

# La sonde 2D-Stéréo de la plateforme de mesure aéroportée

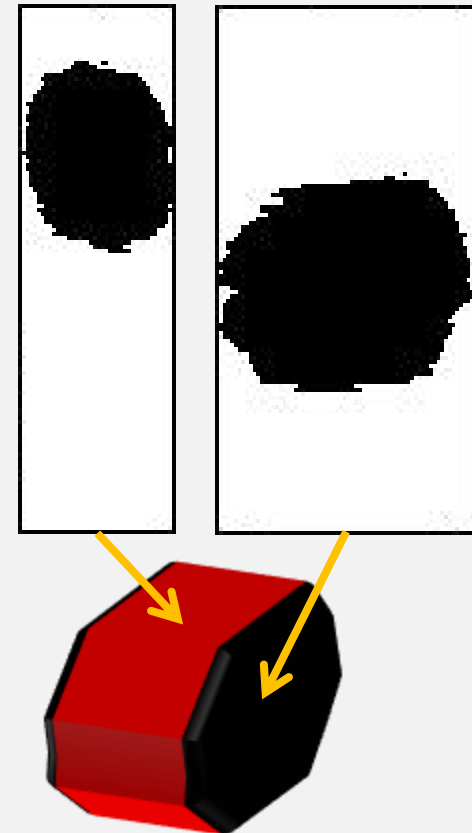


R. Dupuy, C. Gourbeyre, C. Duroure, J.-F. Gayet  
et A. Schwarzenboeck

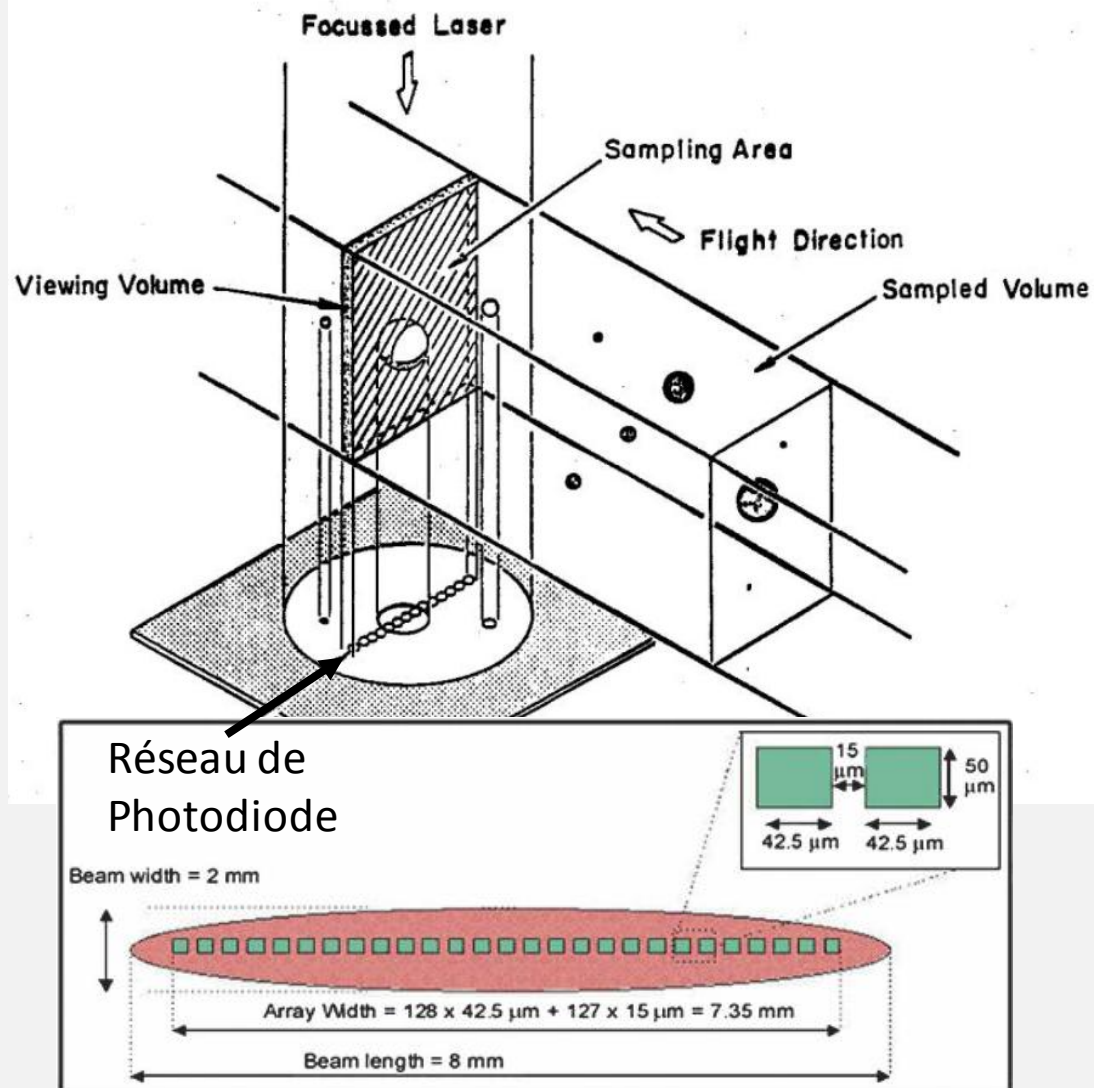
Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP)

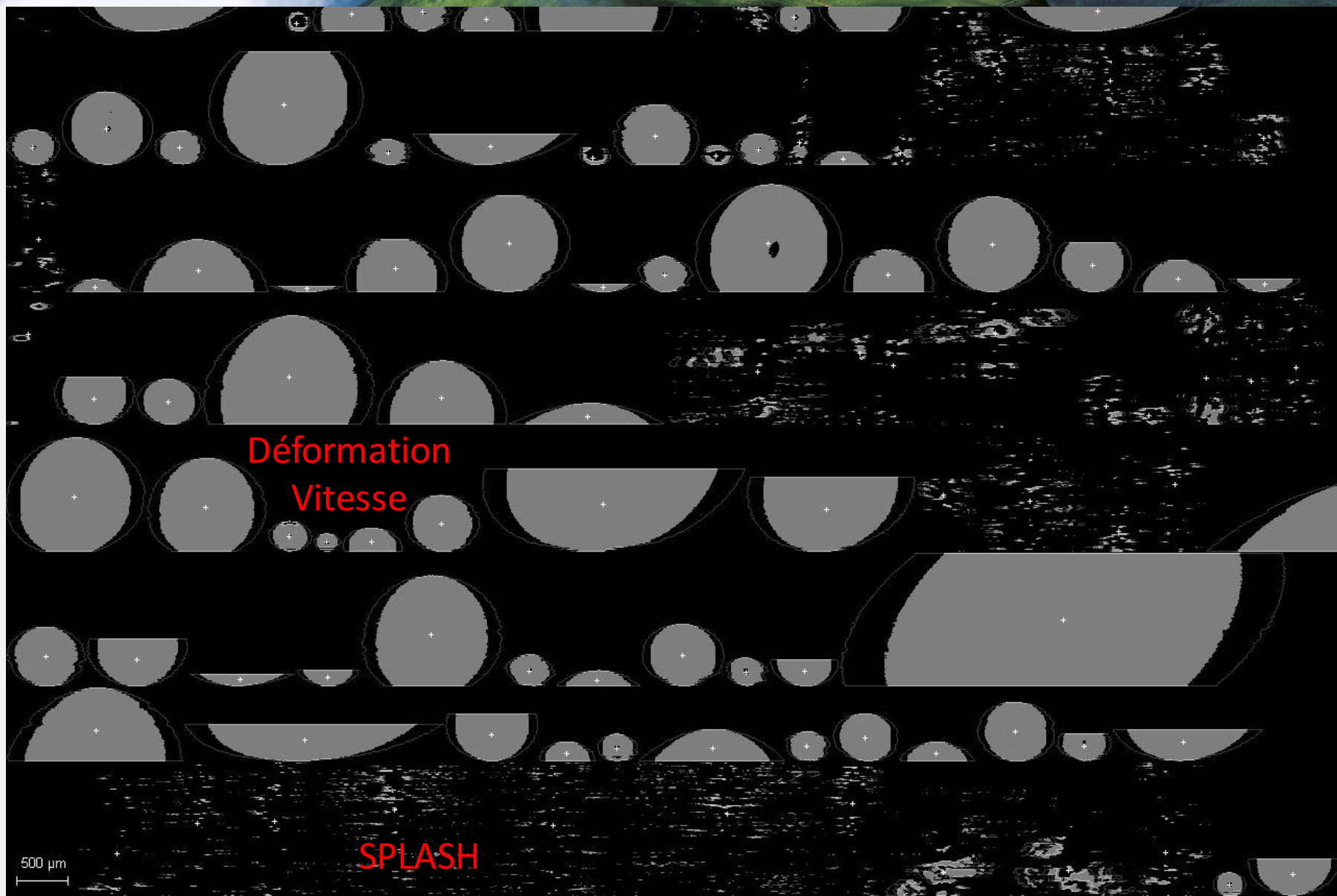
- Présentation de la sonde 2D-S
  - Principe de mesure
  - Extraction des dimensions caractéristiques
- Traitement de l'image
  - Déformations liées à la vitesse de l'avion
  - Elimination des images artificielles
- Traitement du shattering :
  - Théorie, Application et Résultats
- Résultats pour des diamètres  $> 50 \mu\text{m}$ 
  - Comparaison à d'autres sondes 2D
  - Analyse du spectre dimensionnel
- Conclusions et Perspectives

La sonde 2D-Stéréo offre une vue stéréoscopique des hydrométéores grâce à deux lasers perpendiculaires. Les vues horizontales et verticales permettent une reconstruction 3D de la particules. La gamme de mesure est de 10 à 1280  $\mu\text{m}$  avec une précision de 10  $\mu\text{m}$ .



- Laser collimaté illumine un réseau de photodiodes
- Particules ombrent les photodiodes en passant
- Image capturée en noir & blanc, un point noir correspondant à une diode descendant en dessous du seuil

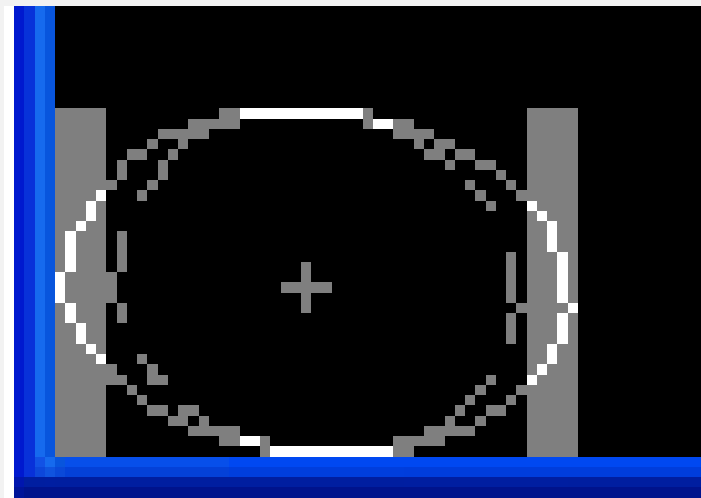




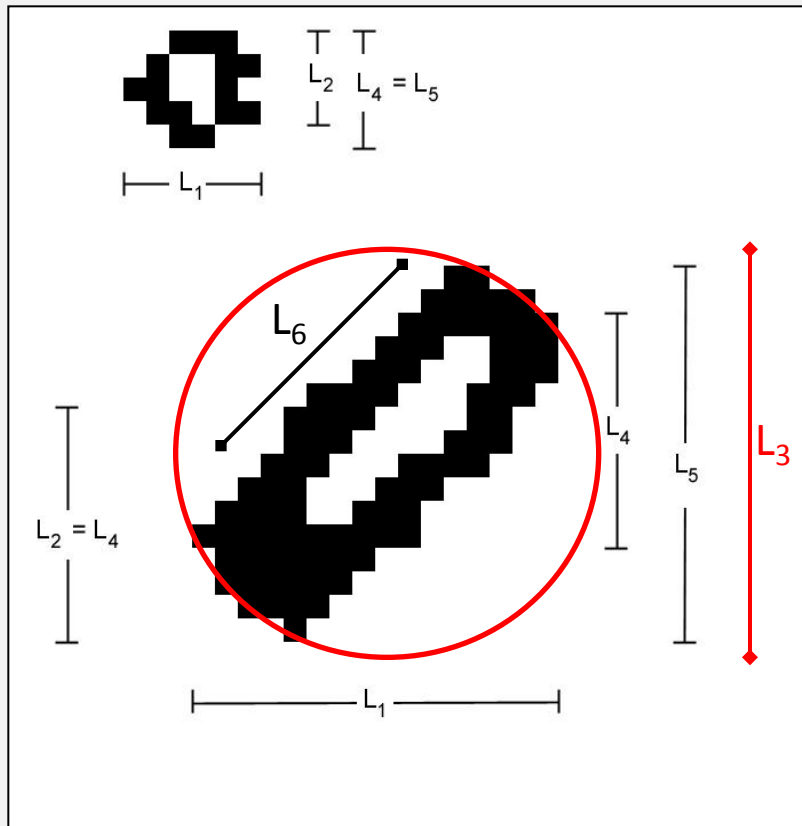
- Déformations induites par les différences entre fréquence d'acquisition et vitesse réelle de l'avion
- Reconstruction de l'image

*Dimensions non corrigibles sans reconstruction de l'image :*

- Périmètre
- Rondeur & rugosité
- Longueur & Largeur
- Nombre de symétrie



Exemple de correction:  
goutte échantillonnée pour 170 m/s  
alors que la vitesse réelle de l'avion  
est de 130 m/s



Extraction des dimensions de la particule :

- Taille : longueur, diamètre, périmètre, ...
- Surface : pleine, intérieure, ...

Analyse des paramètres les mieux adaptés à l'étude:

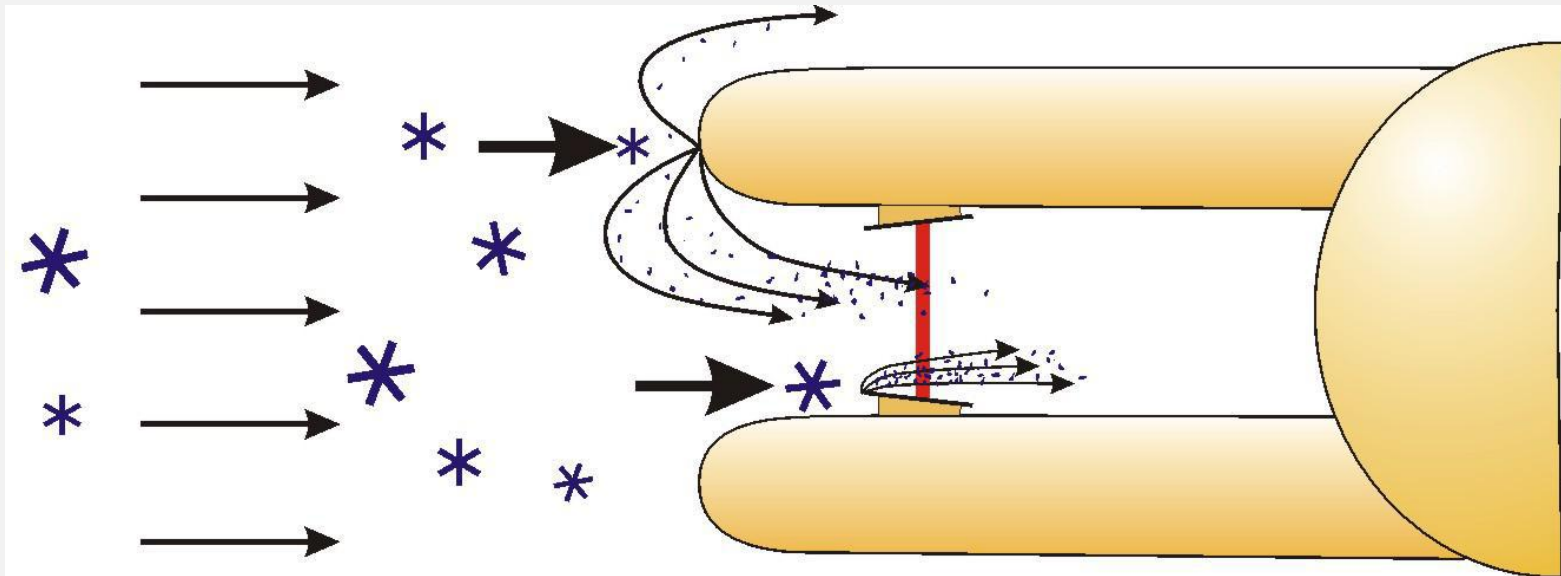
- Diamètre équivalent, maximum, rugosité ...

- Image vide : surface nulle
- Rapport de surface pixel / surface image  $< 0.2$ : éclatements sur les miroirs, images double
- Image composées de traits continus (Streakers)

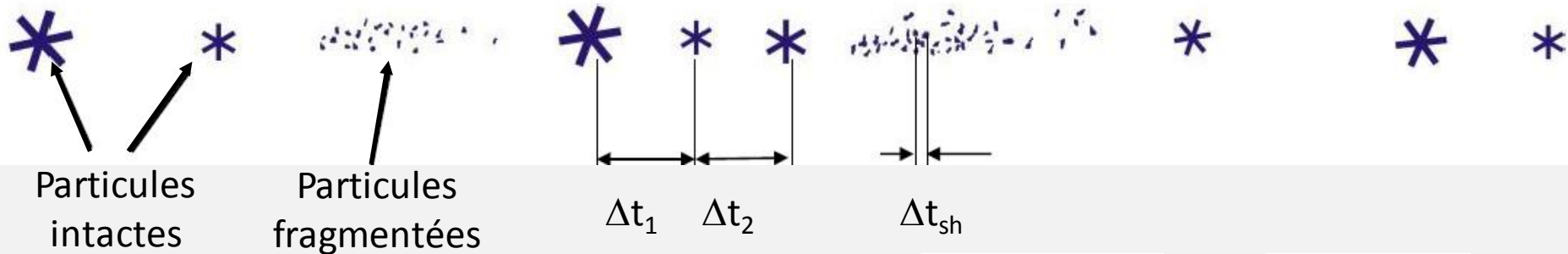
De manière général, une **image** d'au moins 10 pixels (5x5) est considérée comme étant suffisamment large pour être exploitable avec confiance (i.e. erreur faible).



Shattering = fragmentation des cristaux de glaces de tailles supérieures à  $100\mu\text{m}$  sur les embouts d'une sonde.

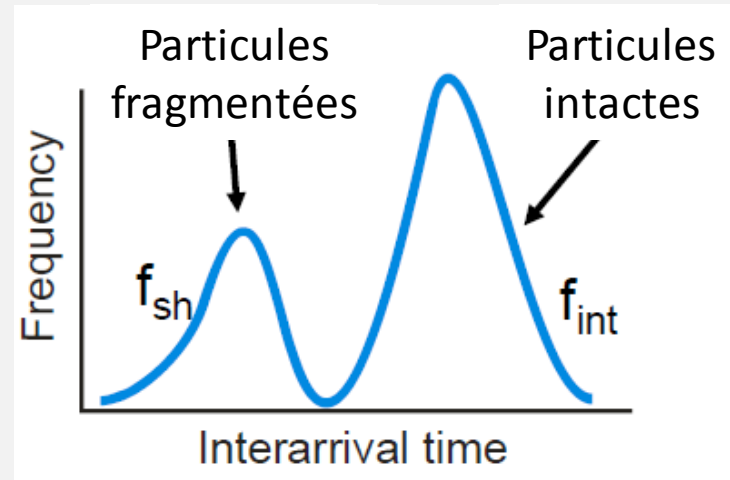


- Cooper 1979; Field et al. 2003, 2006
- Hypothèse: événements suivent une loi de Poisson homogène



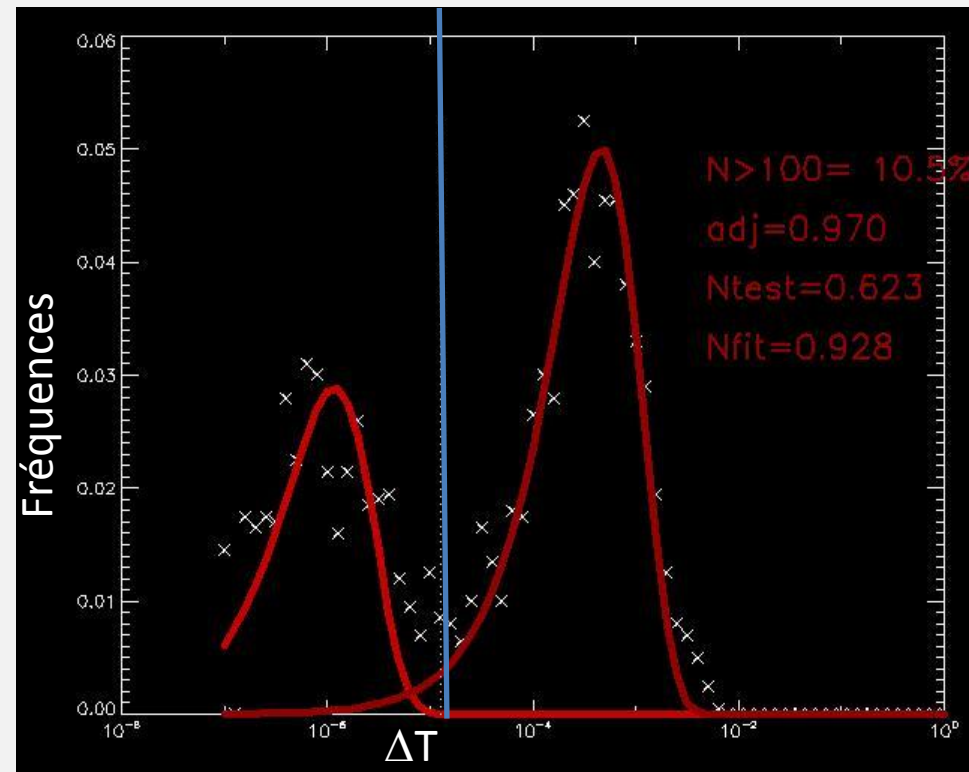
$$\frac{dP(\Delta t)}{d \ln t} = \frac{\Delta t}{\tau} \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau}\right)$$

- $\tau_1$  : particules naturelles
- $\tau_2$  : particules issues du shattering



- Analyse des intervalles de temps d'arrivée sur 2000 particules
- Recherche de distribution en loi de Poisson lorsqu'il existe des particules  $> 100\mu\text{m}$
- Calcul taux de récupération de particules naturelles

Particules  
Fragmentées



# Analyse des temps d'arrivée

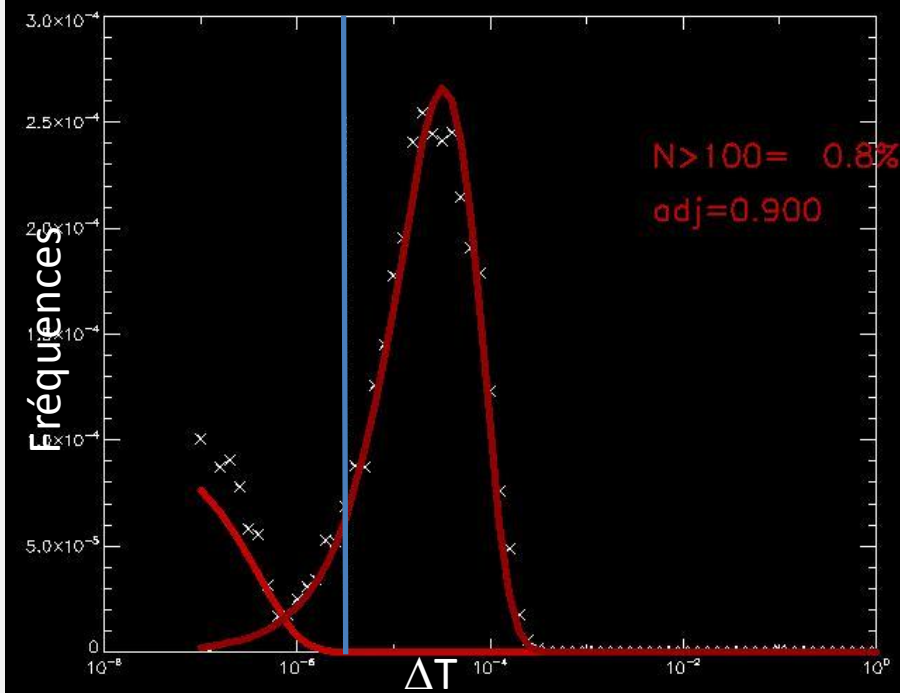
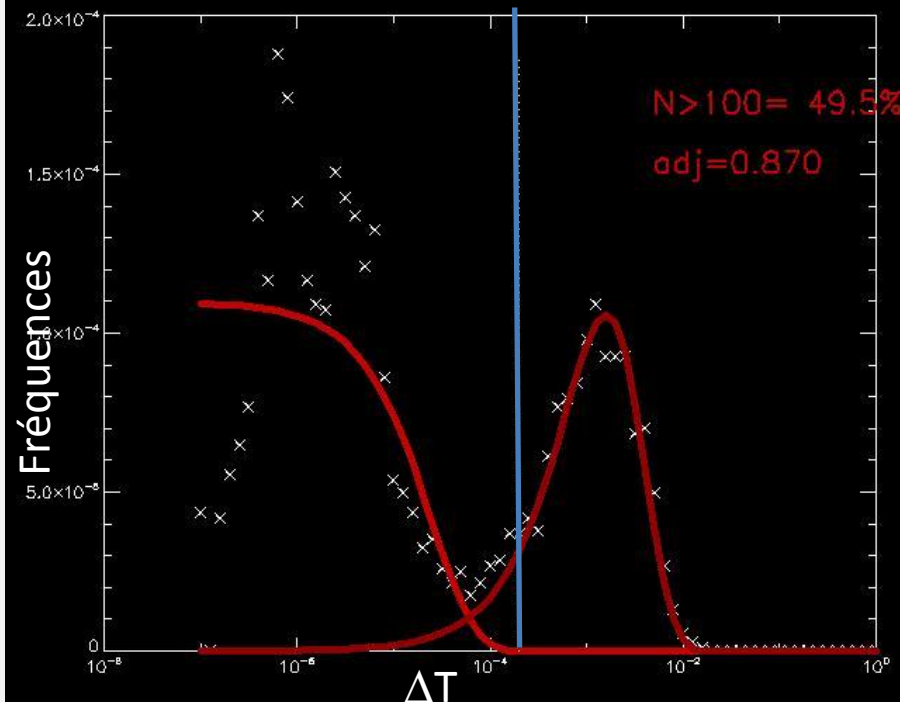
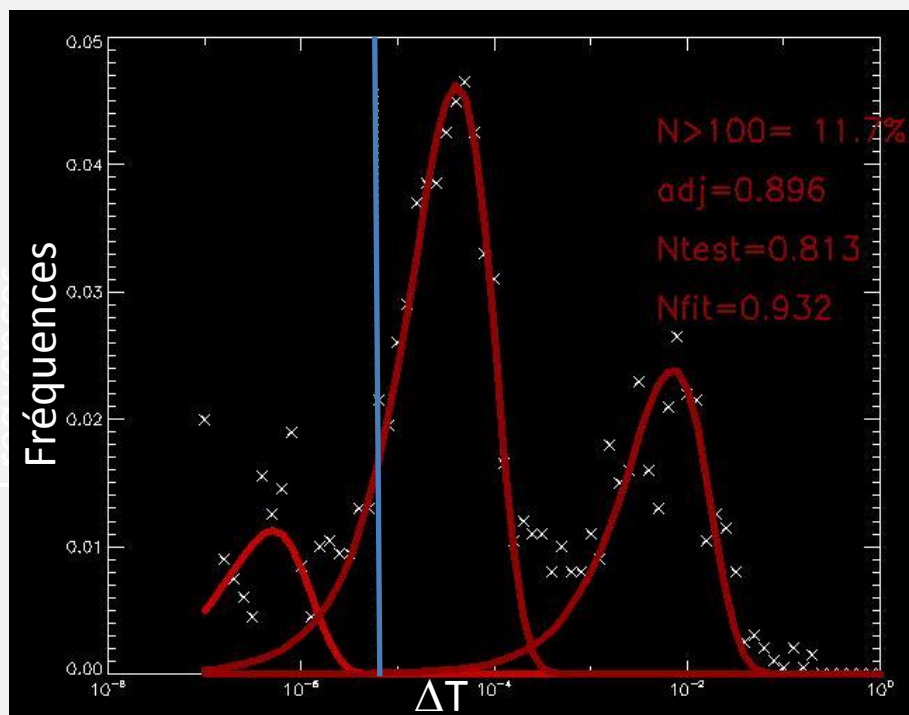
Vitesse Avion de 200 m/s

+

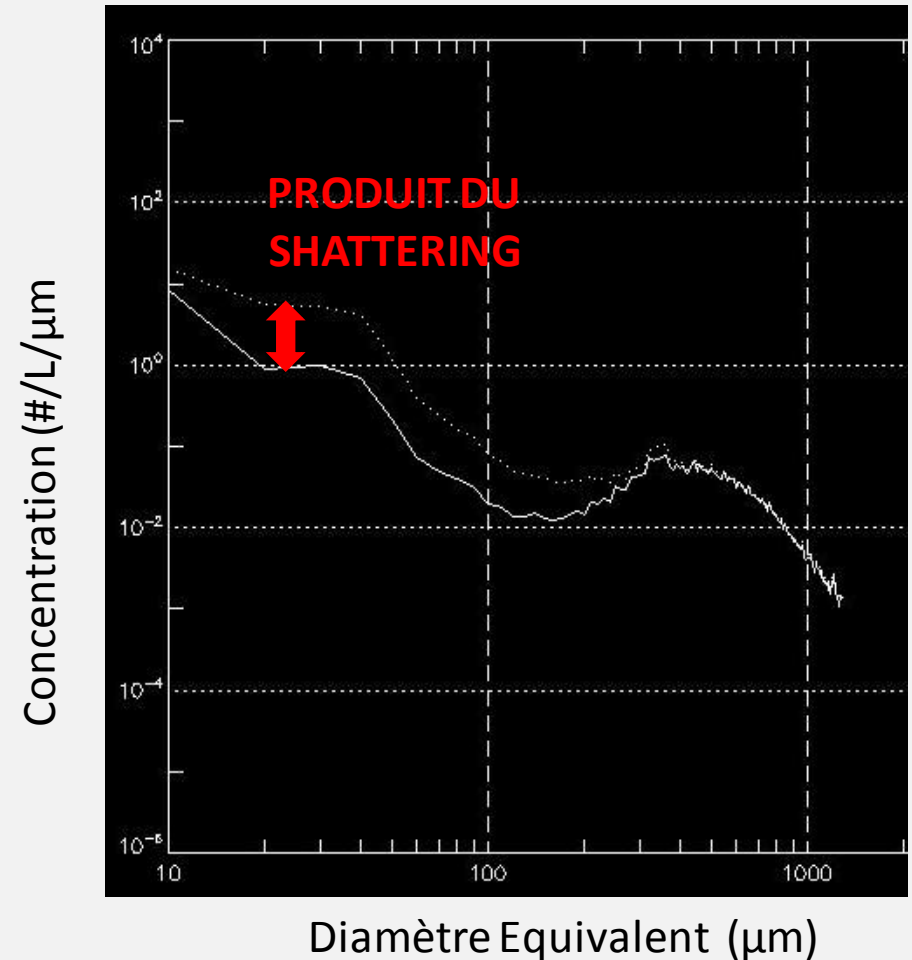
Fortes concentrations

=

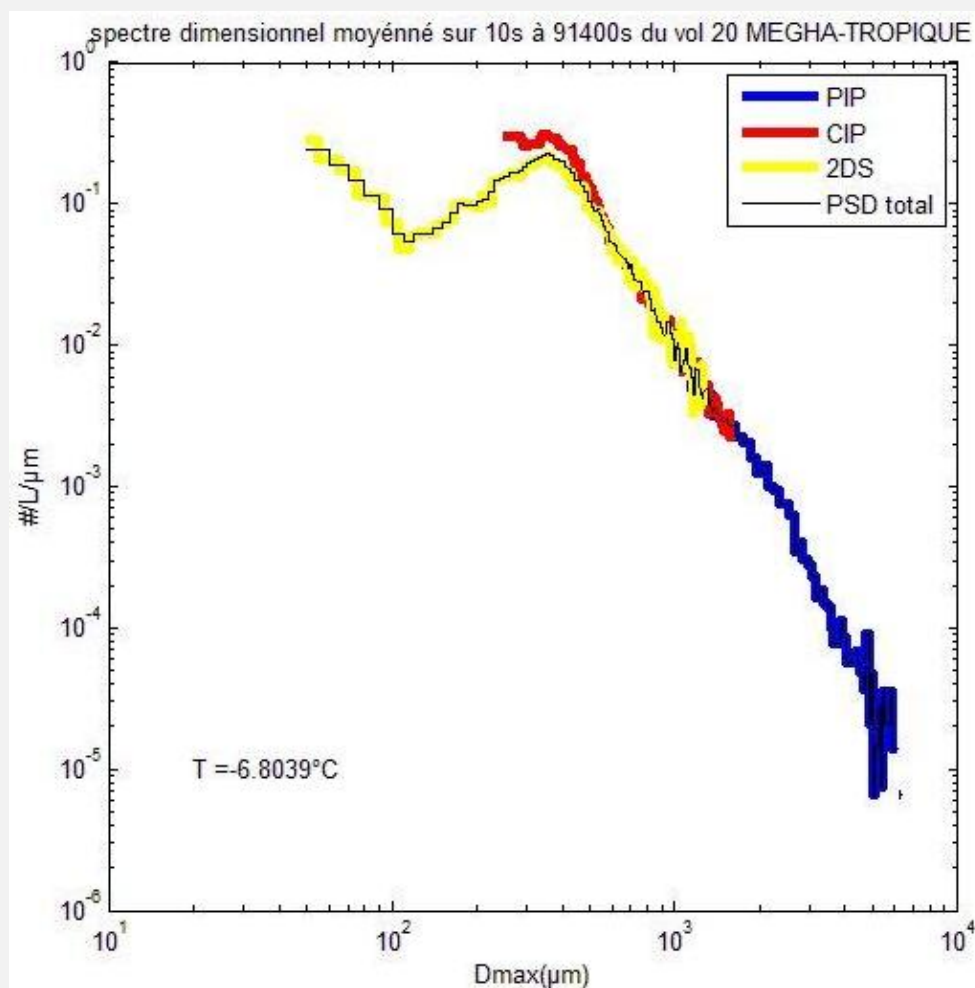
Problème Séparation Particules  
Naturelles/Fragmentées



- Elimination d'une partie de l'artefact induit par les particules fragmentées
- Nécessite étude complémentaire pour évaluation de l'algorithme (nuage non uniforme) + étude en soufflerie

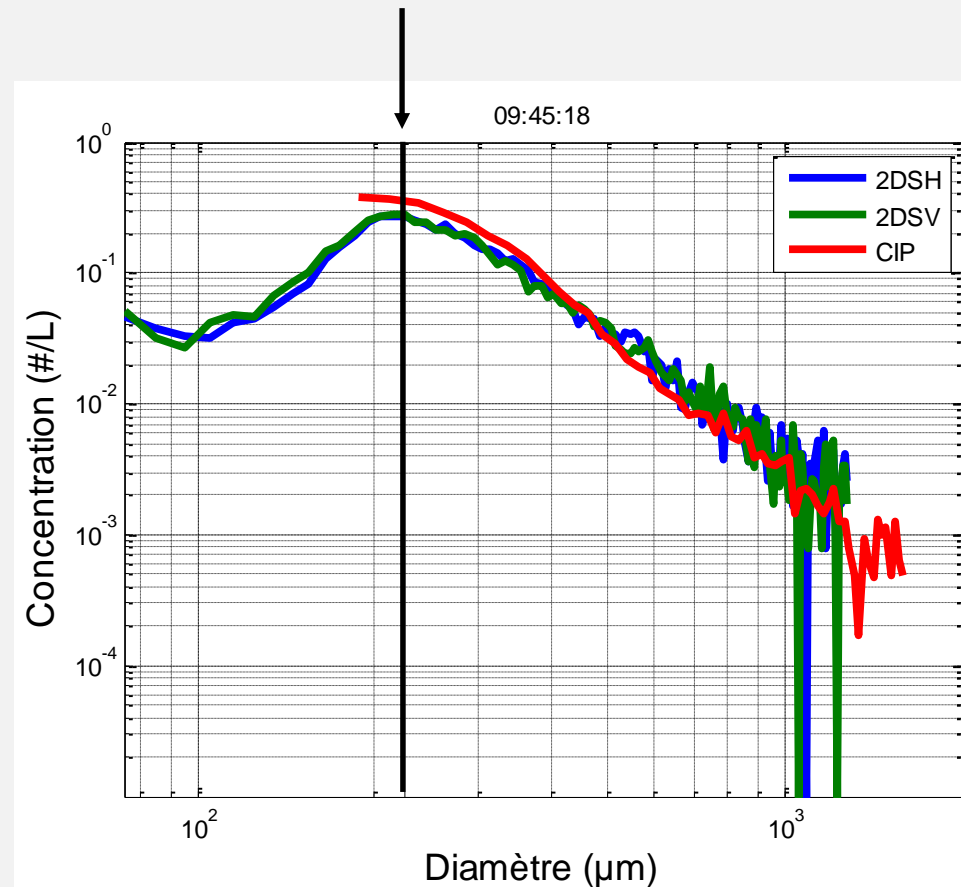


- Bonne correspondance entre différentes sondes 2D dans leurs zones de recouvrement
- Construction d'un spectre dimensionnel de 50 à 6400  $\mu\text{m}$  (cf. présentation PIP)



- Existence d'un mode d'apparition observé entre 100 et 500  $\mu\text{m}$ .
- Visible uniquement sur la 2D-S si  $< 300 \mu\text{m}$
- Traduit la transition entre une croissance par diffusion de vapeur (pristine) à une croissance par agglomération

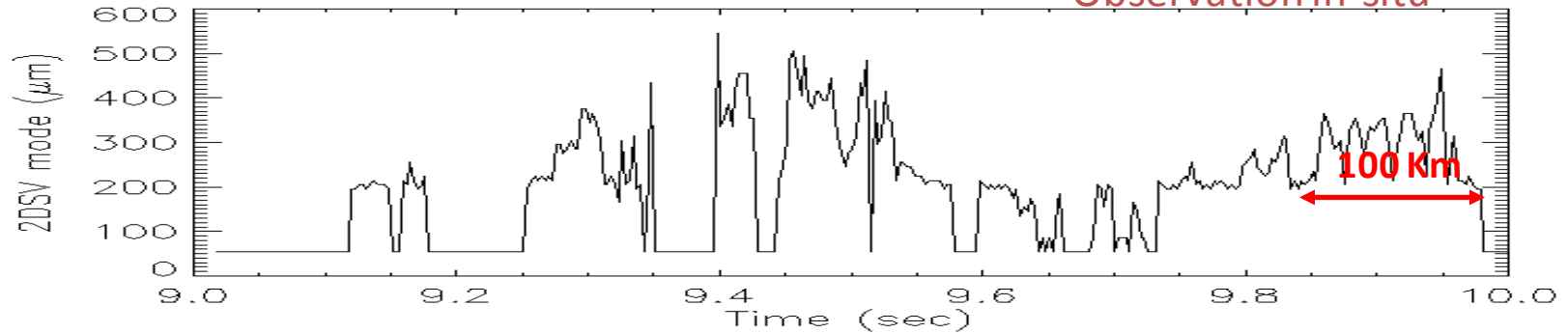
Recherche automatique du mode



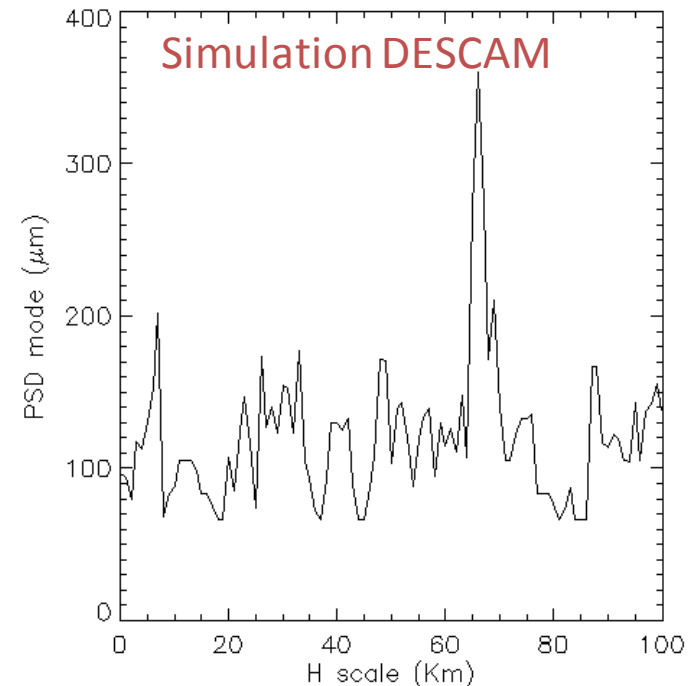
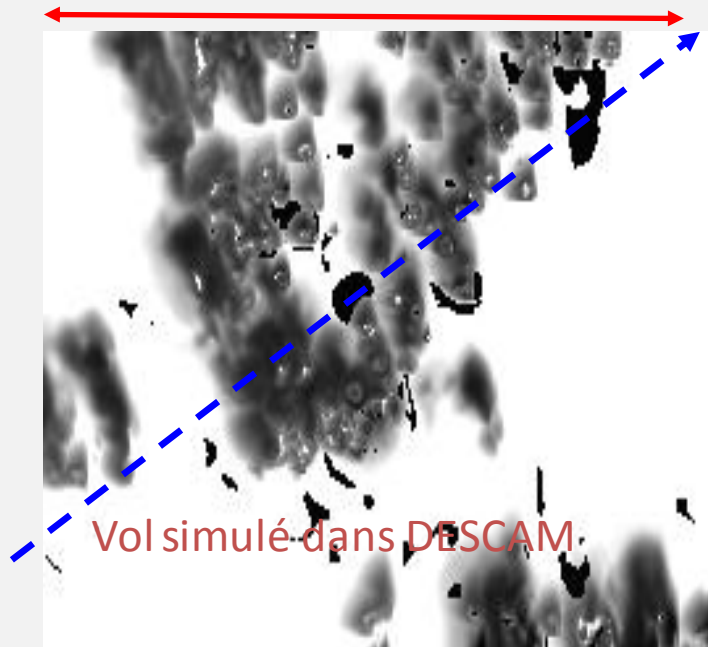
Modèle:  $L < 20$  Km (échelles convectives 3D, convection « pop-corn »)

Observations: il existe  $L > 50$  Km (microphysique organisée à méso-échelle)

Observation in-situ



100 Km



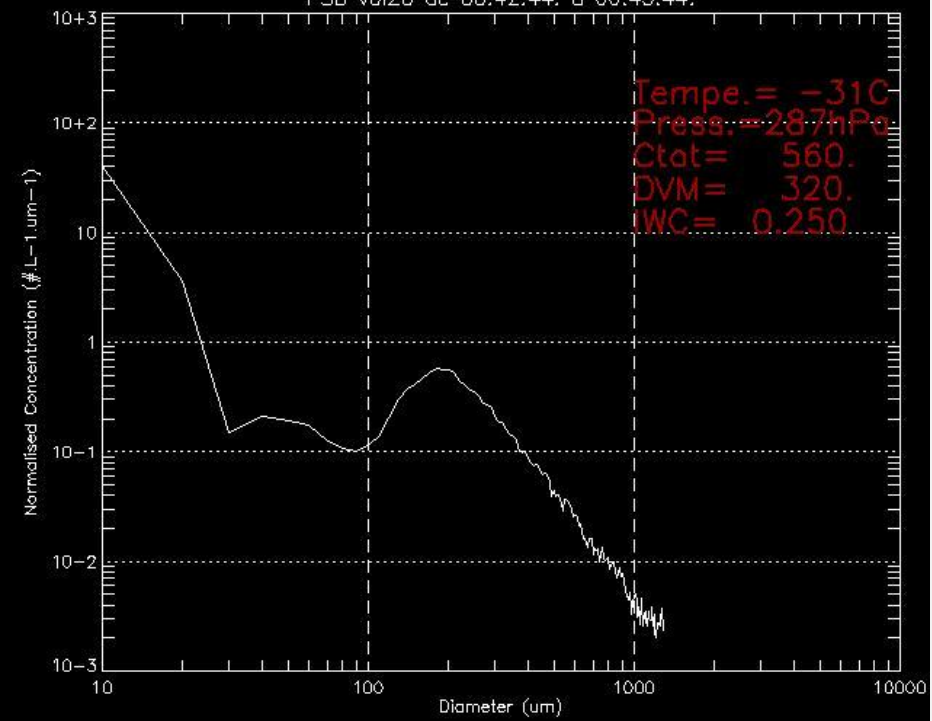


- La sonde 2D-Stéréo a montré un gain précieux sur la résolution et la fréquence d'échantillonnages par rapport aux sondes d'ancienne génération
- Elle a permis d'observer des modes d'apparitions de tailles de particules jusqu'ici uniquement « vus » dans les modèles
- Son algorithme de traitement permet d'obtenir un spectre dimensionnel comparable aux autres sondes 2D.

- Etude du mode d'apparition de taille de particules en comparant avec un modèle détaillé.
- Améliorations du traitement du shattering :
  - Études en soufflerie
  - Nouvel Algorithme avec test redondant.
- Reconstruction 3D :
  - Etude du volume de la particule

# MERCI





# Génération Automatique d'échantillon d'image correspondant au PSD

