



JOURNÉE  
TECHNIQUE

**8 DÉCEMBRE 2022**

Maison de la RATP - Paris

# Développement d'un nouveau dispositif de prélèvement dédié aux aérosols semi-volatils : le PPAS

Evelyne Géhin

Professeur des Universités, UPEC, CERTES

JT INRS - AÉROSOLS SEMI-VOLATILS 08/12/2022

Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est Créteil  
Soutenue le 14 mars 2022

**Noredine REKEB**

Développement d'un dispositif de **Pr**élèvement **P**ersonnel  
d'**A**érosols **S**emi-volatils «**PPAS**» par simulation numérique et  
validation expérimentale

Directrice de thèse

Et

Encadrants



**Pr. Evelyne GEHIN**

*Centre d'Etudes et de Recherche en Thermique, Environnement et Systèmes, EA 3481*



**Dr. Benjamin SUTTER**

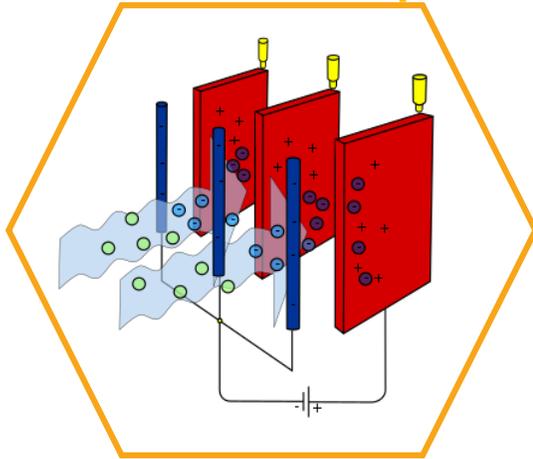
**Dr. Emmanuel BELUT**

*Institut National de Recherche et de Sécurité*

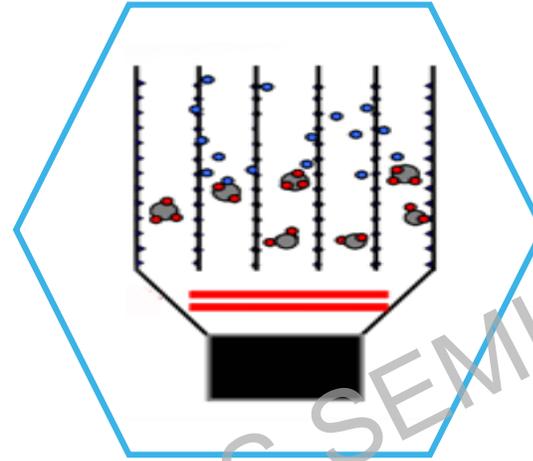
# Introduction

## Analyse Bibliographique : Aperçu des technologies existantes

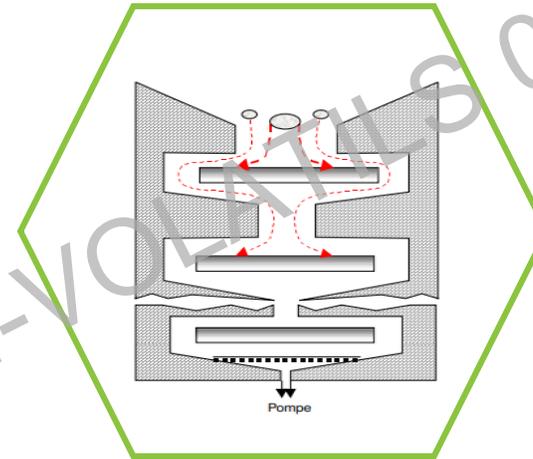
Précipitateur  
électrostatique



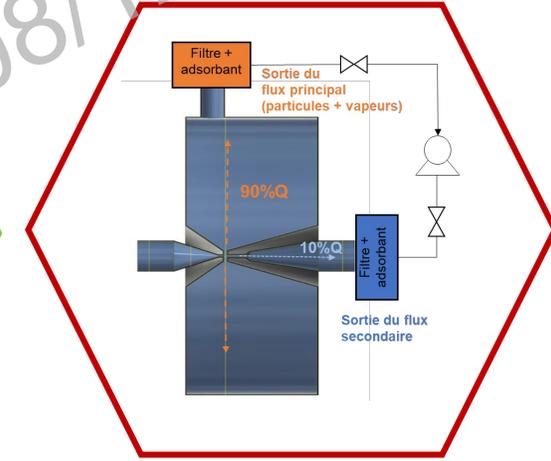
Dénudeur



Impacteur



Impacteur virtuel



SADS Kim et al. 2009

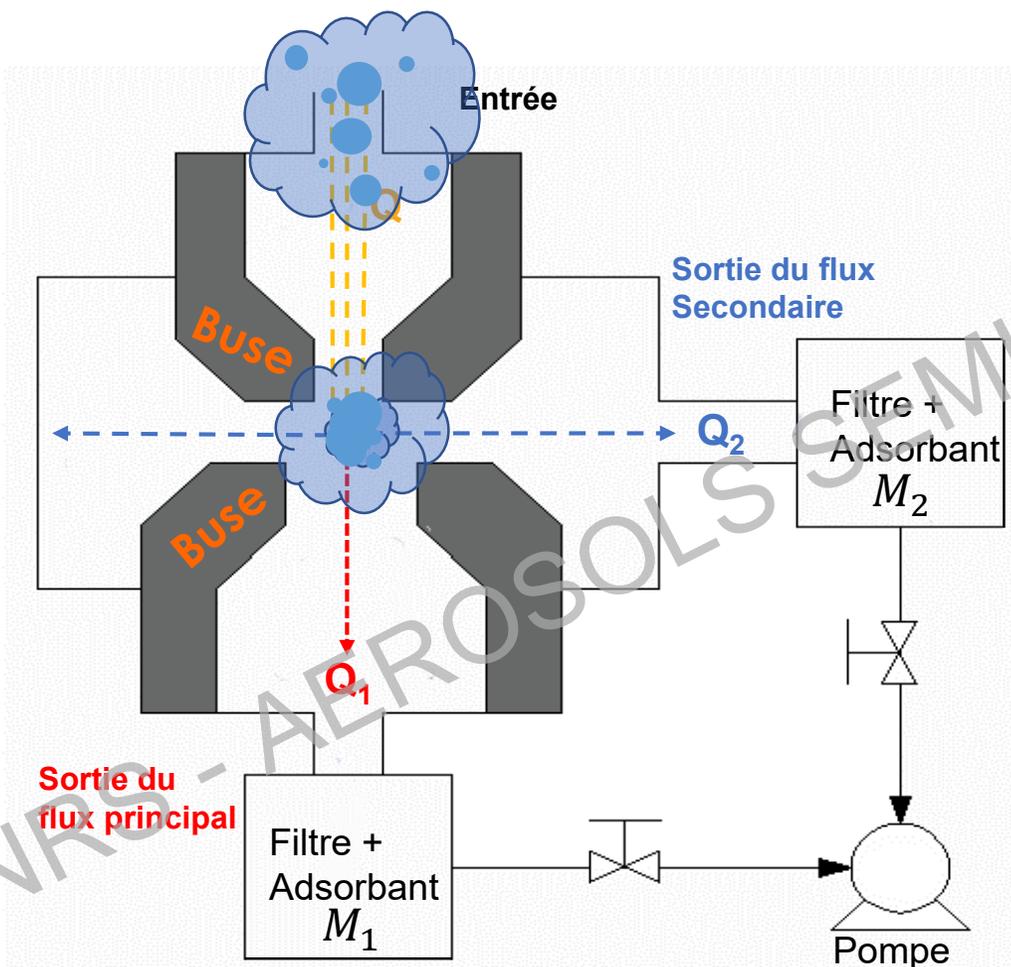


Pas de méthode fiable pour mesurer  
séparément sans biais les phases  
particulaires et vapeurs

Principe d'impaction virtuelle :  
**Séparation instantanée**



# Principe de fonctionnement de l'Impacteur Virtuel



Cas idéal

$$C_{vapeur} = \frac{M_2}{Q_2 \times t}$$

$$C_{particules} = \frac{M_1 - C_{vapeur} \times Q_1 \times t}{Q \times t} = \frac{M_1 - \frac{Q_1}{Q_2} M_2}{Q \times t}$$

Dépôt des particules sur les parois ?  
Particules fines dans le flux secondaire ?

# Cahier des charges pour un nouveau dispositif



## Performances

Efficacité de transmission > 90 %  
des particules [0,05 - 20 µm]

Performance universelle  
composition chimique du CSV

Prélèvement sur 8h  
Perte de charge < 5000 Pa

Sécurité  
facilité d'utilisation

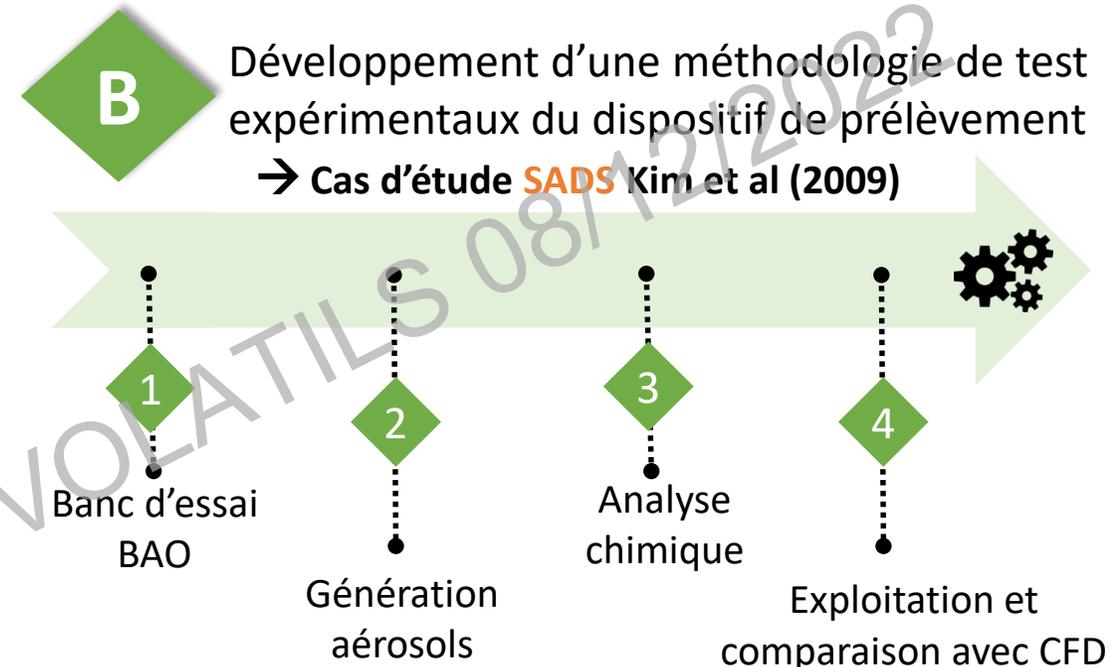
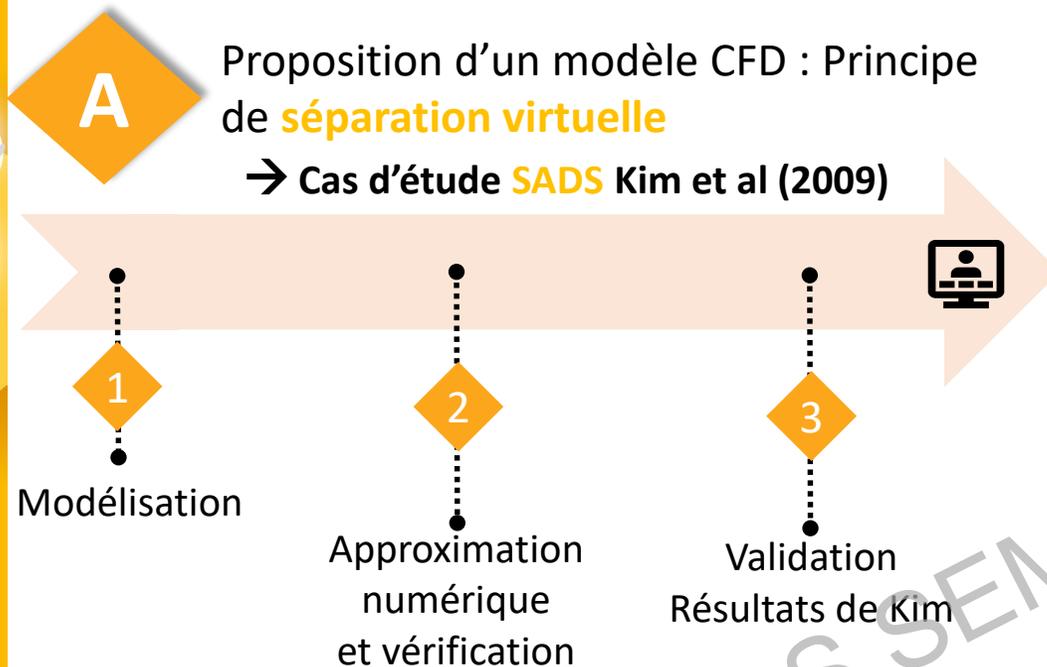
Utilisation des supports de  
collecte standards

Faible encombrement,  
légèreté et portabilité



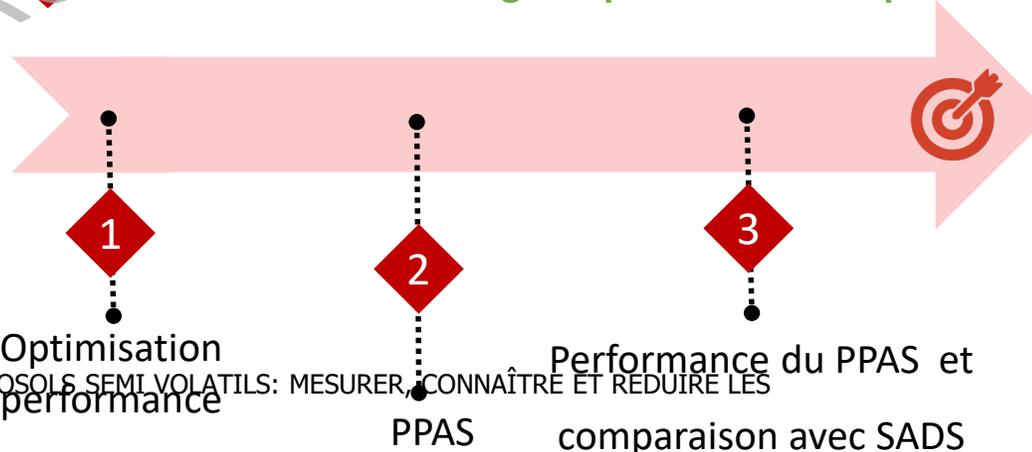
Exigences pour le  
prélèvement  
individuel

# Stratégie de recherche



**C** Développement du **dispositif PPAS** :

- ❖ **Modèle numérique validé étape A : Optimisation**
- ❖ **Méthodologie expérimentale étape B**



**Dispositif PPAS**  
(Brevet FR2107292)

CERTES  
THERMIQUE • ENVIRONNEMENT  
SYSTEMES ENERGETIQUES

inrs

# Démarche de développement du PPAS

**C1. Augmenter efficacité de transmission des particules [0,05 - 1 µm]**

**C2. Augmenter efficacité de transmission des particules [2 - 20 µm]**

**C3. Pertes de charge**

**C6. Créer un système d'alignement**

**C5. Optimiser le temps de résidence de la vapeur**

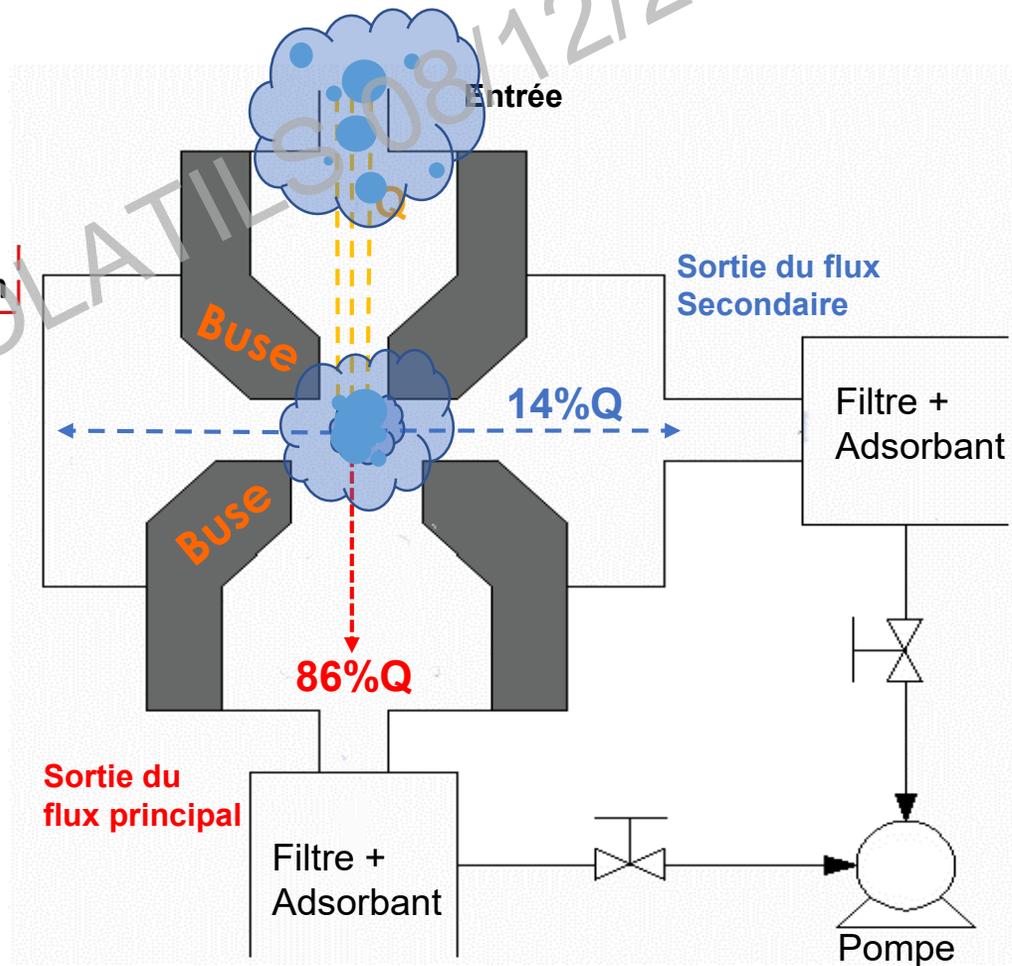
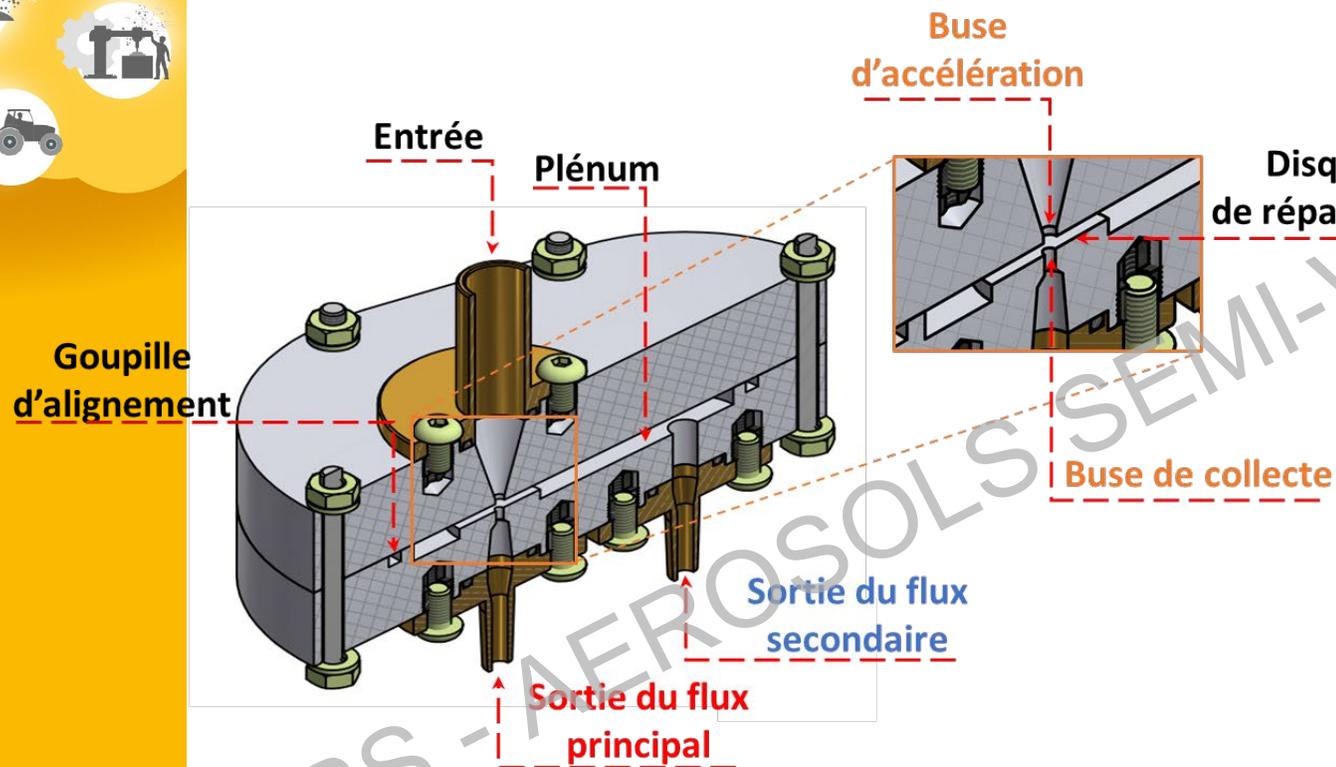
**C4. Dimensionnement l'espace de séparation**

**C7. Encombrement**

**C8. Aspect de conception**  
(étanchéité, état de surface, assemblage etc)

**C9. Prototypage et test de performance PPAS 1**

# Dispositif de Prélevement Personnel d'Aérosols Semi-volatils **PPAS**



# Dispositif de Prélevement Personnel d'Aérosols Semi-volatils **PPAS**



# Performance du PPAS : Perte de charge

Perte de charge à la sortie **principale** et **secondaire** du PPAS

- ❑ Validation : Comparaison entre **CFD** et **expérience**
- ❑ Comparaison de la perte de charge du **SADS** et **PPAS**



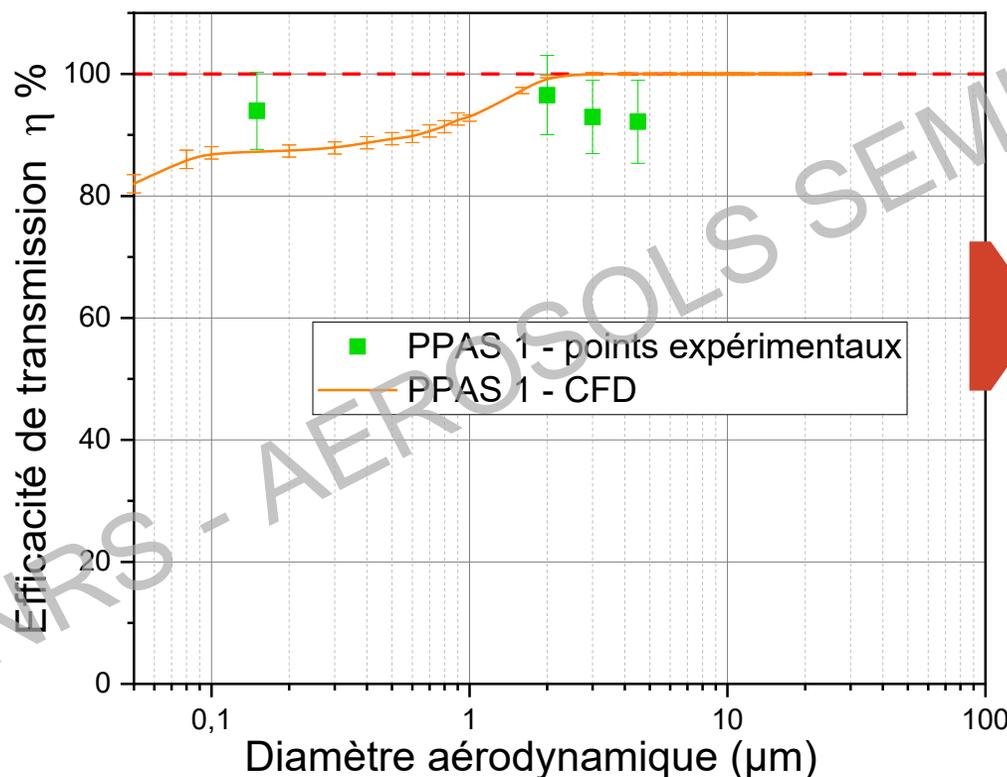
Perte de charge	Sortie du flux principal (Pa)		Sortie du flux secondaire (Pa)	
	Expérience	CFD	Expérience	CFD
<b>PPAS</b>	80 ± 20	55,7 ± 2,3	160 ± 12	152,7 ± 2,8
<b>SADS</b>	1600 ± 173	1600	3700 ± 120	3681

- ❖ Bon accord entre la perte de charge prédite par **simulation numérique CFD** et **expérience**
- ❖ Perte de charge réduit dans le PPAS d'environ d'un facteur 20 par rapport au SADS

# Performance du PPAS : Efficacité de transmission

Efficacité de transmission des particules [0.05 – 20  $\mu\text{m}$ ] à la sortie **principale** du PPAS

- ☐ Simulation numérique CFD
- ☐ Expérience particules de glycérol fluorescentes 0.15, 2, 3 et 4.5  $\mu\text{m}$
- ☐ Validation : Comparaison entre CFD et expérience



On observe :

**Efficacité transmission CFD du PPAS :**

- $84 < \eta < 99,5$  % particules [0,05 – 1,5  $\mu\text{m}$ ]
- $\eta = 100$  % particules [2 - 20  $\mu\text{m}$ ]

**Efficacité de transmission expérimentale PPAS :**

- $\eta \approx 95$  % pour des particules **de 0,15  $\mu\text{m}$**  poly dispersées avec 5 % déviées sortie secondaire
- $\eta \approx 94$  % environ pour des particules **2, 3 et 4,5  $\mu\text{m}$**  avec environ 6 % déposée sur les parois

# Conclusion

## Performances

Efficacité de séparation > 90 %  
des particules [0,05 - 20 µm]



Performance universelle  
composition chimique du CSV



Prélèvement sur 8h  
Perte de charge < 5000 Pa



Sécurité  
facilité d'utilisation



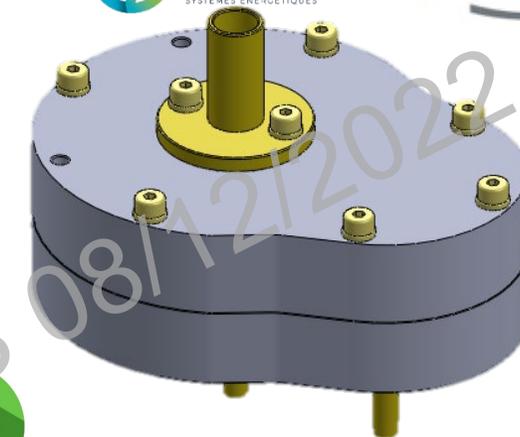
Utilisation des supports de  
collecte standards



Faible encombrement,  
légèreté et portabilité



Exigences pour le  
prélèvement  
individuel



# Perspectives

- Validation sur lieux de travail
- Réduction des dimensions du prototype



JT INRS - AEROSOLS SEMI-VOLATILS 08/12/2022

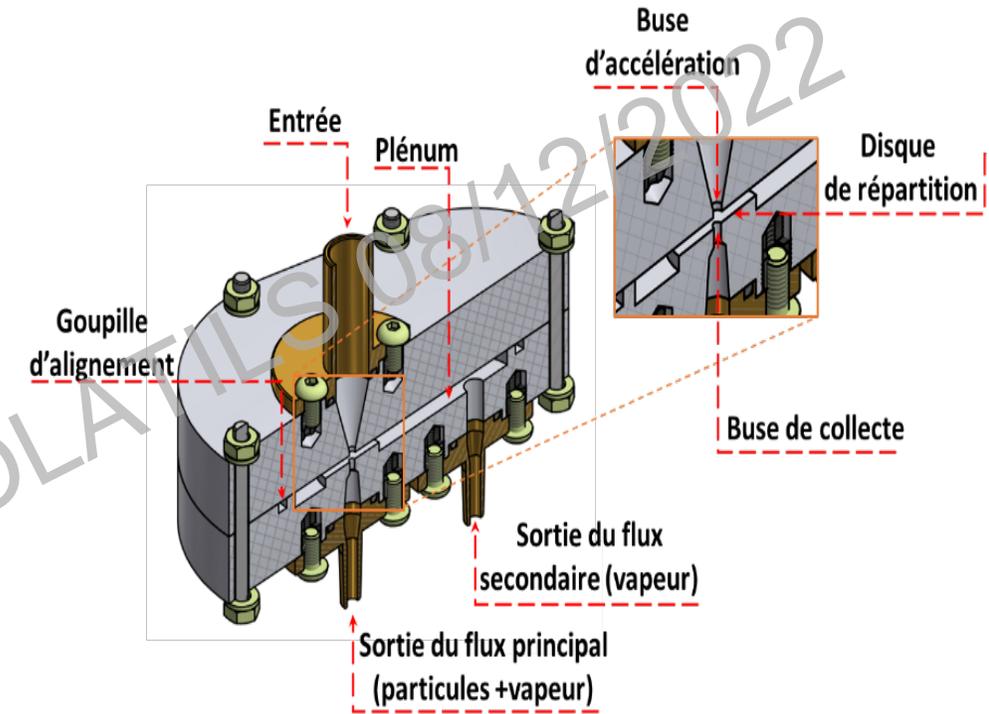
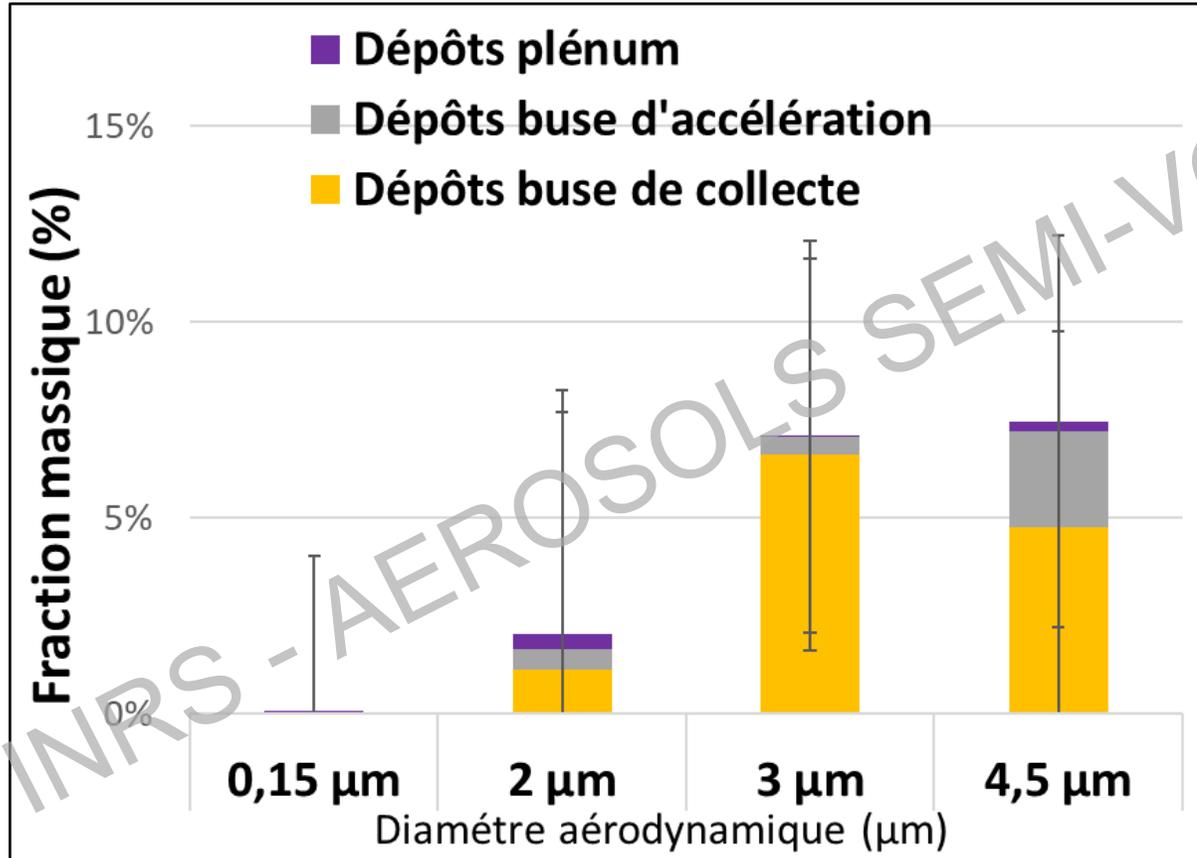
# Dispositif de Prélèvement Personnel d'Aérosols Semi-volatils **PPAS**



# Performance du PPAS 1 : Dépôts

Dépôt à différents endroits dans le PPAS :

- Buse d'accélération, de collecte et du plénum



- Dépôt sur les parois intérieures de la buse de collecte < 6% : Problème d'usinage visible
- Mesure de concentration non biaisée
- Dépôt non prédit par modèle CFD : état de surface parfaite