

Etude de la fonction de transfert en particules du système aéroporté AVIRAD pour la collecte et la caractérisation des aérosols

P. Formenti (LISA)

N. Grand (LISA), S. Letourneur, R. Loisil (DT-INSU)

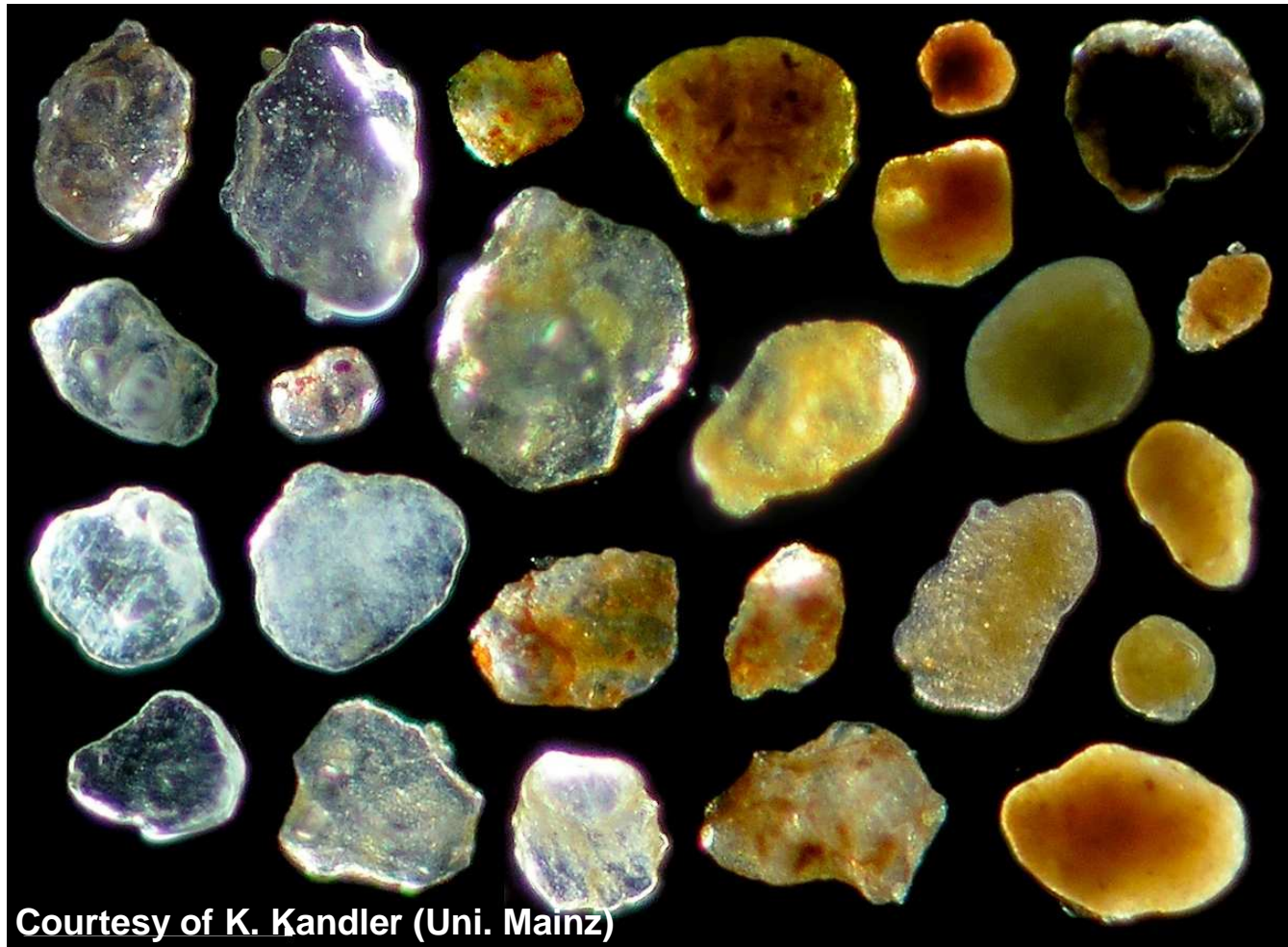
Conception d'AVIRAD

- Soutien financier PNCA, API-AMMA, LISA
- Soutien technique DT-INSU (AO 2003, projet démarré qu'en 2005)
- SAFIRE soutien à l'intégration sur l'ATR-42

Le système aéroporté AVIRAD

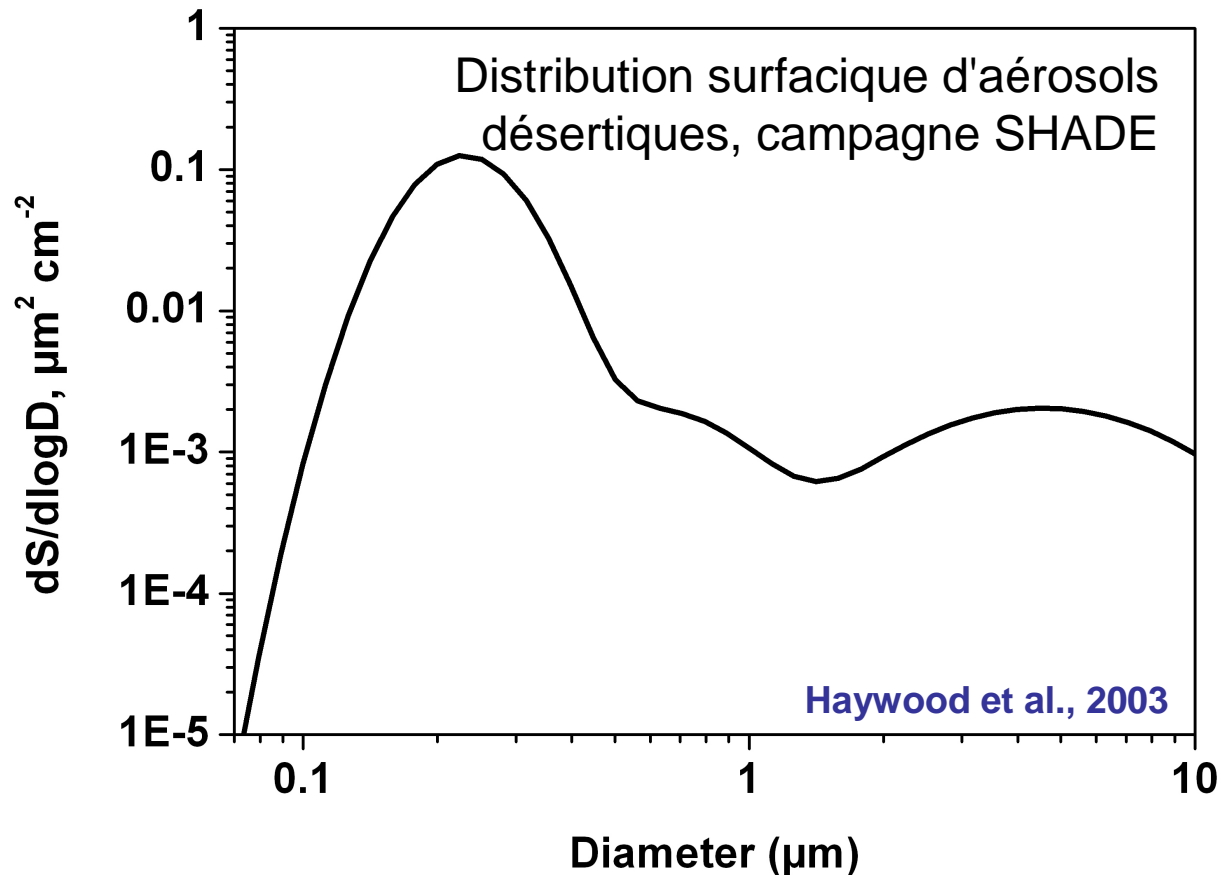
- Collecte et caractérisation des aérosols:
Caractériser les propriétés physico-chimiques (composition, taille, morphologie) de l'aérosol sur la colonne atmosphérique
 - Régissent les impacts climatiques et environnementaux
 - Effet radiatif direct et indirect (diffusion/absorption des rayonnements; formation et les propriétés des nuages)
 - Cycles biogéochimiques
 - Qualité de l'air, santé

Spectre dimensionnel étendu, dont dépendent la composition et morphologie



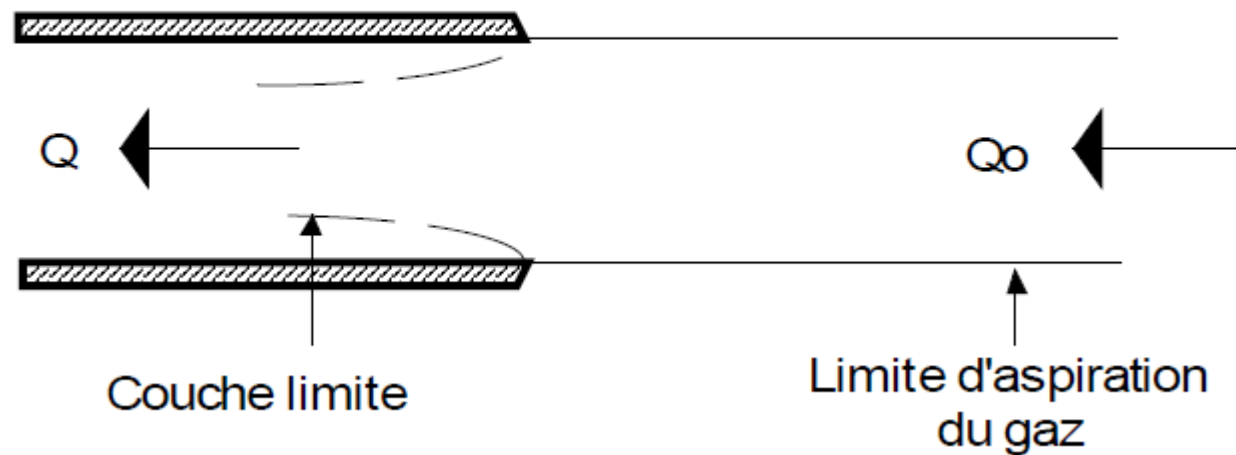
Courtesy of K. Kandler (Uni. Mainz)

Exemple de distribution en taille



Contrainte forte: limiter les pertes en particules (1/2)

Prélèvement depuis l'air libre à régime isocinétique



Q_0 = vitesse de l'air libre

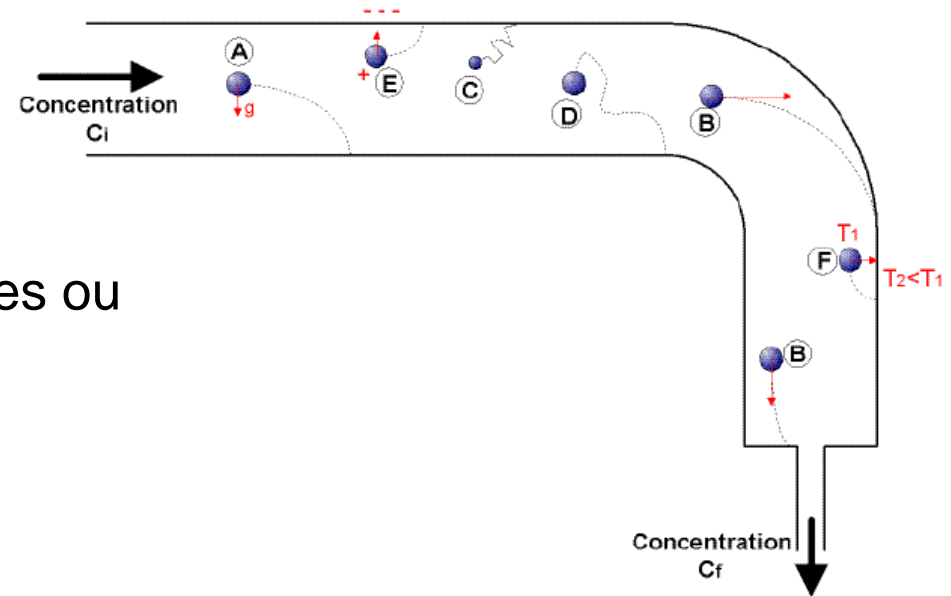
Q = vitesse d'aspiration

Contrainte forte: limiter les pertes en particules (2/2)

Limiter les pertes dans les conduits

Mécanismes de dépôt :

- (A) Gravitation
- (B) impaction inertielle dans les coudes ou rétrécissements brusques
- (C) diffusion moléculaire
- (D) diffusion turbulente
- (E) précipitation électrique
- (F) précipitation thermique

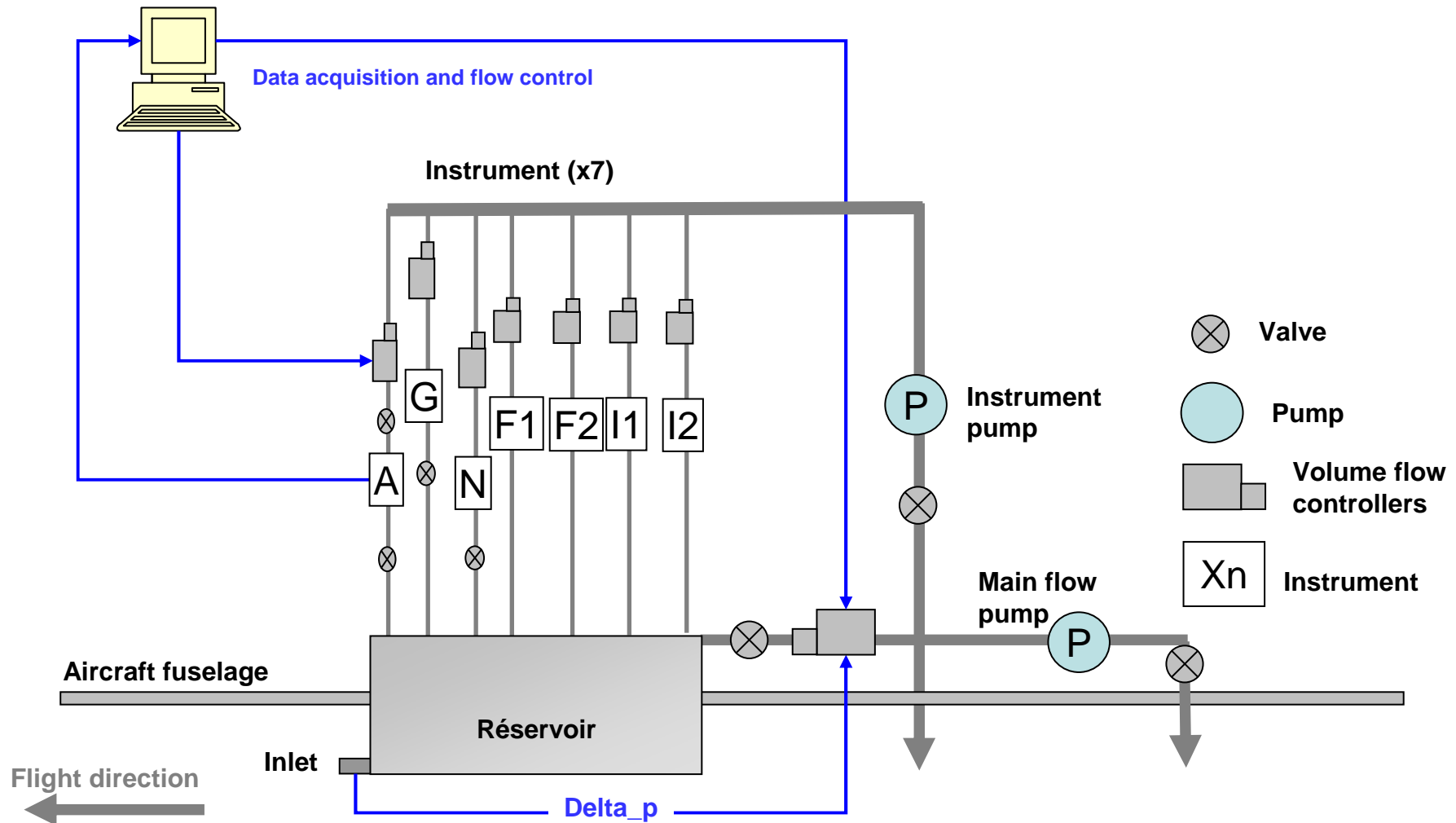


Systeme multi-capteurs: prélèvement et analyse on-line

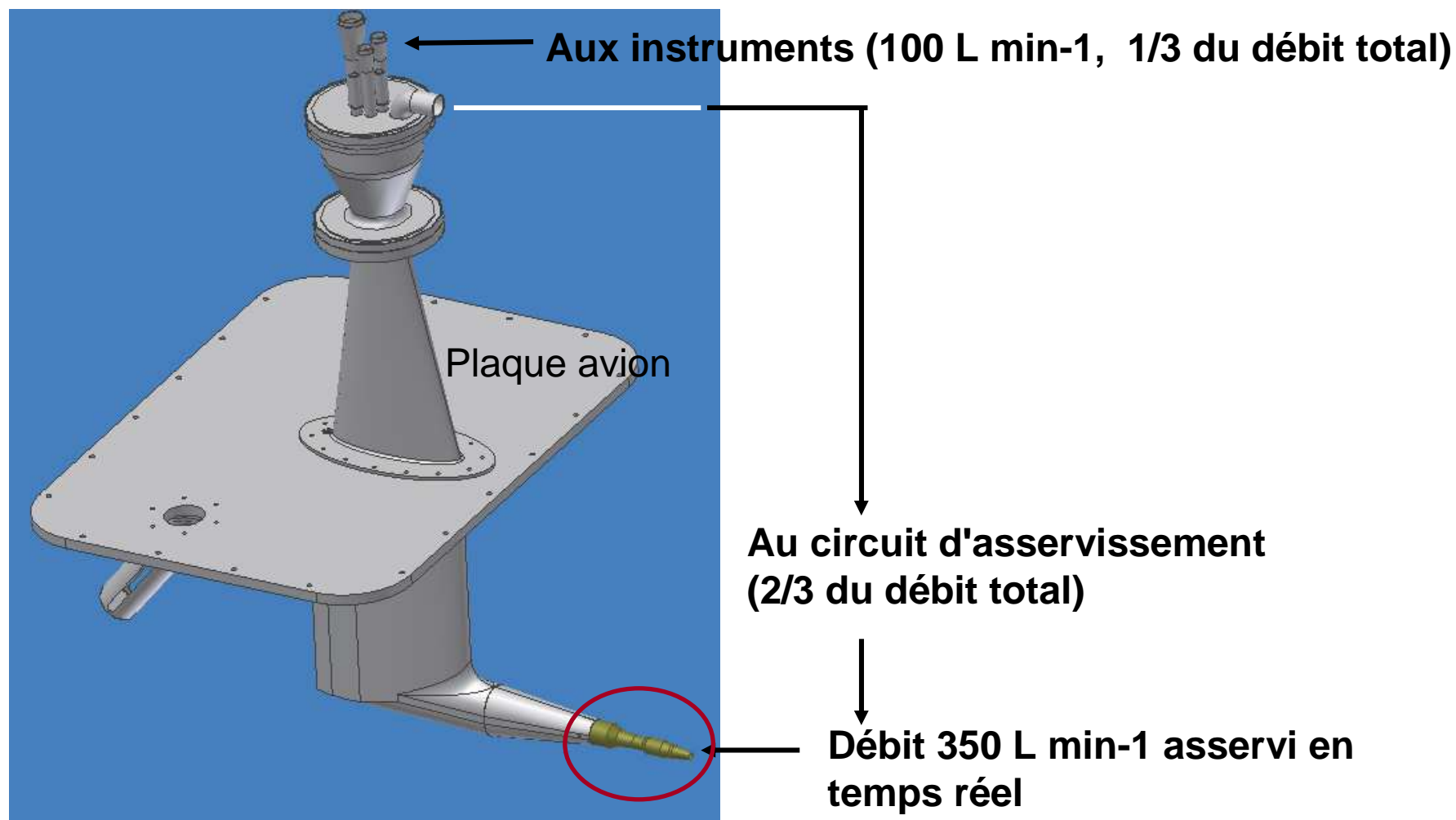
Propriété	Detail	Instruments	Débit (L min ⁻¹)
Composition/ Morphologie	Composition et concentration globale	Filtres totaux (X 2)	16
	Composition et concentration par classe de taille	Impacteurs 4-étages (x 2)	10
Size distribution	Distribution en nombre	Compteur optique GRIMM	1.2
Optical properties	Aerosol scattering coefficient	Spectral nephelometer (TSI)	30
	Aerosol absorption coefficient	Spectral aethalometer (Magee)	20

Débit total ~100 L min⁻¹

AVIRAD, schéma fonctionnel

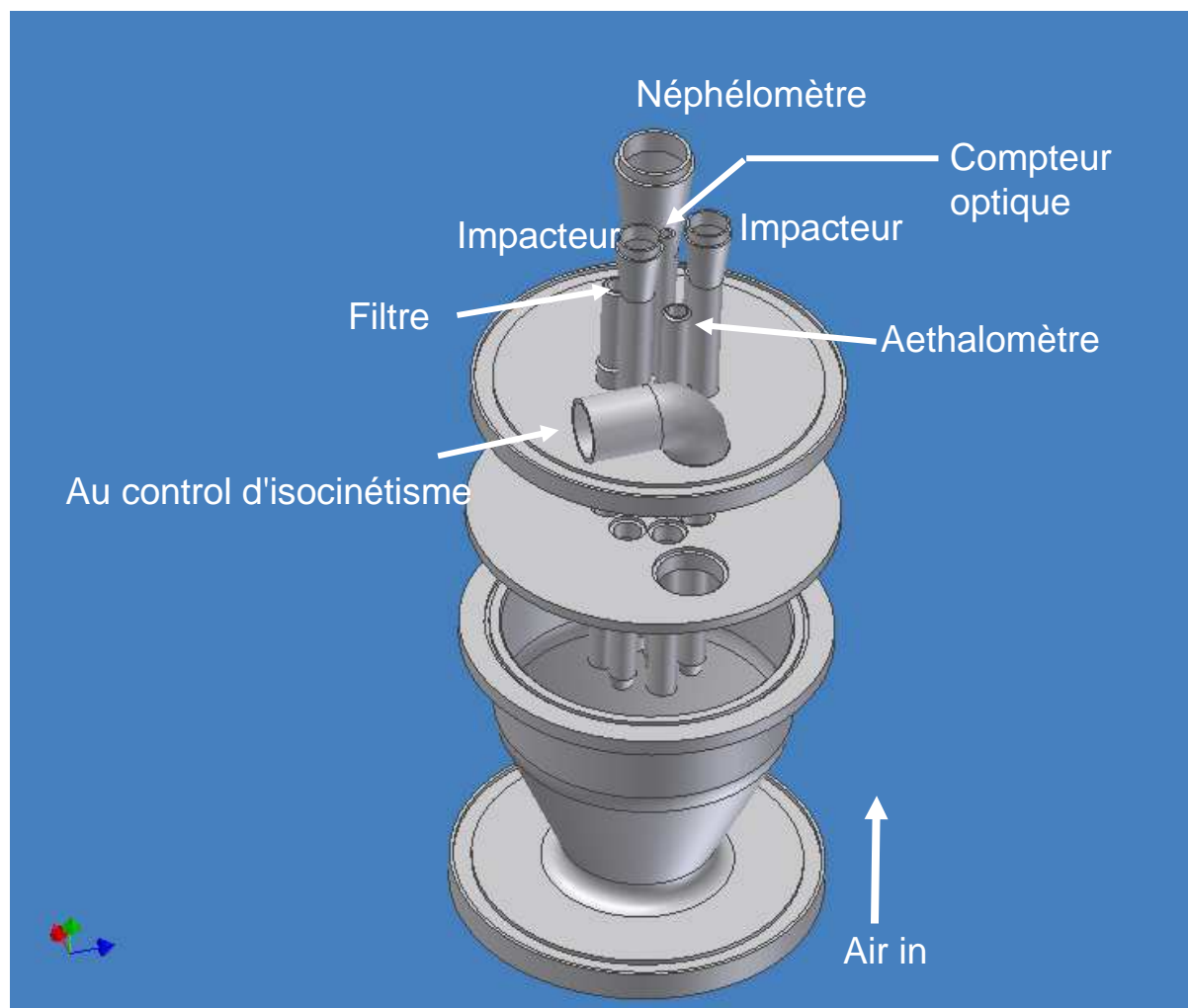


Schéma



Sonde développée au LSCE (Filippi, 2000)

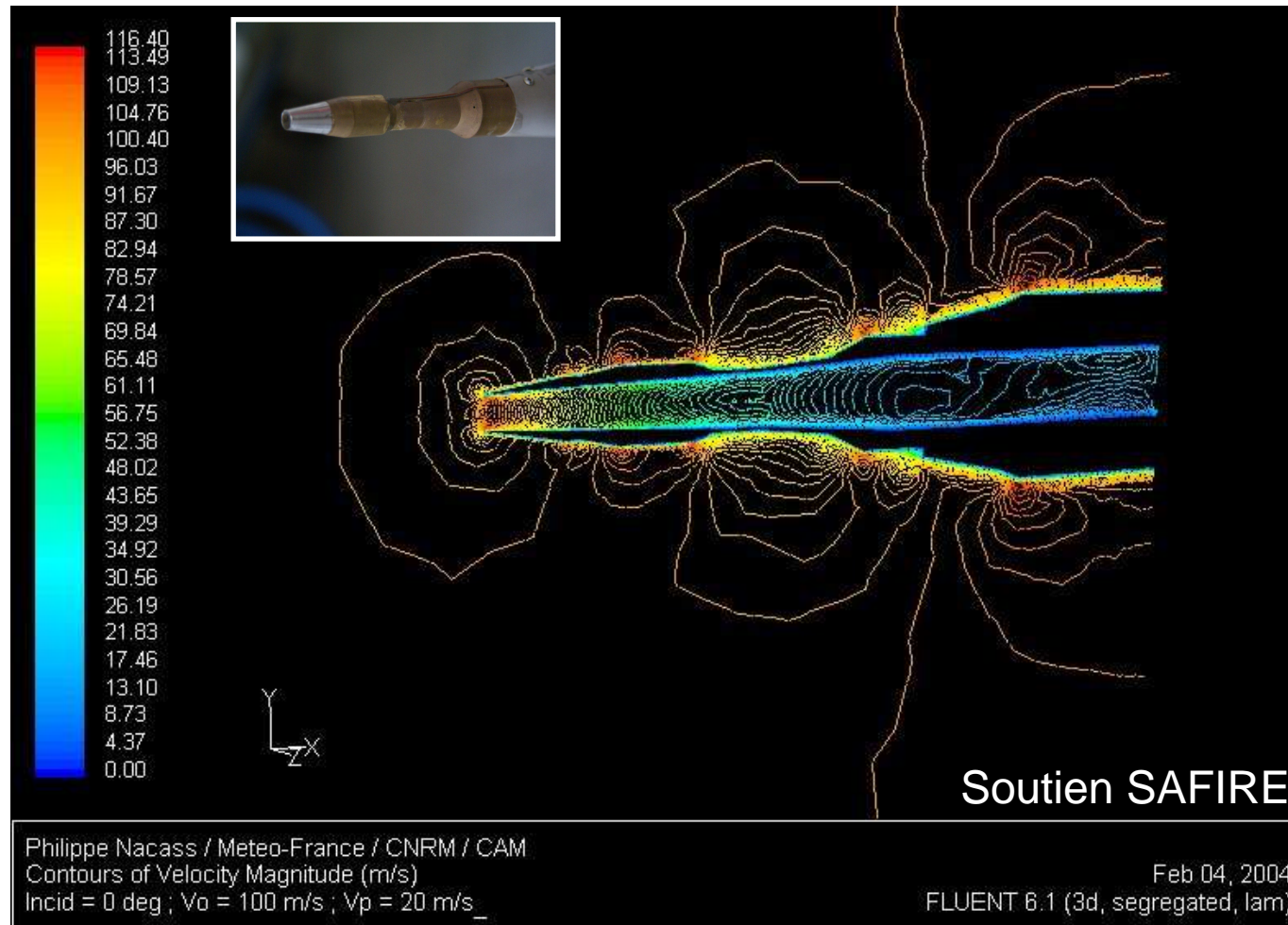
Lignes d'échantillonnage



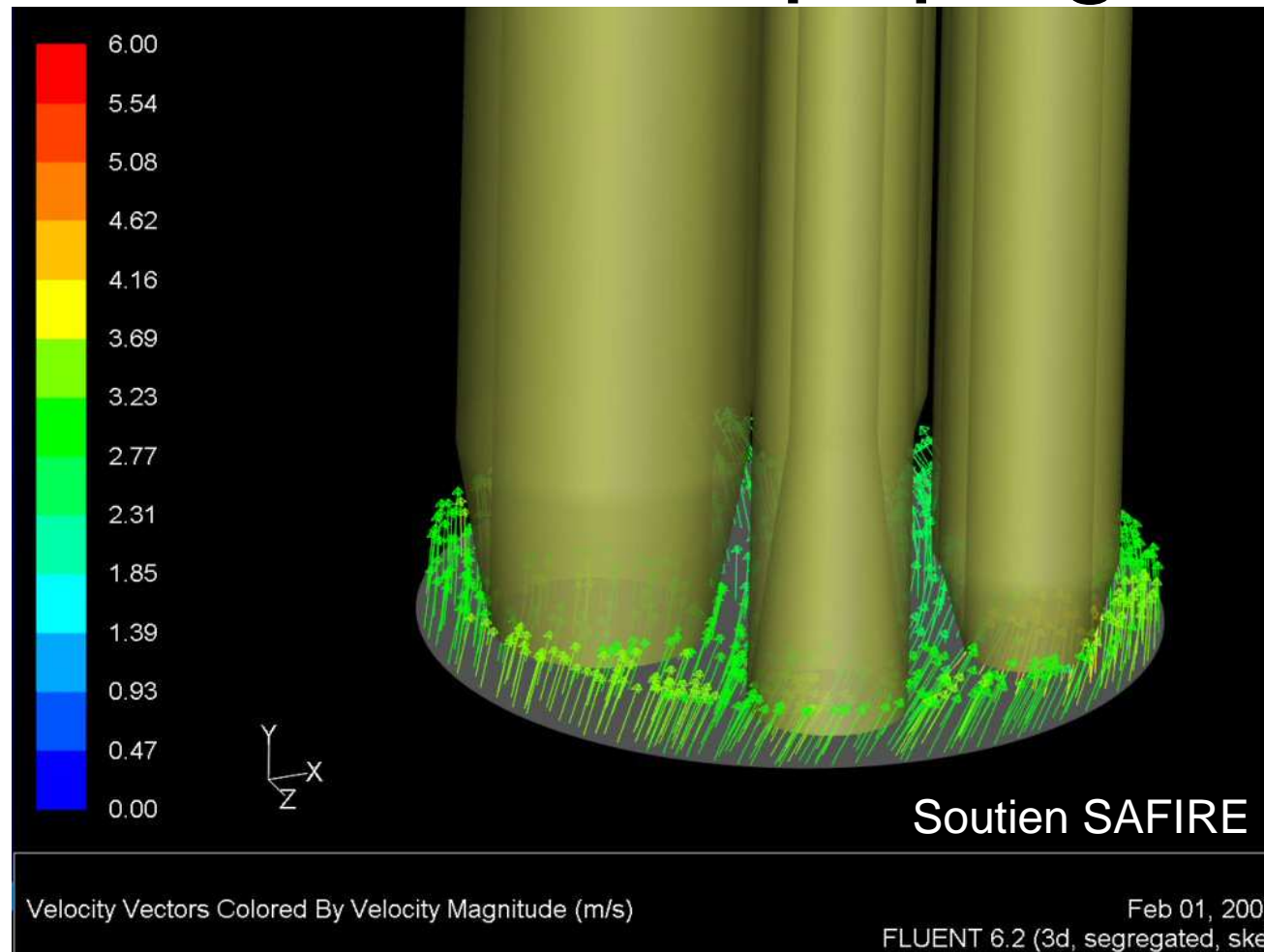
Intégration sur l'ATR-42



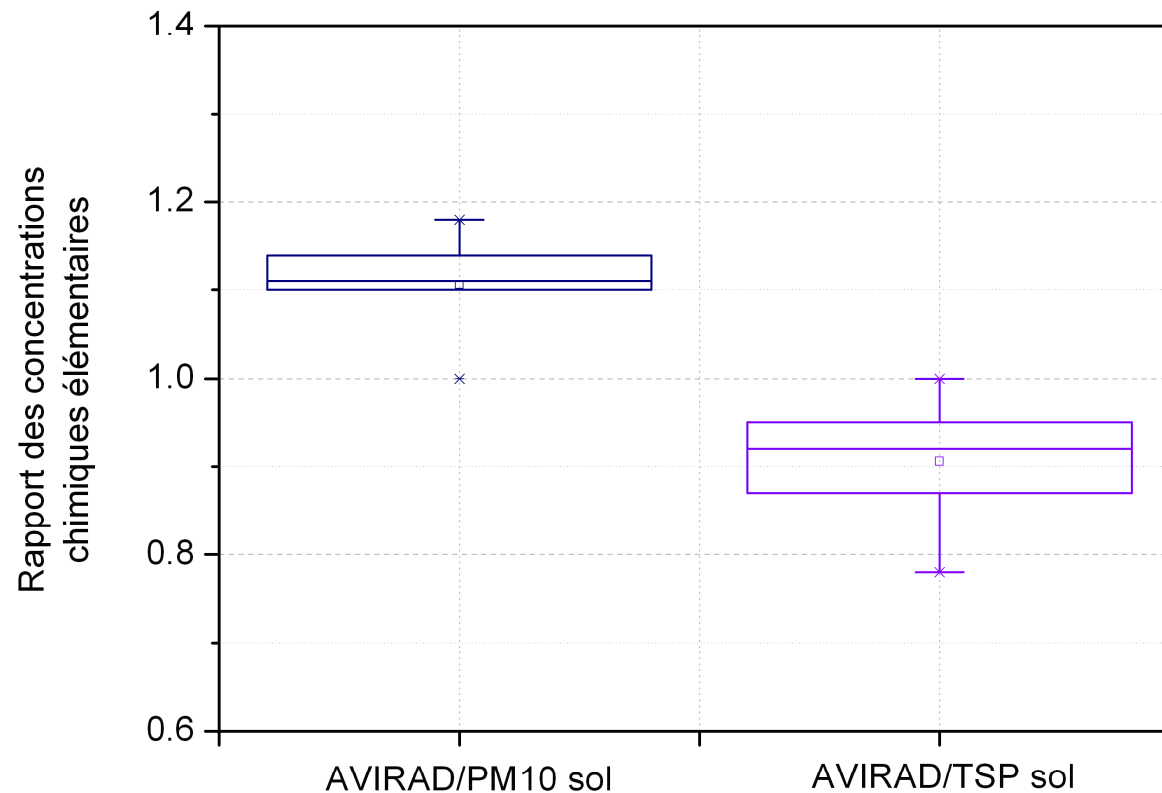
Simulations numériques d'écoulement: sonde



Simulations numériques d'écoulement: piquages



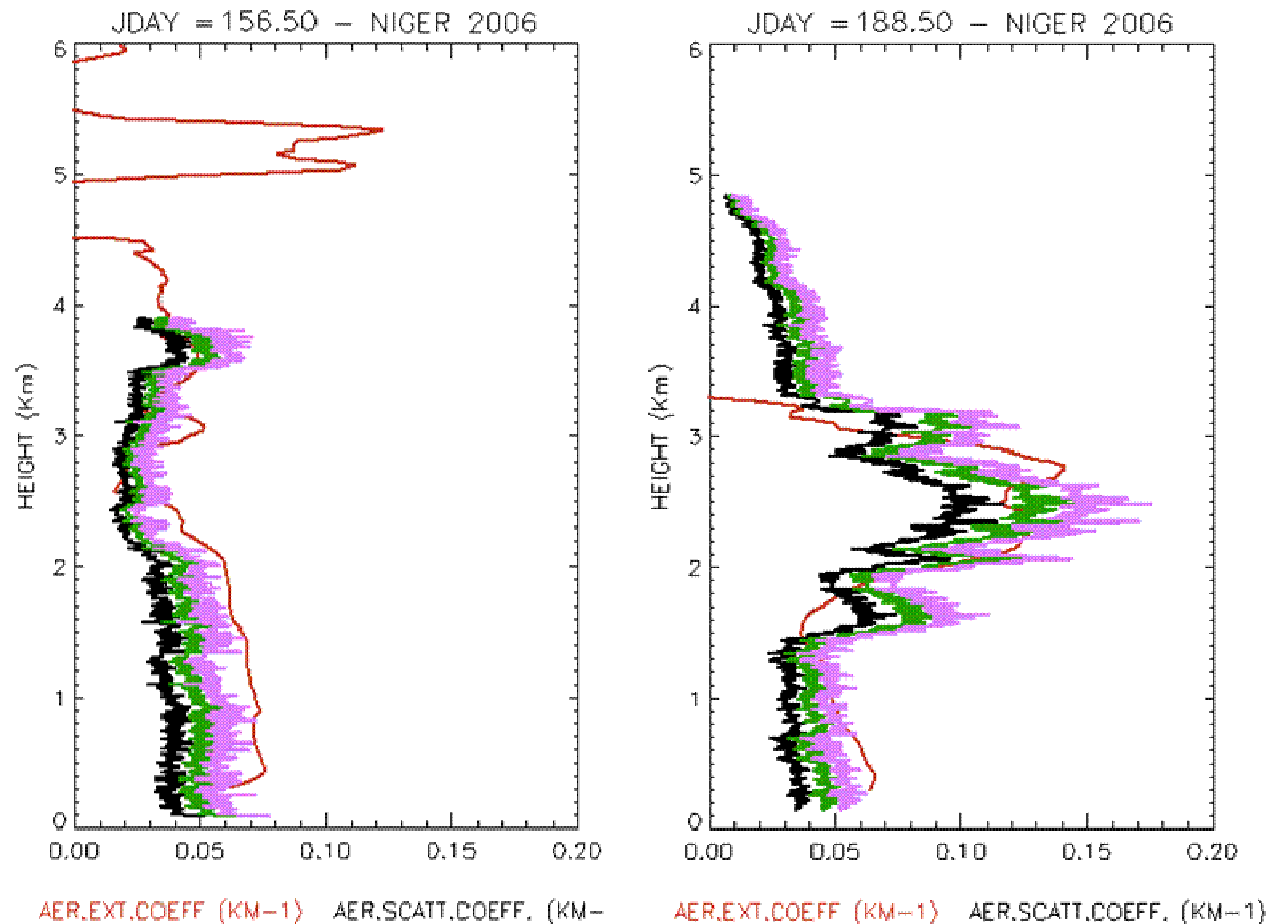
Inter-comparaison mesures de terrain: concentrations chimiques élémentaires



Campagnes AMMA, site sol de Banizoumbou, Niger (LISA)



Inter-comparaison mesures de terrain: profils verticaux diffusion/extinction



Campagnes AMMA, site sol de Banizoumbou, Niger (LISA)



Etude en soufflerie ensemençée

- Objectif: déterminer les artefacts induits par le système de mesure sur la restitution de la distribution en taille des particules (fonction de transfert)

$$f(D) = N(D)/N_{\text{reference}}(D)$$

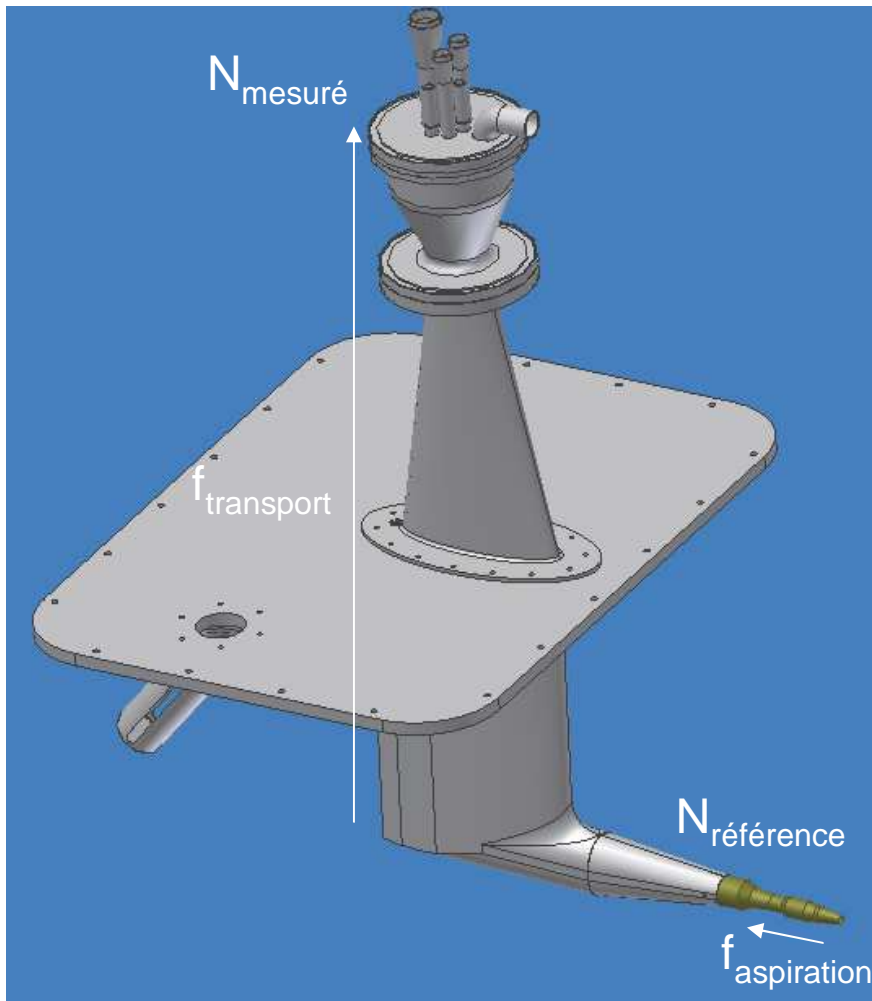
Etude en soufflerie ensemençée

- $f(D)$ se compose de deux termes

$$f(D) = f_{\text{aspiration}}(D) * f_{\text{transport}}(D)$$

- $f_{\text{aspiration}}(D)$ = aspiration par la sonde depuis l'air libre
- $f_{\text{transport}}(D)$ = transmission des particules dans les conduits jusqu'aux instruments de mesure

Stratégie expérimentale



Mesures en sortie de chaque ligne de prélèvement

Cadre (2007/2008)

- Expérience: Juin 2008
- Soutien technique: DT-INSU
 - Intégration
 - Interface mécanique veine-soufflerie
- Soutien financier: Mi-lourds/LEFE-CHAT
 - Interface mécanique veine-soufflerie
 - Location soufflerie
 - Missions

Pré-requis soufflerie

- Vitesse d'air de l'ordre de 100 m s⁻¹
- Ensemencée en aérosols

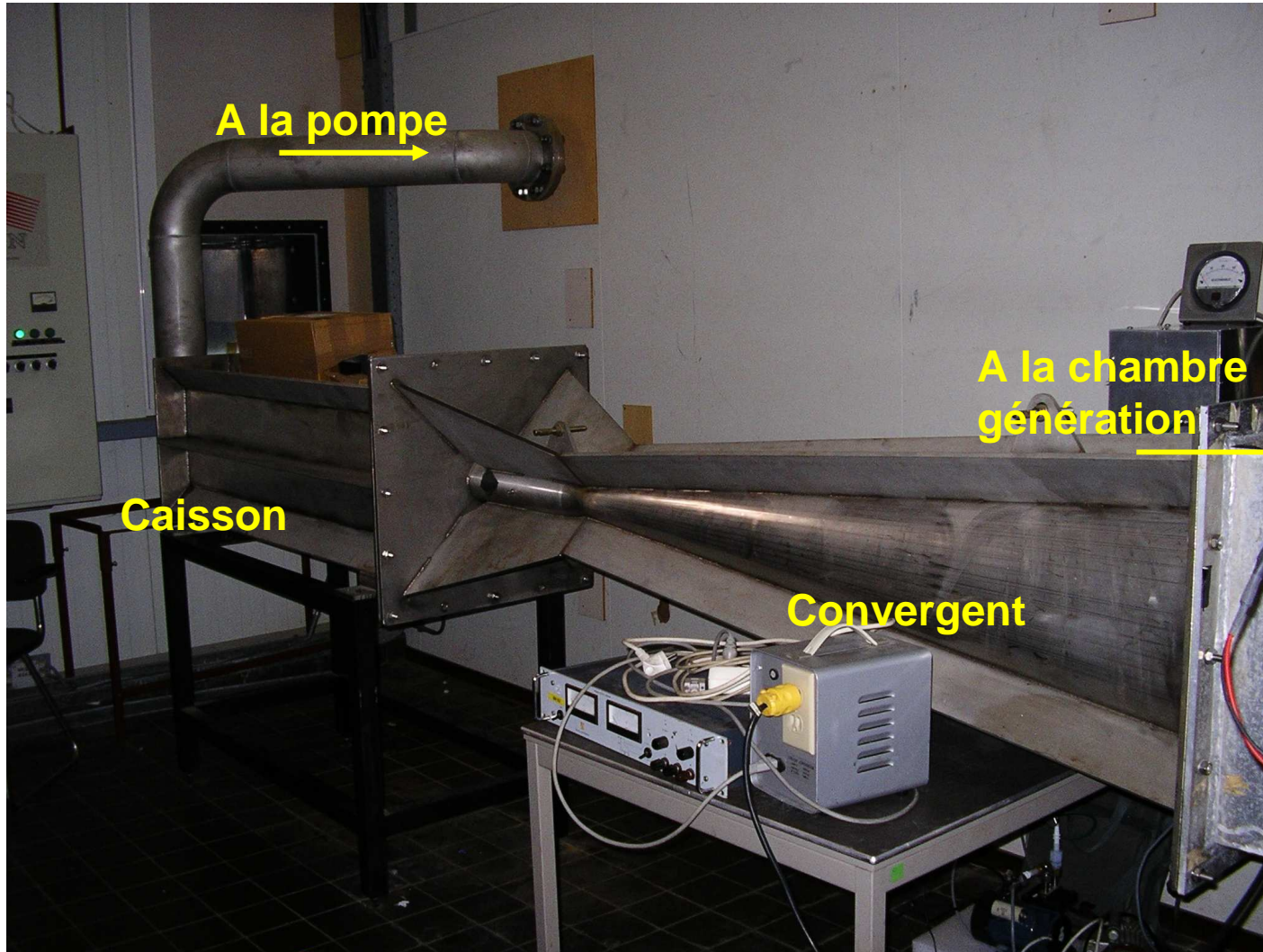
W. Strapp (NCAR), M. Wendisch (EUFAR)

Soufflerie	Génération aérosols	Coût journalier
NASA Glenn Icing Research Tunnel	NON	15000 dollars
CIRA Icing tunnel, Capua, Italie	NON	"probably higher than NASA Glenn"
Ottawa, Canada	NON	3000 dollars
Cox and Co., Manhattan, NY	NON	6000 dollars
CHIEF, Petten, Pays Bas	OUI	2500 euros

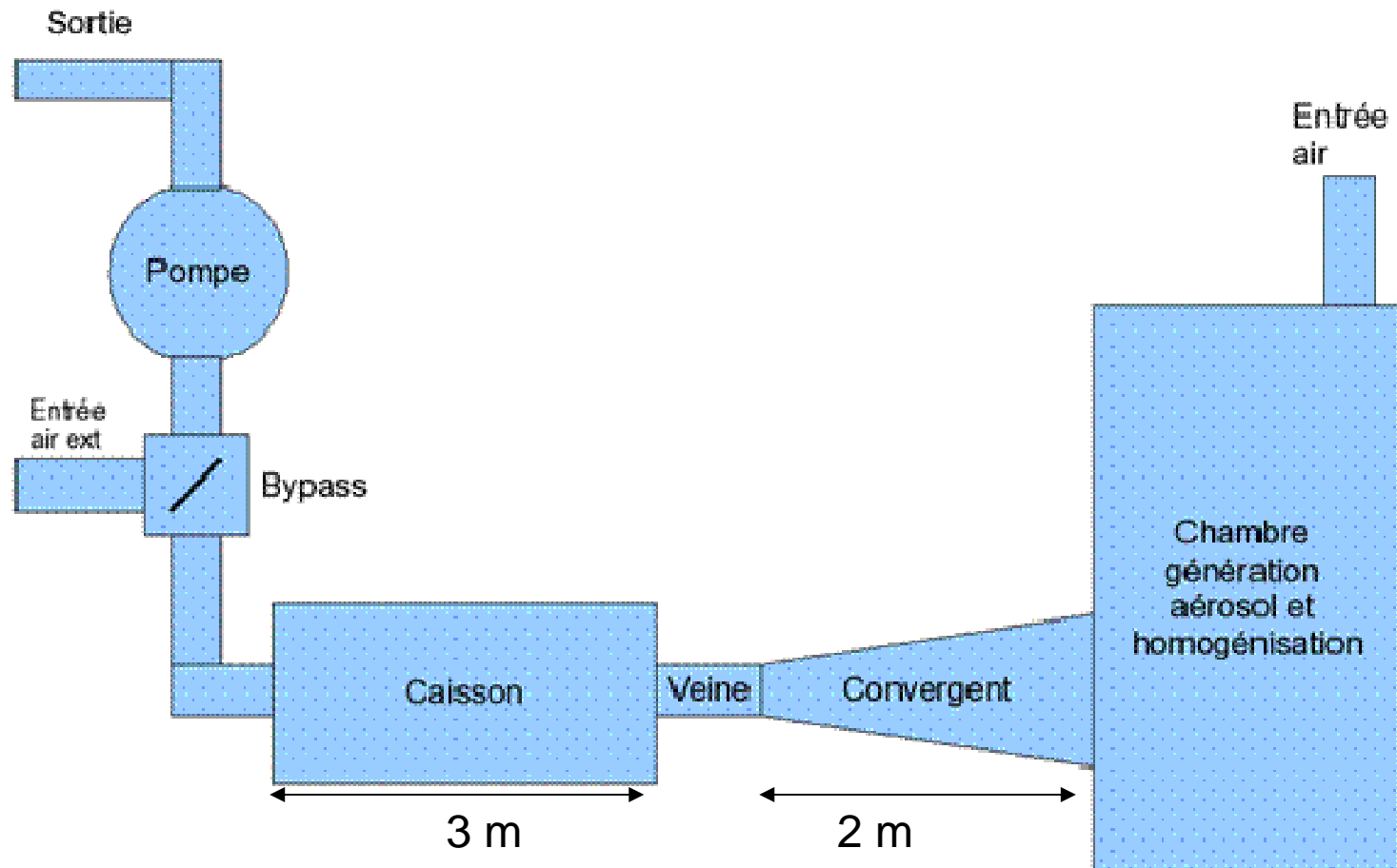
Departement of Clean Fossil Fuel de Petten (Pays Bas)

<http://www.accent-network.org/index.cfm?objectid=A0F25226-BCDC-BAD1-ACD65B777559DBD8>

Soufflerie Petten, Pays Bas



Soufflerie Petten: schéma

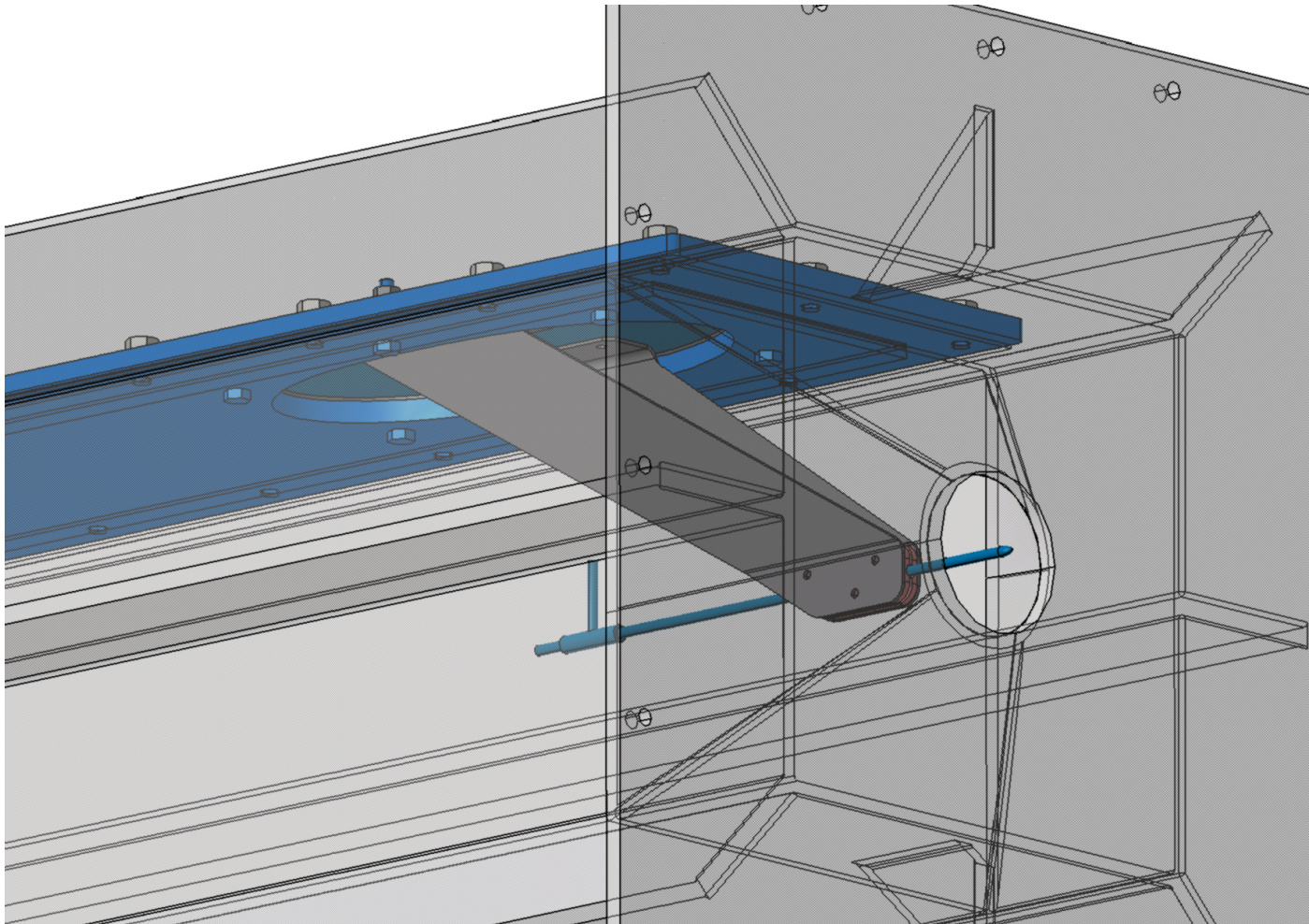


Section d'accélération

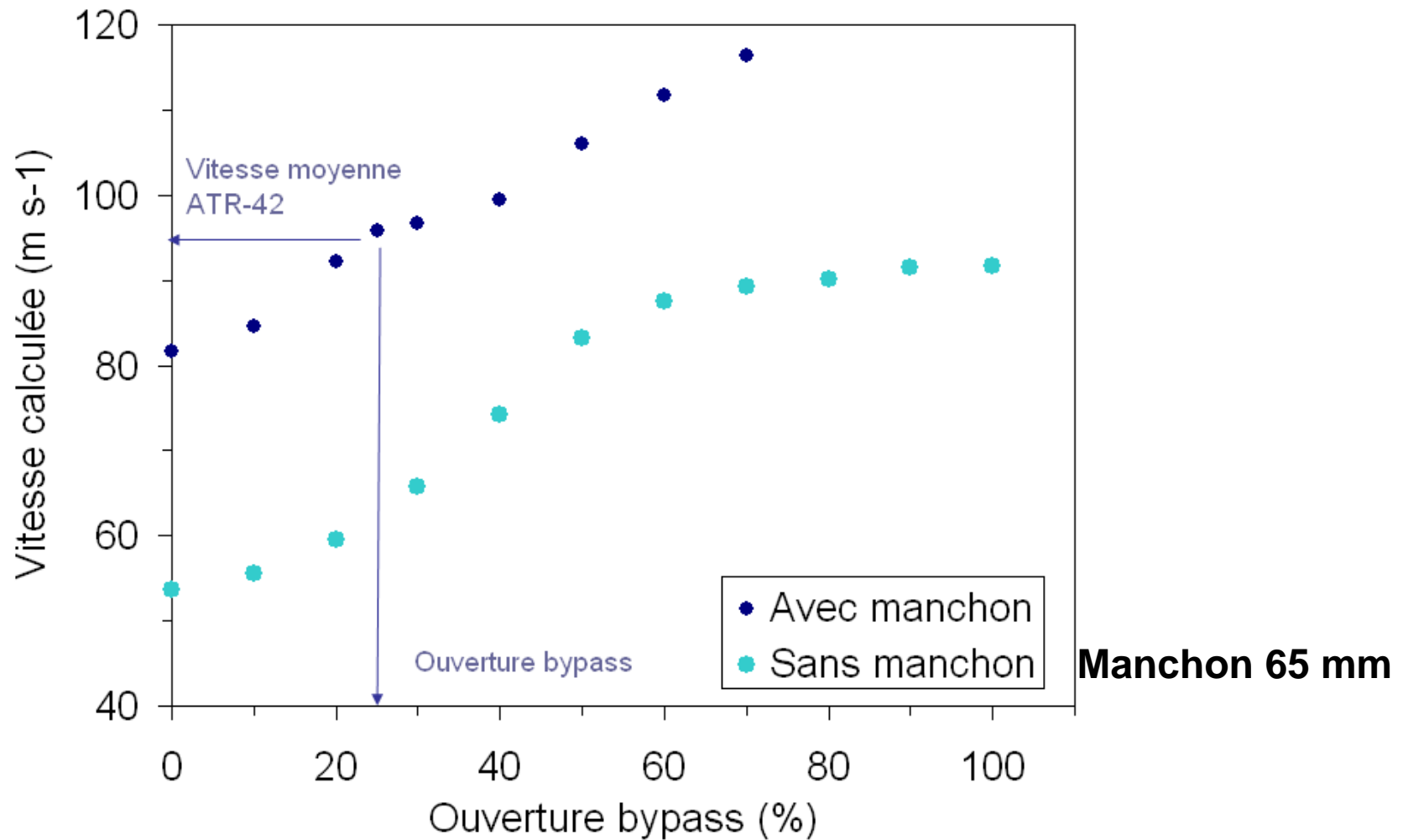
Section 100 mm
Possibilité d'insérer un manchon
de diamètre inférieur pour
changer la vitesse de l'air



Installation mesure de vitesse



Mesures vitesses



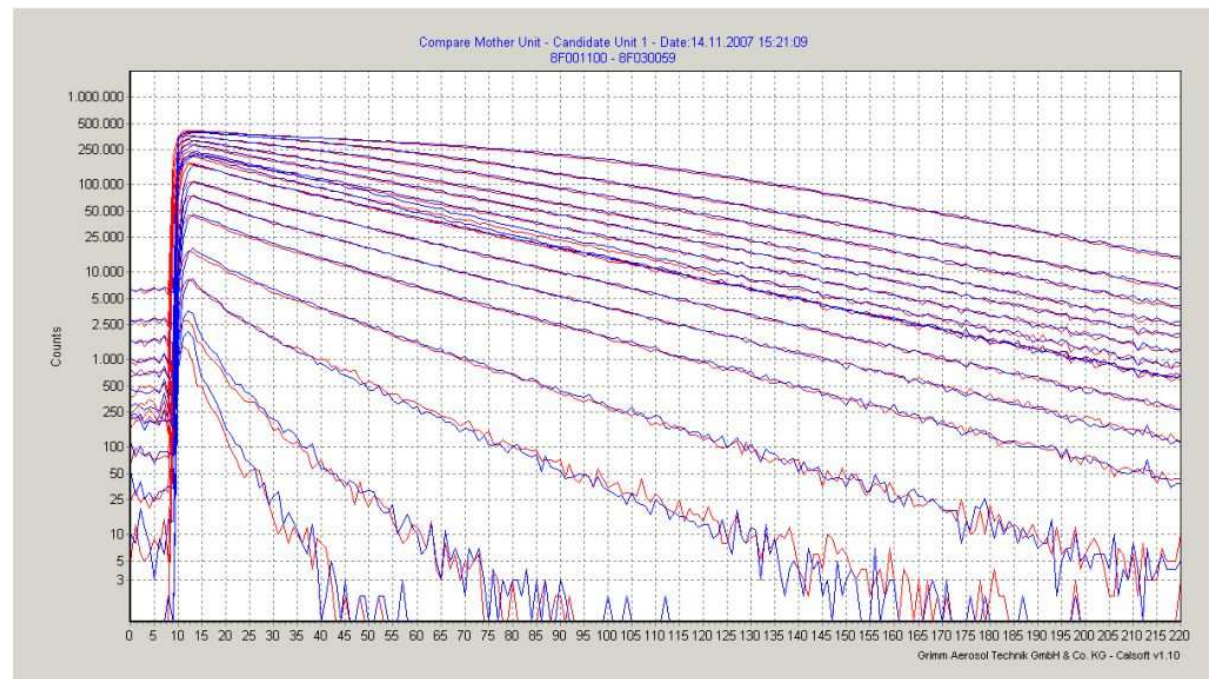
Détecteurs

- Compteurs optiques GRIMM (x 3)
 - Diamètre 0.3 - 17 μm , 15 classes de taille
- Compteurs optiques LAS
 - Diamètre 0.13 - 8.6 μm , 16 classes de taille
- Compteurs optiques FSSP
 - Diamètre 1.7- 46 μm , 39 classes de taille

Etalonnage compteurs optiques

	Rapport master instrument	R ²
GRIMM28	0.9969	0.998
GRIMM 50	0.9889	0.999
GRIMM 59	0.9746	0.999

Novembre 2007



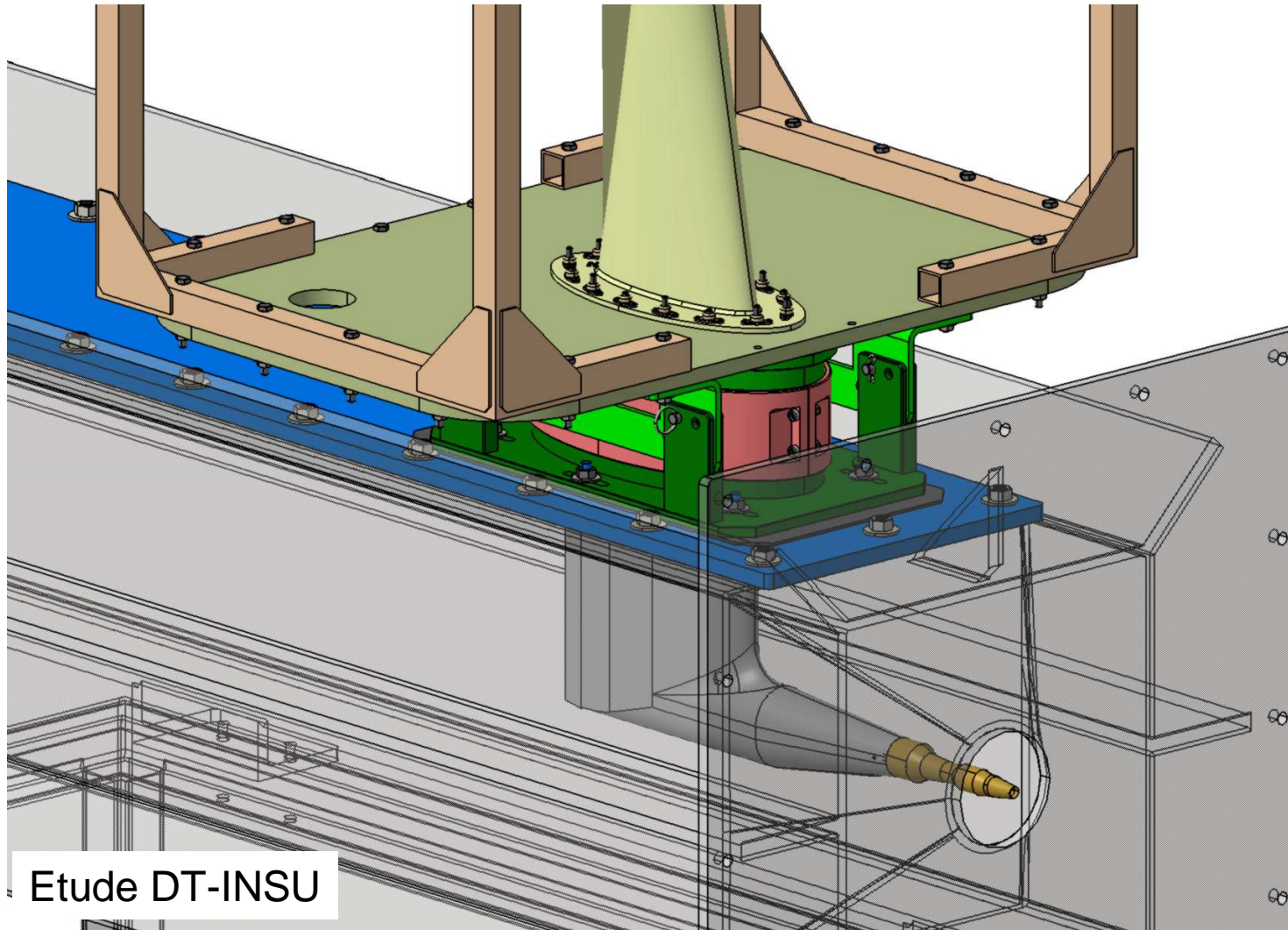
Installation: chambre de génération



Installation: chambre de mesure

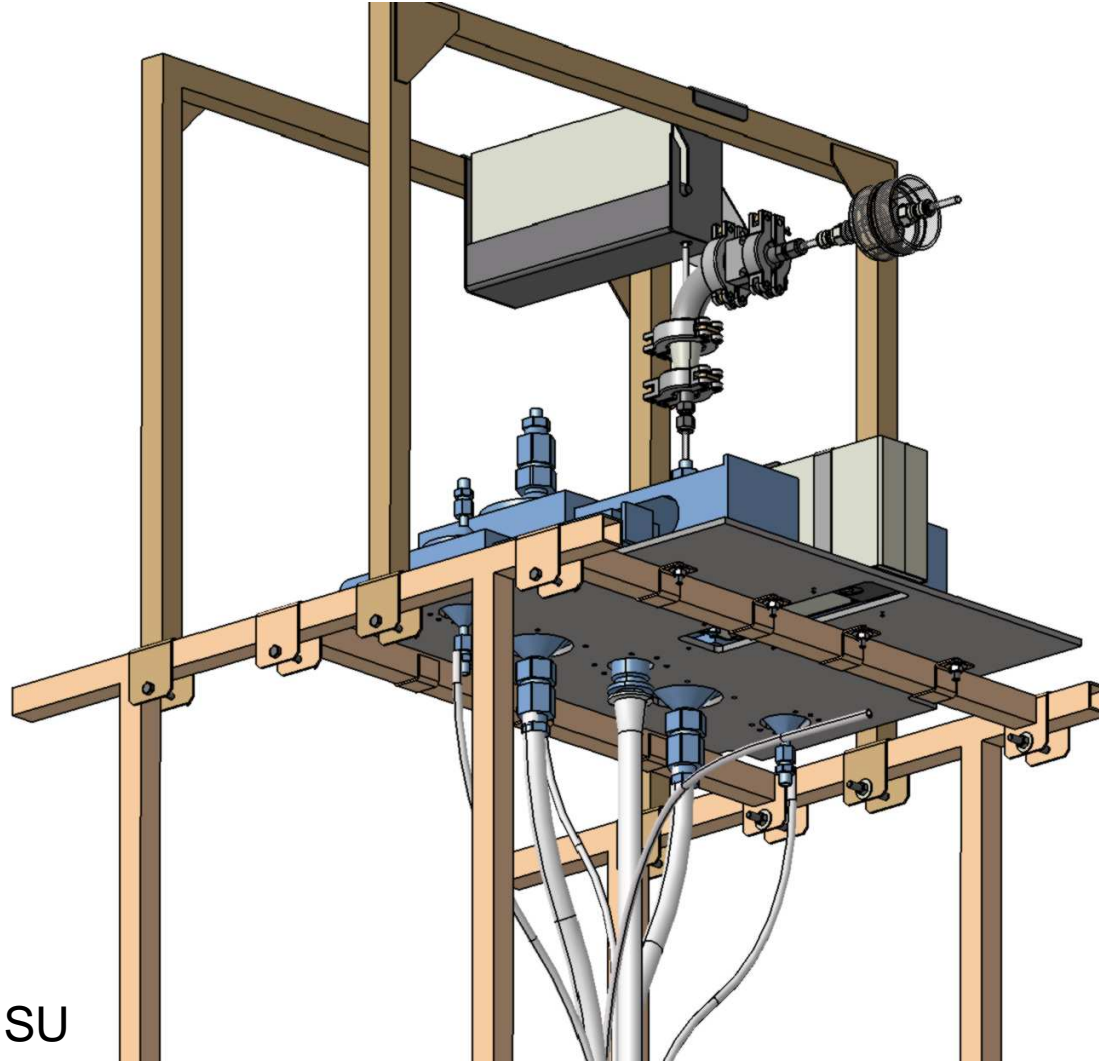


Interface veine soufflerie



Etude DT-INSU

Installation mesure AVIRAD



Etude DT-INSU

Génération aérosol

Monodispersed particles						
Duke Scientific Factory PSL code	nominal size PSL um	Certificate size PSL um	uncertainty fraction	uncertainty percent	Coefficient of Variation CV percent	number Package LOT
3600A	0.60	0.60	0.005	0.008	-	19515
5100A	1.00	1.03	-	-	1.5	19906
5200A	2.00	2.02	0.060	0.030	3.1	19264
4204A	4.00	4.00	0.033	0.008	1.0	33138
4206A	6.00	5.99	0.045	0.008	1.2	32159
7508A	7.90	7.90	-	-	<20%	33050
7510A	11.00	11.00	-	-	<18%	32518

Polydispersed particles: 1 - 35 um polystyrene DVB (material/composition)

Product Attributes

Particle Composition Polystyrene divinylbenzene (PS-DVB)

Appearance: White Powder

Particle Size(s): 1 to 35 µm

Microsphere Density: 1.05 g/cm³

Refractive Index: 1.59 @ 589 nm

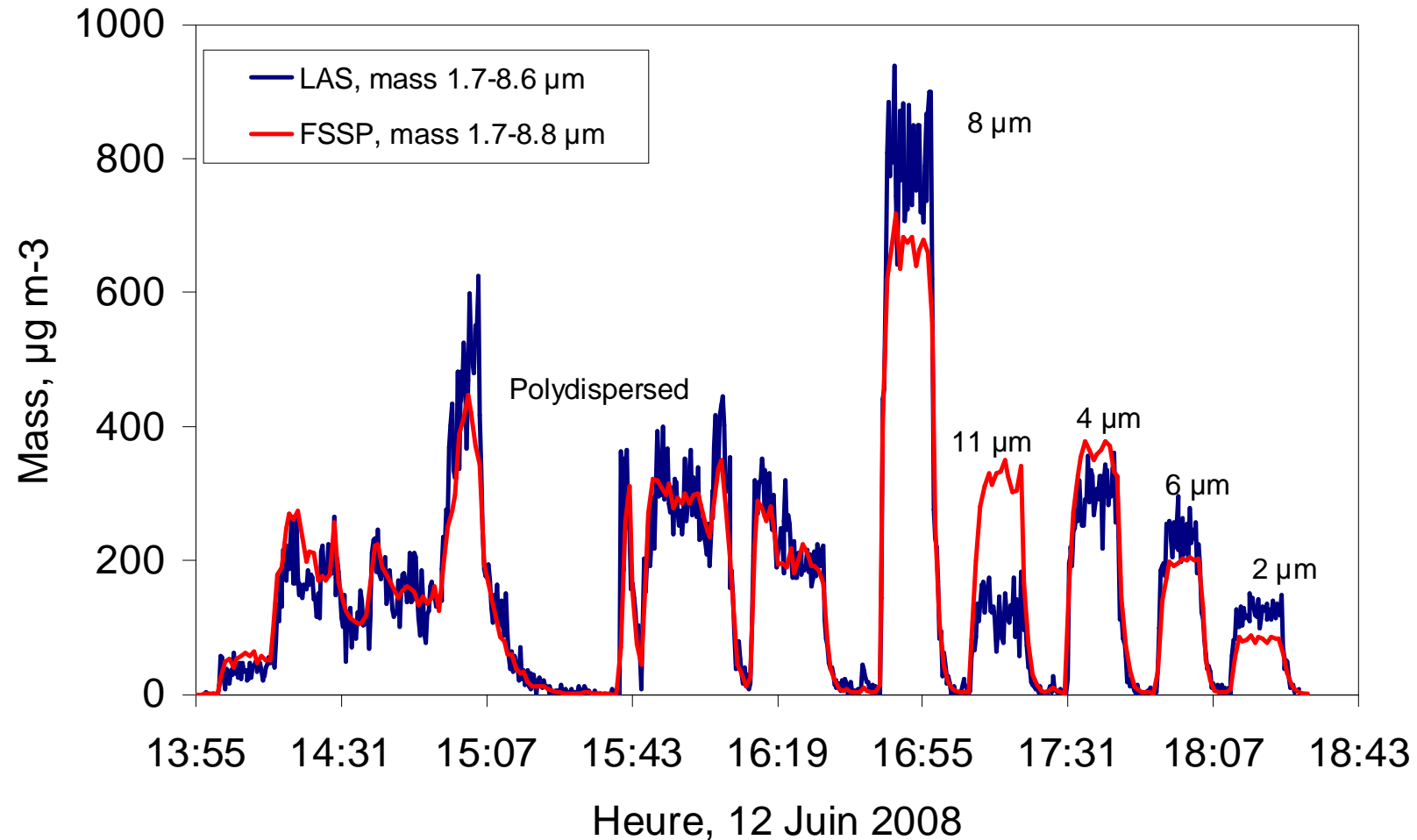
Bottle Size(s): 20 gram, 100 gram

Content: Polystyrene Divinylbenzene (PS-DVB)

Pneumatic spinning disk
dans la chambre de
génération

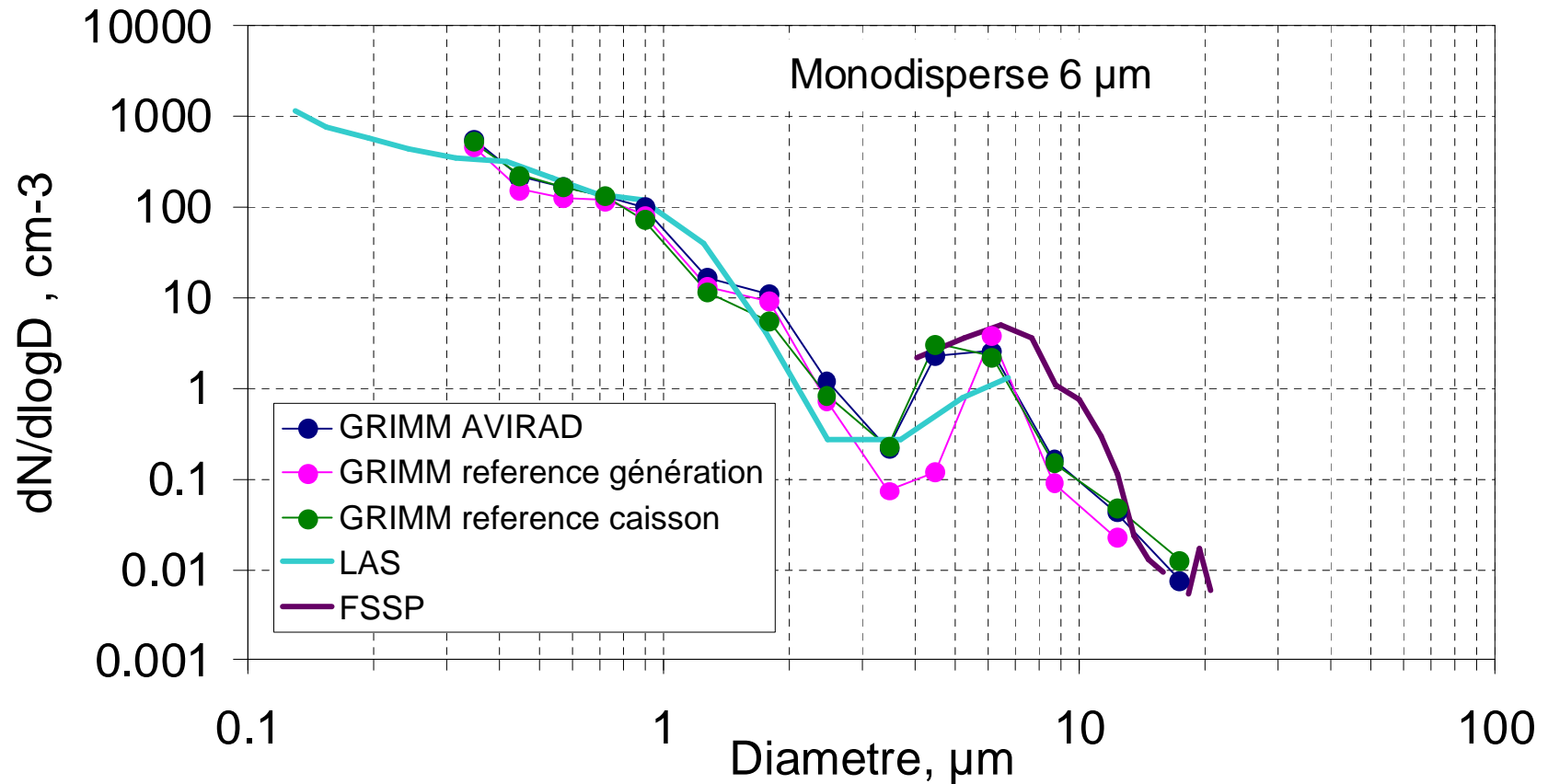


Génération aérosols



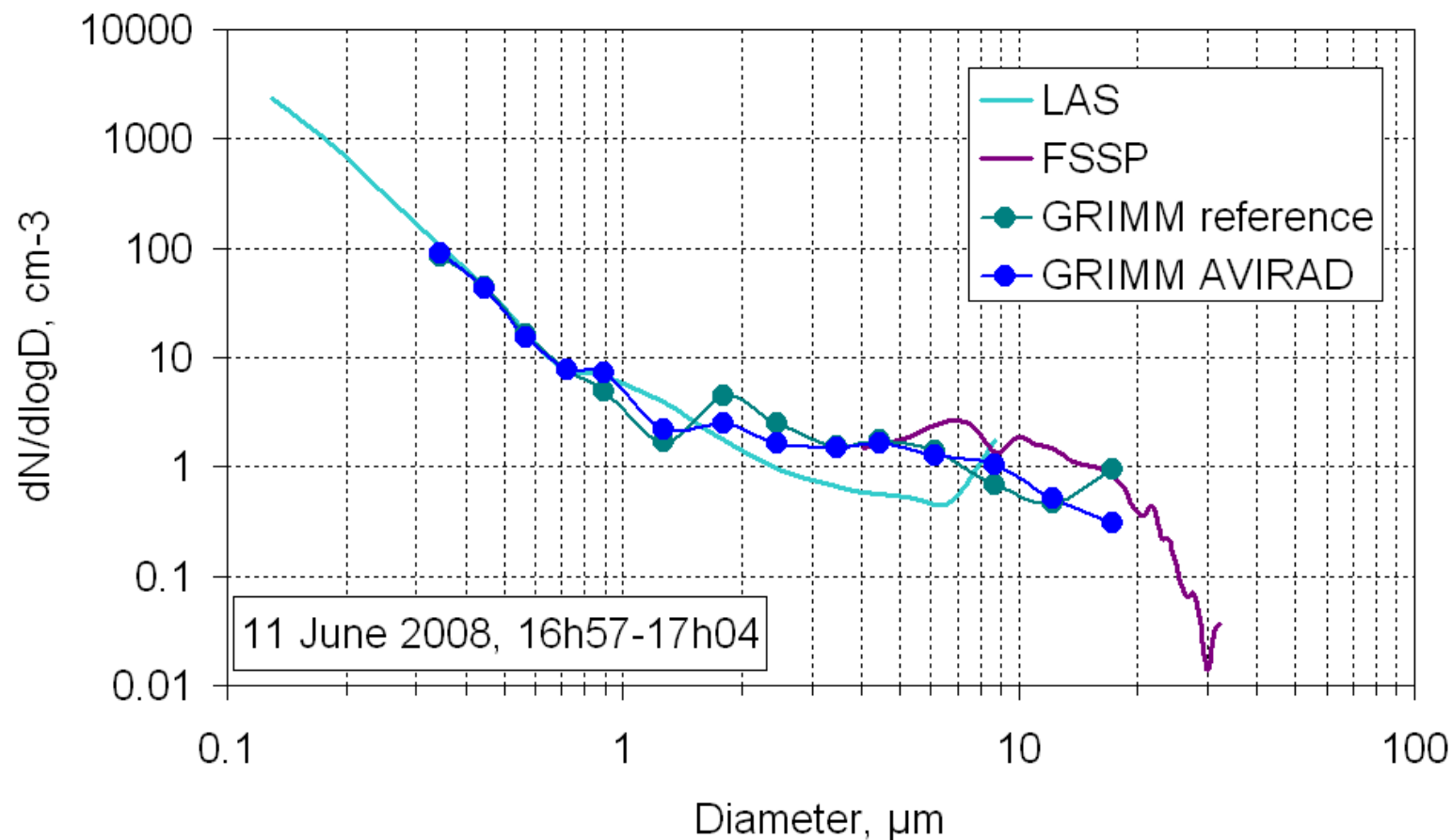
- Concentrations comparables aux conditions atmosphériques
- Distributions toujours polydispersées

Test homogénéité conduit



- Distributions change entre la chambre de génération et la chambre de mesure
- Compteurs optiques GRIMM en bon accord

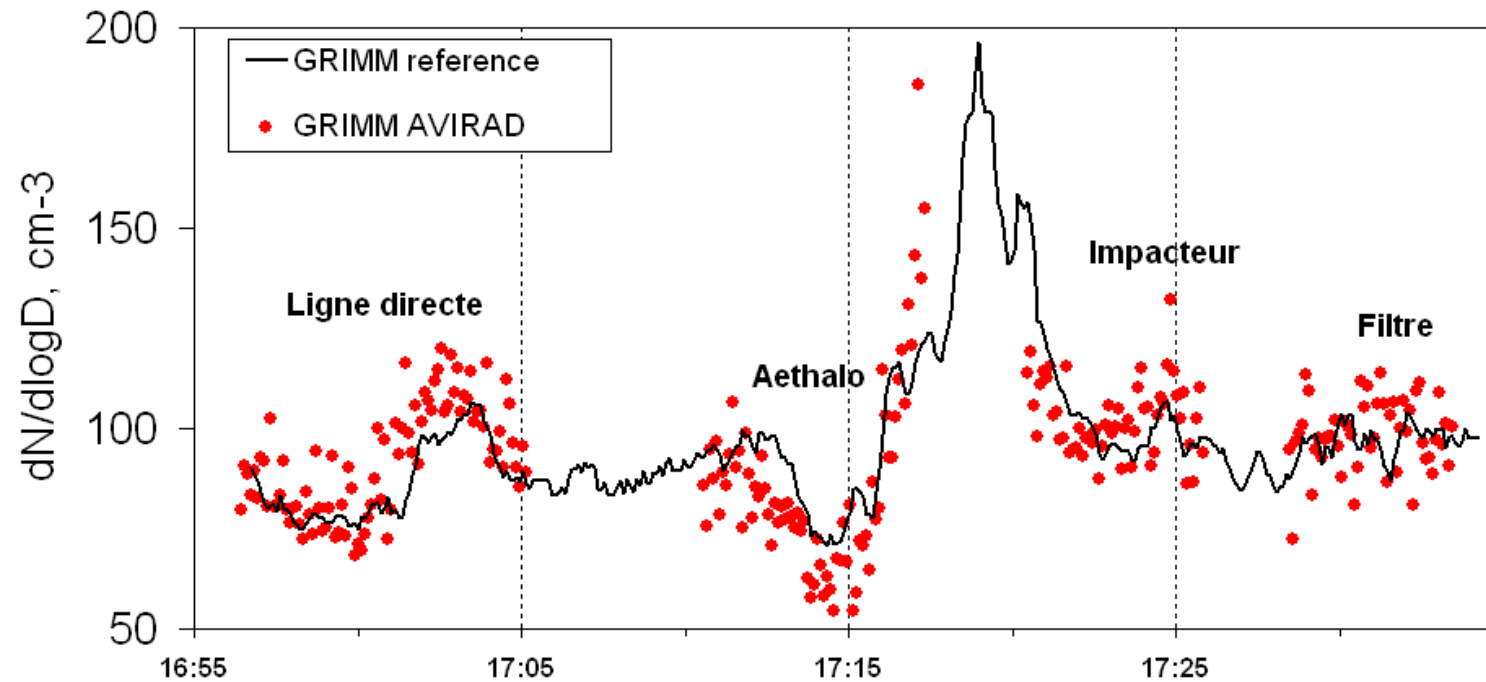
Mesure sur la ligne "directe"



- GRIMM AVIRAD en position néphélo
- Référence dans la chambre de mesure

Bonne restitution de la distribution en taille par la sonde

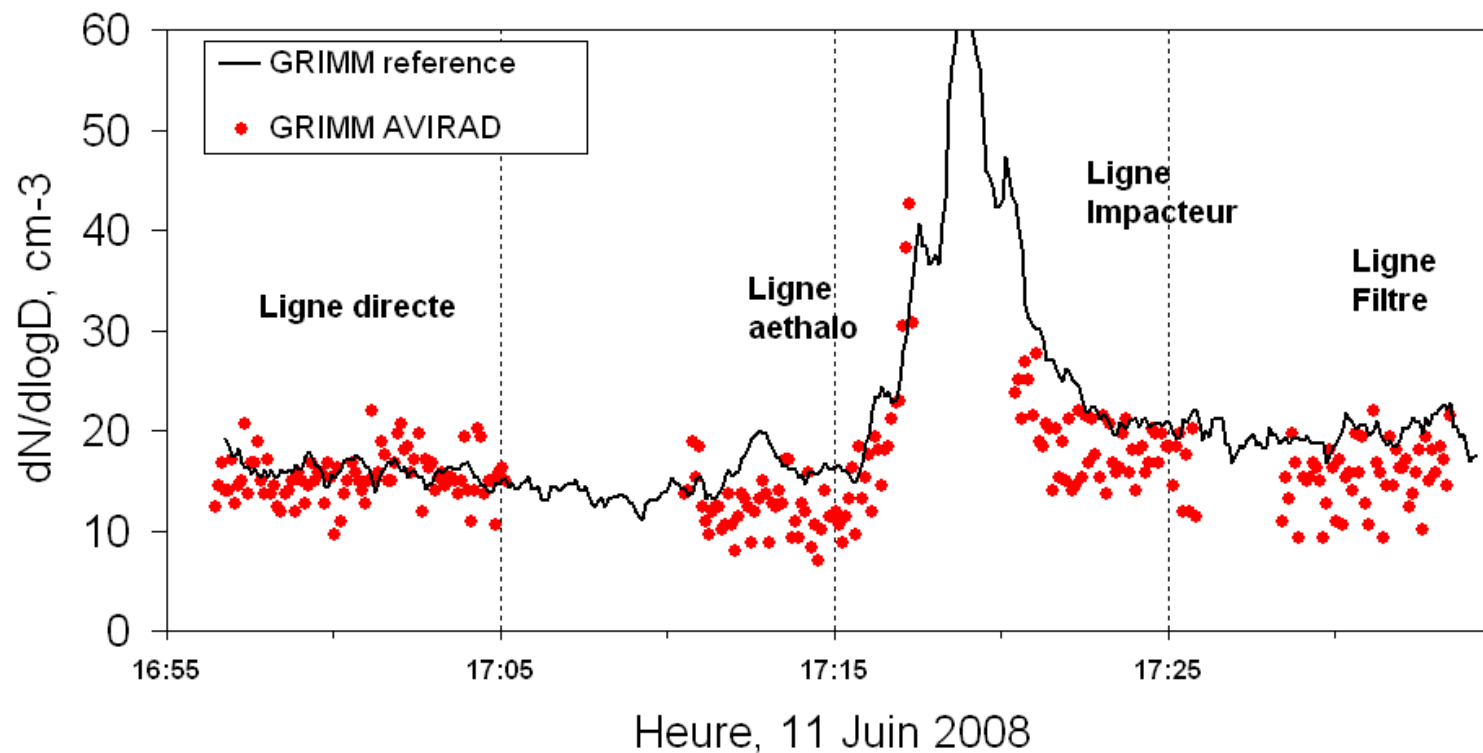
Lignes de prélèvement (1/4)



Heure, 11 Juin 2008

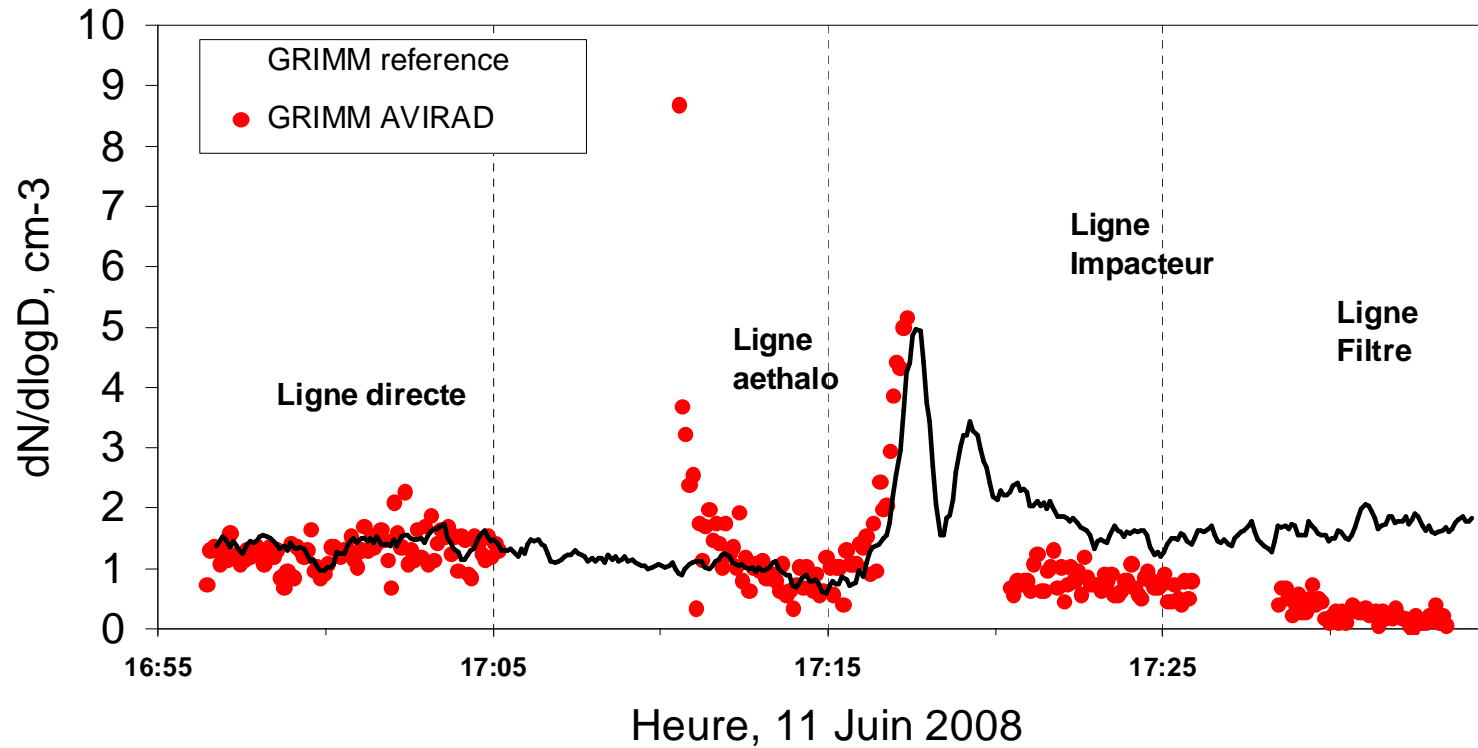
Diamètre $0.3 \mu\text{m}$

Lignes de prélèvement (2/4)



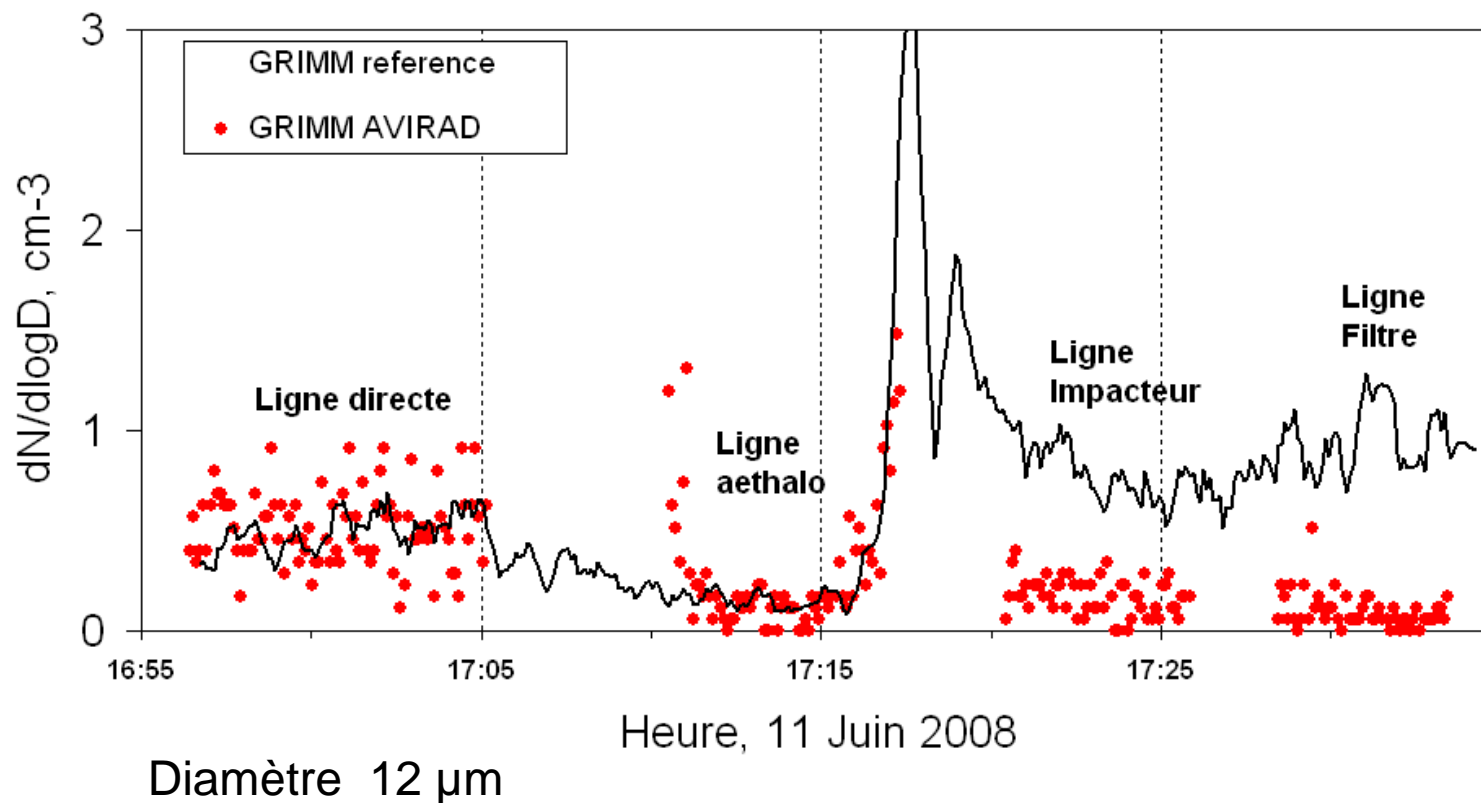
Diamètre $0.6 \mu\text{m}$

Lignes de prélèvement (3/4)



Diamètre $6.1 \mu\text{m}$

Lignes de prélèvement (4/4)



- A partir de 6 μm , pertes de particules sur les lignes impacteurs et filtres

Conclusions

- Difficile de calculer formellement la fct de transfert (homogénéité de la répartition dans les conduits, différences instruments)
- Néanmoins, la restitution de la distribution en taille par la sonde est très satisfaisante jusqu'à au moins $9 \mu\text{m}$
- Restitution satisfaisante également par les lignes instrumentées
 - Amélioration à effectuer pour les lignes filtres et impacteurs (pertes importantes à partir de $6 \mu\text{m}$)

Perspectives

- Effectuer modifications mécaniques (soutien Mi-lourd/DT-INSU INSU)
 - Augmenter le débit sur les lignes de prélèvement
- Système évolutif!
- CHARMEX 2012(2013): étude des mélanges poussières/feux de biomasse/pollution