France

<sup>c</sup> Norwegian Meteorological Institute, 0313 Oslo, Norvège

<sup>d</sup> Univ. Lille, CNRS, UMR 8516 - LASIR - Laboratoire de Spectroscopie Infrarouge et Raman, F-59000 Lille, France



## Introduction

Les aérosols sont une composante assez variable de l'atmosphère, qui influe sur la qualité de l'air, la santé humaine et le climat. Afin de surveiller les aérosols atmosphériques, les instruments sont mis en réseaux (par exemple AERONET, EARLINET). En outre, la plupart des instruments nécessitent un environnement contrôlé et une maintenance régulière pour leur fonctionnement. Par conséquent, leurs utilisations pour le profilage atmosphérique sont limitées à des emplacements fixes. Parfois, la distribution des aérosols est variable en particulier dans le cas des événements de pollution. Dans ces situations, les observations dynamiques sur le terrain sont une grande nécessité car la variabilité spatiale est impossible à évaluer à partir des mesures ponctuelles.

## Instruments

### Micro-LiDAR (CIMEL CE370) [1] :

- Laser Nd:YAG pompé par diode, 532 nm, 20 μJ, 4.7 kHz
- Emission/réception: « télescope » fibré mono-axe;
- Ø 200 mm, focale 900 mm, FOV (55 μrad); fibre 10 m
- Détection: APD/PhC; résolution verticale 15 m



### PLASMA (LOA) [2] :

(Photomètre Léger Aéroporté pour la Surveillance des Masses d'Air)

- 2 voix (FOV 2-2.5°) (Visible/Si - IR/InGaAs)
- Pointage : GPS + Compas électronique +
- Détecteur quatre quadrants (15° angle FOV)

- 9 Canaux: 340nm 380nm 440nm 500 nm 675 nm 870 nm 940 nm 1020 nm 1640 nm
- 1.8 s pour une séquence complète (VIS-NIR)
- 200km/h (1 mesure tous les 100m)

- Elévation (0-90°) et azimut (0-360°)
- Avion/Voiture/Fixe (0.005 < ΔAOD < 0.01)
- Alimentation 12V (~1A) Connexion PC : RS232
- Acquisition sur PC ou autonome sur Raspberry Pi.
- Dim (mm) Fut Ø132/162 H100, Dôme Ø136 H108
- Poids 3.5Kg sans câbles alim. et système d'acquisition.



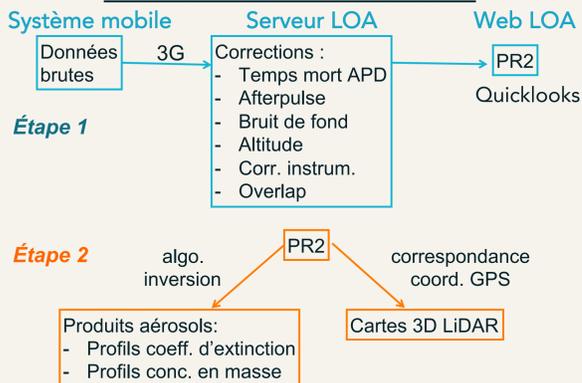
### mini-WRAS (GRIMM) :

- Compteur optique de particules
- Mesure la distribution granulométrique
- 40 canaux de diamètre entre 10nm et 35μm, toutes les minutes avec un débit de 1,2 L / min.
- Système mobile équipé d'une sonde isocinétique (vitesses < 25 m/s)

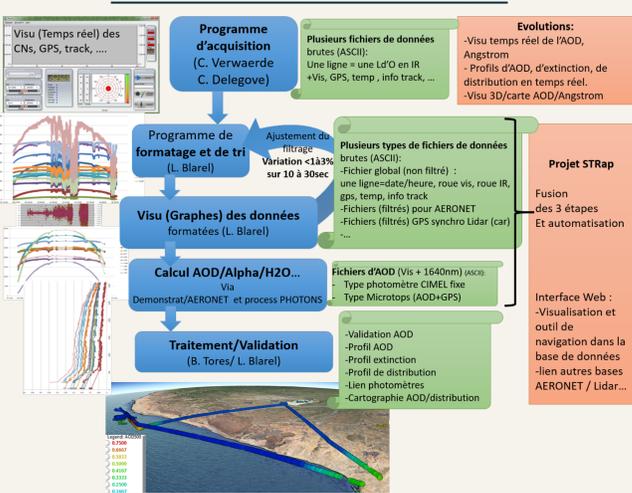


## Méthodologie

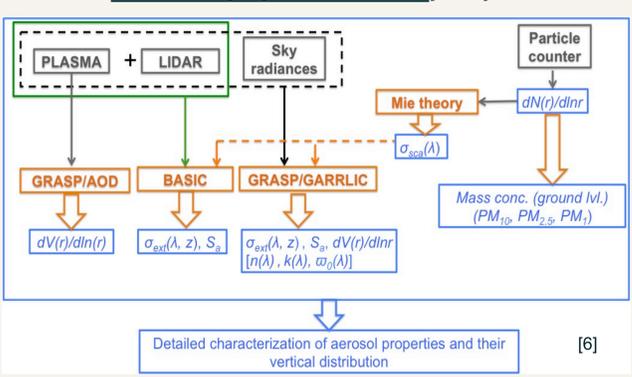
### Chaîne de traitement données LIDAR



### Chaîne de traitement données PLASMA



### Restitution propriétés aérosols [3, 4, 5]



## I. Mesures mobiles (voiture)

### CaPPA Mobile – système pour l'investigation des événements aérosols



Fig. 1. (a) CaPPA Mobile – mesures sur un des sites industriels de Dunkerque (b) Instruments installés dans la voiture

Year	Date	Location	Situation
2016	11/03	Lille <-> Villeneuve d'Ascq	Pollution
2016	14/03	Lille <-> Dunkerque	Pollution
2016	17/03	Villeneuve d'Ascq <-> Cysing	Pollution
2016	28/03-31/03	Lille <-> Obs. Haute Provence	Clear days + Dust
2016	19/07	Lille - Dunkerque-Calais-Lens-Valenciennes	Clear day
2016	20/07	Lille <-> Dunkerque	Pollution
2016	26/08	Lille <-> Dunkerque	High pollution + Dust
2016	26/09-13/10	ATMO - Campus Univ. Lille 1 (stationary)	OPC, mini-WRAS
2016	28/11	Lille <-> Douai	Pollution
2016	05/12	Lille <-> Belgium	Pollution
2017	17/01	Lille <-> Dunkerque	Pollution
2017	19/01	Lille <-> Douai	Pollution
2017	20/01	Lille <-> Dunkerque	Pollution
2017	26/01-27/01	Lille <-> Dunkerque	Pollution
2017	14/02	Lille <-> Paris Sud	Dust event
2017	02/02-21/03	ATMO Fives (stationary)	OPC
2017	16/03	Lille <-> Dunkerque	Dust event
2017	06/05-22/05	North China Plain (Beijing, Baoding, Tianjin, Tangshan)	Remote sensing and in situ instruments
2017	20/06-21/06	Lille <-> Valenciennes	Clear days
2017	03/07-07/07	Lille-Toulouse-Obs. Haute Provence	Clear days + Dust
2017	28/08-29/08	Lille <-> Palaiseau	Pollution + Dust + High altitude layer (Canadian biomass burning)

Tableau 1. Campagnes de mesures avec CaPPA Mobile (2016-2017)

### Campagne sur l'axe Nord-Sud de la France (3-8 juillet 2017) [7]

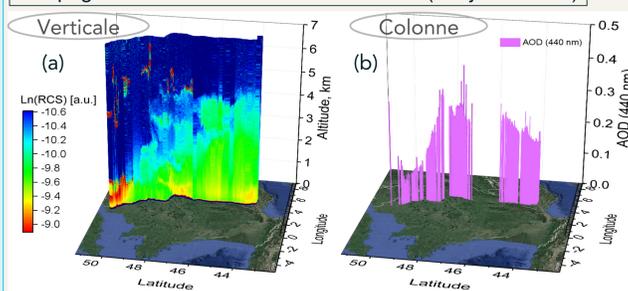


Fig. 2. (a) Représentation 3D codée couleur par le signal rétrodiffusé corrigé de l'altitude LiDAR sur le trajet Aix-en-Provence - Lille, 7-8 juillet 2017. (b) Epaisseur optique en aérosols (440 nm) enregistré sur le trajet Aix-en-Provence - Lille, 7-8 juillet 2017.

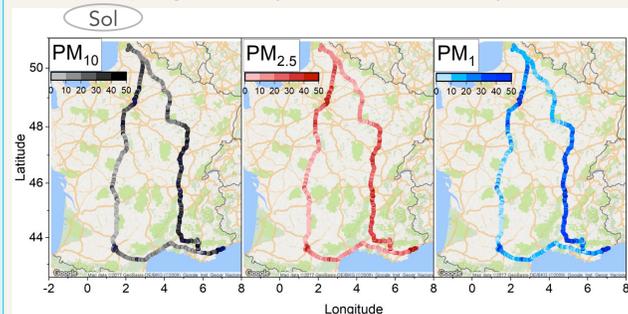


Fig. 3. Distribution spatiale des mesures  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  et  $PM_1$ ; concentration en masse en  $\mu g/m^3$  à partir des mesures mobiles miniWRAS réalisées durant la période 3-8 juillet 2017.

## II. Mesures mobiles (avion)

### Campagne SHADOW (Study of SaHaran Dust Over West Africa)



Fig. 4. ULM utilisé pour les vols scientifiques, équipé de : photomètre PLASMA, compteur de particules miniWRAS, sondes T, RH et impacteur en cascade SIOUTAS

### Poussières sahariennes (Mbour, 10 avril 2015)

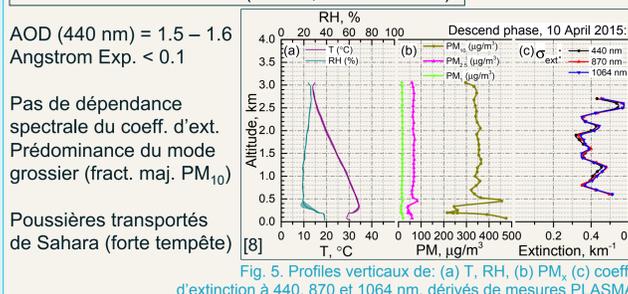


Fig. 5. Profils verticaux de: (a) T, RH, (b) PM, (c) coeff. d'extinction à 440, 870 et 1064 nm, dérivés de mesures PLASMA

### Feux de biomasse (Mbour, 20 janvier 2016)

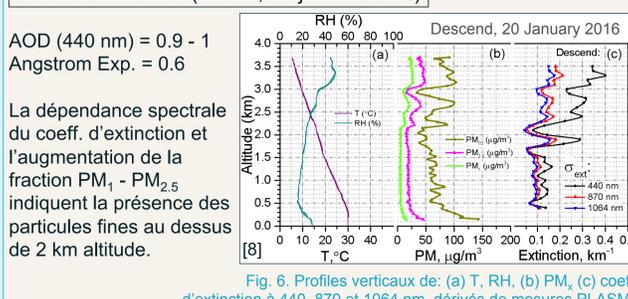


Fig. 6. Profils verticaux de: (a) T, RH, (b) PM, (c) coeff. d'extinction à 440, 870 et 1064 nm, dérivés de mesures PLASMA

## III. Mesures mobiles (avion)

### Campagne AEROCLO-SA (AErosol RadiatiOn and CLOuds in Southern Africa)

PLASMA : profils en AOD jusqu'à 12 km d'altitude

La forte dépendance spectrale de l'AOD avec l'altitude (Fig. 8) montre la présence de particules fines jusqu'à 5 km d'altitude.

Particules issus de feux de biomasse intenses.



Fig. 7. L'avion de recherche, Falcon 20 de l'unité SAFIRE, équipé du photomètre PLASMA

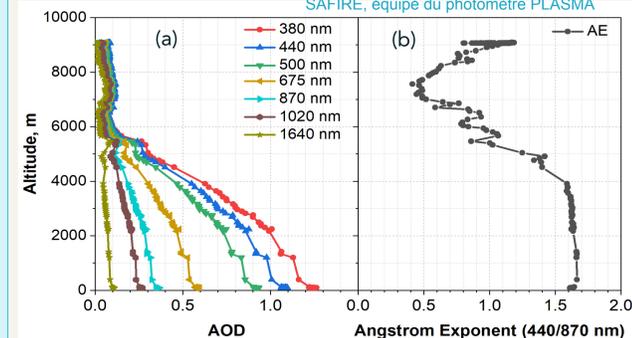


Fig. 8. Mesures PLASMA: (a) profils en AOD et (b) profil du coefficient d'Angstrom, vol ascendant du 09/09/2017, Namibie, Afrique

## IV. Mesures mobiles (bateau)

### Campagne AQABA (Air Quality and climate change in Arabian Basin)

Fig. 9. Le bateau de la campagne AQABA, équipé d'un photomètre triple CIMEL prototype



Le photomètre triple a été adapté par LOA et CIMEL pour cette application mobile (bateau).

Cet instrument prototype permet pour des déplacements plutôt lents de faire les mêmes mesures qu'un photomètre du réseau AERONET.

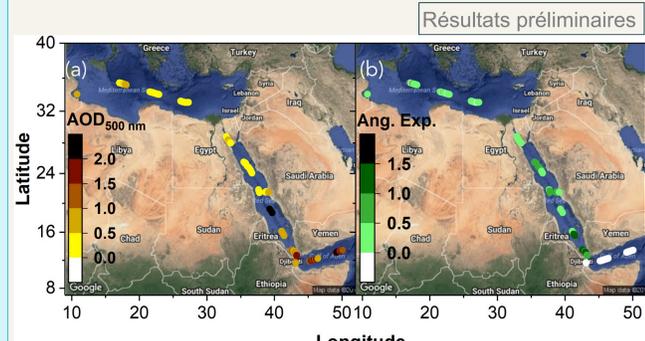


Fig. 10. Mesures photomètre CE318-T-prototype: (a) AOD (500 nm) et (b) coefficient d'Angstrom (440/870 nm), campagne AQABA, période mesures : 26/06-19/07/2017

## Conclusions et perspectives

Les instruments notamment Lidar et photomètre sont adaptés pour répondre à différents types de plateformes mobiles. Ce poster montre les atouts de ces instruments, le traitement de données et les autres plateformes mobiles en prospection comme le train et les drones. Les exemples des différentes campagnes de mesures montrent la variabilité spatiale et verticale des propriétés aérosols et l'intérêt de les étudier à l'aide des mesures mobiles.

La voiture « CaPPA Mobile » est un système compact prêt à être déployé pour l'exploration rapide de la variabilité spatiale des aérosols en cas d'événements de pollution. Le système se distingue des autres plateformes mobiles par sa capacité d'effectuer des mesures en roulant. Le photomètre mobile PLASMA, fonctionnel depuis plus de 5 ans, montre sa robustesse pour des mesures à grande vitesse (voiture, avion). En prospection, un prototype de photomètre pour les mesures des luminances du ciel (PLASMA 3) sera développé. Egalement, les trains à grande vitesse constituent des vecteurs potentiels pour l'étude de la variabilité spatiale aérosols.

## Références

- [1] Pelon et al., J. Geophys. Res., 113, D00C18, 2008
- [2] Karol et al., Atmos. Meas. Tech., 6, 2383-2389, 2013
- [3] Mortier et al., Atmos. Chem. Phys., 13, 3705-3720, 2013
- [4] Lopatin et al., Atmos. Meas. Tech., 6, 2065-2088, 2013
- [5] Torres et al., Atmos. Meas. Tech., 6, 2065-2088, 2017
- [6] Popovici, ACTRIS-2 General Meeting at ESA, Frascati, 2016
- [7] Popovici et al., Pollution Atmosphérique, 2017 (article soumis)
- [8] Thèse de F. Unga, LOA - Université Lille 1, 2017

## Remerciements

Les auteurs remercient l'ANRT et CIMEL Electronique pour leurs supports financiers (bourse de thèse de Ioana Popovici). Le Labex CaPPA est également remercié ainsi que le Service National d'Observation PHOTONS-AERONET de l'INSU-CNRS.

## Contact

Ioana Popovici: [ie.popovici@ed.univ-lille1.fr](mailto:ie.popovici@ed.univ-lille1.fr)  
Philippe Goloub: [philippe.goloub@univ-lille1.fr](mailto:philippe.goloub@univ-lille1.fr)  
Luc Blarel: [luc.blarel@univ-lille1.fr](mailto:luc.blarel@univ-lille1.fr)

