

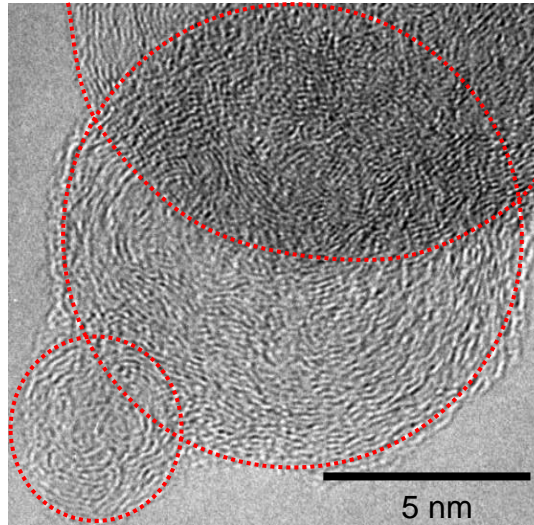
Caractérisation physico-chimique de suies émises par un moteur d'avion commercial

Benjamin Demirdjian

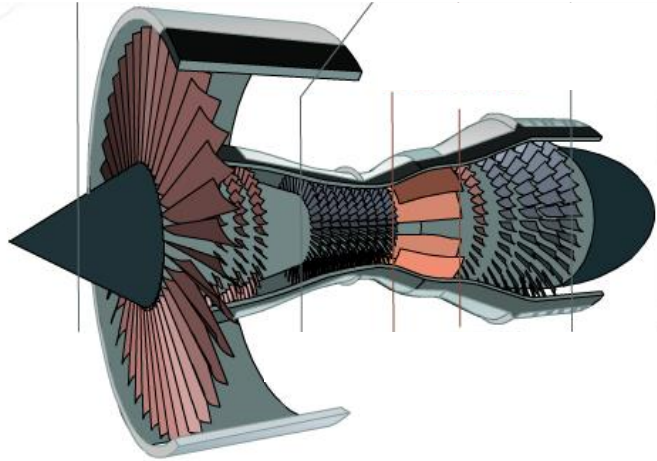
CINaM : Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille

CNRS - Aix Marseille Université

benjamin.demirdjian@cns.fr



Formation Contrails

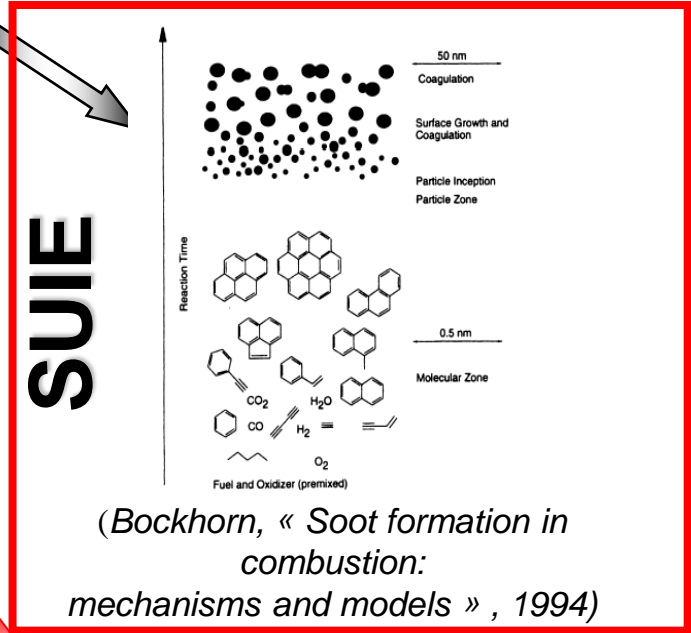


Emission gaz :
 H_2O , CO , CO_2 ,
 C_xH_y , NO_x , $SO_x...$

Formation cirrus

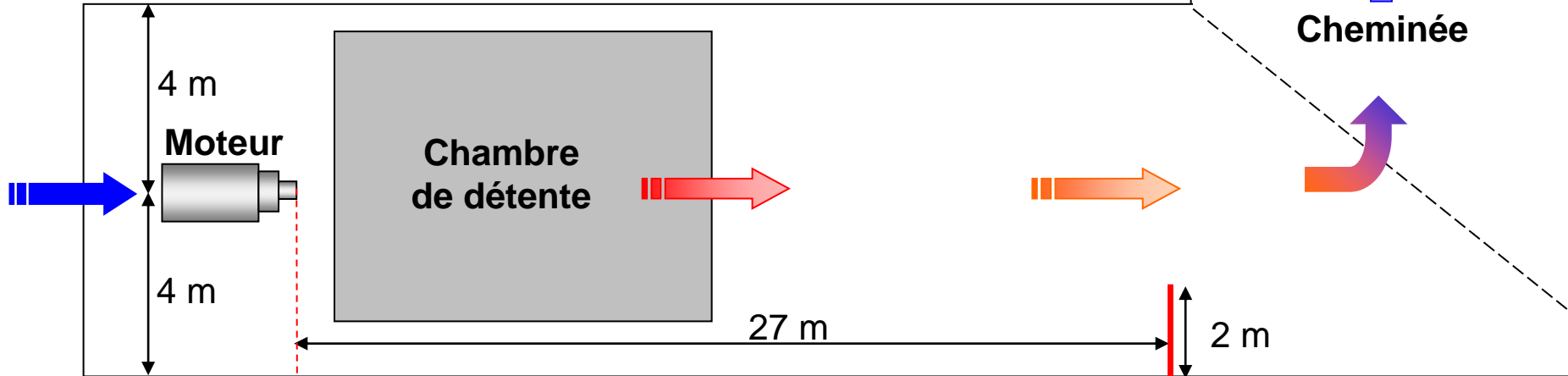


Qualité de l'air



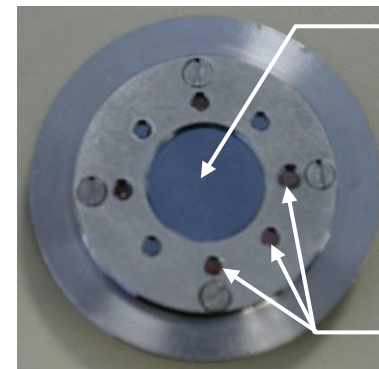
- Structure ?
- Distribution en taille?
- Mécanisme de croissance des particules?
- Composition chimique?
- Réactivité ?

Banc d'essai moteur (groupe SAFRAN)



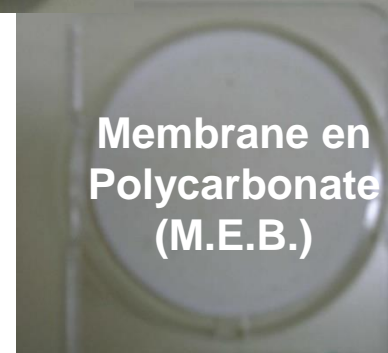
Contraintes appliquées aux dispositifs de prélèvement :

- Mécanique : flux
- Thermique : 60 - 70°C
- Chimique : $\text{pH}_{\text{ambient}} = 1$
- Economique : activité commerciale

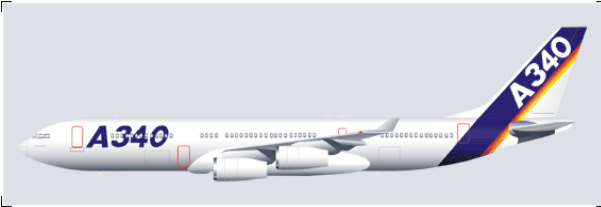


Fenêtre IR:
- Silicium
- Germanium

Grilles M.E.T.



Membrane en Polycarbonate (M.E.B.)



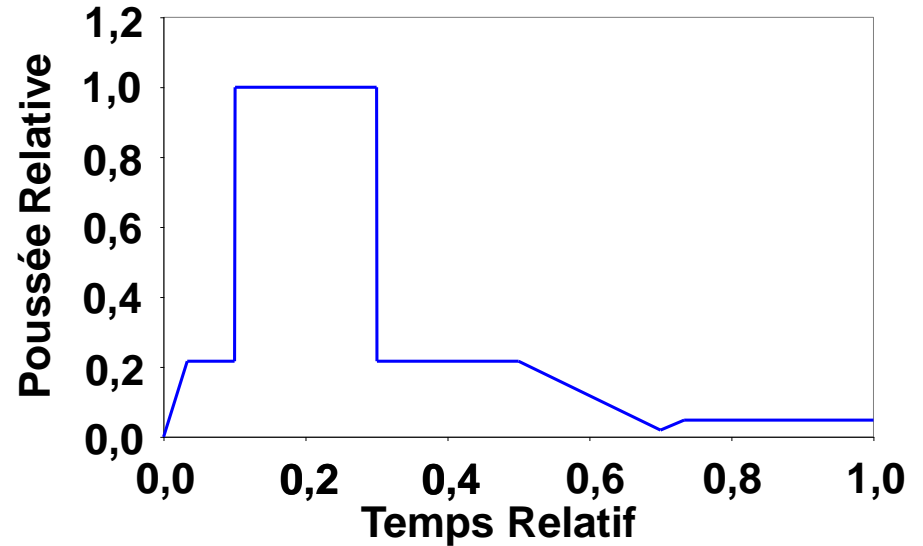
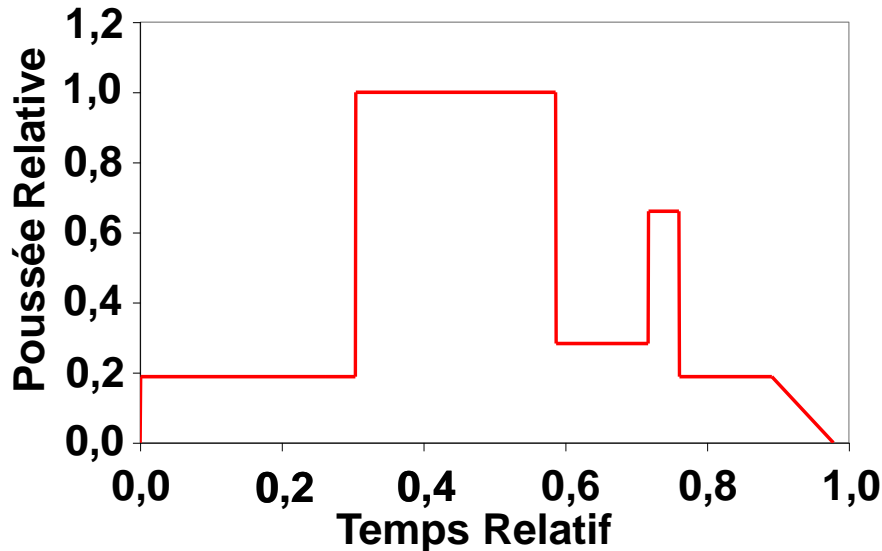
CFM56-5C

CFM56-5B

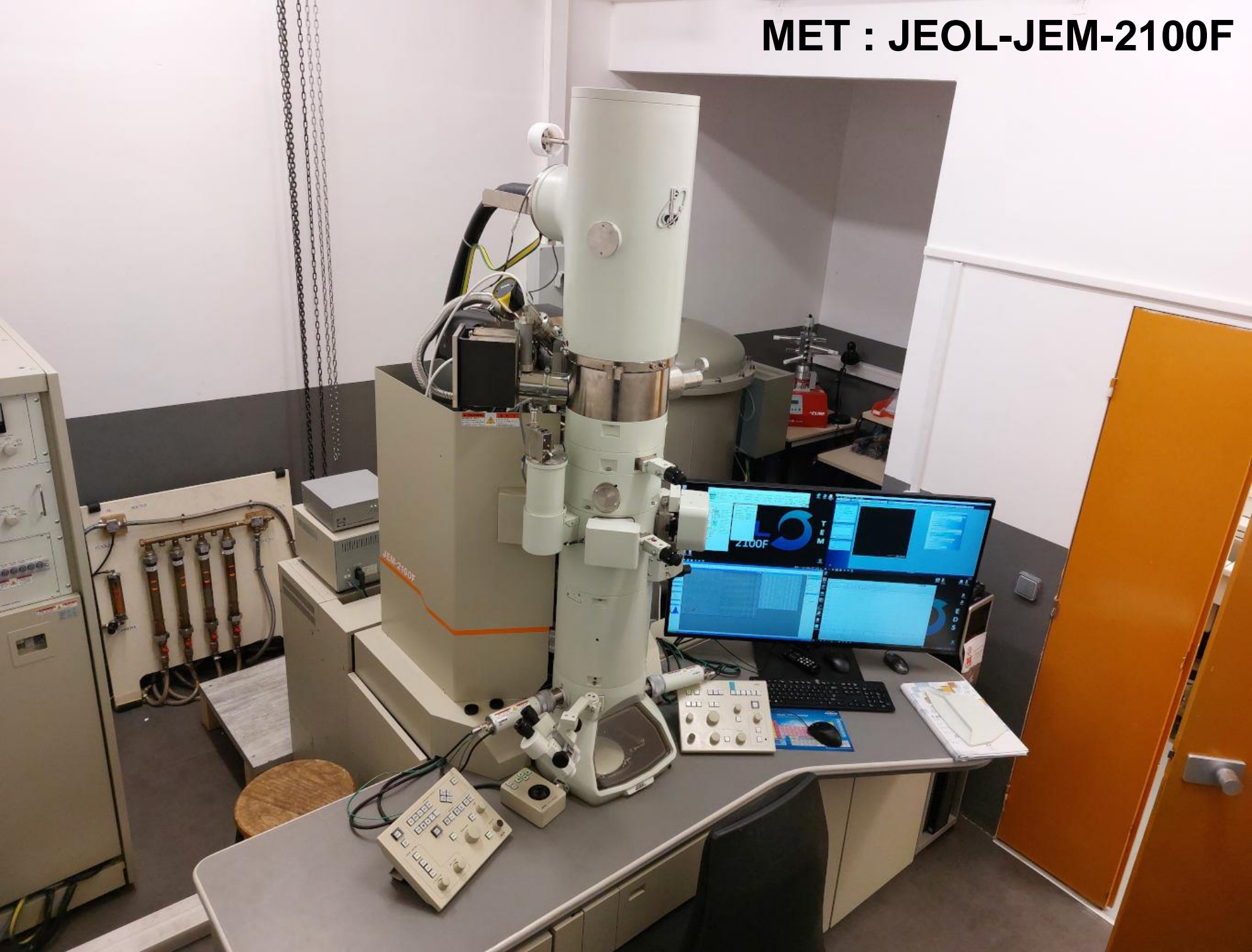
7585 Poussée en croisière (lbs) à 35000ft et M=0,8 **6420**

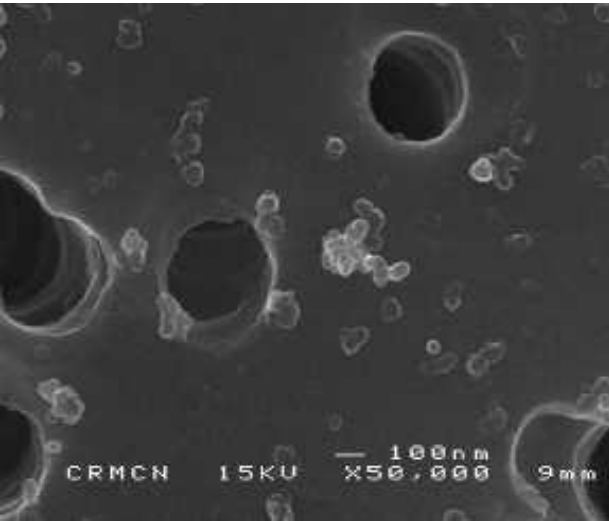
5,4 Taux de dilution (V_{air} / V_{fuel}) **6,5**

>1350 Flotte mondiale (moteurs) **>2650**

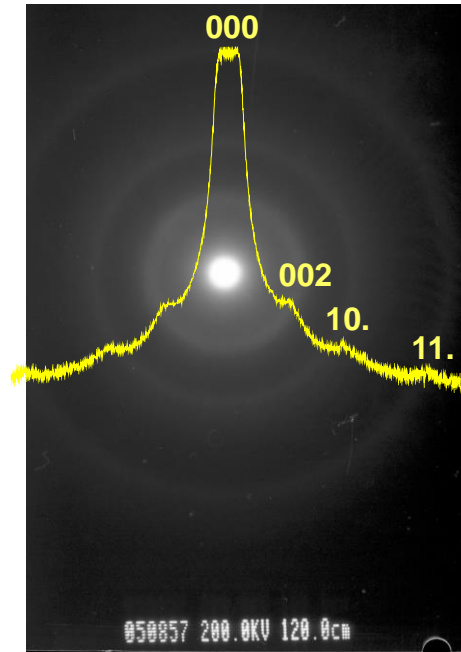


MET : JEOL-JEM-2100F

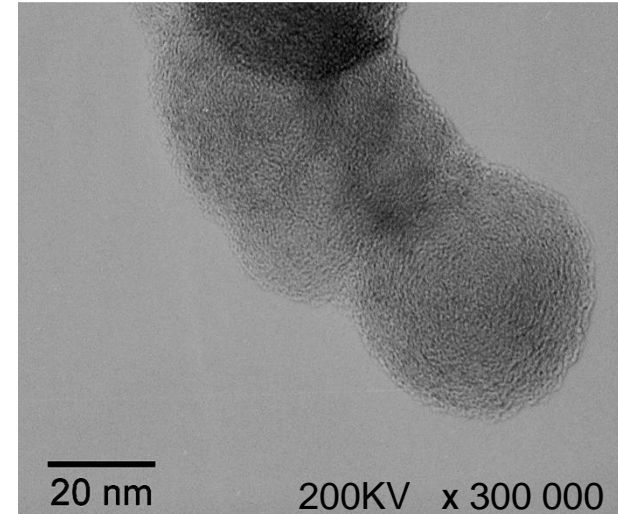




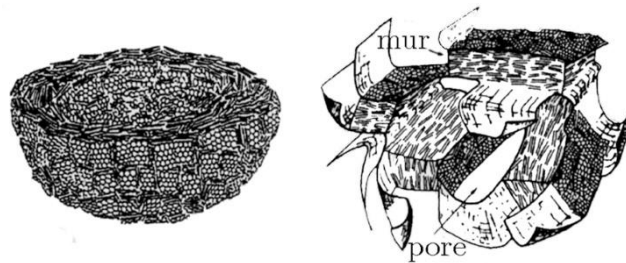
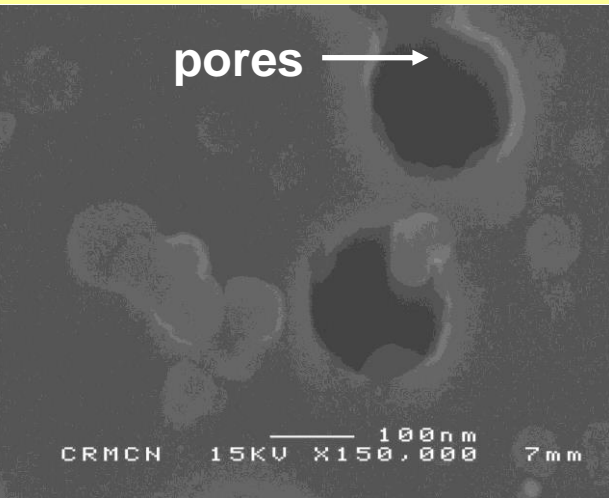
M.E.B.



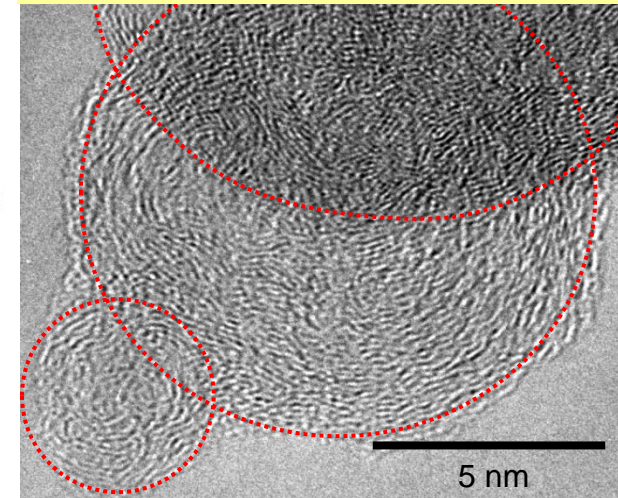
Diffraction



M.E.T.



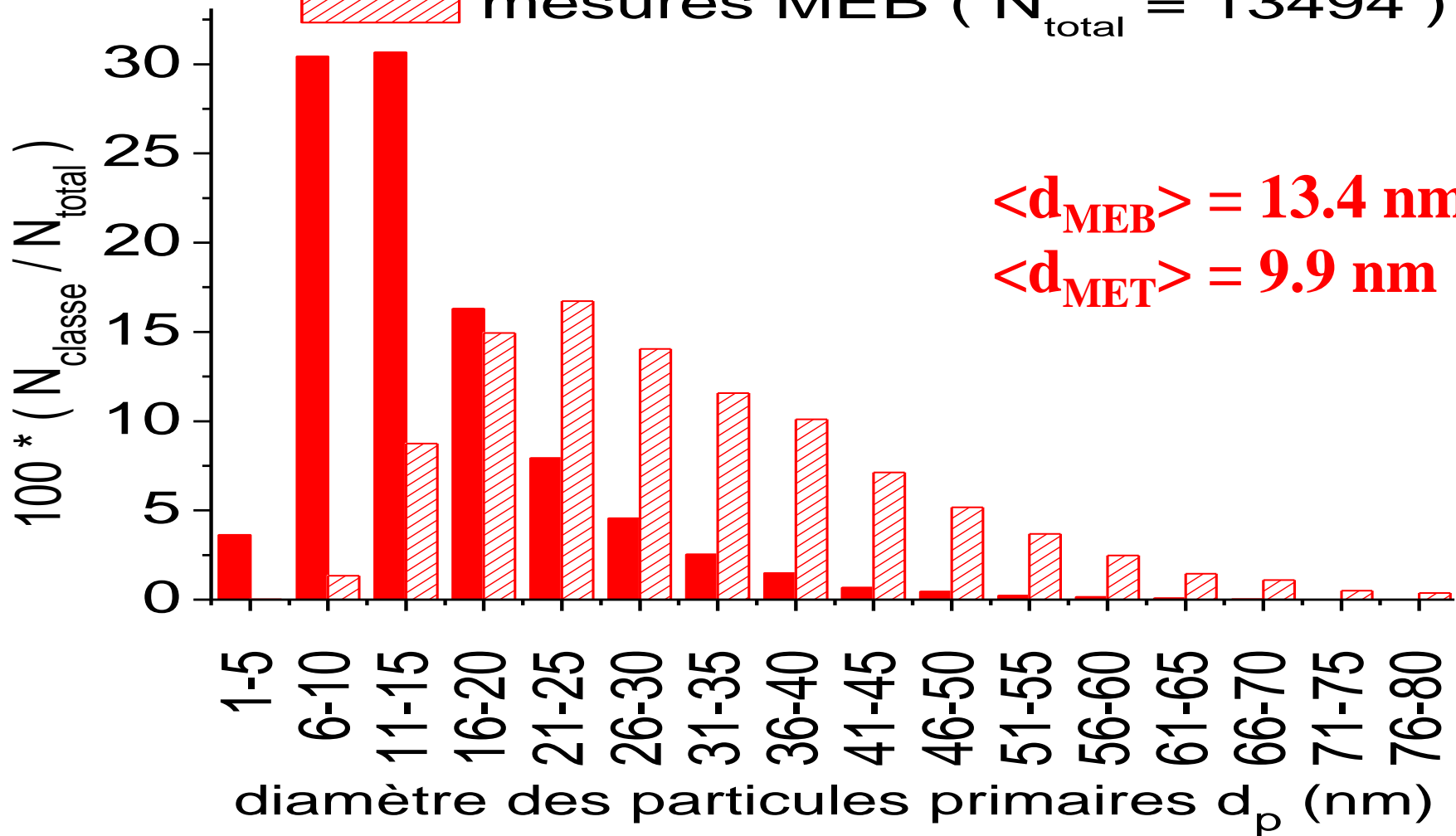
Structure turbostratique



CFM56-5C

■ mesures MET ($N_{\text{total}} = 11436$)

▨ mesures MEB ($N_{\text{total}} = 13494$)

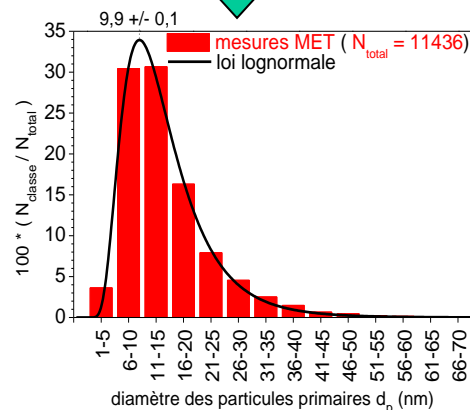


👉 **Conditions de dépôt conducteur**

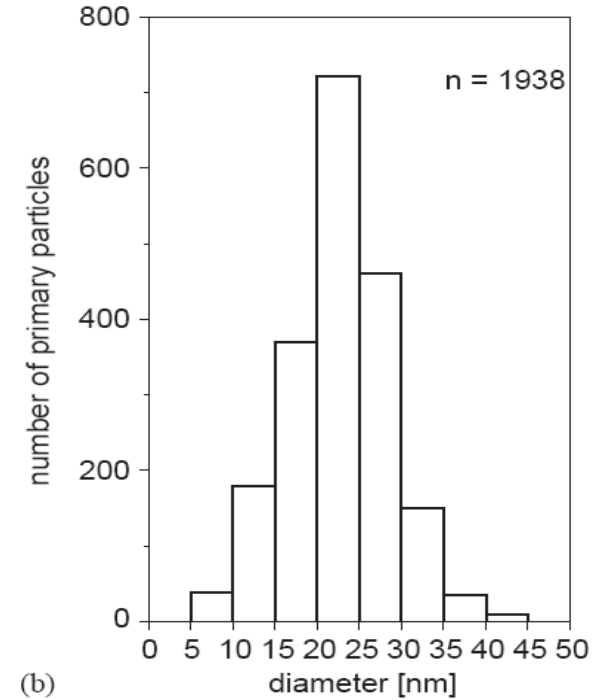
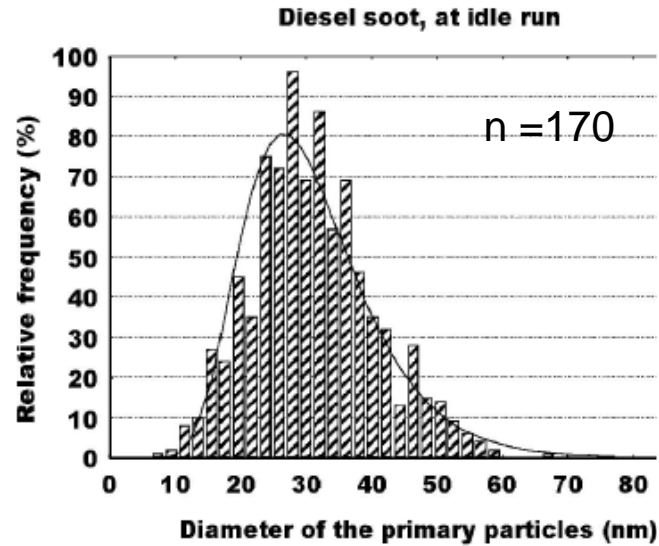
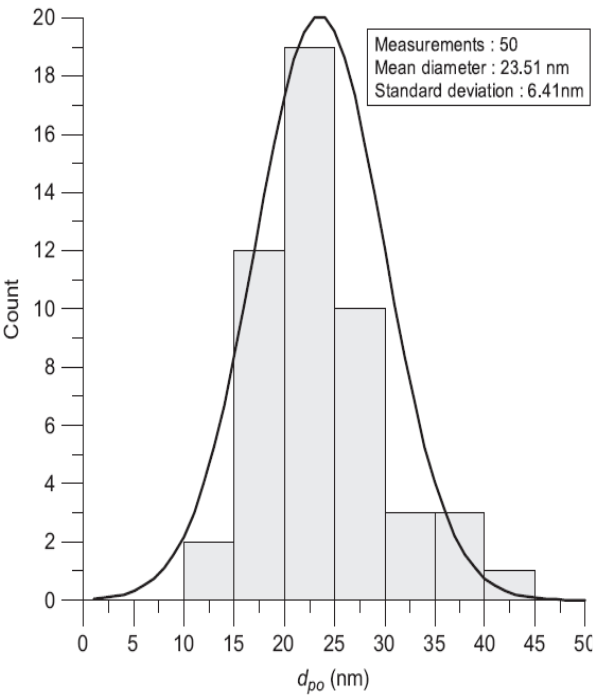


👉 **Effet sur la mesure de d_p en M.E.B.**

propriété	Moteur d'avion	Moteur diesel
Structure	Turbostratique	Turbostratique <i>Wentzel et al., J. Aerosol Sci., 2003</i>
Morphologie	Sphérique	Sphérique <i>Wentzel et al., J. Aerosol Sci., 2003</i>
Diamètres des particules primaires	$\bar{d}_p = 10$ nm distribution log-normale	$\bar{d}_p = 16$ à 30 nm distribution gaussienne? log-normale? <i>Wentzel et al., J. Aerosol Sci., 2003</i> <i>Smekens et al., J. Atmos. Chem., 2005</i> <i>Lapuerta et al., J. Aerosol Sci., 2007</i>



Moteur diesel



Lapuerta et al., *J. Aerosol Sci.*, 2007

Gaussienne

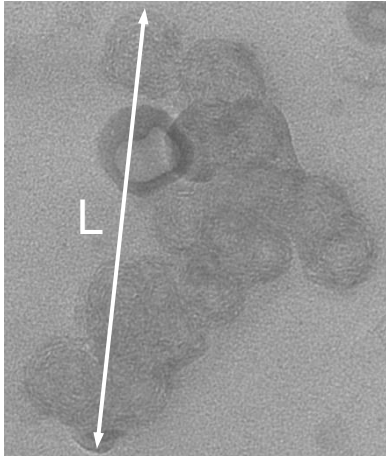
Smekens et al., *J. Atmos. Chem.*, 2005

Log-normale

Wentzel et al., *J. Aerosol Sci.*, 2003

?

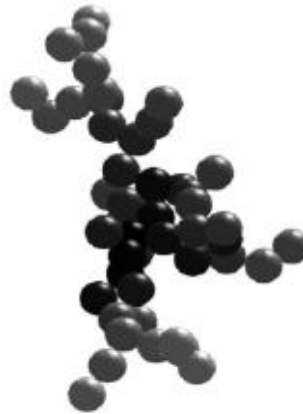
Meakin et al.
Langmuir, 1996, 5, 510-518



$$N = k_L (L / d_p)^{D_f}$$



CFM56-5C $d_p = 9,9 \text{ nm}$



$D_f = 1,50$



$D_f = 1,75$

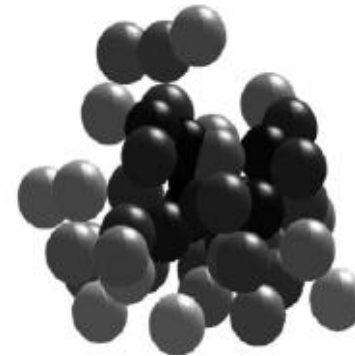


$D_f = 2,00$

F.X.Ouf, thèse IRSN-2006/62-FR



$D_f = 2,25$



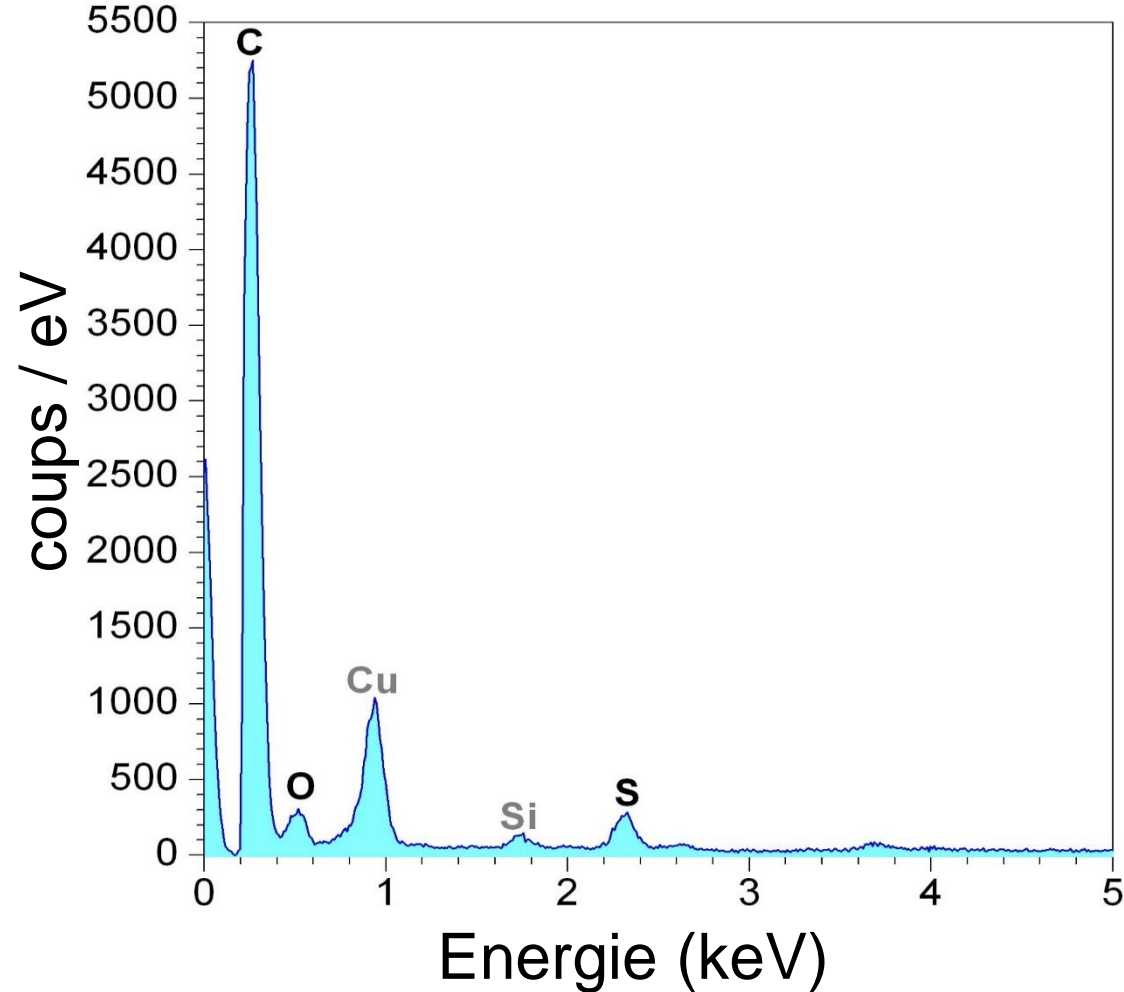
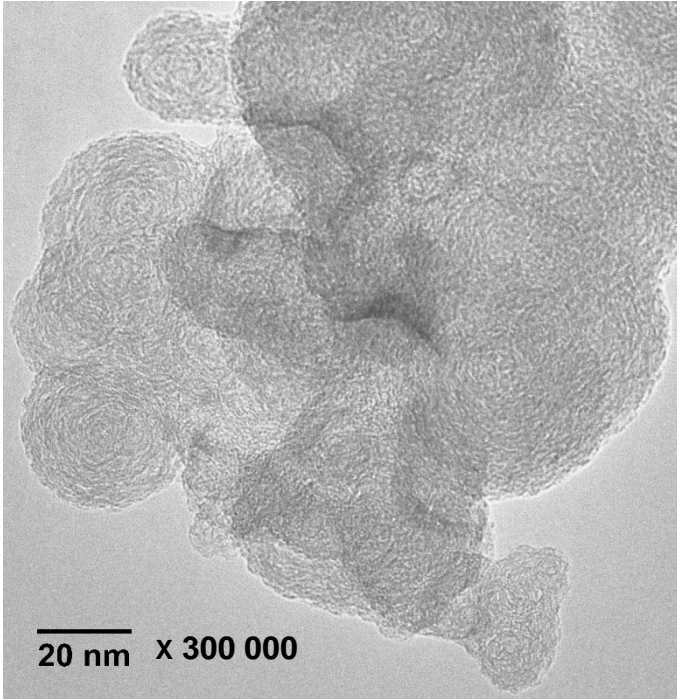
$D_f = 2,50$



$D_f = 3,00$



CFM56-5C $D_f = 1,91 \pm 0,05$
 Diesel soot : $\langle D_f \rangle = 1.87$
Lapuerta et al., JCIS 303 (2006),



Composition élémentaire
(Microanalyse X)

Moteur : **5C**

C (% atome): \approx **98**

O (% atome): \approx **1,5**

S (% atome): \approx **0,1**



O/C = 0.02
O/C > 0.05 pour suie diesel
Guo et al., Carbon 161 (2020) 736

- ✓ Mise au point d'un système et d'une méthodologie de collecte de particules derrière un turboréacteur
- ✓ Caractérisation des émissions de moteur d'avion (CFM56-5C)
 - Particules primaires :
 - structure et morphologie
 - distribution en taille (log-normale)
 - Agrégats :
 - Dimension fractale, composition chimique élémentaire
- ✓ Distribution en taille des particules primaires d_p :
 - utilisation du M.E.T. préférable
- ✓ Suies d'avion / suies diesel
 - Même structure/morphologie des PP et D_f (agrégats)
 - $\langle d_p \rangle$ et O/C différents

Ont participé à ce travail ...

*D. Delhaye (thèse 2007), E. Ruiz, X. Vancassel (ONERA)
J. Gouge, G. Rollin (groupe SAFRAN)
D. Ferry et J. Suzanne (CINaM – Marseille)*

