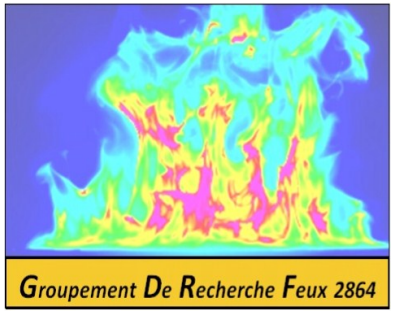
UMR 6614 CORIA
COMPLEXE DE RECHERCHE INTERPROFESSIONNEL EN AEROTHERMOCHIMIE

IRSN

LCPP

Mesure des particules dans les fumées d'incendie



Alexis Coppalle (CORIA), François-Xavier Ouf (IRSN),
Louis Decoster (IUSTI/LCPP), Sylvie Dupont (LCPP),
Nicolas Dreuille (LCPP)

Essai RCCI – Feu de bureau

- **Contexte**

Bâtiment mis à disposition par ADP

Quatre familles d'essais :

Grands volumes

Ingénierie de l'extinction

Intervention en parc de stationnement

Investigation

- 3 **feux de bureau**
- 2 feux de chambre
- 2 feux de salon
- Un feu de cuisine

Essai RCCI – Feu de bureau

Dimensions et charge combustible

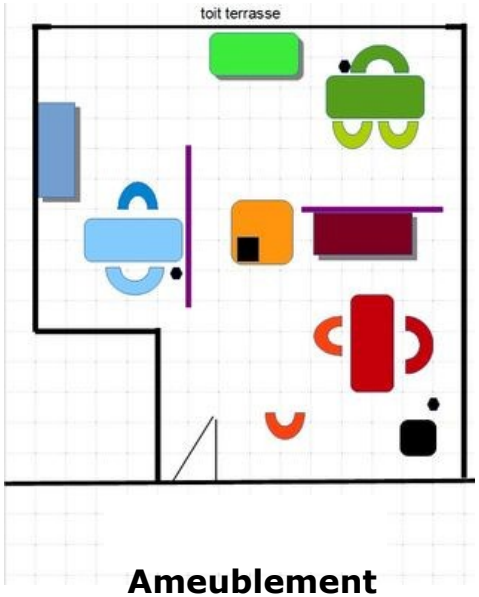
Local d'essai de 32 m² contenant :

3 bureaux en bois, avec ordinateurs.

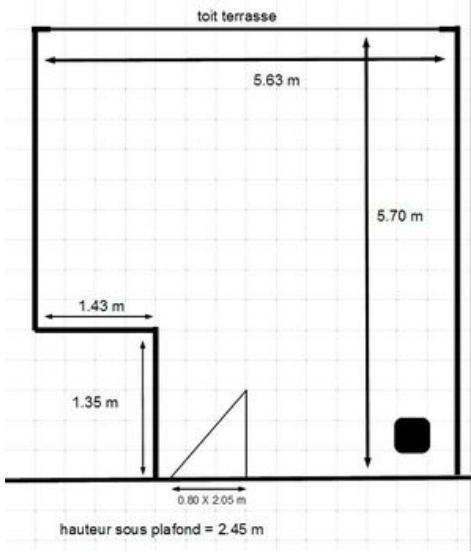
2 cloisons amovibles demi-hauteur, en bois.

3 armoires de stockage contre les parois, en bois.

1 imprimante sur une table au centre de la pièce.

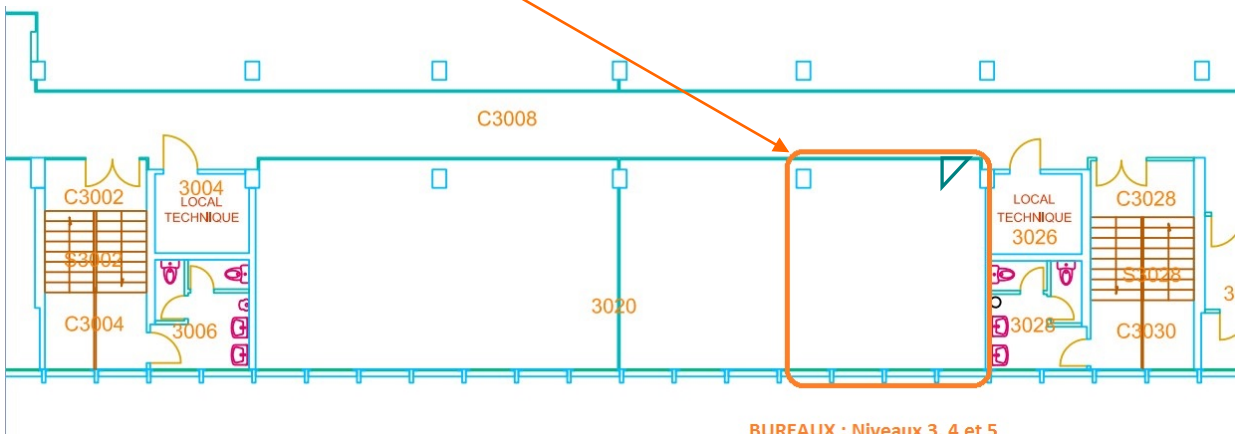


Ameublement



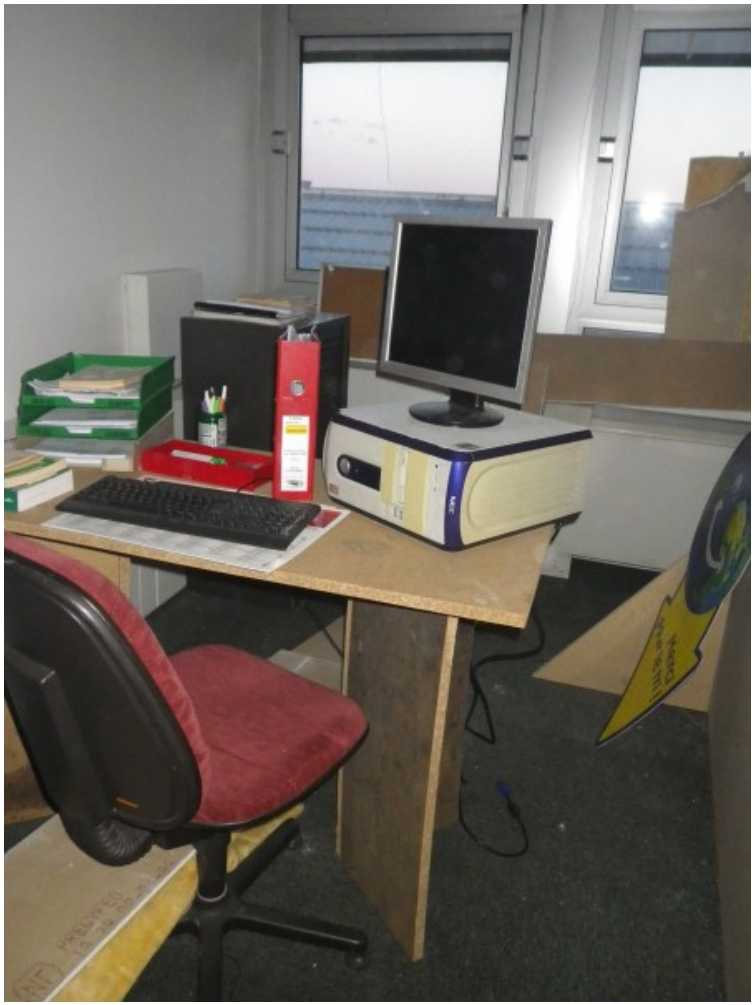
Dimensions

Bureau situé au 4ème étage (sur 5)



Essai RCCI – Feu de bureau

- **Photos du bureau avant feu**



Essai RCCI – Feu de bureau

- **Photos du bureau après feu**

Dispositif expérimental

Instrumentation mise en oeuvre

Mesures dans la pièce (LCPP)

4 arbres de 6 Thermocouples

3 sondes Lambda (mesure O2)

3 sondes McCaffrey (mesure vitesse à la porte)

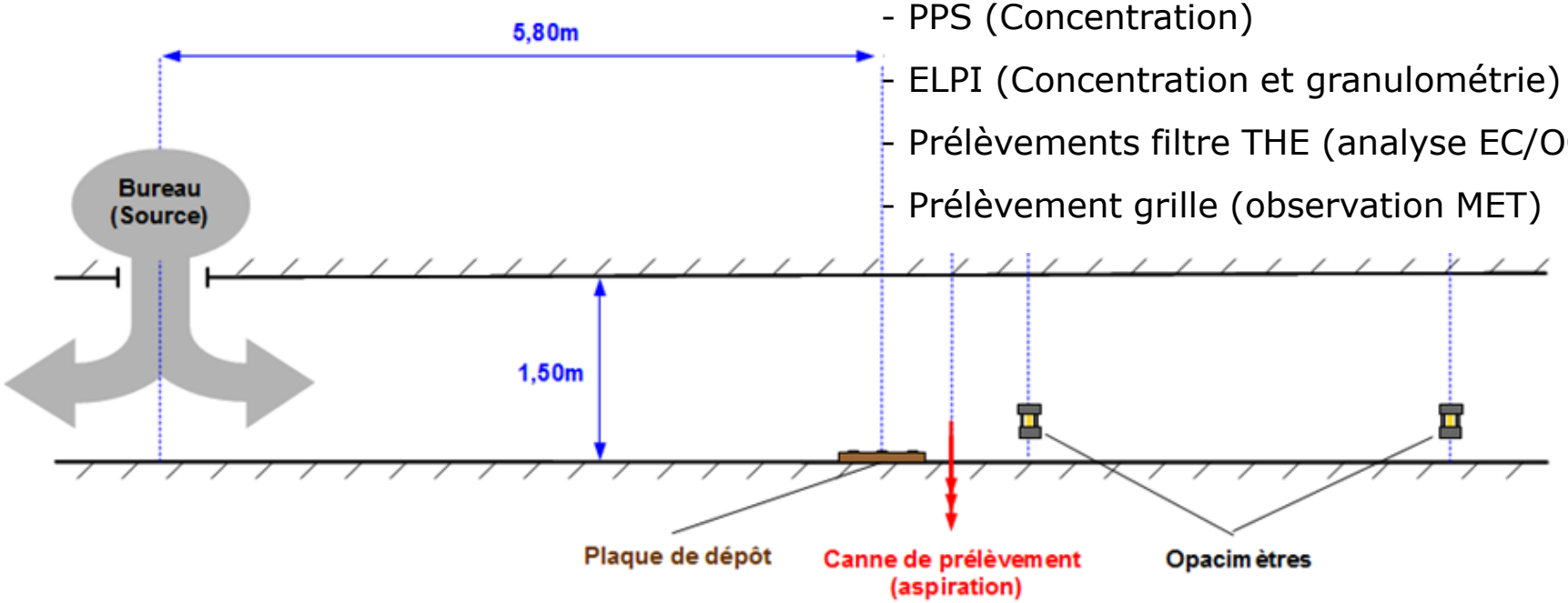
Mesures « Aérosol »

2 Capteurs Opacimétriques Différentiels

3 Plaques de dépôt

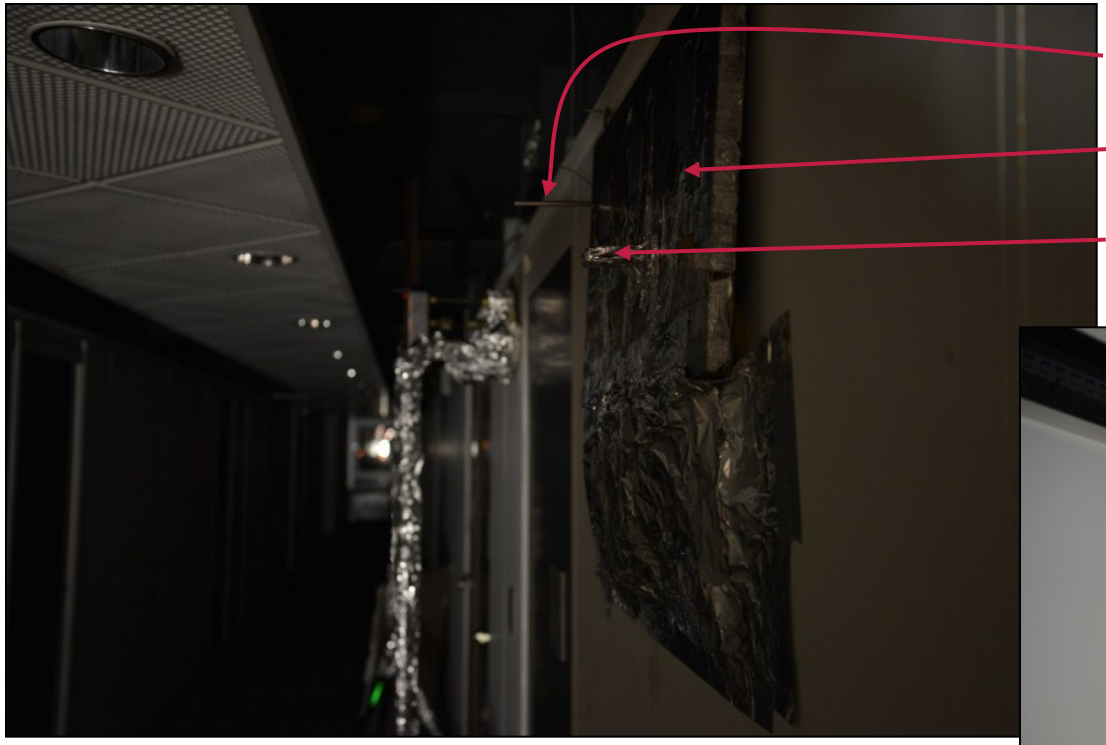
1 Canne de prélèvement

- TEOM (Concentration)
- PPS (Concentration)
- ELPI (Concentration et granulométrie)
- Prélèvements filtre THE (analyse EC/OC)
- Prélèvement grille (observation MET)



Dispositif expérimental

- **Photos des moyens « aérosol » dans le couloir**



Canne de prélèvement

Cibles de dépôt

Thermocouples

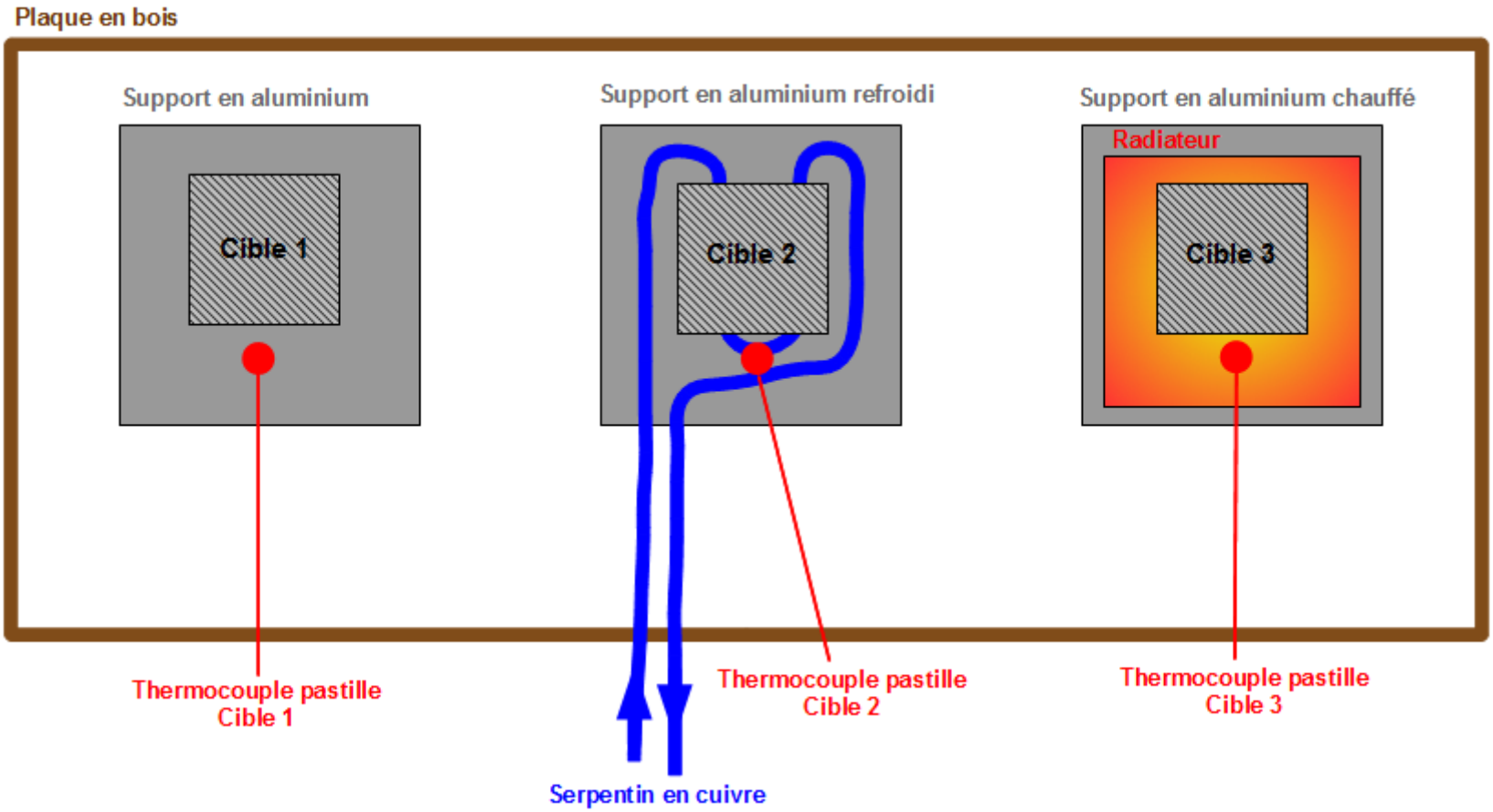
Zone de mesure « aérosol »

Pieds d'opacimètres

Porte du bureau

Dispositif expérimental

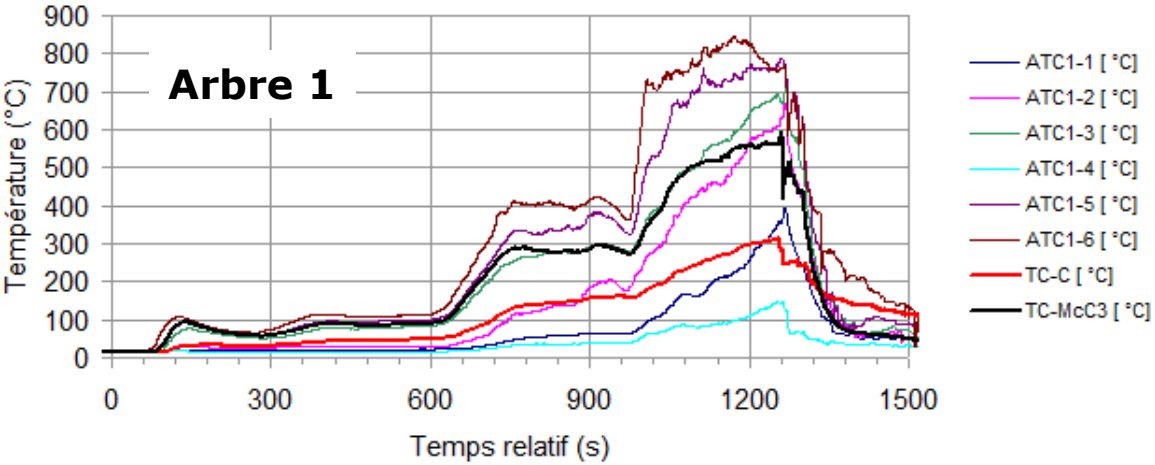
- **Dispositif de dépôt de suie**

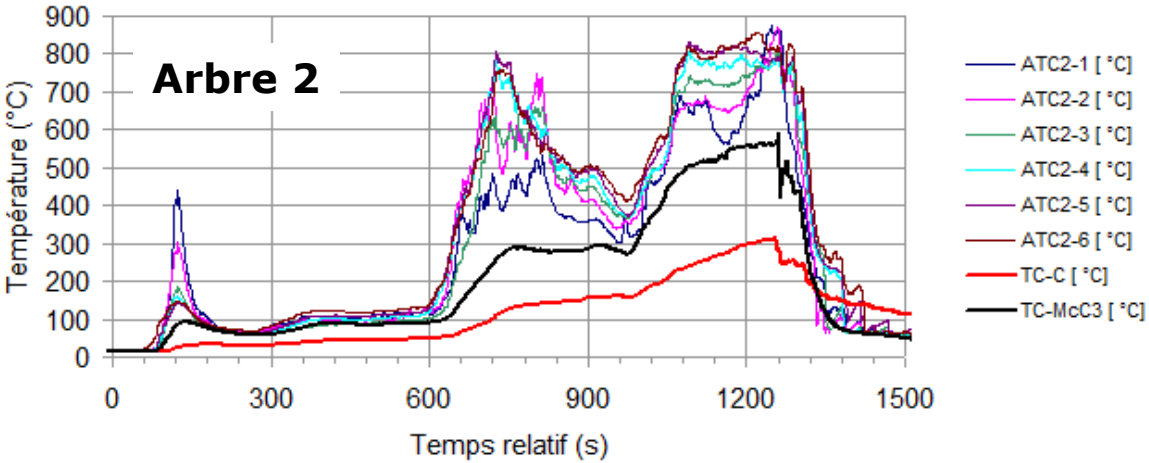


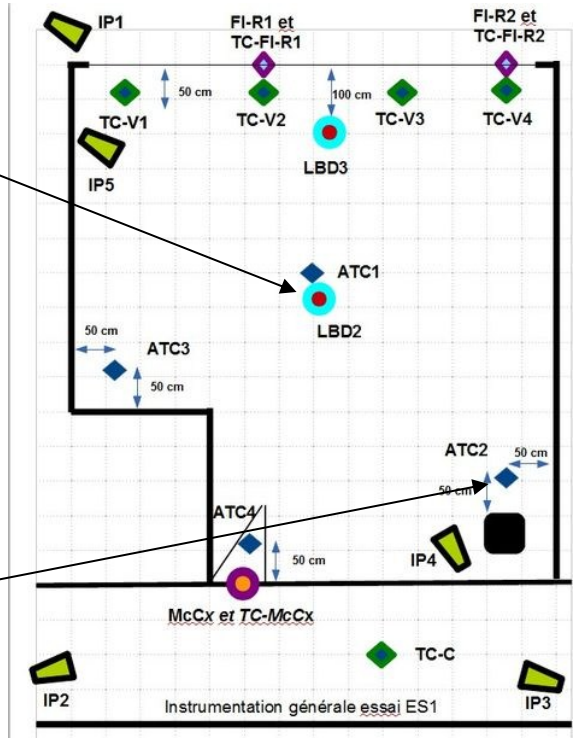
Résultats

Evolution du foyer

Températures atteintes dans le bureau et dans le couloir



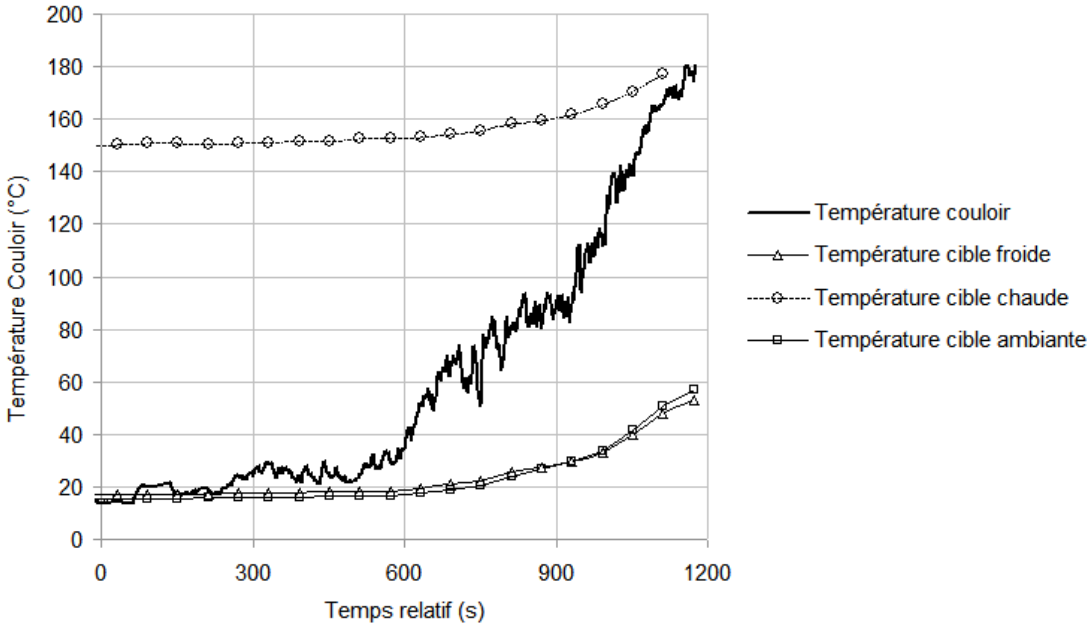




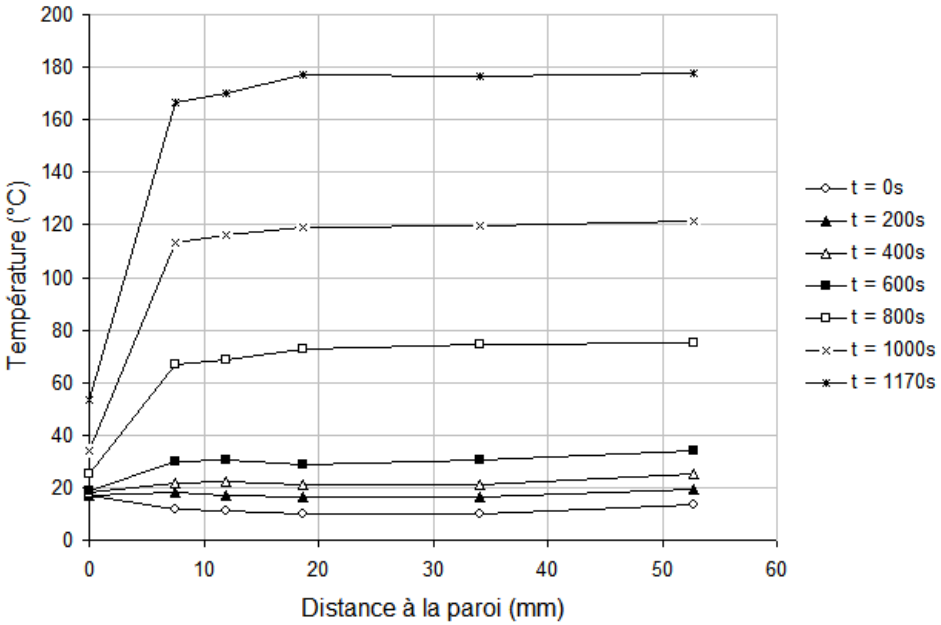
Résultats

Dépôt de suie - Températures

Températures Cibles/Gaz



Températures peigne



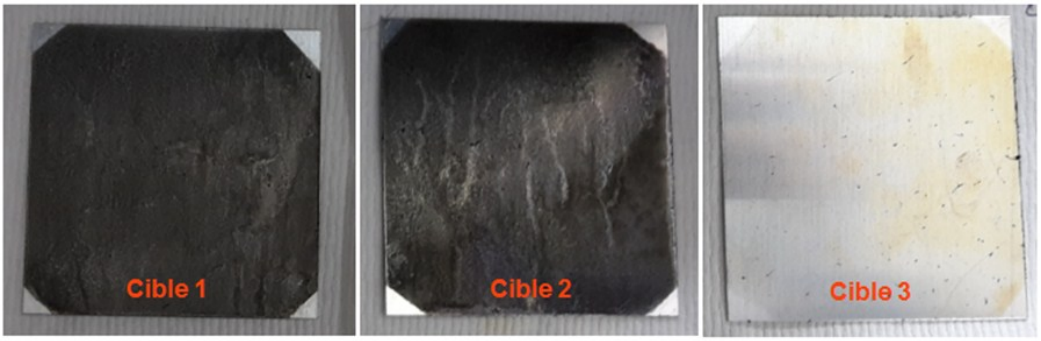
Deux cibles « ambiantes », températures très proches

Une cible chaude (température de paroi > 150°C)

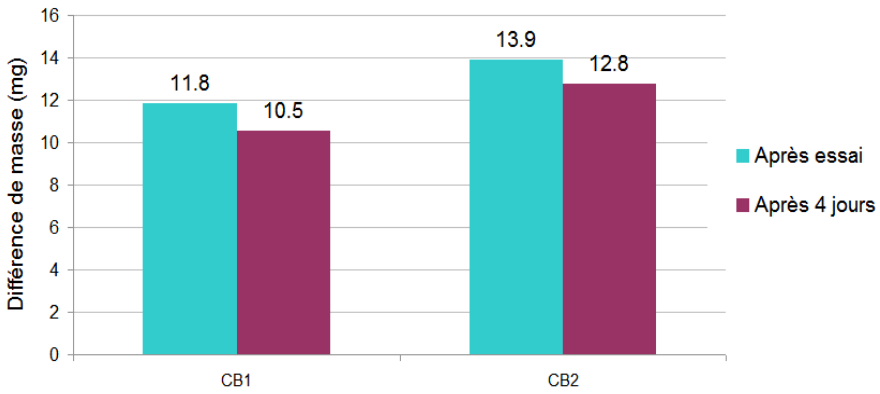
Résultats

Cibles – Température et dépôt

Photographie des cibles de dépôt après essai



Masse de dépôt mesurée (mg)



Perte de masse après 4 jours (11% et 8%)

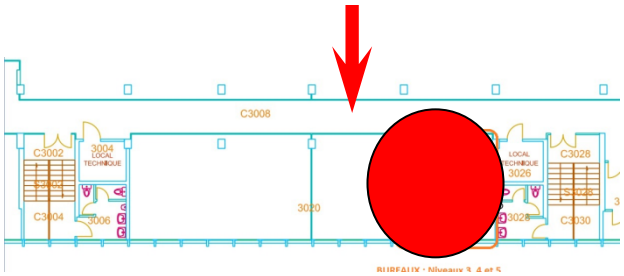
Deux cibles « ambiantes » Dépôt quasi identique

Une cible chaude Aucun dépôt

→ Prépondérance du phénomène de thermophorèse

Dispositif expérimental: aérosols

- **Ligne de prélèvement aérosol**

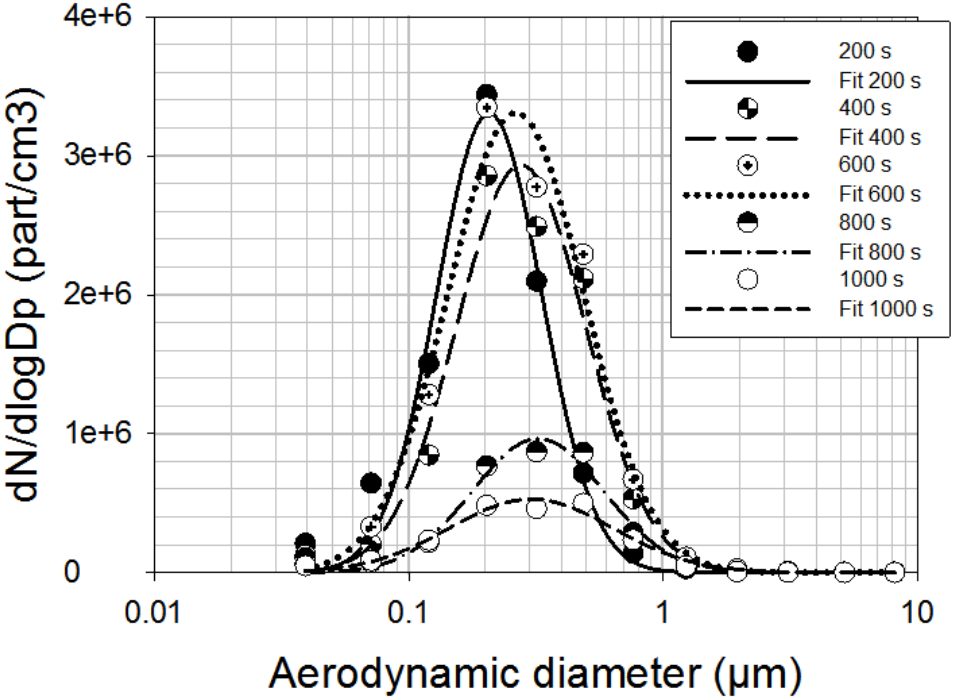


Sonde inox
Vanne
Liquide caloporteur
Air comprimé
Fumée prélevée
Diluteur DEKATI
Air comprimé
Rejet
les
pôt
CLOISON
Bain therm ostaté
Air comprimé
Rejet
PPS
Flow splitter
ELPI
Pompe
Pompe
TEOM
Flow splitter
THE1
MET2
THE2
MET1
Compresseur
Pompe

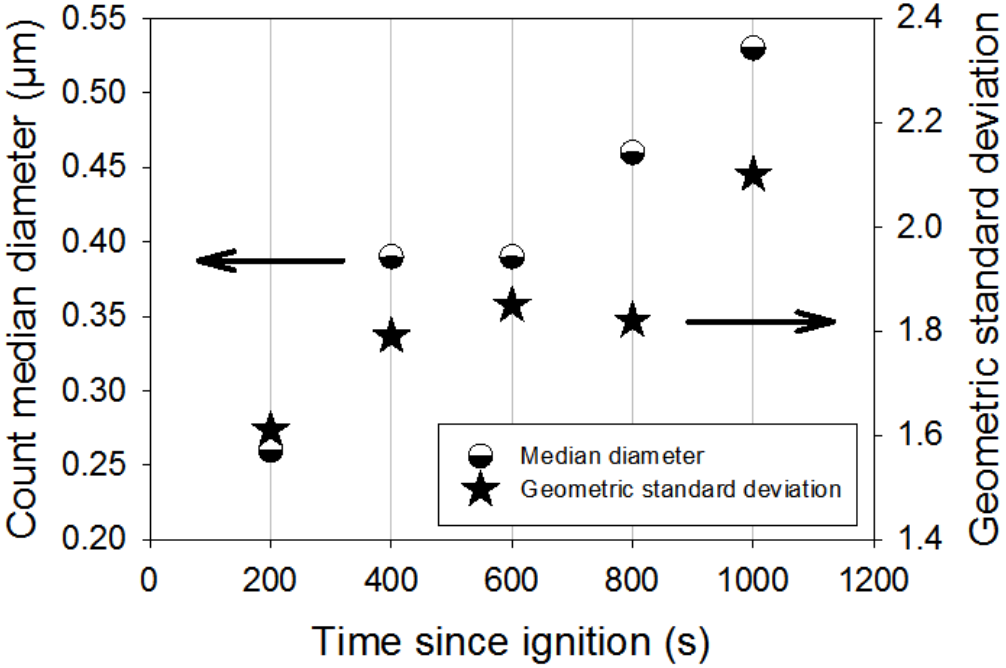
Résultats

Distribution granulométrique (ELPI)

Lois de distributions lissées (log-normal)



Diamètre médian et écart-type géométrique



Résultats

▪ Analyse composition EC/OC

Analyseur Sunset Laboratory (Four principal + régulateur de débit + Methanator)

Protocole IMPROVE (Chow et al. 2007)

Résultats

Filtre	Temps relatif (s)	Durée (s)	OC/TC	Concentration massique (mg/m3)
THE1	488	70	9,8 % +/- 1,4 %	152,5 +/- 11,3
THE2	1045	70	42,5 % +/- 6,4 %	46,6 +/- 5,1

Comparaison des instruments

- **Mesure de concentration massique d'aérosol en continu**

TEOM

Tappered Element Oscillating Microbalance

Prélèvement

Mesure de la fréquence d'oscillation d'un filtre, qui est directement reliée à la variation de sa masse.

$$dm = K_0\left(\frac{1}{f_1^2 - f_0^2}\right)$$

PPS

Pegasor Particle Sensor

Prélèvement

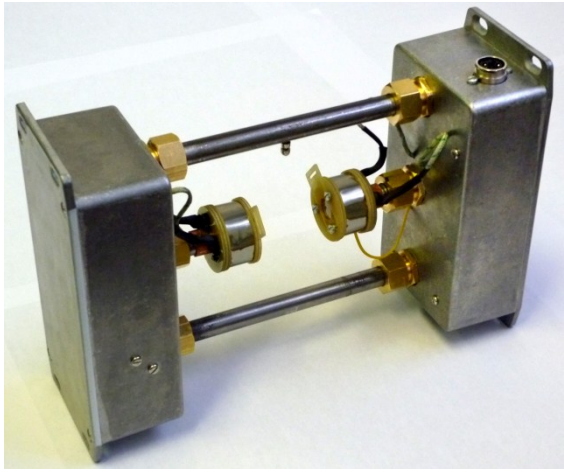
Mesure du courant de fuite lié à la charge par effet couronne des particules aspirée.

$$C_s = \frac{K}{q_v} I$$

Courant I (pA)
Débit q_v (m^3/s)
Etalonnage K (kg/C)

COD

Capteur Opacimétrique Différentiel



Mesure in-situ

Mesure de la densité optique des fumées, reliée à la concentration de suie par la loi de Beer-Lambert.

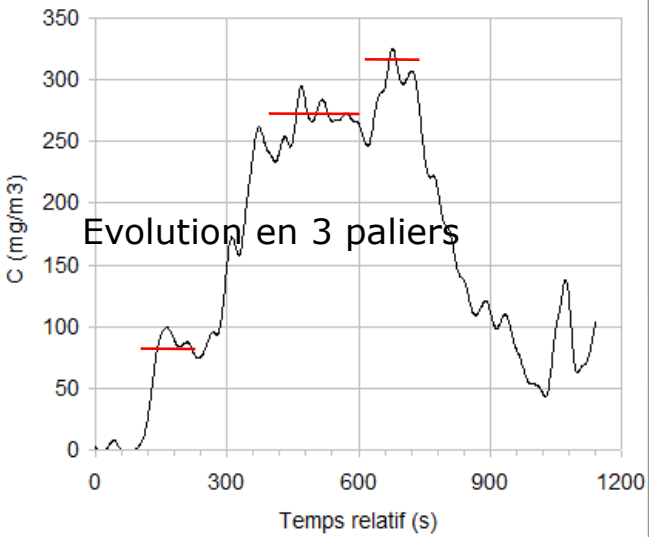
$$C_s = \frac{1}{L\sigma_s} ln(\frac{I_0}{I})$$

Distance L (m)
Débit q_v (m^3/s)
Etalonnage K (kg/C)

Comparaison des instruments

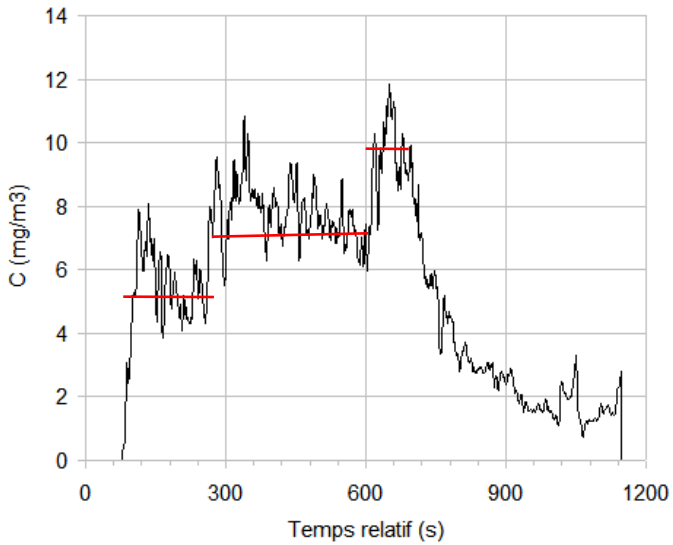
- **Mesure de concentration massique d'aérosol en continu**

TEOM



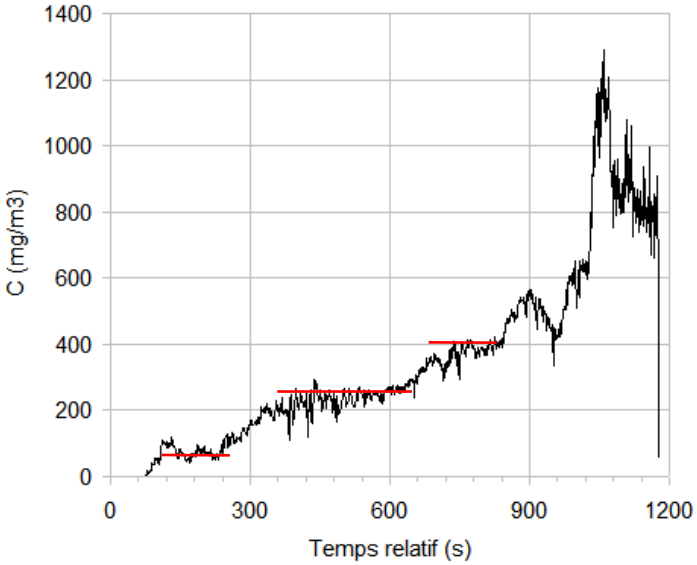
Max à 600s: 300 mg/m³

PPS

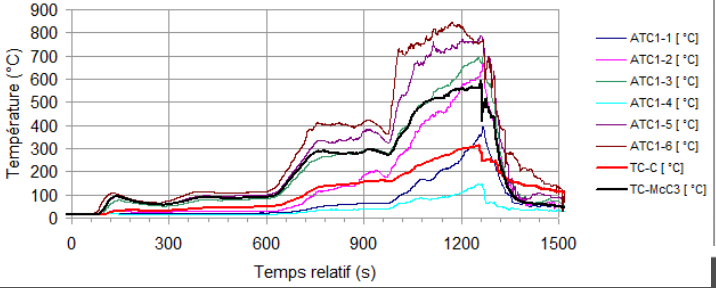


Max à 600s : 12 mg/m³

COD



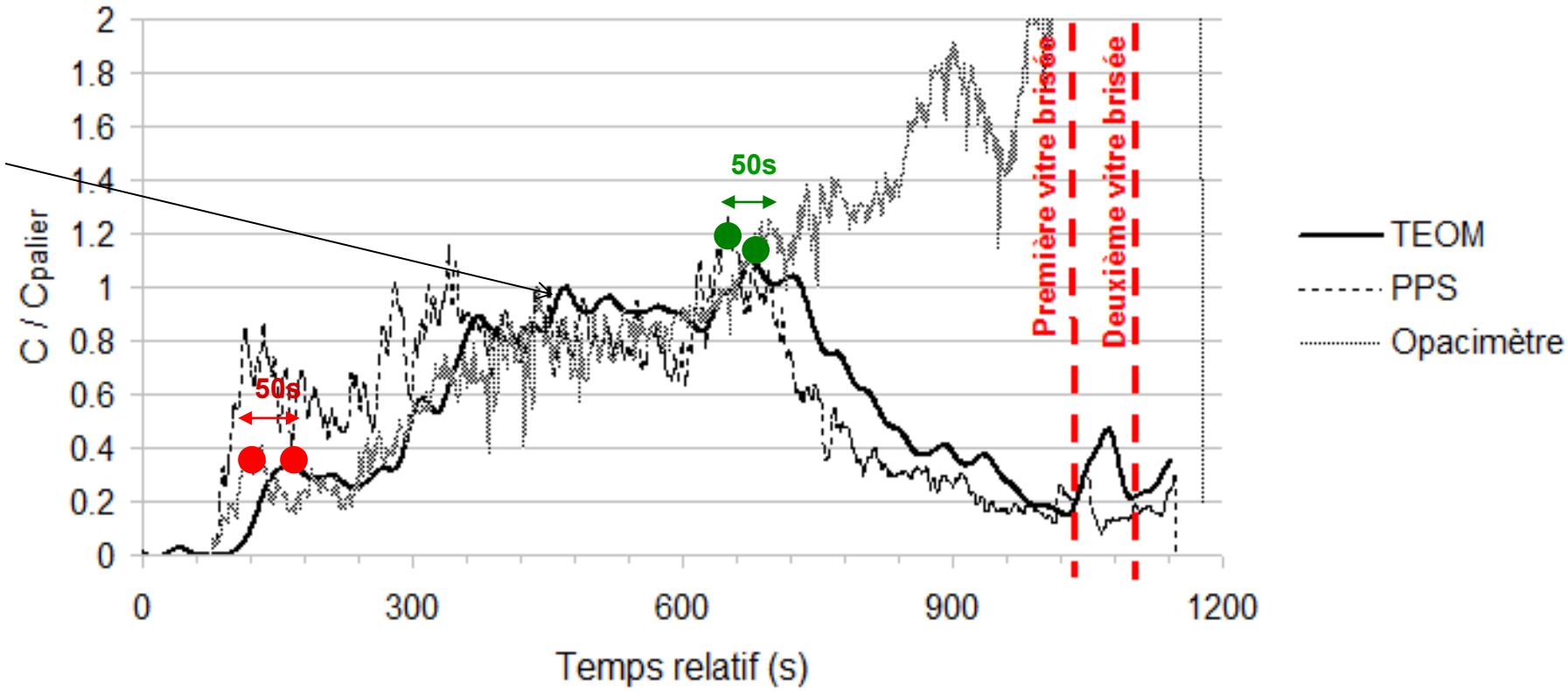
Max à 600s : 400 mg/m³



Comparaison des instruments

- **Comparaison adimensionnée TEOM – PPS – Opacimètre**

Adimensionné par le maximum au alentour de 400s

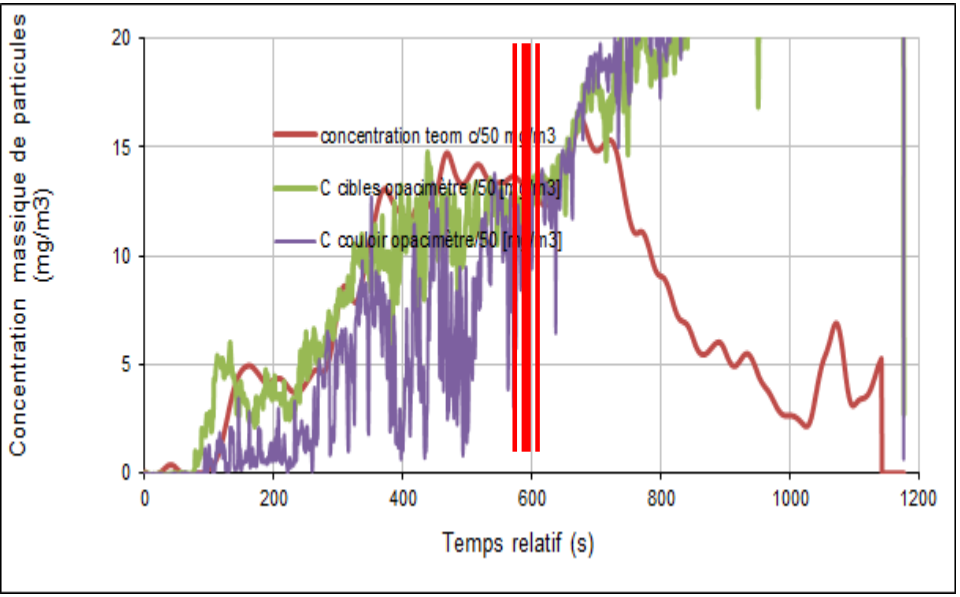


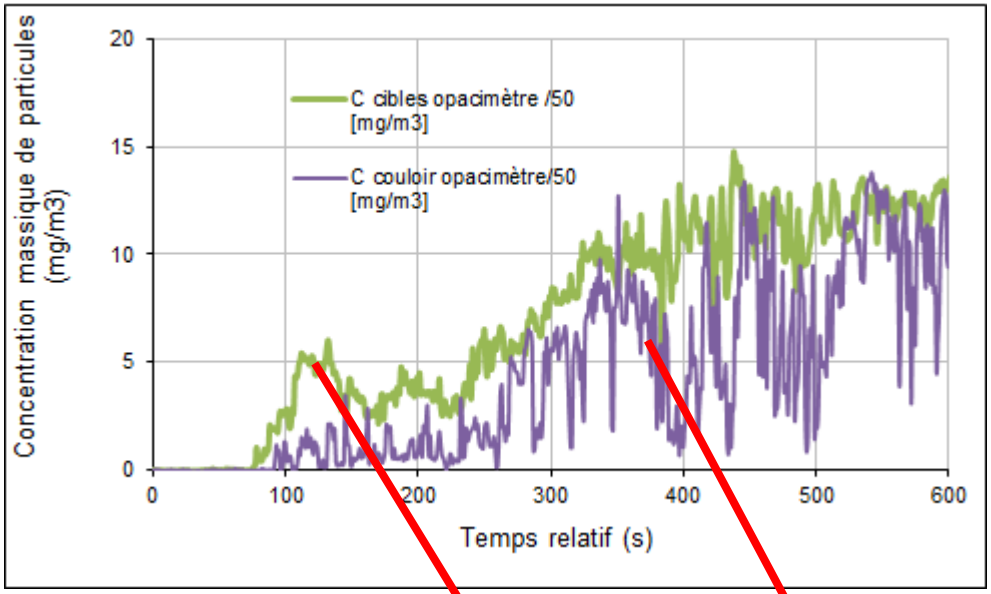
Le TEOM accuse un léger retard par rapport au PPS → temps de réponse

Retard est constant ~ 50 secondes

Comparaison des instruments

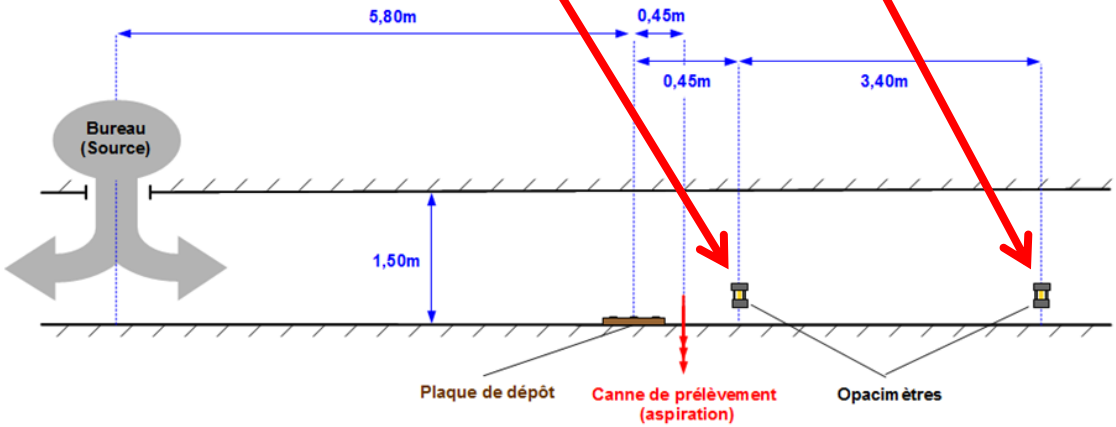
- **Opacimètres** **Concentration de suie**





$$C_s = \frac{1}{L\sigma_s} ln(\frac{I_0}{I})$$

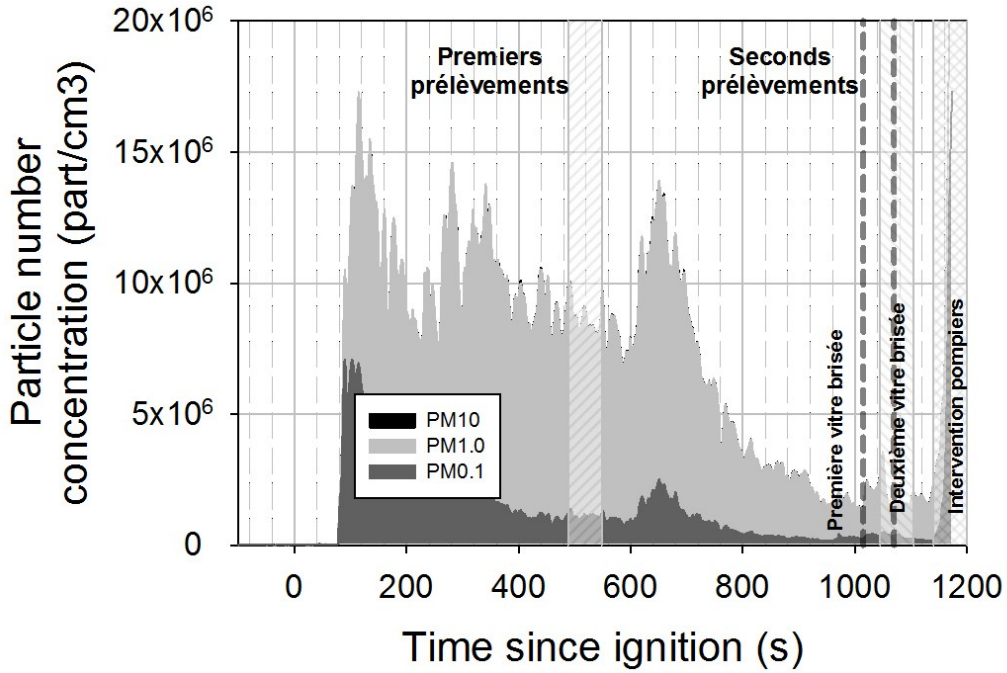
Distance L = 0,05 m
Coefficient d'extinction spécifique σ_s = 8,7 m²/g



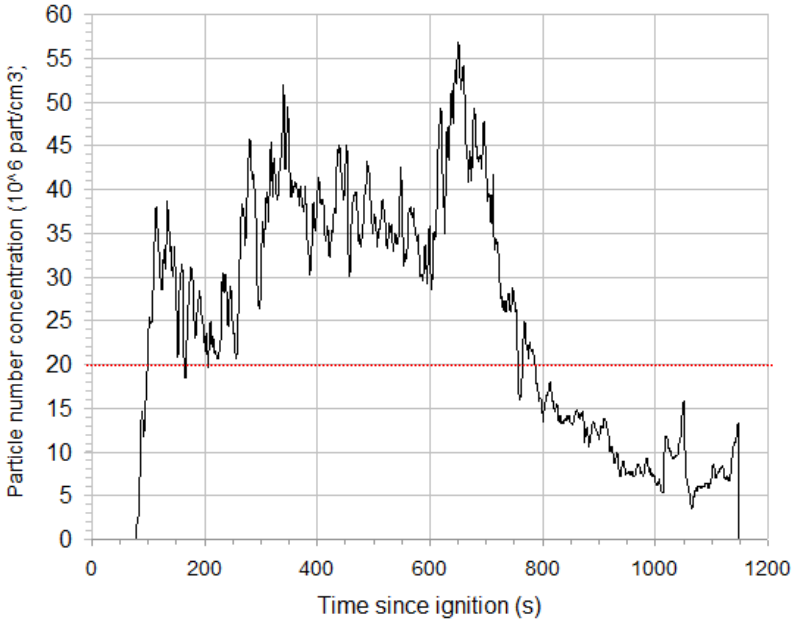
Comparaison des instruments

- **Concentration en nombre**

ELPI



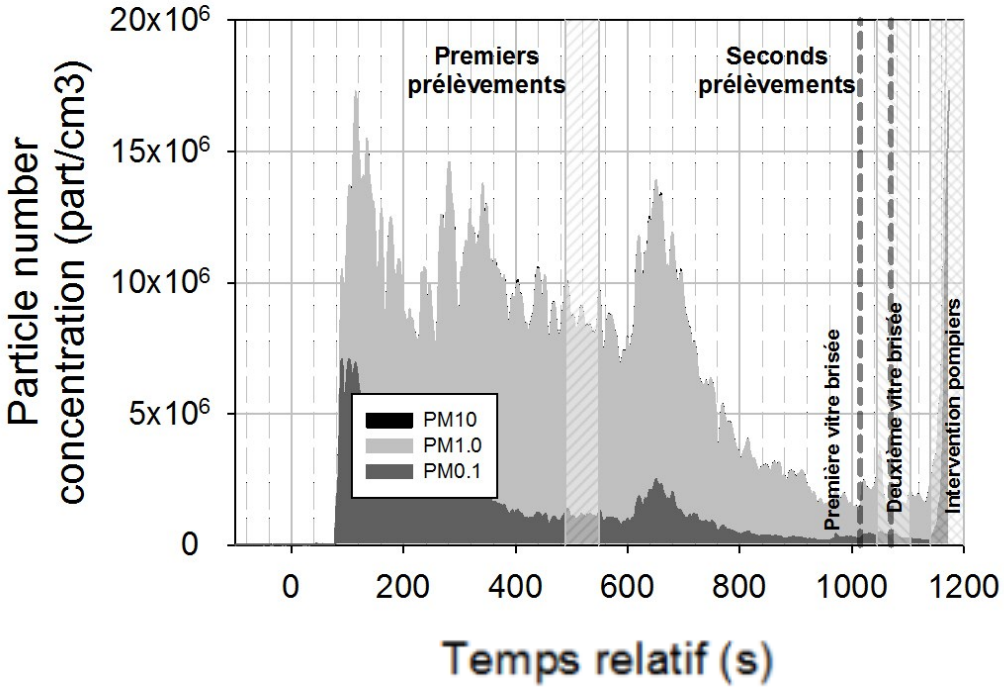
PPS



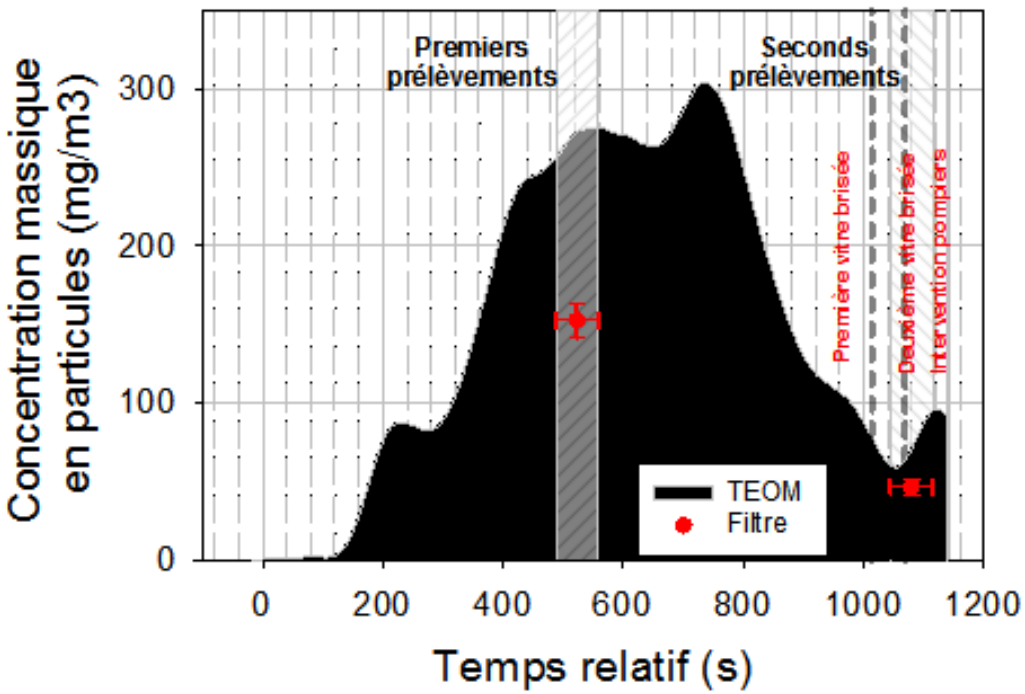
Résultats

- **Concentration en nombre (ELPI) et massique (TEOM)**

Concentration en nombre



Concentration massique



Quelques conclusions

Grace aux essais du LCPP organisés sur le site d'AdP Orly:

- tests de métrologie sur des essais réels

===> en complément des essais à l'échelle du laboratoire

➢Mesures du dépôts

➢Comparaison de trois systèmes de mesures des aérosols dans les fumées

du moins cher+simple au plus cher+complexe:

opacimetre -> PPS -> TEOM

comparaison satisfaisante TEOM opacimetre

Une calibration du PPS à améliorer

➢ Lors du déroulement du feu de bureau

- La taille des particules augmente, diamètre moyen 200-400 nm
- au début: beaucoup de petites particules (<100nm) avec une faible masse
- quand le foyer est bien développé: concentration massique plus importante

Remerciements

Sylvie Dupont
Delphine Garcia
Aurelien Thiry
Mathieu Suzanne
Adissa Traore
du LCPP

pour l'organisation et la préparation de l'essai, et pour les images

Et merci de votre attention