

Détection de la pollution dans l'air via des capteurs à ondes élastiques de surface.

V. Blondeau-Patissier, Fatima Dbibih, Meddy Vanotti, Valérie Soumann, Sacha Poisson (FEMTO-ST)

Aspect sociétal :

- La pollution de l'air (particules fines) est responsable d'≈ **2 000 000 de morts prématurées** par an selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé)

- CO gaz toxique indétectable par l'Homme : **7 200 personnes** intoxiquées par an en France



Détection du CO, CO₂, CH₂O, H₂, ..et μ particules :

- Analyse préventive des piles à combustible (CO)
- Concentration de CO₂ dans les milieux confinés (COVID)
- Répondre aux normes sur la qualité de l'air
- Sélectivité nécessaire

Limites des systèmes actuels

- Complexes, volumineux
- Onéreux et inadéquates sur sites
- Non sélectifs

Besoin d'un système portatif (capteurs)

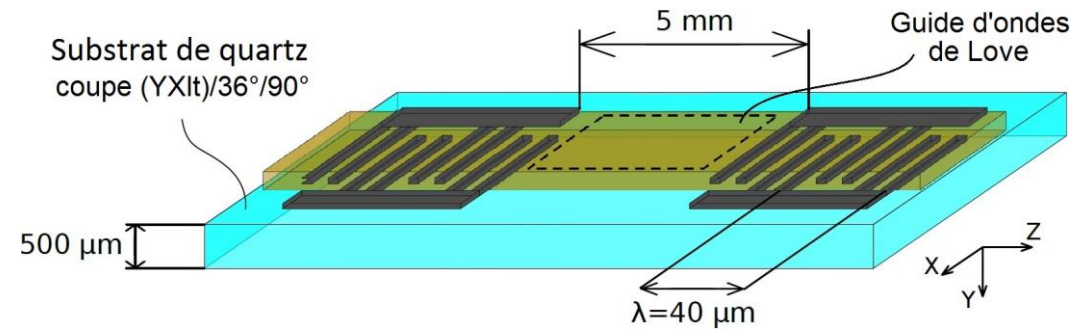
- Mesure à très faible teneur (ex CO 200 ppb)
- Mesure en différents endroits (cartographie) et en temps réel

Solution :

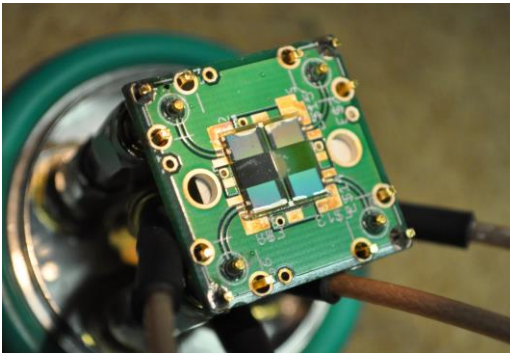
- Capteurs SAW très sensibles – faibles concentrations (ppb)
- Créée la sélectivité (CO, CO₂, CH₂O...) avec une fonctionnalisation spécifique

Ligne à retard à ondes de surface (SAW)

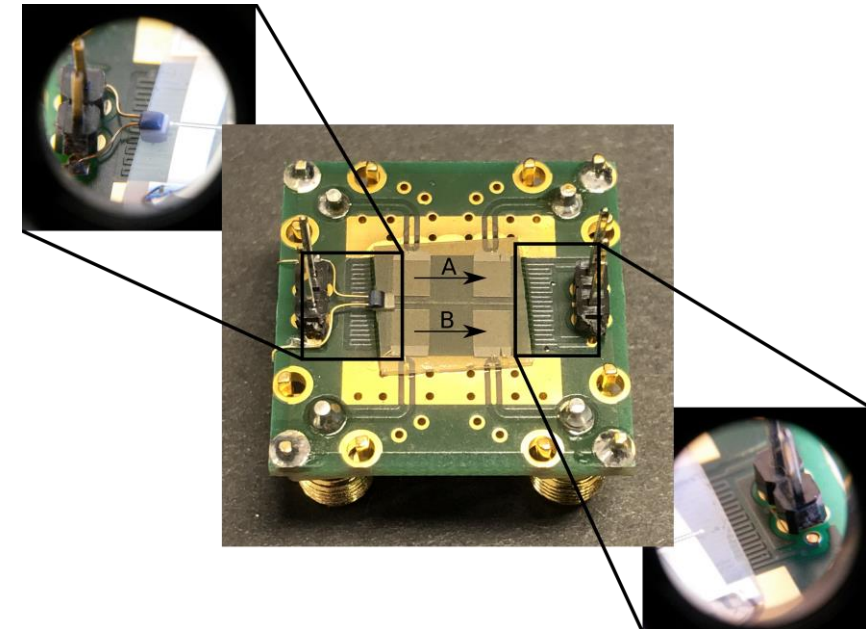
Principe des capteurs



Ondes de Love à 125 MHz



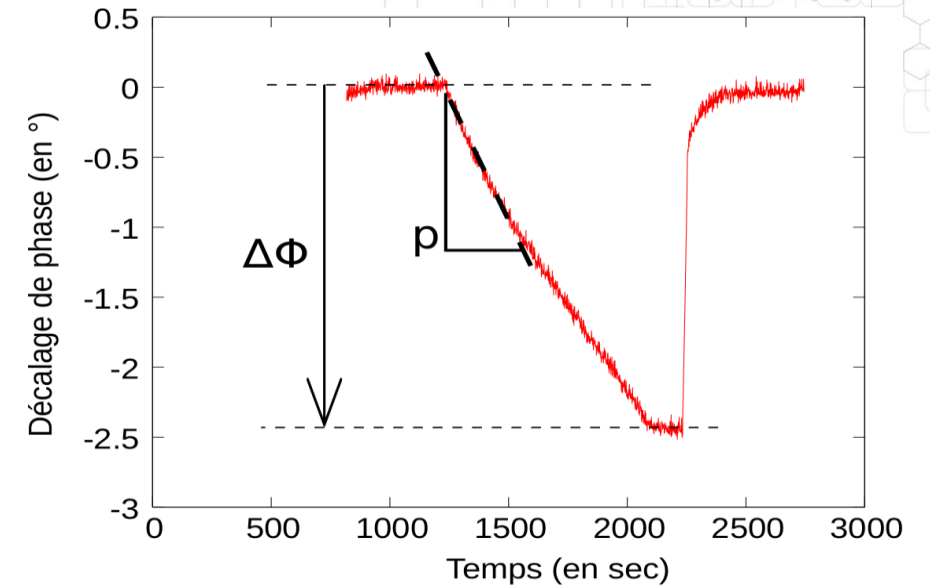
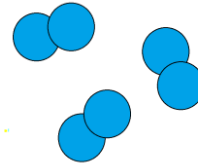
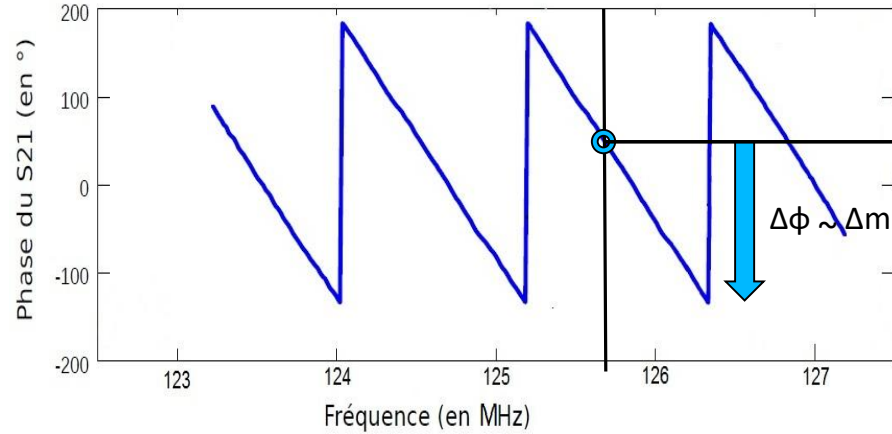
Contrôle et suivi de la T° (PT100)



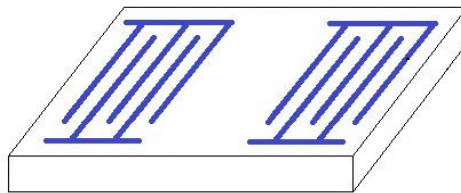
Montage différentiel : un capteur **A** et une référence **B**

Principe de la mesure

Décalage de phase suite à
l'adsorption



Adsorption d'espèces en
surface du capteur



Capteur SAW

Gaz cible

Variation de phase proportionnelle
à la quantité de matière déposée

- $\Delta\Phi$ = décalage de phase induit par l'absorption de gaz.
- p = vitesse de variation de phase à laquelle le décalage s'opère.

ou

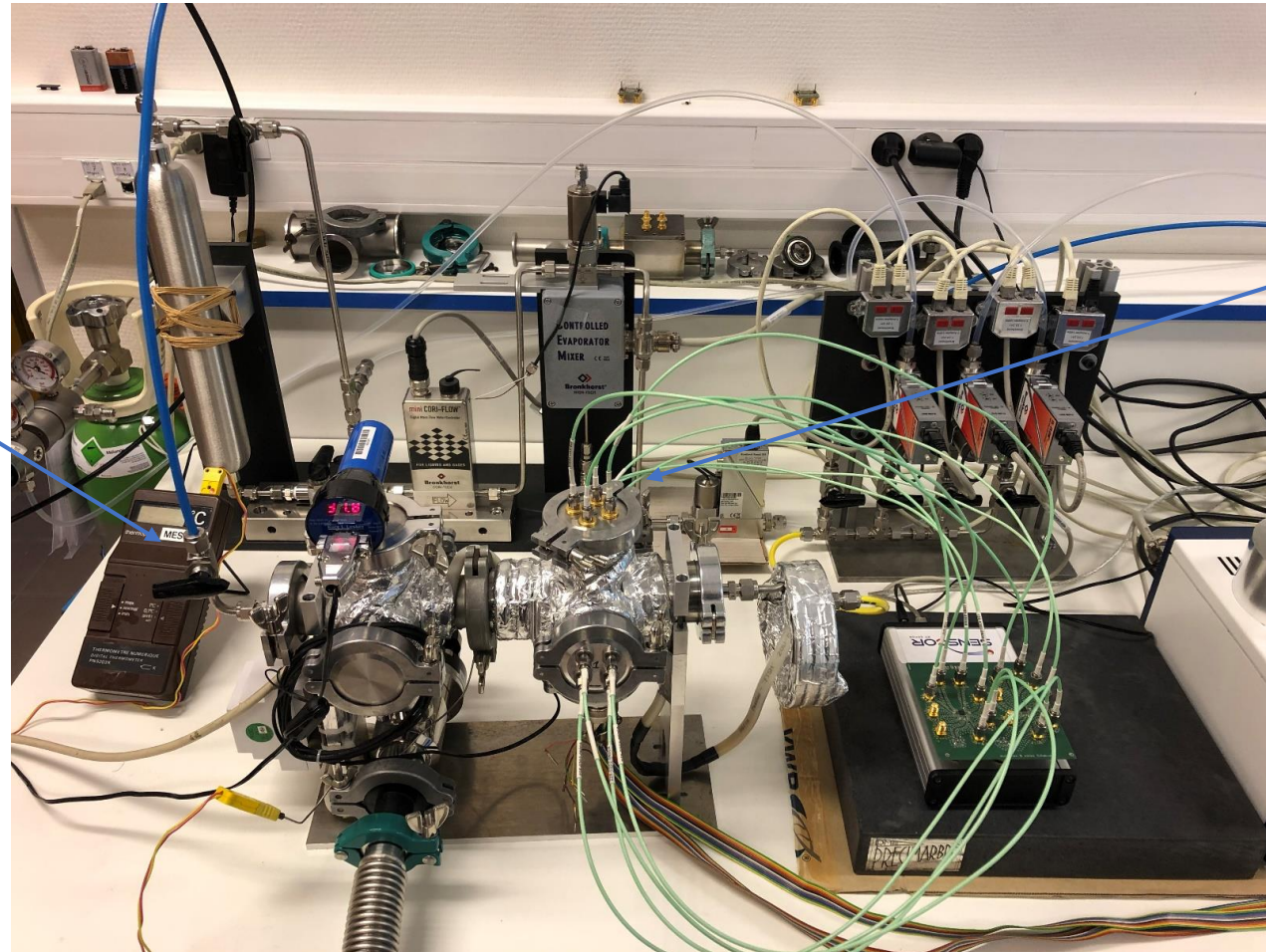
Mesure sélective et en temps réel de la pollution

Banc de mesure pour la détection de gaz



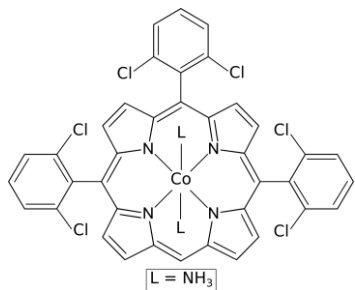
Injection of gases

Sensors

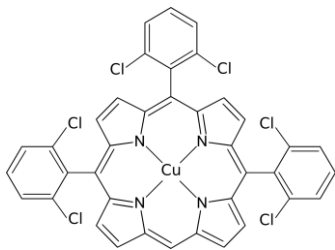


Vacuum pump
for sensor
regeneration

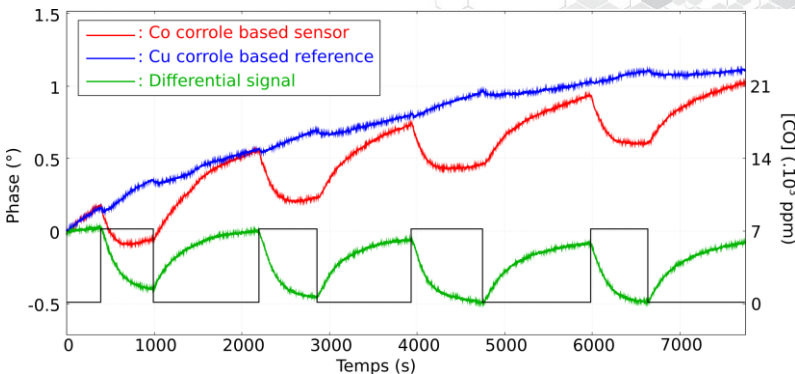
Application : Détection de gaz toxiques



Corrole de cobalt stabilisé par l'ammoniac.
Forte affinité avec le CO
CAPTEUR



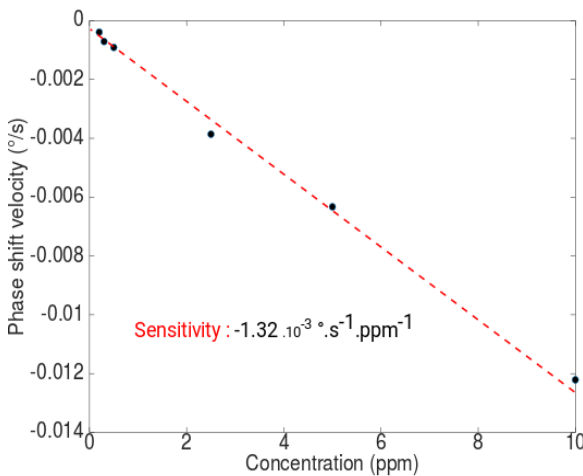
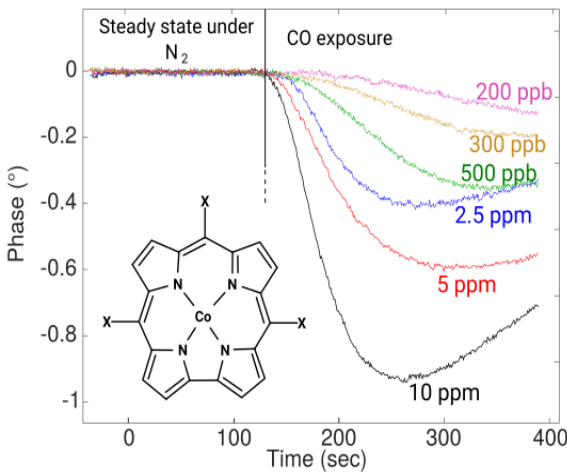
Corrole de cuivre.
Pas d'affinité avec le CO
REFERENCE



Suivi de la phase lors d'injections successives de 7 000 ppm (0,7 %) de CO

- Mesure du monoxide de carbone (ANR CO3SENS)

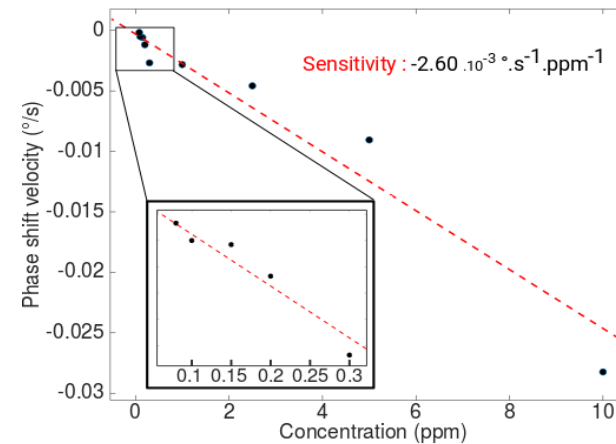
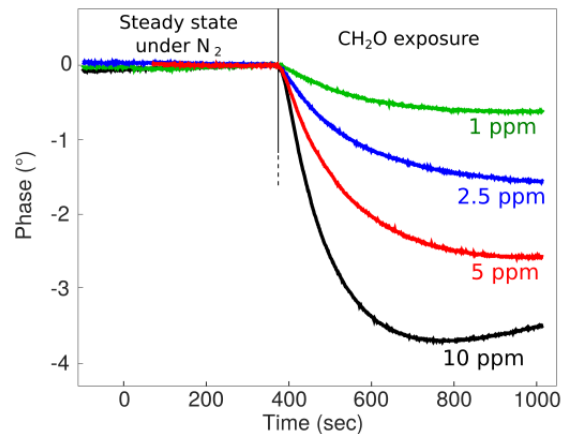
Couche sensible :
Cobalt corroles
ICMUB



Applications : Détection de gaz toxiques

- Mesure du formaldéhyde(PSPC SMARTY)

Couche sensible :
TMOS solgel CEA



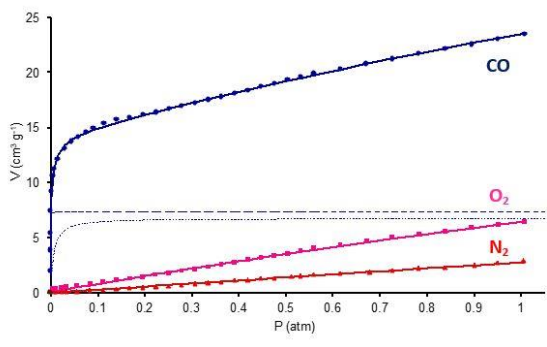
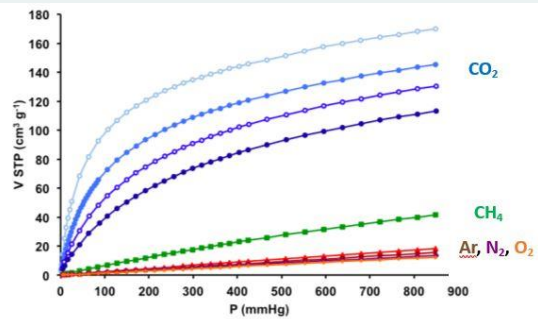
Limite de detection CH₂O : 80 ppb (dans l'azote)
Réponse linéaire entre phase et concentration de gas

- Mesure de CO dans les piles à combustible (Projet EUR EIPHI)
- Mesure de NH₃ dans l'haleine (Projet ANR en cours de dépôt)



Applications : Détection de gaz toxiques

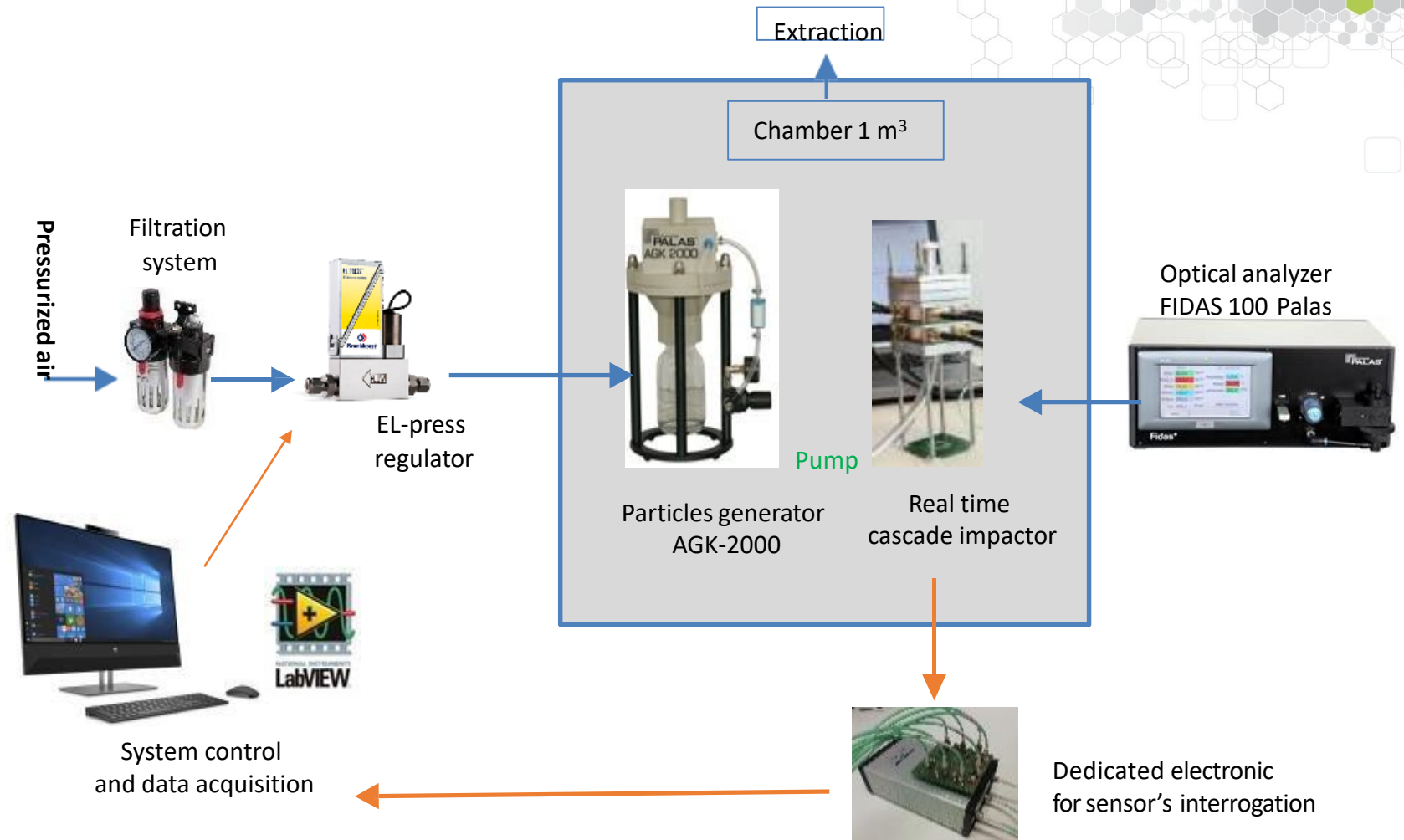
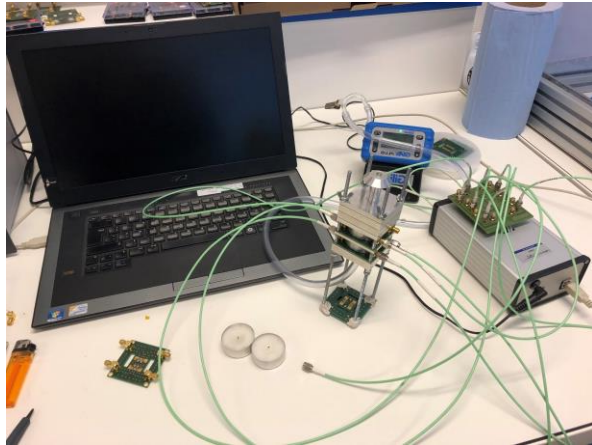
- Mesure du Dioxyde de carbone dans les habitacles de véhicules (projet CO2DECIN)
- Fonctionnalisation par des TACN (Triazacyclononane) pour le piégeage sélectif du CO₂.

	Molécules pour la détection de CO	Matériaux pour la détection de CO ₂
Adsorption à l'état solide	 Haute sélectivité pour CO : - 48 000 x supérieure à O₂ - 17 000 x supérieure à N₂	 Haute sélectivité pour CO₂ : - 31 x supérieure à CO - 40 x supérieure à N₂, - 49 x supérieure à O₂
Couche active	Corroles de cobalt	TACN
Processus d'adsorption	Chimisorption	Physisorption



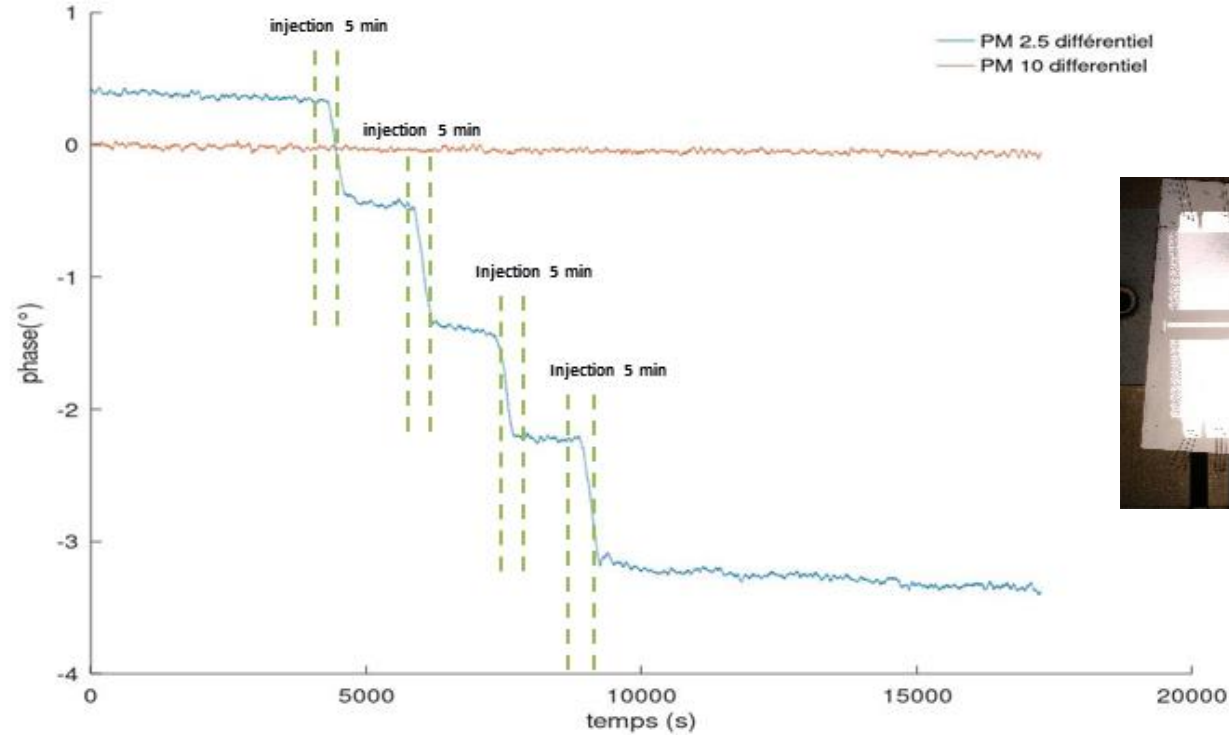
Nouvelle cellule (temps de réponse réduit)

Mesure des particules fines : PM10 et 2.5



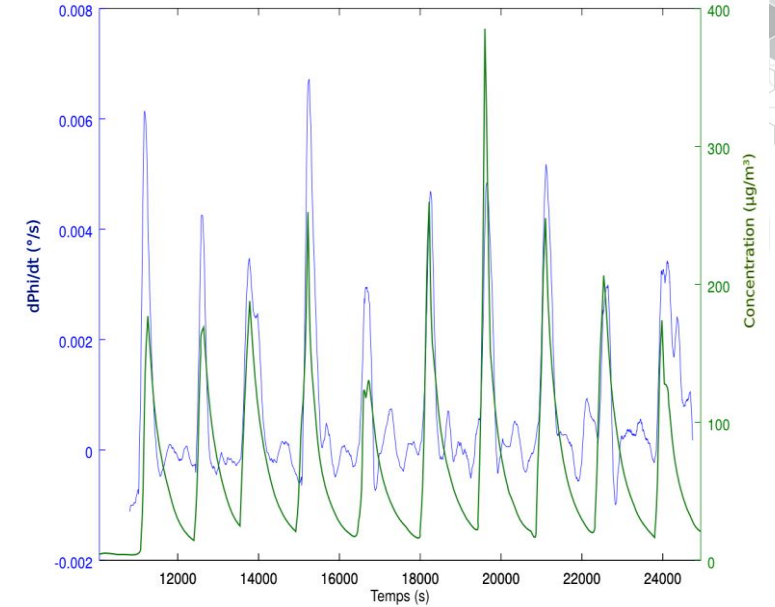
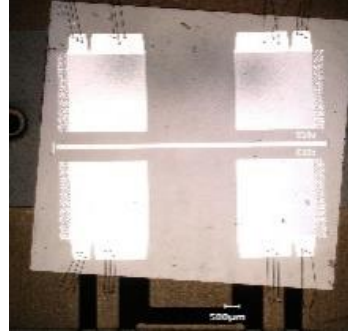
Développement d'un banc de mesure capable de générer différents aérosols avec une distribution en concentration et en taille de particules maîtrisée.

Mesure des particules fines : PM10 et 2.5

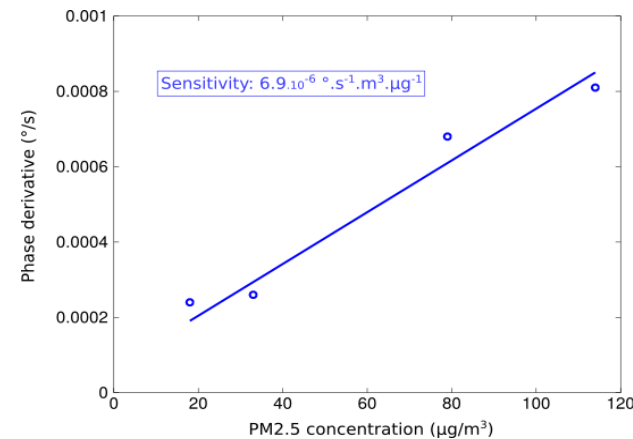


Phase différentielle (°) du capteur en fonction du temps (s)
(Particules de NaCl – concentration $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

- La sensibilité a été testée avec 2 types d'aérosols : PM2.5 and PM10 dans la gamme de concentration
 - $[0-200] \mu\text{g}/\text{m}^3$



Comparaison entre la réponse du capteur SAW et la concentration mesurée avec le compteur optique dans la chambre

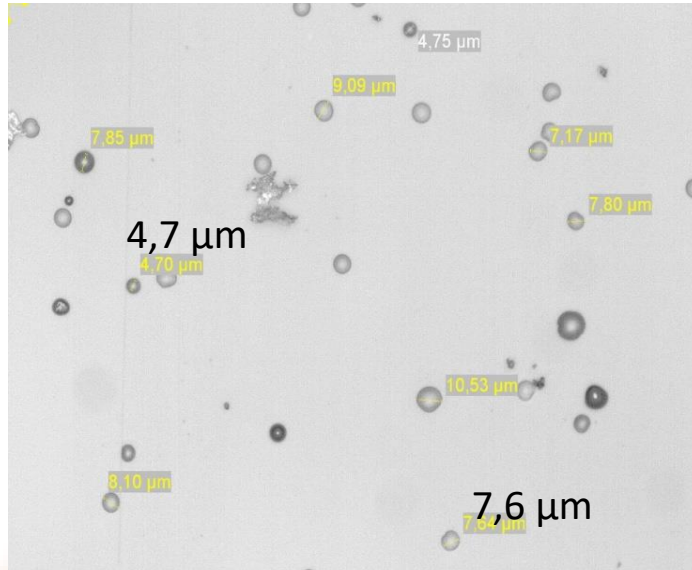


Variation de la phase en fonction de la concentration pour des PM2.5.

Mesure des particules fines : PM10 et 2.5

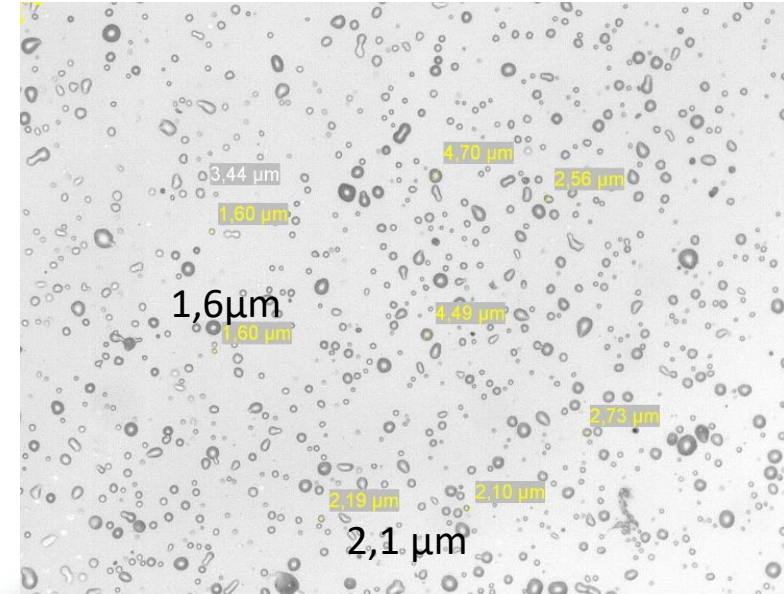
Observation de la zone active du capteur par microscopie optique

Zoom x20



PM10
(2.5 μm < d < 10 μm)

Zoom x20



PM2.5
d < 2.5 μm

- Les diamètres des particules observés correspondent aux valeurs attendues.
- Efficacité de la filtration validée

Conclusion



- Les dispositifs réalisés (SAW + couche de fonctionnalisation) ont montré leur efficacité pour la mesure de la concentration de molécules cibles en milieu gazeux.
- Possibilité de séparer et mesurer précisément des particules fines (PM10, PM2.5, PM1, ...) via des capteurs SAW placés dans un impacteur.
- Du fait de sa taille réduite, son faible coût de fabrication et sa faible consommation énergétique, cette technologie représente une très bonne solution dans le futur pour le suivi de la pollution dans l'air.