

# La mission spatiale Hayabusa2 vers un astéroïde

## 1. Comment sonder un astéroïde?

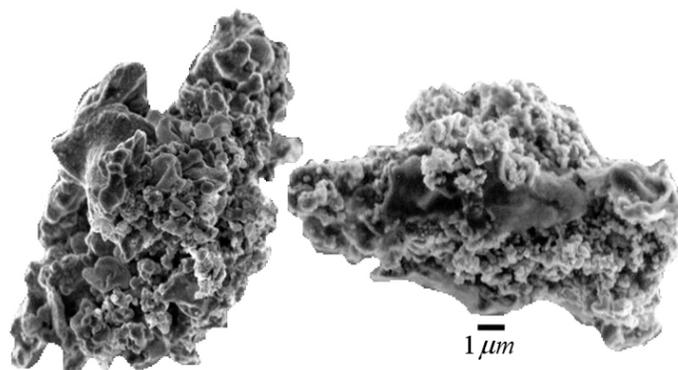
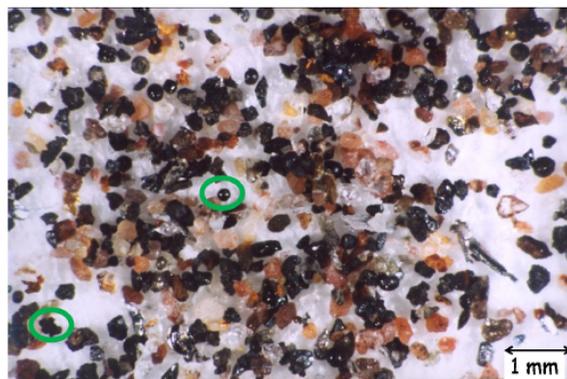
Eric Quirico (IPAG)

## 2. Poussières d'astéroïde

Lydie Bonal (IPAG)



# La matière extraterrestre collectée sur Terre: météorites et poussières



Le ER-2 de la Nasa, dérivé du U2, l'avion stratosphérique de reconnaissance militaire, conçu dans les années 1950 et qui vole toujours. © Nasa Dryden Research Center Photo Collection/ Jim Ross

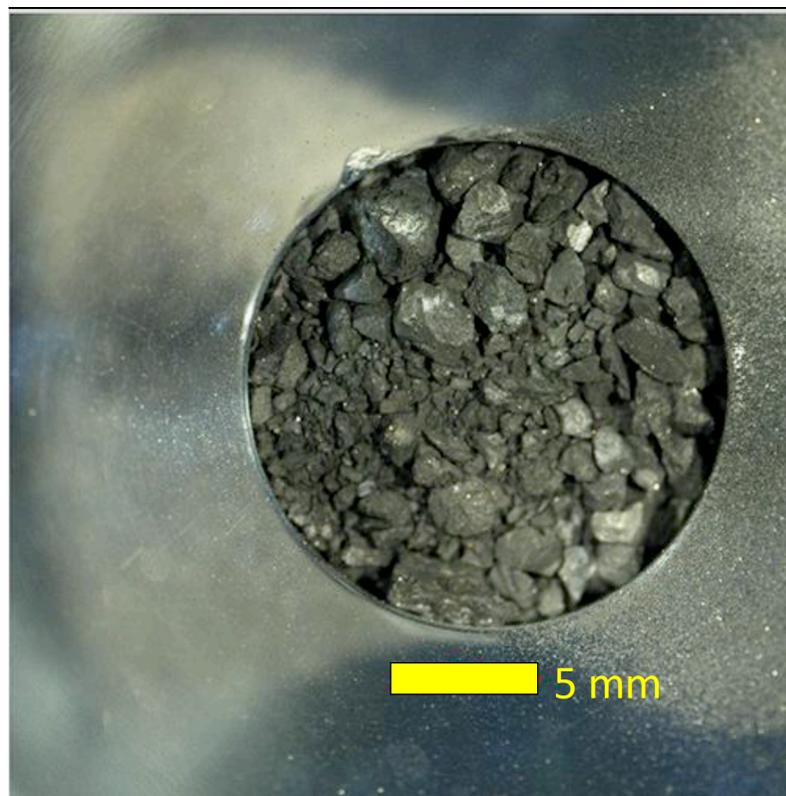
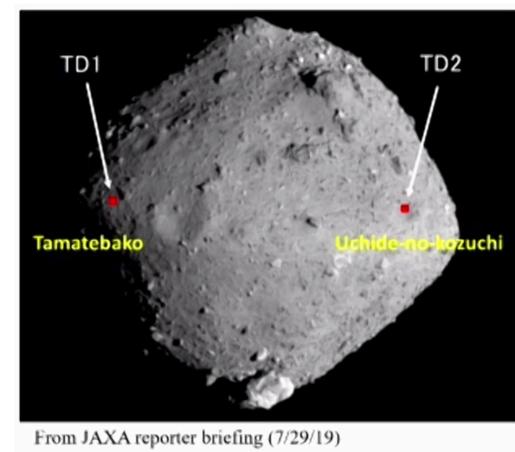


# Origine de la matière extraterrestre collectée sur Terre

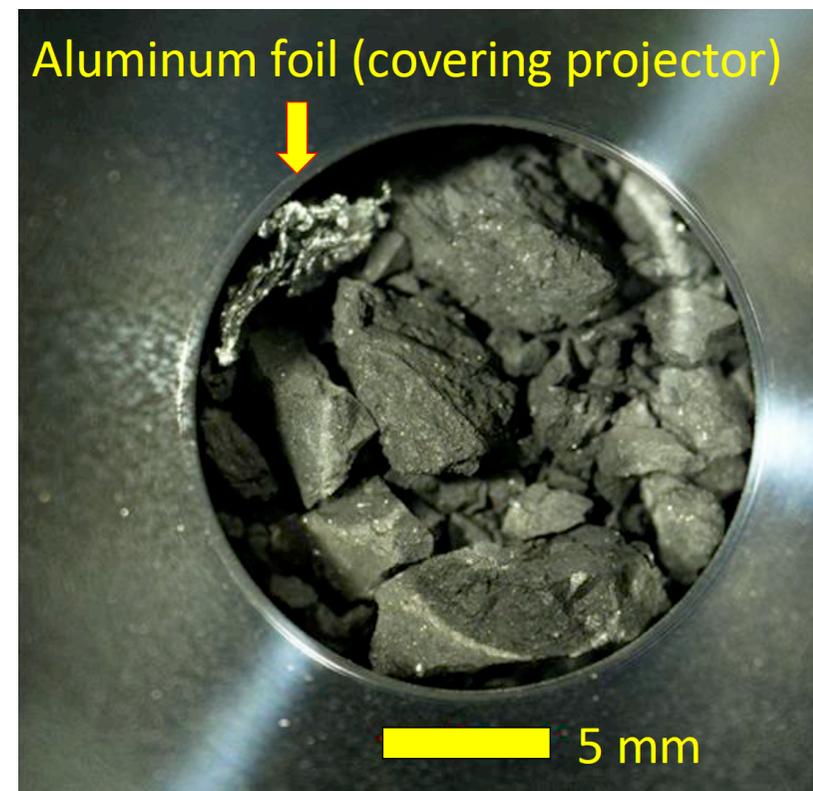
météorites: des morceaux de Lune (< 1%), de Mars (< 1%) et en grande majorité des morceaux d'astéroïdes (> 99%)



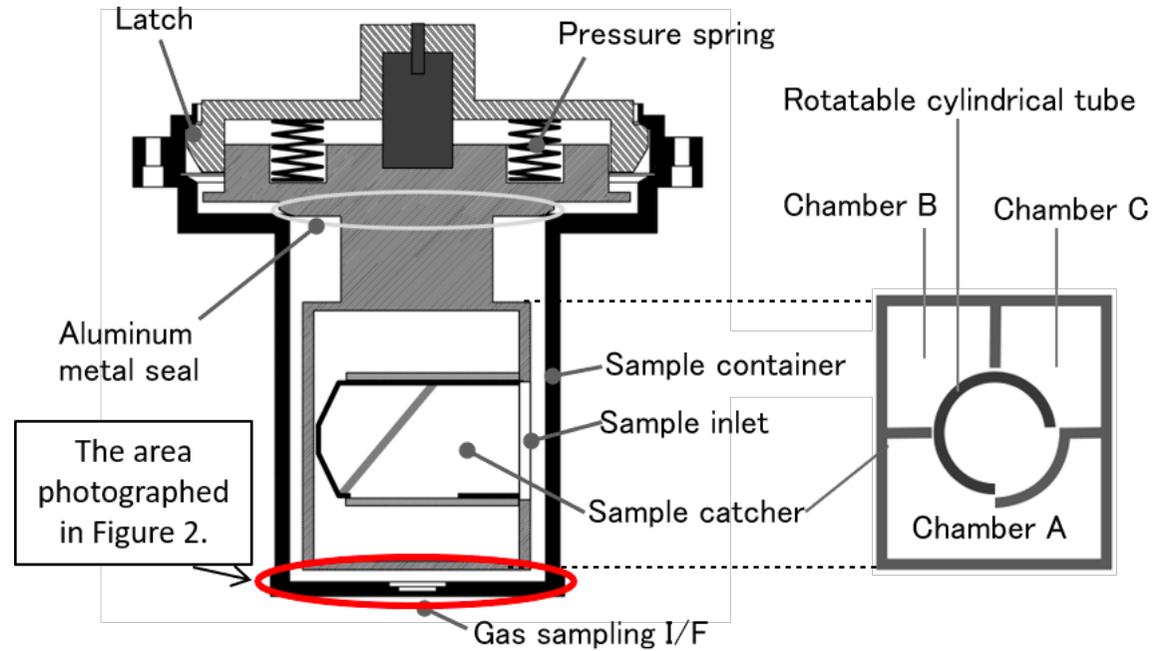
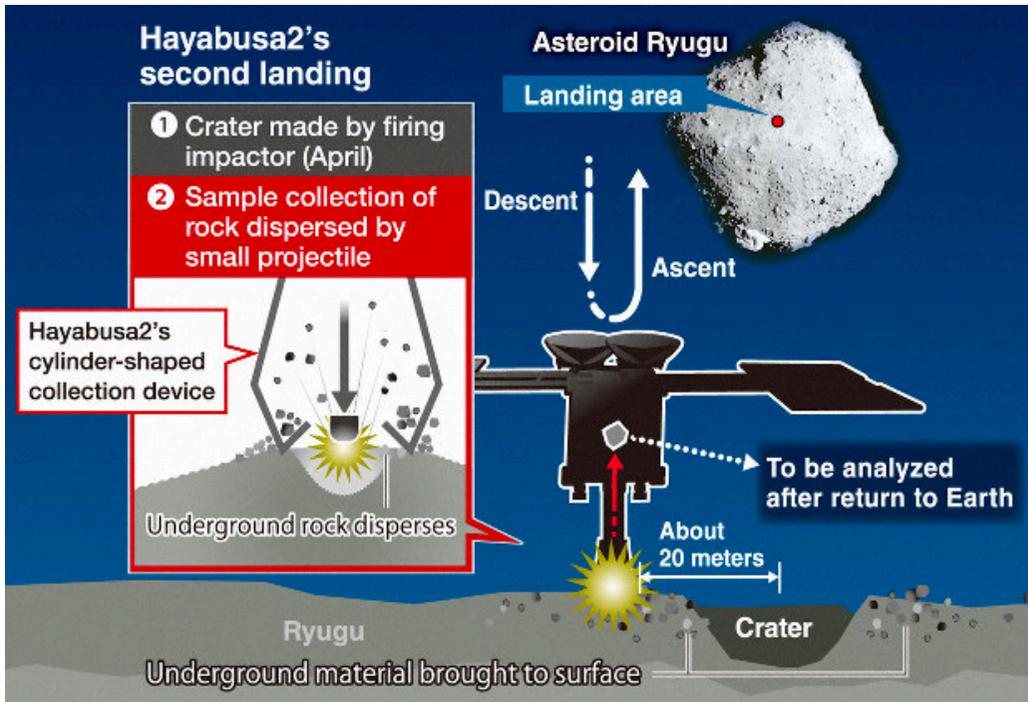
# Les échantillons de l'astéroïde Ryugu



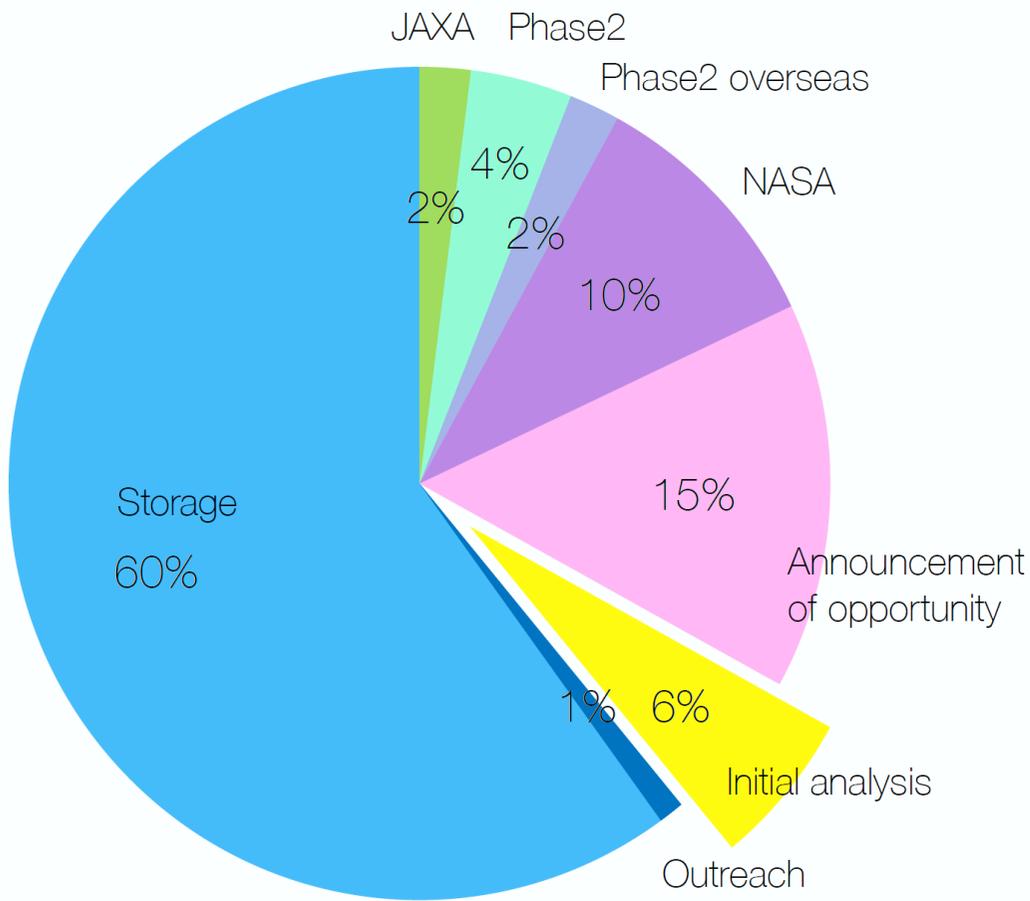
Chamber A (TD1): ~3 g



Chamber C (TD2): ~2 g



# ECHANTILLONS: stratégie de distribution



## Sample mass (total 5 g)

JAXA	100 mg
Phase2	200 mg
Phase2 overseas	100 mg
NASA	500 mg
AO	750 mg
<u>Initial analysis</u>	<u>300 mg</u>
Outreach	50 mg
Storage	3000 mg



# ECHANTILLONS: stratégie de caractérisation sur Terre



« **Chimie** » H. Yurimoto ..... Analyses chimiques (élémentaires et isotopiques) en bulk et in situ

**Minéralogie/pétrographie des gros grains** T. Nakamura ..... Spectroscopie non destructive pour une investigation de sections polies

**Minéralogie/pétrographie des petits grains** T. Noguchi ..... Microscopie électronique / préparation des échantillon spour les autres équipes

« **Volatiles** » R. Okazaki ..... Analyse des volatiles présents dans le container et extraits des échantillons

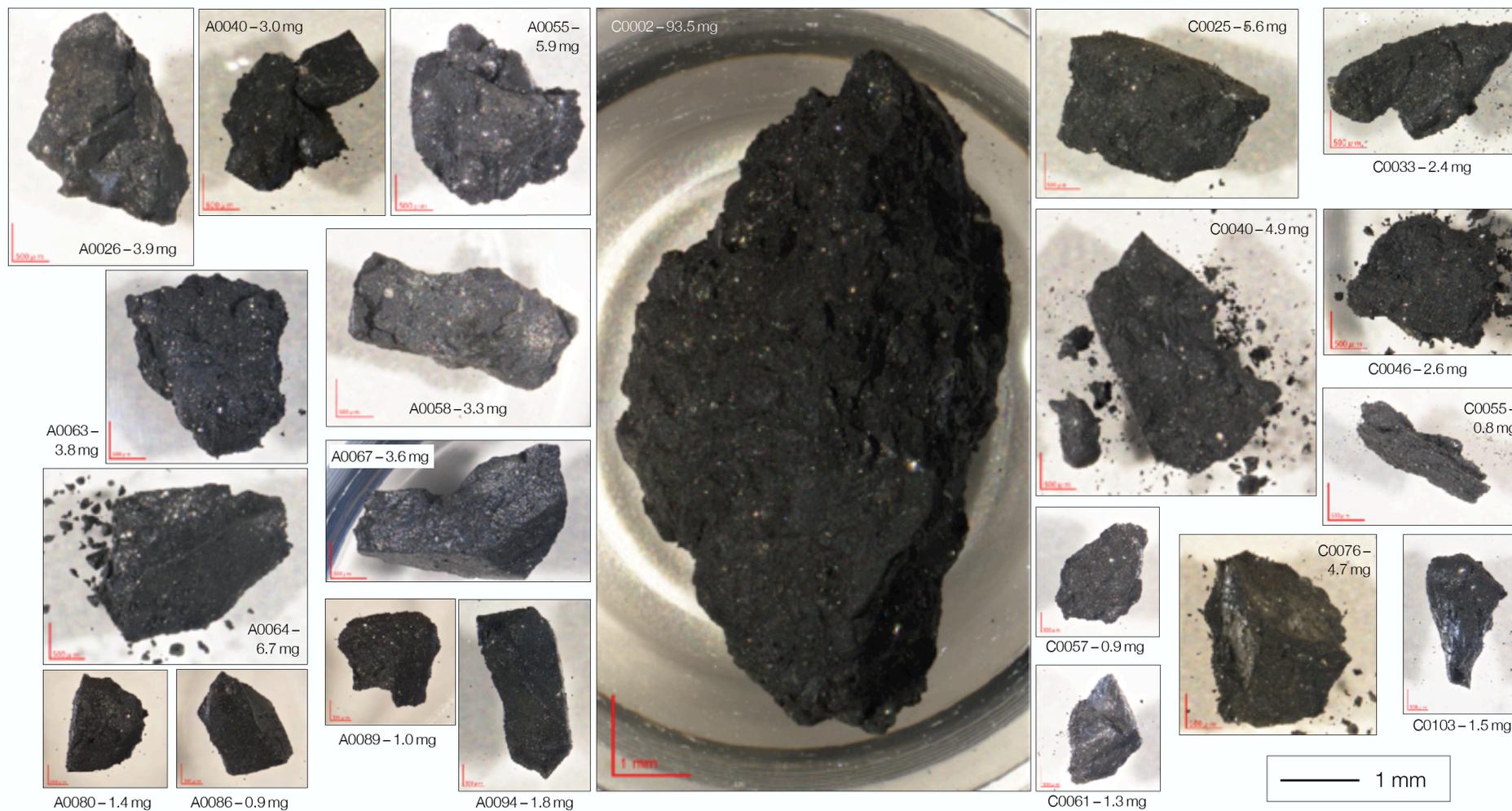
**Matière organique insoluble** H. Yabuta ..... Caractérisation des organiques macromoléculaires et leurs relations avec les minéraux

**Matière organique soluble** H. Naraoka ..... Caractérisation des organiques solubles (in situ et bulk)



# ECHANTILLONS: stratégie de distribution pour la phase initiale

22 individual particles – 11 from Chamber A (TD1) and 11 from Chamber C (TD2)



# ECHANTILLONS: stratégie de distribution pour la phase initiale

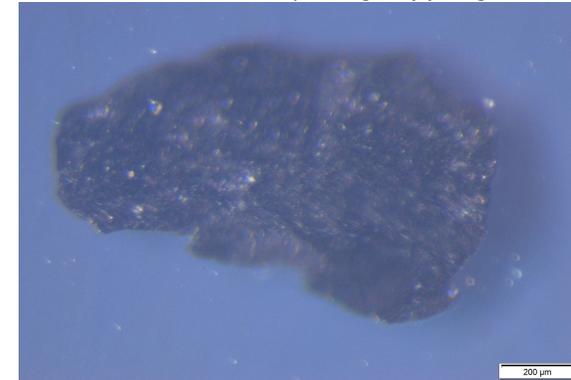
10 sets of aggregates – 5 from Chamber A (TD1) and 5 from Chamber C (TD2)



# ECHANTILLONS HAYABUSA2: des stars à Grenoble!



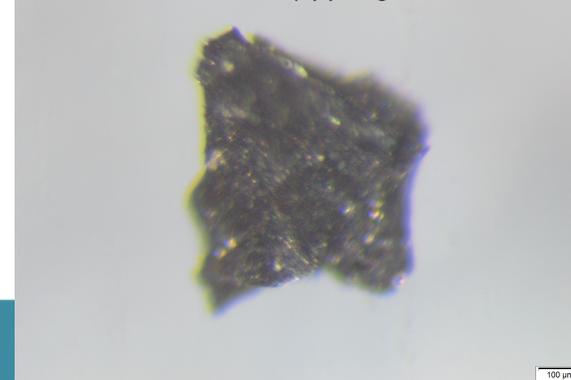
HYB2-AO108-10 (through upper glass slide)



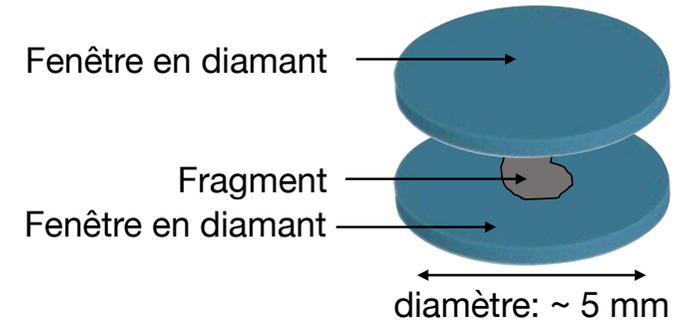
HYB2-AO108-06 (through upper glass slide)



HYB2-AO108-18 (upper glass slide removed)

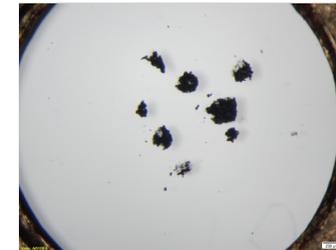


# ECHANTILLONS HAYABUSA2: préparations pour nos mesures

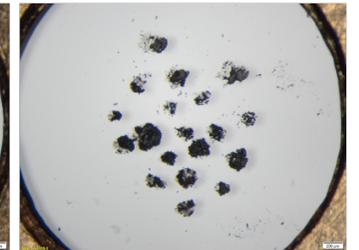


Presse « faite maison »

Fragments of AO108-6



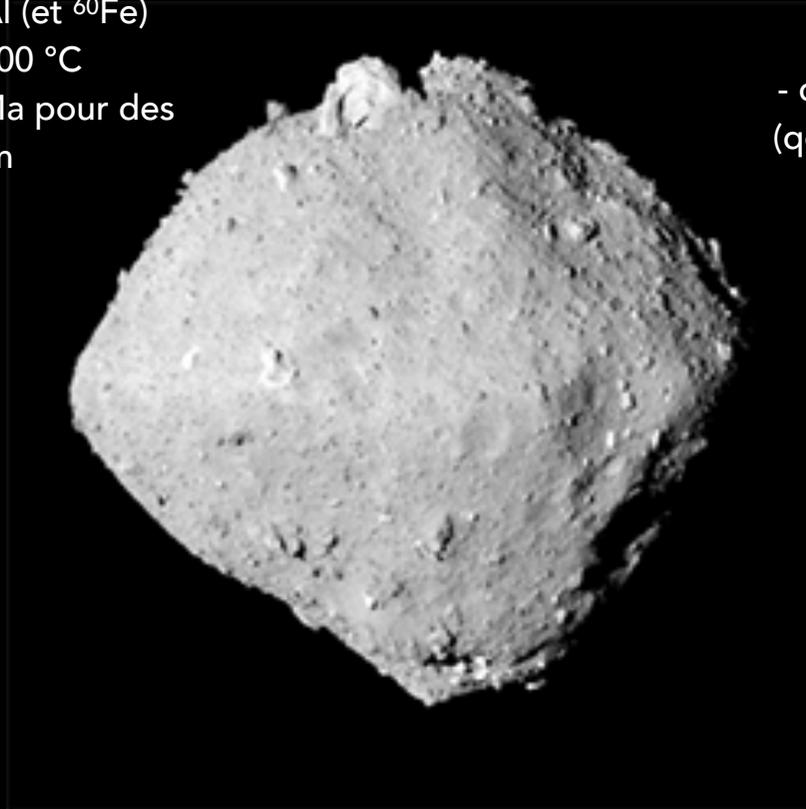
Fragments of AO108-10



# Processus géologiques astéroïdaux

## Métamorphisme thermique

- décroissance radioactive de  $^{26}\text{Al}$  (et  $^{60}\text{Fe}$ )
  - température: de  $20^\circ\text{C}$  à  $>800^\circ\text{C}$
- combien de temps? de 1 à 100 Ma pour des astéroïdes de 2 à 200 km



## Altération aqueuse

- interaction eau-roche à petite échelle
- quand? tôt dans l'histoire du système solaire (qq Ma après la formation des CAIs =  $t_0$  et pdt qq Myrs)
- altération plus ou moins intense

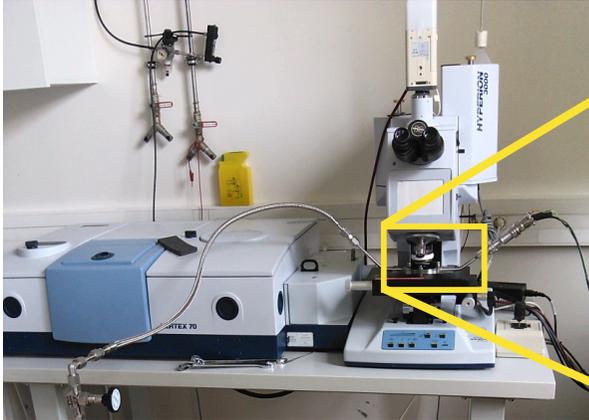
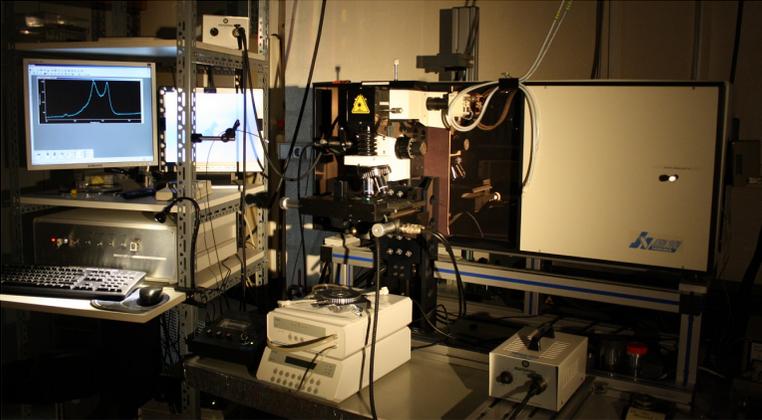
« Space weathering »

Chocs

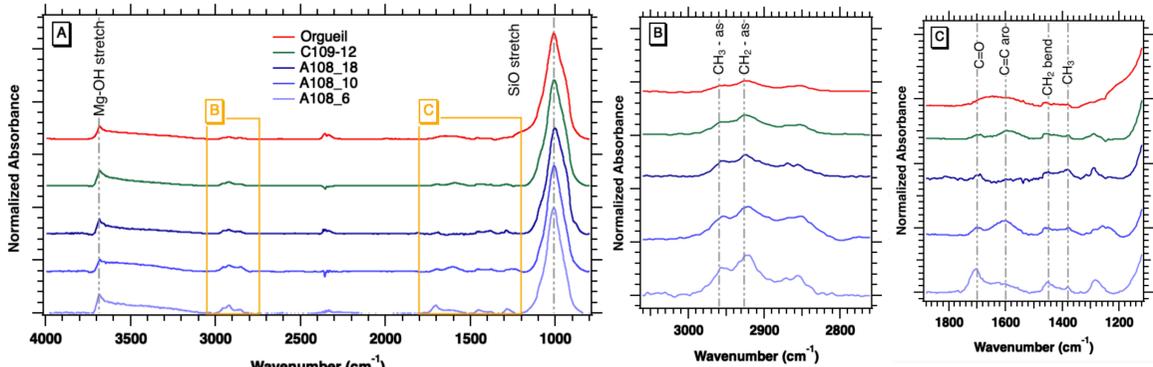
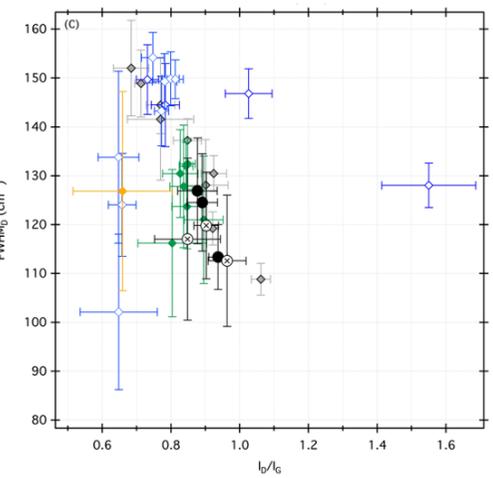
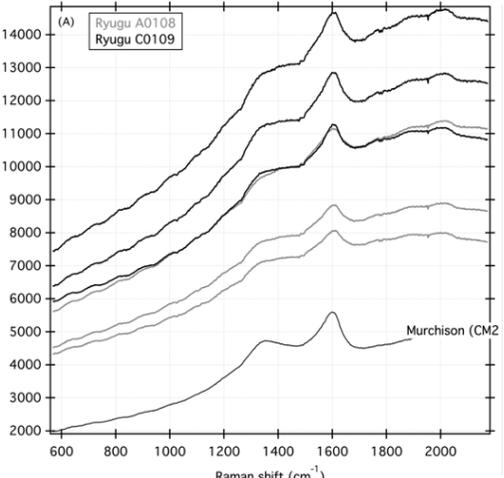
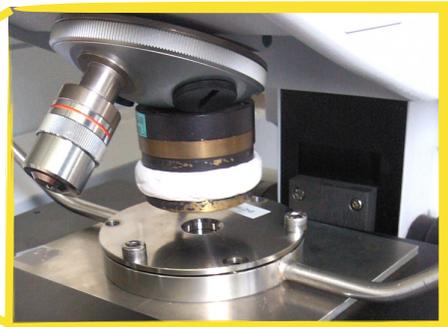


PINT OF SCIENCE #pint22

# PET IOM: Processus géologiques astéroïdaux + caractérisation de la matière organique



Vacuum down to  $10^{-6}$  -  $10^{-7}$  mbar  
 Temperature: 20-300°C



Quirico et al. 2022; Yabuta et al. submitted

→ mélange d'organiques et de minéraux hydratés



Bonal et al. 2022; Yabuta et al. submitted

→ pas de chauffage significatif (meta. thermique et choc)

# Les échantillons de l'astéroïde Ryugu

## Résultats essentiels :

- Rattachés aux chondrites carbonées C1
- Plus réduit (moins de circulation fluide ?)
- Histoire thermique différente ?
- Matériau de fraîcheur inégalée ;-)

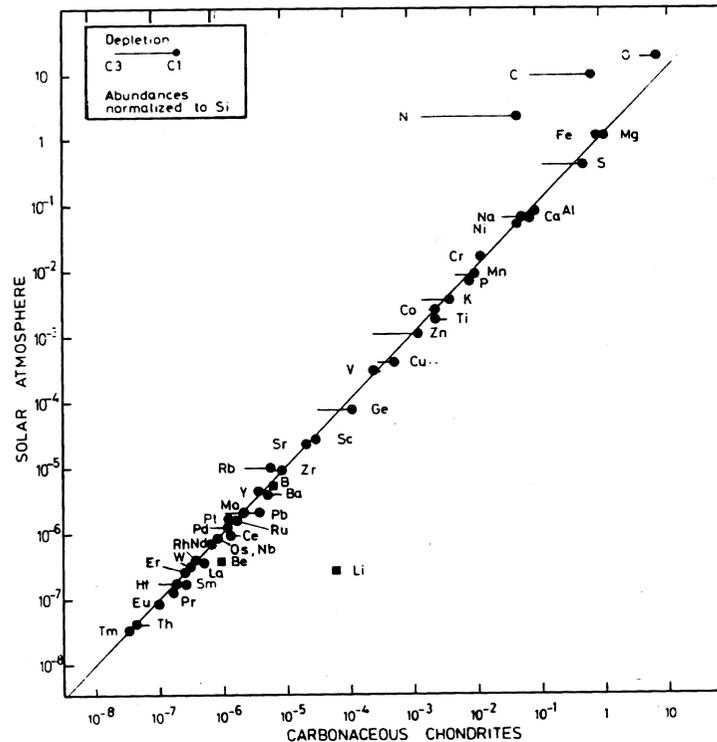


Figure 7.7. Abundances in the Solar Atmosphere Compared with those in C1 and C3 Carbonaceous Chondrites. Courtesy H. Holweger and International Astronomical Union.



**Alais (1804-Fr)**  
**Orgueil (1864-Fr)**  
**Tonk (1911-In)**  
**Ivuna (1938-Tz)**

