

WP4: silicates= évolution des silicates et des grains réfractaires du MIS au disque protoplanétaire

Alice Aléon-Toppani

Zahia Djouadi

Rosario Brunetto

Zélia Dionnet

Donia Baklouti

Dan Levy

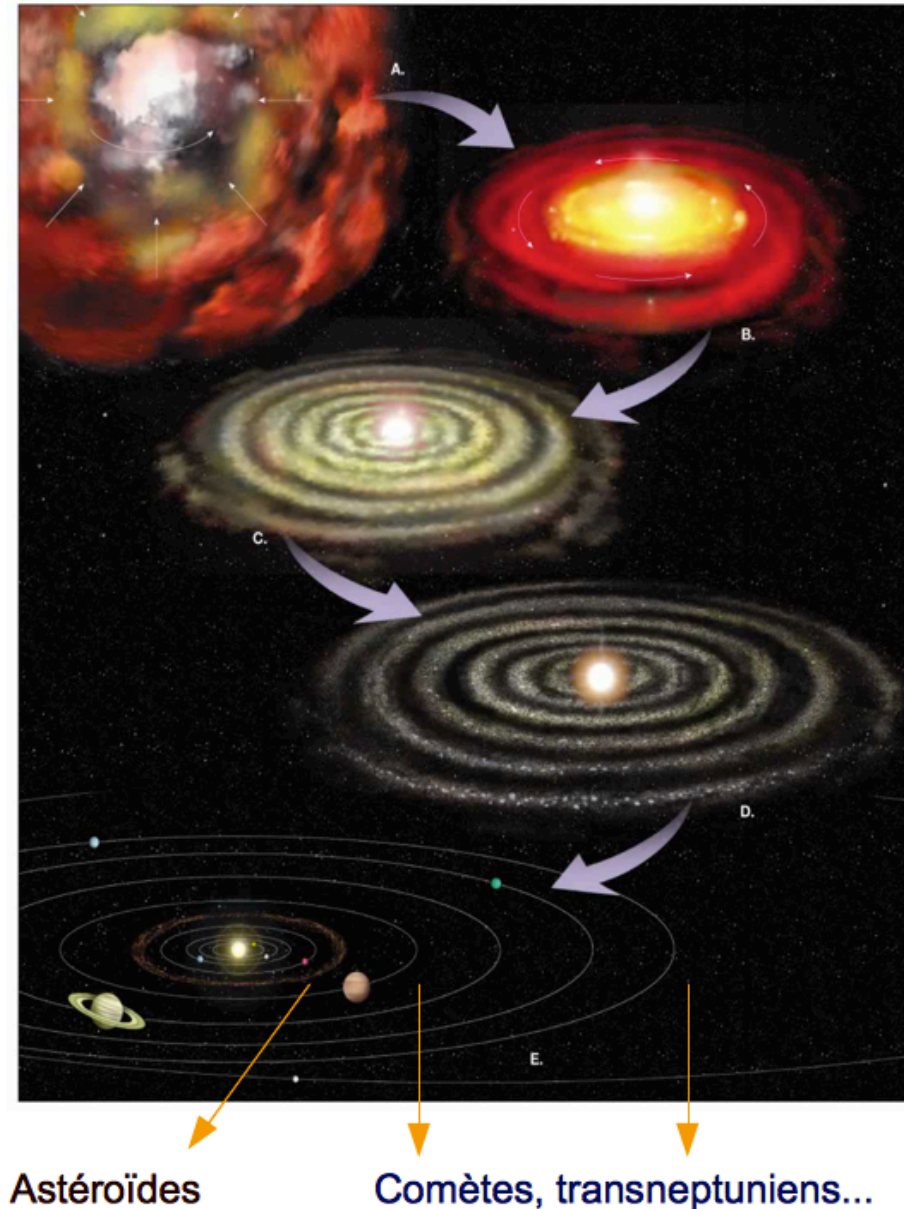
+doctorant (2017)

+ De nombreuses collaborations...

Contexte astrophysique: formation des disques protoplanétaires

Compréhension des premières étapes de la vie des poussières dans le disque: compréhension des processus physico-chimiques dans le disque et de la « structuration » du disque: à la fin, vers une meilleure formation des planètes.

Enregistrement des premières étapes de formation du disque dans les objets les plus primitifs de notre ss (les moins modifiés)

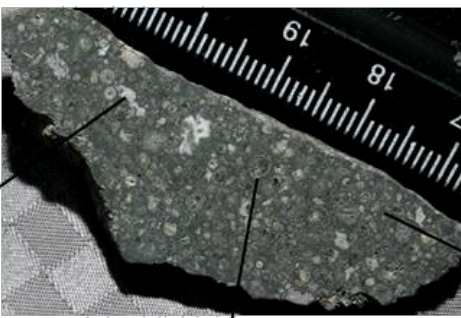


Astéroïdes

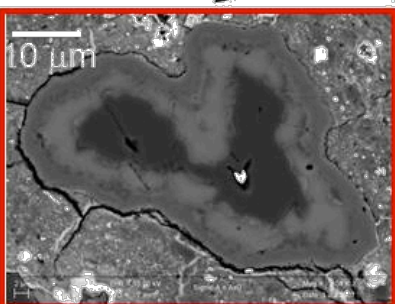
Comètes, transneptuniens...

Matériaux extraterrestres primitifs

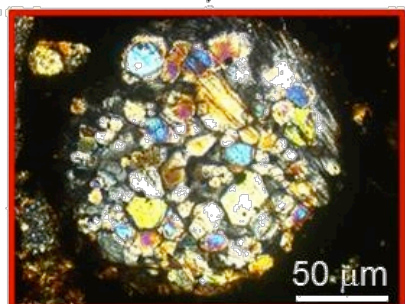
CHONDRITE



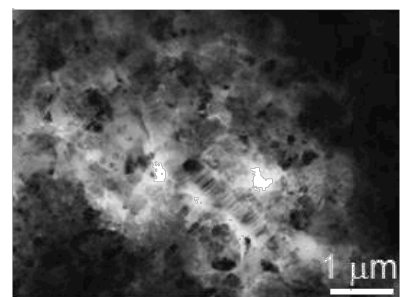
- Carbonaceous chondrite
- Very primitive



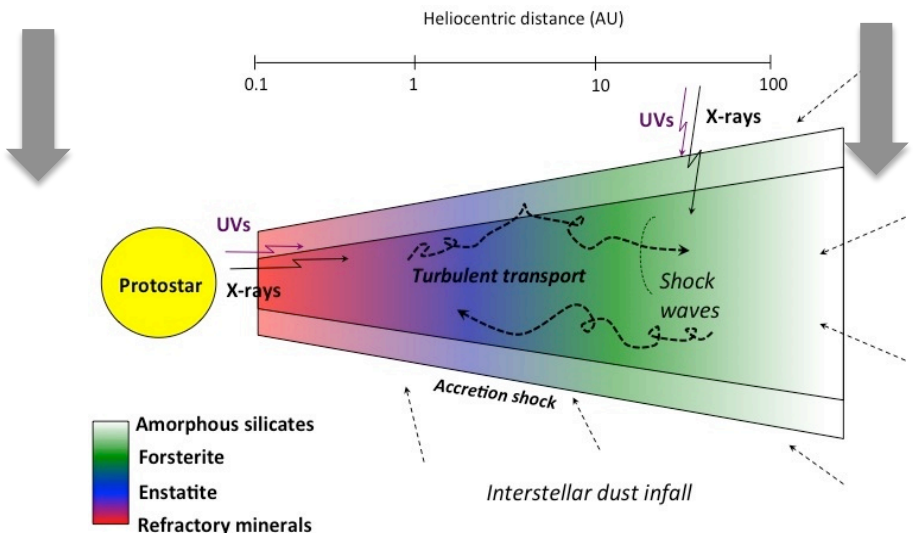
Inclusions Ca - Al (CAI)
(10 μm - 1 cm)



Chondres
(100 μm - 0.2 cm)

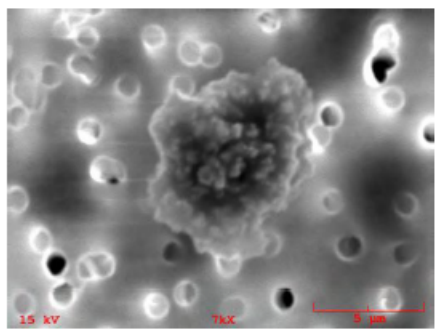


Matrice
silicatée - phyllosilicatée

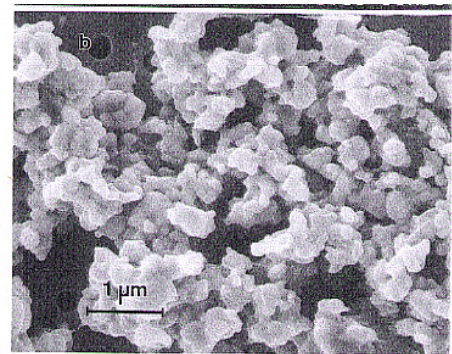


D'après Aléon, 2005, Merouane, 2014

IDPs: Interplanetary dust particles (Qqs microns à qqs centaines de microns)

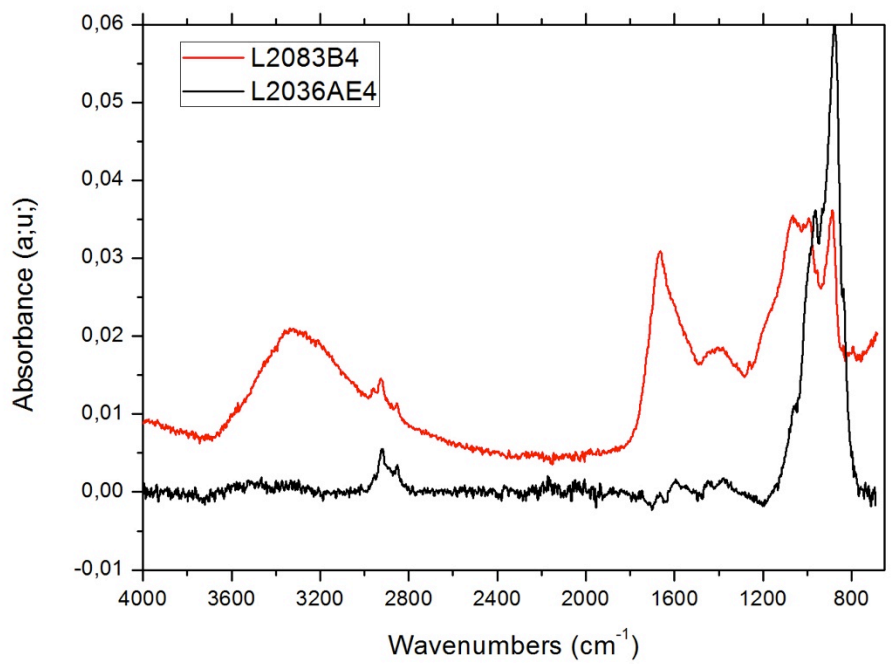


Compactes hydratées
Riches en phyllosilicates



Bradley, 1996

poreuses à grains fins
Riche en pyroxene ou en olivine
Présence de silicates amorphes (GEMS) + matière carbonée

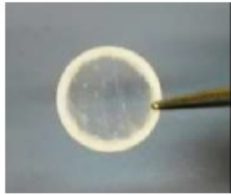


Astrochimie des solides en laboratoire

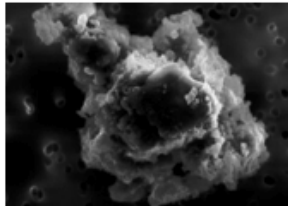
Faisceau d'altération (UV, ions...)

Faisceau analytique (VIS, IR...)

+ analyses MET, MEB...



Film synthétisé en labo (analogue)

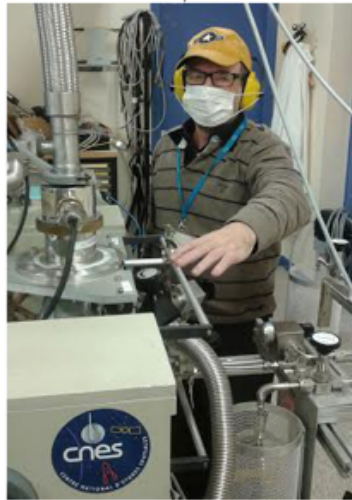


Particule extraterrestre

Minéraux (silicates, etc.)

Matière carbonée

Glaces (H₂O, CH₃OH, CH₄, etc.)



Expérience



Observation

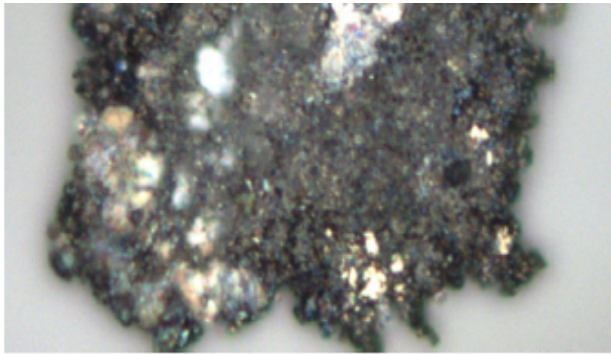
Modèle

$$\alpha(\lambda) = \alpha_h(\lambda) + 36\pi\phi z(\lambda)/\lambda$$

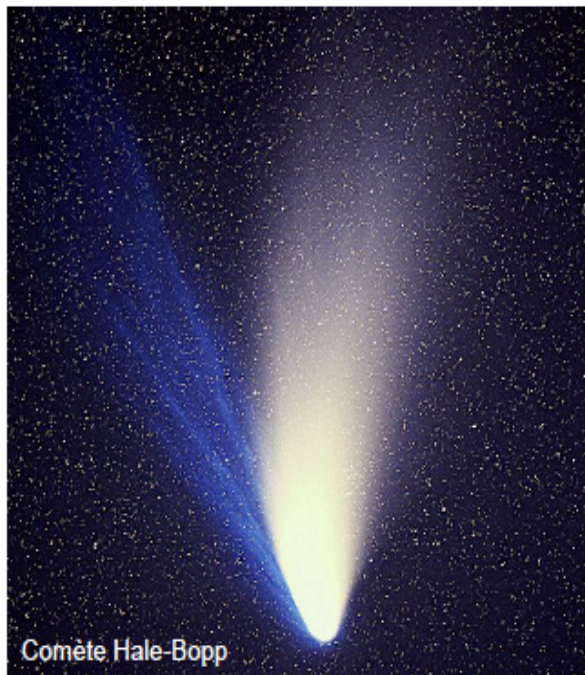
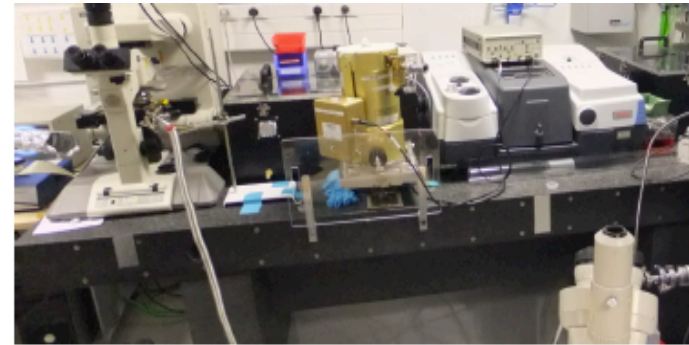
$$z(\lambda) = \frac{n_h^3 n_{Fe} k_{Fe}}{(n_{Fe}^2 - k_{Fe}^2 + 2n_h^2)^2 + (2n_{Fe} k_{Fe})^2}$$

$$\ln R(\lambda) \approx -\{\alpha_h(\lambda) + 36\pi\phi z(\lambda)/\lambda\}d_e$$

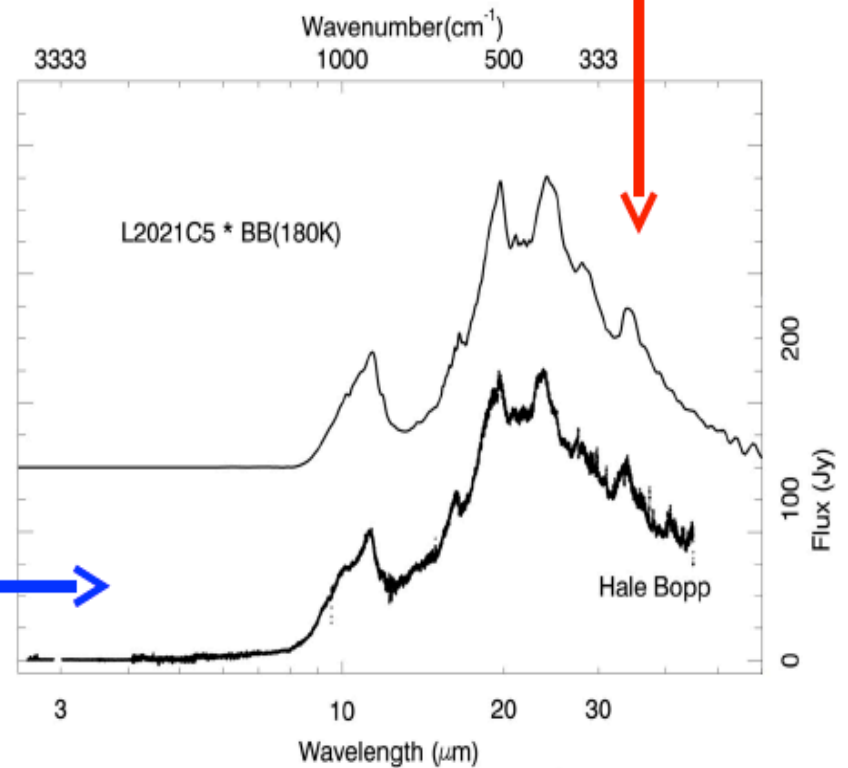
Exemple illustratif de ce que l'on fait



Brunetto et al. 2011



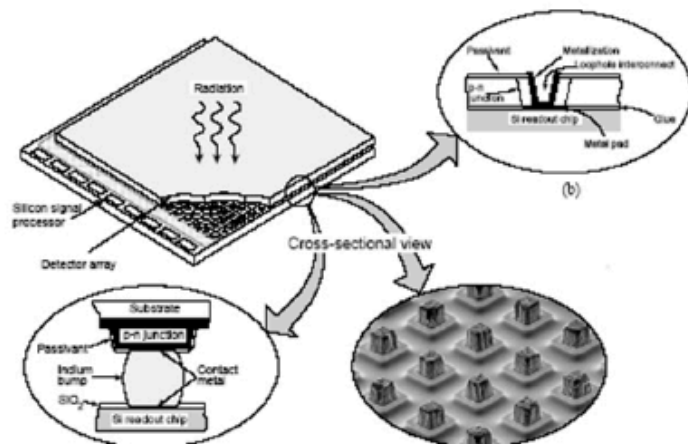
Comète Hale-Bopp



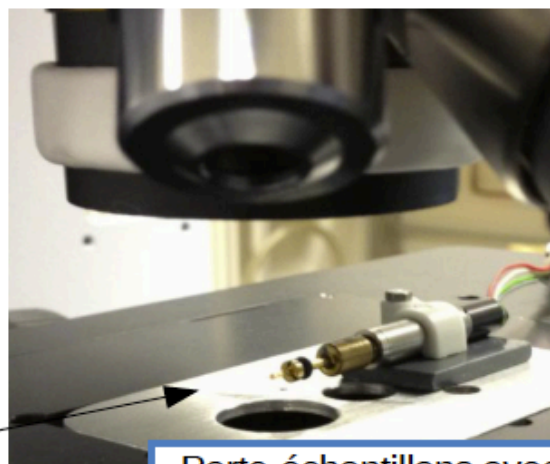
Domaine spectral MIRI

Imagerie hyper-spectrale très rapide

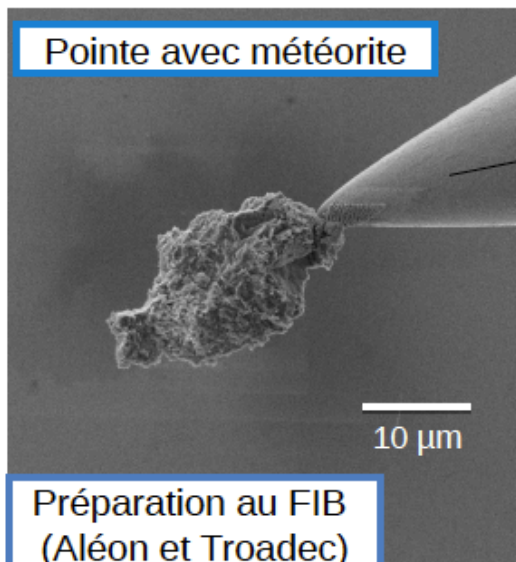
Signal IR



Détecteur bi-dimensionnel FPA



Porte-échantillons avec rotation monté sur platine de microscope IR



Pointe avec météorite

Préparation au FIB (Aléon et Troadec) météorite sur pointe

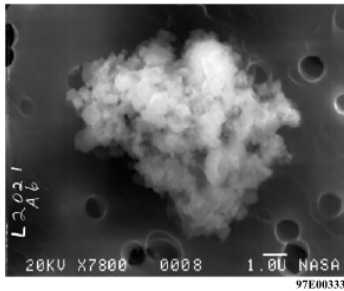
Corrélation spatiale entre les phases
Technique non destructive
Structure de l'échantillon

Phase initiale d'un protocole de mesures :
des techniques moins destructives aux plus destructives

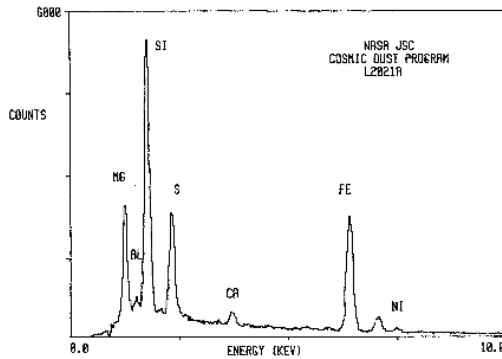
Multi-analyses de la matière extraterrestre

MEB

L2021A6



Size: 9
Shape: E
Trans: O
Color: Black
Luster: D
Type: C
Comments: Cluster 5

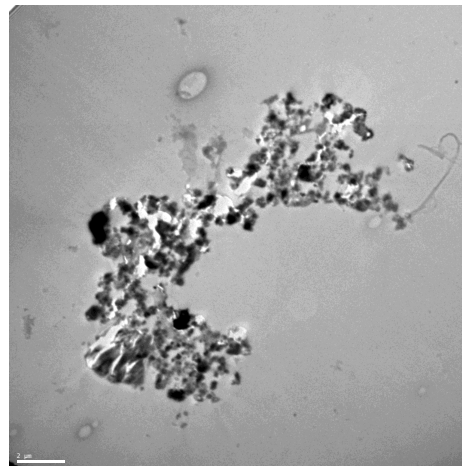


5

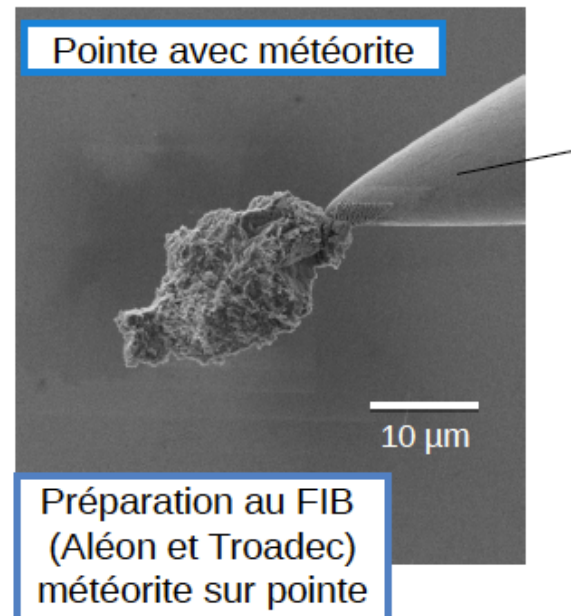
- Analyses spectroscopiques Raman et IR
- Analyse de la structure: MEB, MET, tomo X
- Analyse de la composition chimique, minéralogie: MET, MEB
- Analyse de la composition isotopique: NanoSIMS

Attention: Méthode de préparation des échantillons précieux importante

MET

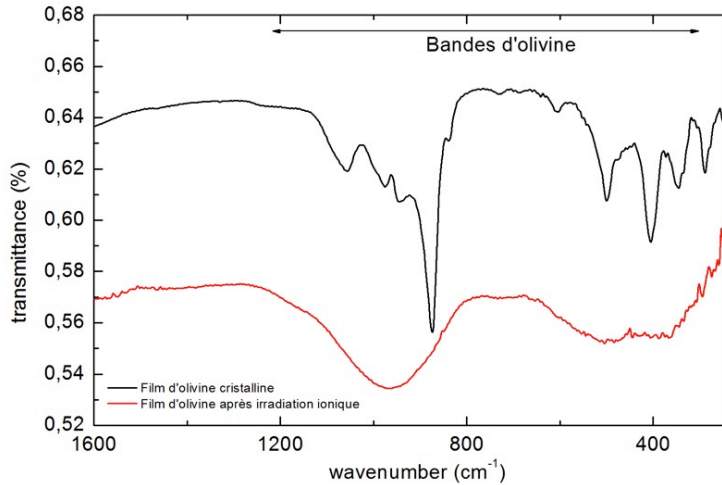


Tomo X et IR



Manips en labo

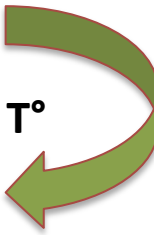
Production de films amorphes



Production de silicate amorphe

Irradiation ionique

Production de silicate cristallin



T°

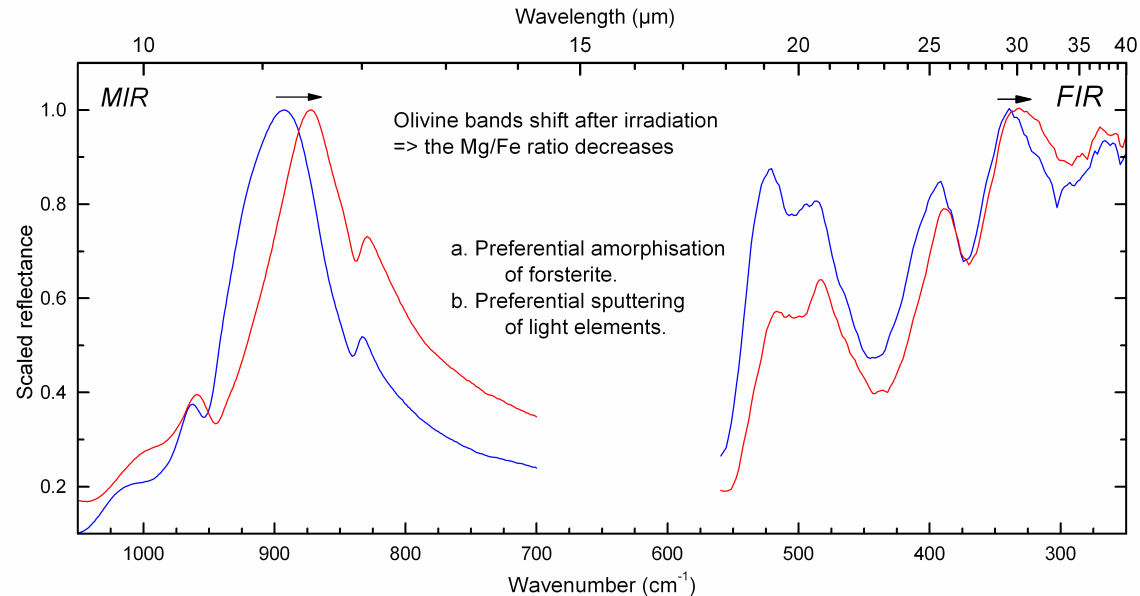


Détermination
des indices n et
 k dans
différentes
gammes de λ

**Altération
thermique/
irradiation/aqueuse**

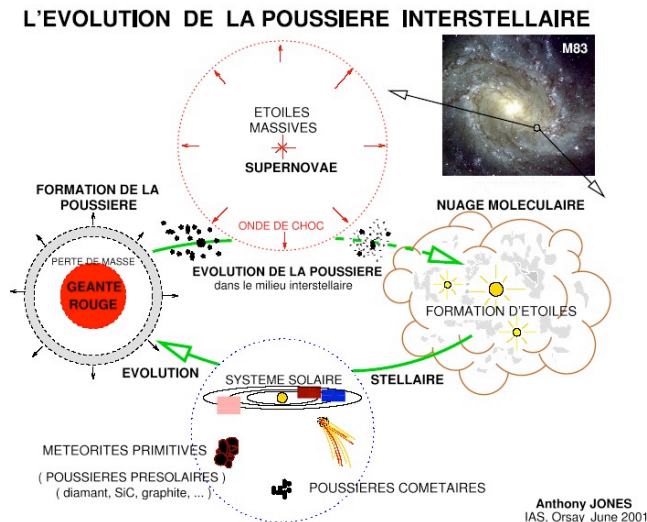
Irradiation

Allende meteorite: **before (blue)** and **after (red)** irradiation with $3\text{E}16 \text{ He}^+/\text{cm}^2$, 40 keV



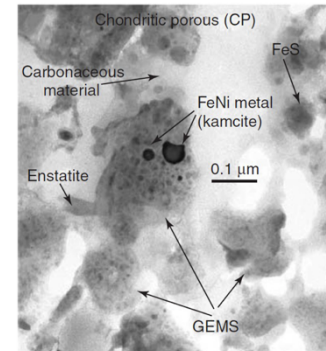
SCIENTIFIC PROGRAM: WP 4 - SILICATE

Origine et évolution physico-chimique de la poussière dans les disques de type solaire :
observation des disques T-Tauri et du milieu interstellaire (héritage?).

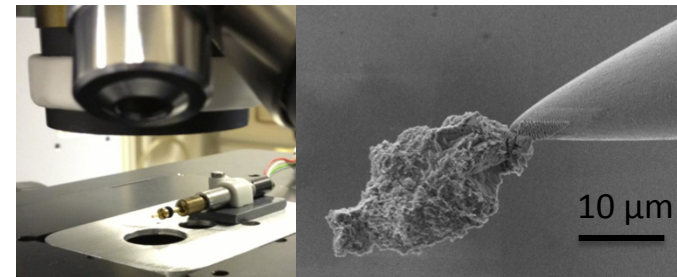


IR spectra of bulk and μm sub-units of meteoritic materials

FPA detector at SOLEIL Synchrotron



IR + X tomography : porosity of grains



IR comparison between meteoritic samples and T-Tauri disk

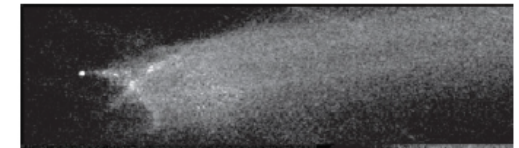
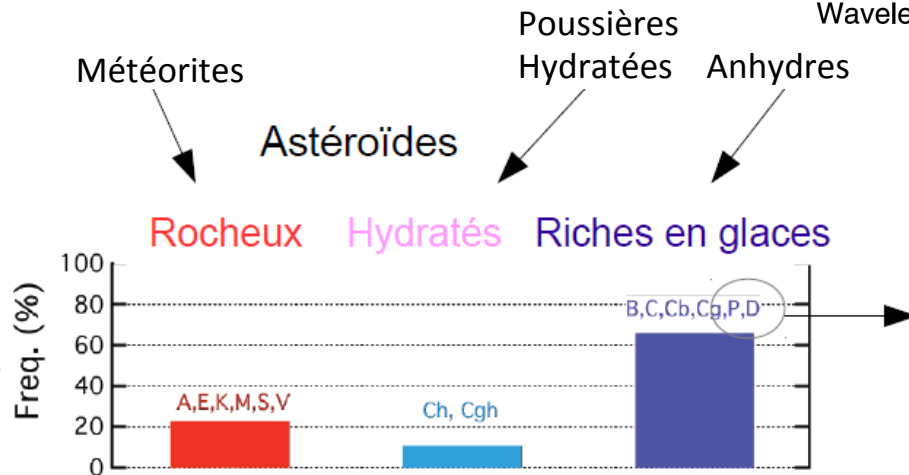
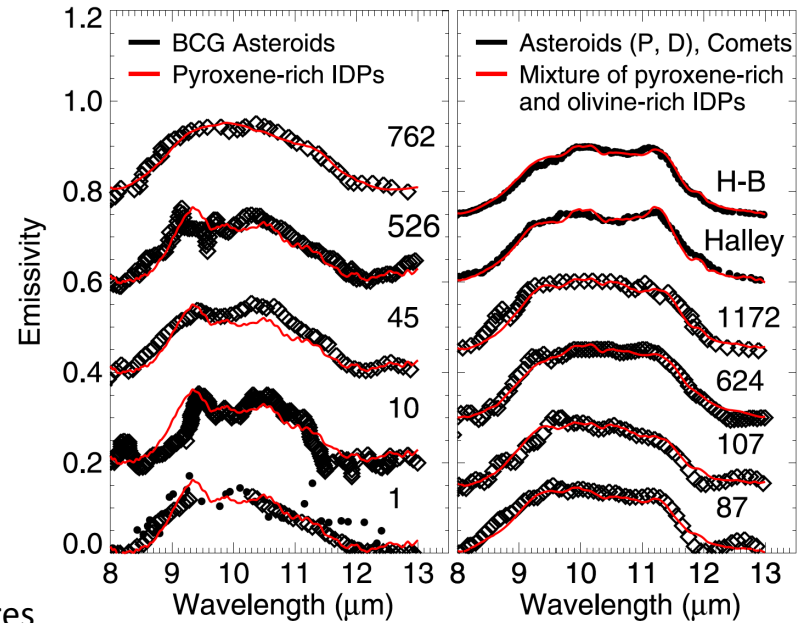
- Nature of the disk materials ?
- Evolution of crystallinity/amorphous and olivine/pyroxene ratios in the disk
- Presence and evolution of GEMS in the disk ?
- Presence of CAIs in the disk ?
- Presence of hydrated silicates vs water vapor ?

Evolution of crystallinity/amorphous and olivine/pyroxene ratios in the disk

“more enstatite than forsterite is observed in the inner warm dust population at 1 AU, while forsterite dominates in the colder outer regions at 5-15 AU.”
Bouwman et al. 2008

Héritage dans les petits corps du SS ?

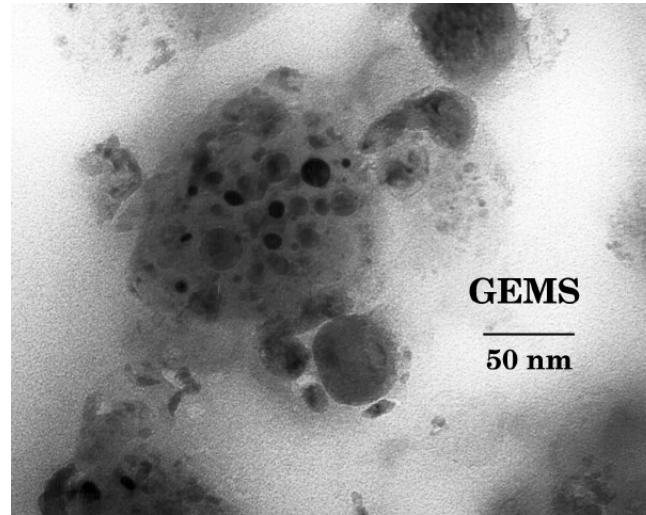
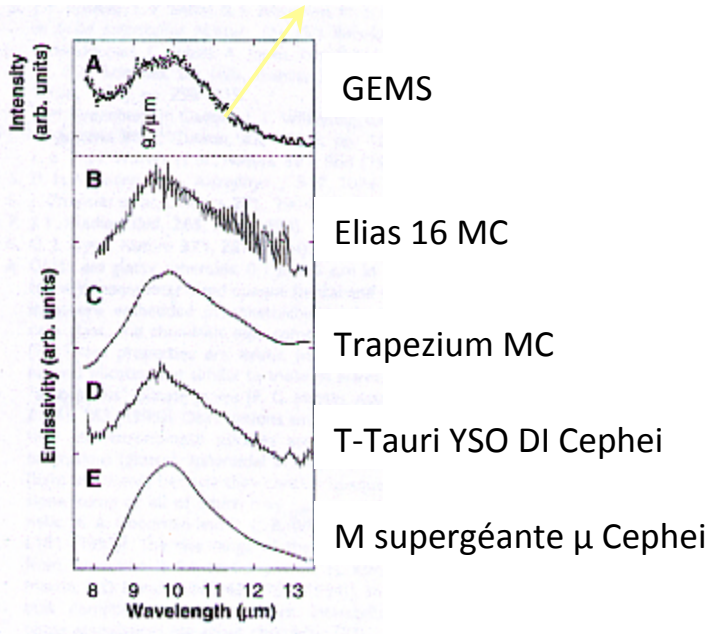
Les IDPs anhydres originaires des astéroïdes glacés



Vernazza et al. 2015

Formation location closer to the Sun for BCG-asteroids (pyroxene-rich) with respect to D-asteroids (olivine-rich) proposed in the Grand Tack model
 => Heritage of olivine/pyroxene gradients in the disk?

Presence and evolution of GEMS in the disk ? Evolution of the crystallinity of the grains ?



IR identique poussière MIS

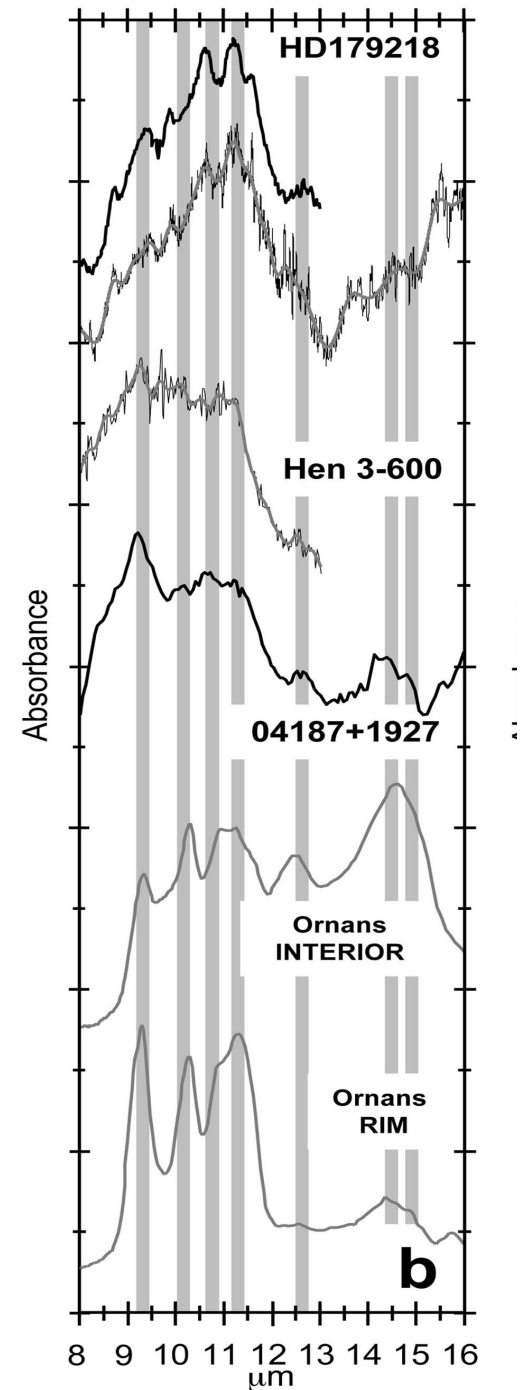
Observation des CAIs: Presence of CAIs in the disk ?

Potential spinel feature and corundum was found in several disks (Morlok, 2008, 2014; Suh, 2011)

- formation directement dans le disque à partir du gaz ?
- Uniques au système solaire ?

Morlok, 2008

Projet porté en partie par Dan Levy (PHD Muséum)



Presence of hydrated silicates vs water vapor ?

Organic Molecules and Water in the Planet Formation Region of Young Circumstellar Disks

John S. Carr¹ and Joan R. Najita²

Présence de vapeur d'eau dans le disque interne plutôt pas attendu par les modèles .

(autres refs, Najita, Salyk...)

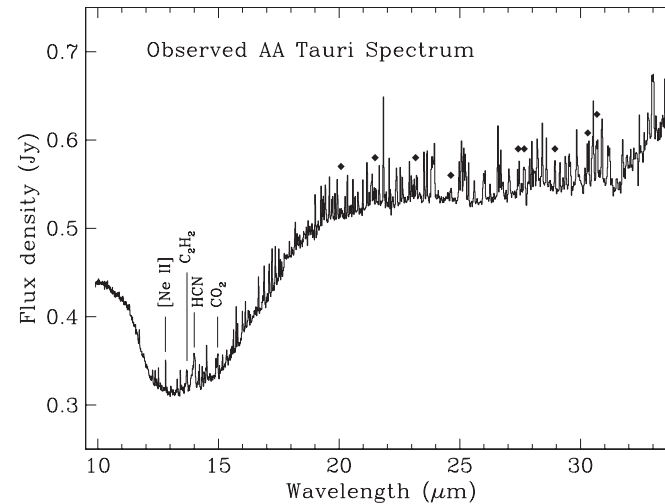


Fig. 1. Spitzer IRS spectrum of AA Tauri from 9.8 to 38.0 μm. The spectrum combines all orders of the short-high and long-high IRS modules (11). Rotational transitions of OH are marked with a diamond, and the Q branches of C₂H₂, HCN, and CO₂ are labeled along with atomic [Ne II]. The majority of emission features are due to rotational transitions of H₂O (unmarked features).

- Observation de silicates hydratés dans les disques ?
- Réaction chimique menant à leur formation? Pression de vapeur d'eau compatible avec observation disque ?
- Projet porté en partie (coté observation naturelle CAI par Dan Levy)

Lié à la très grande question de l'accrétion de la Terre sèche ou « humide »!

En conclusion,

Un travail de notre équipe en synergie avec ce groupe (ou autres collaborateurs) pour aller vers des observations/modélisation effectuées par JWST

Plan de travail du thésard qui ira dans ce sens!