

La mission spatiale Hayabusa2 vers un astéroïde

1. Comment sonder un astéroïde?

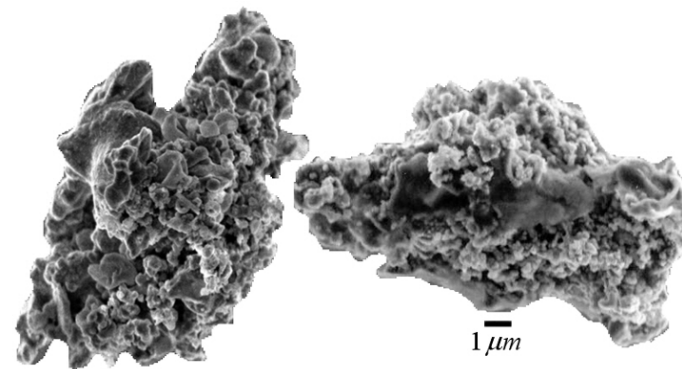
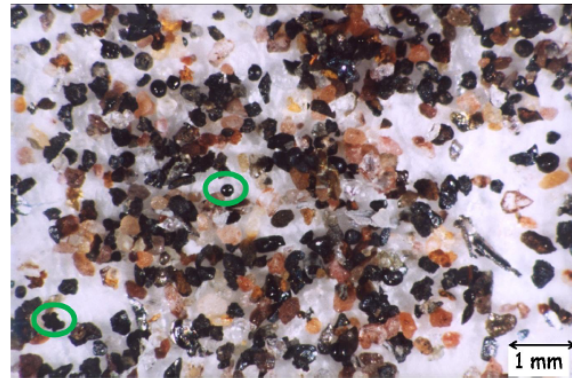
Eric Quirico (IPAG)

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

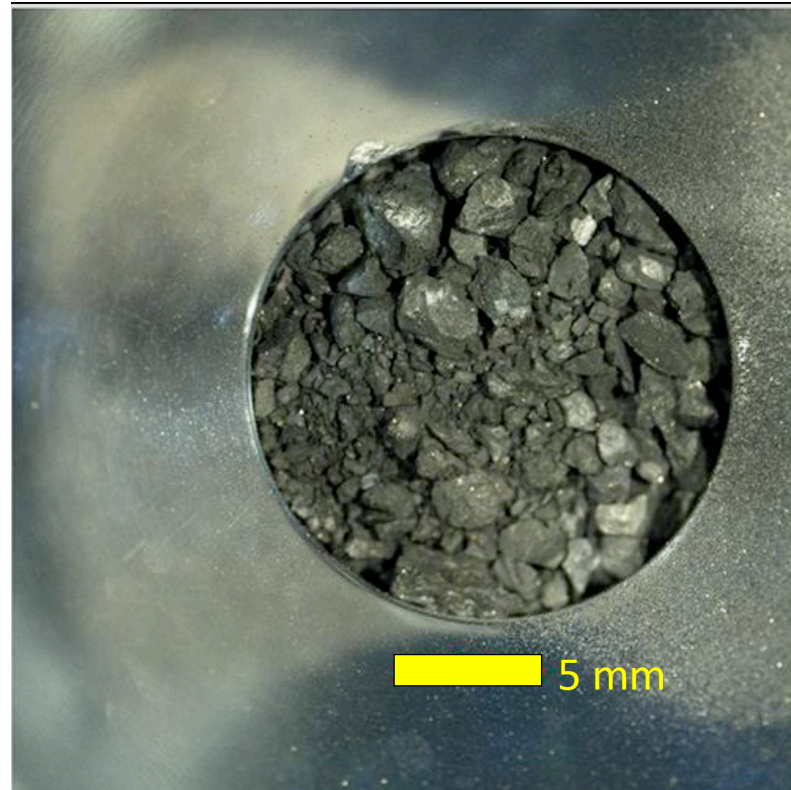
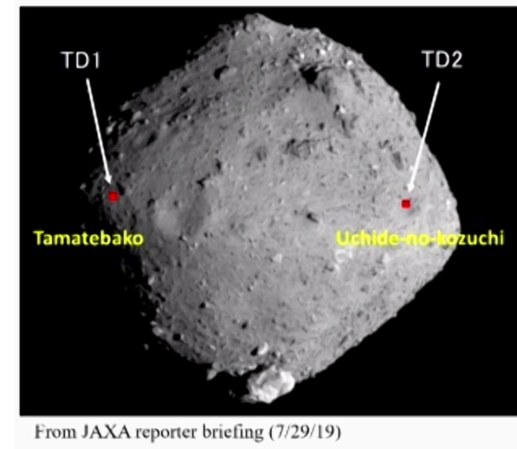


Origine de la matière extraterrestre collectée sur Terre

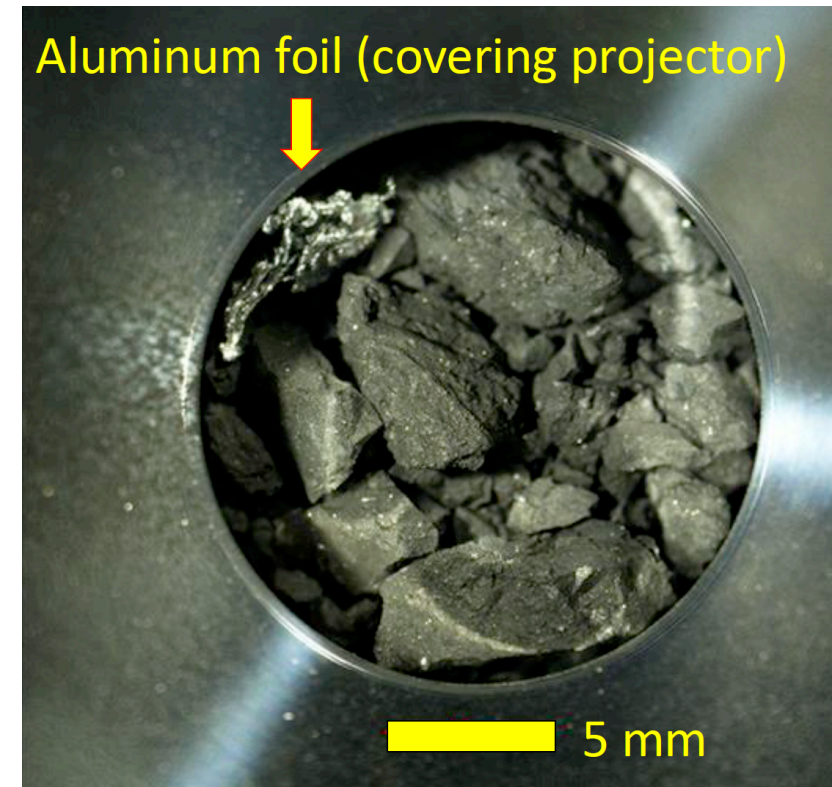
météorites: des morceaux de Lune (< 1%), de Mars (< 1%) et en grande majorité des morceaux d'astéroïdes (> 99%)



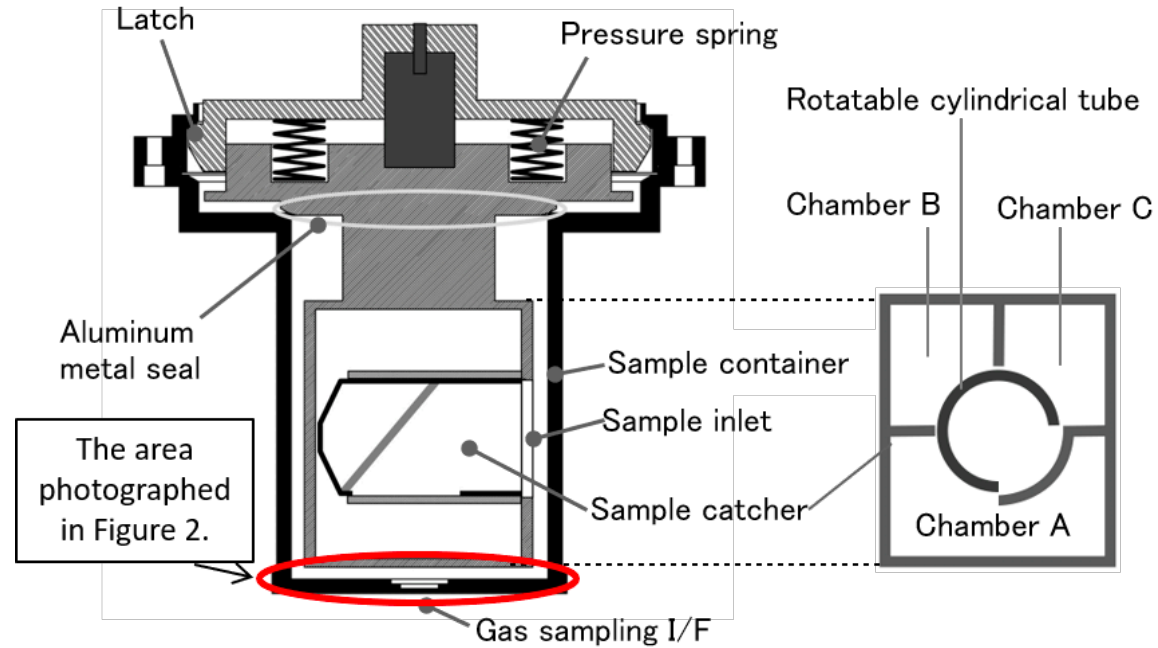
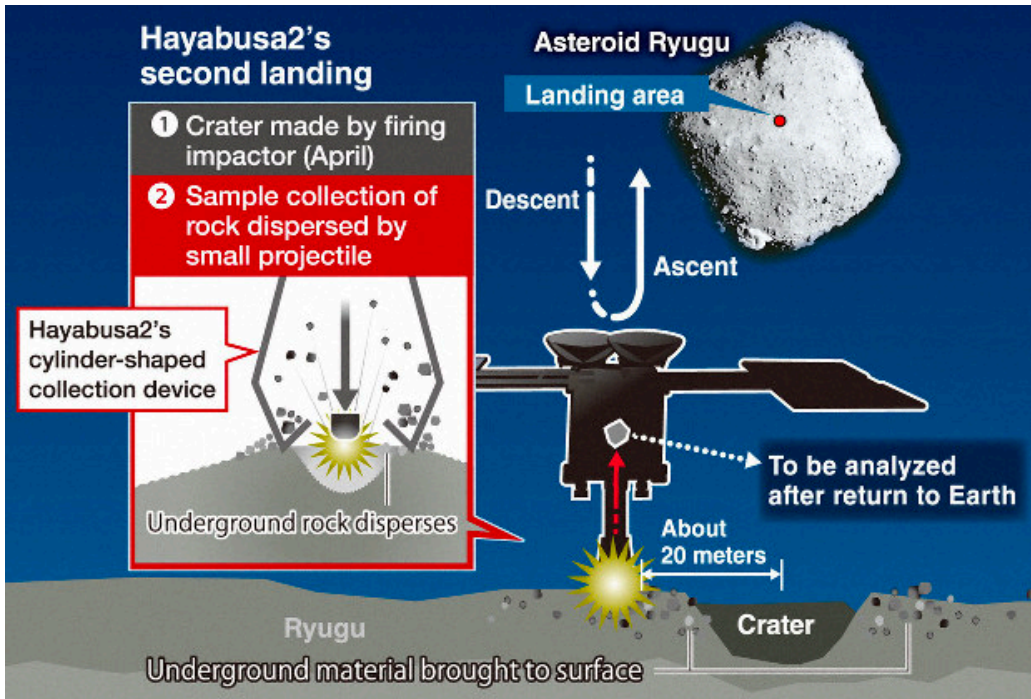
Les échantillons de l'astéroïde Ryugu



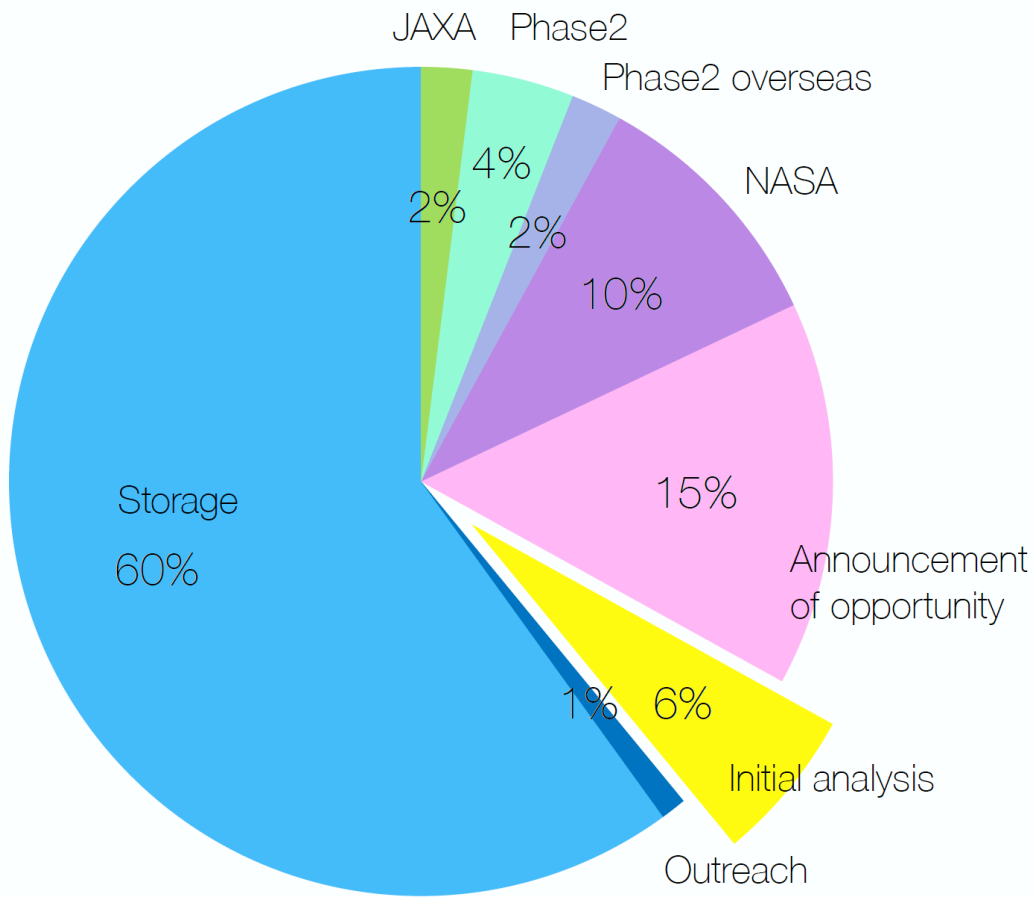
Chamber A (TD1): ~3 g



Chamber C (TD2): ~2 g



ECHANTILLONS: stratégie de distribution

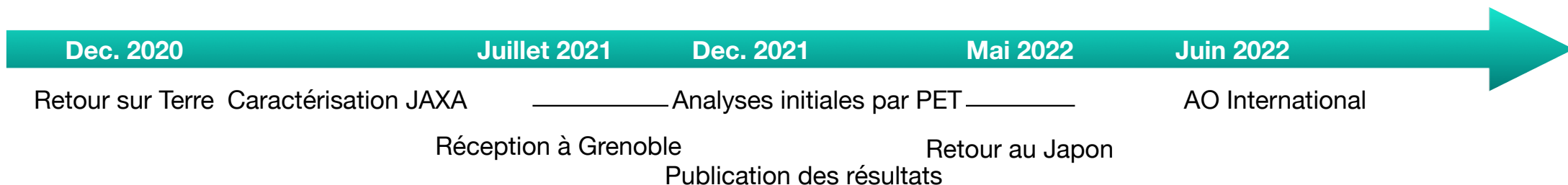


Sample mass (total 5 g)

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

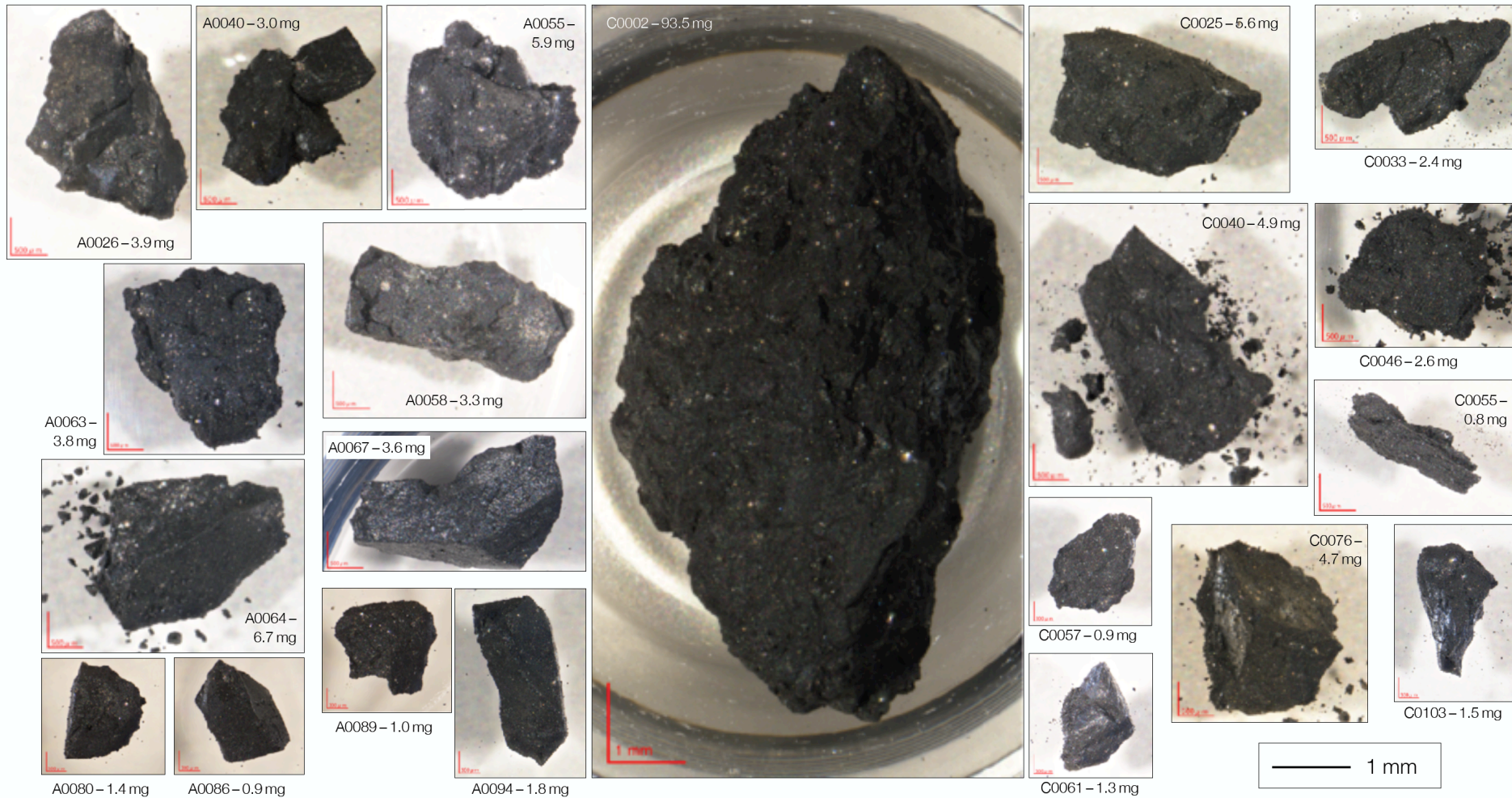
Matière organique insoluble H. Yabuta Caractérisation des organiques macromoléculaires et leurs relations avec les minéraux

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



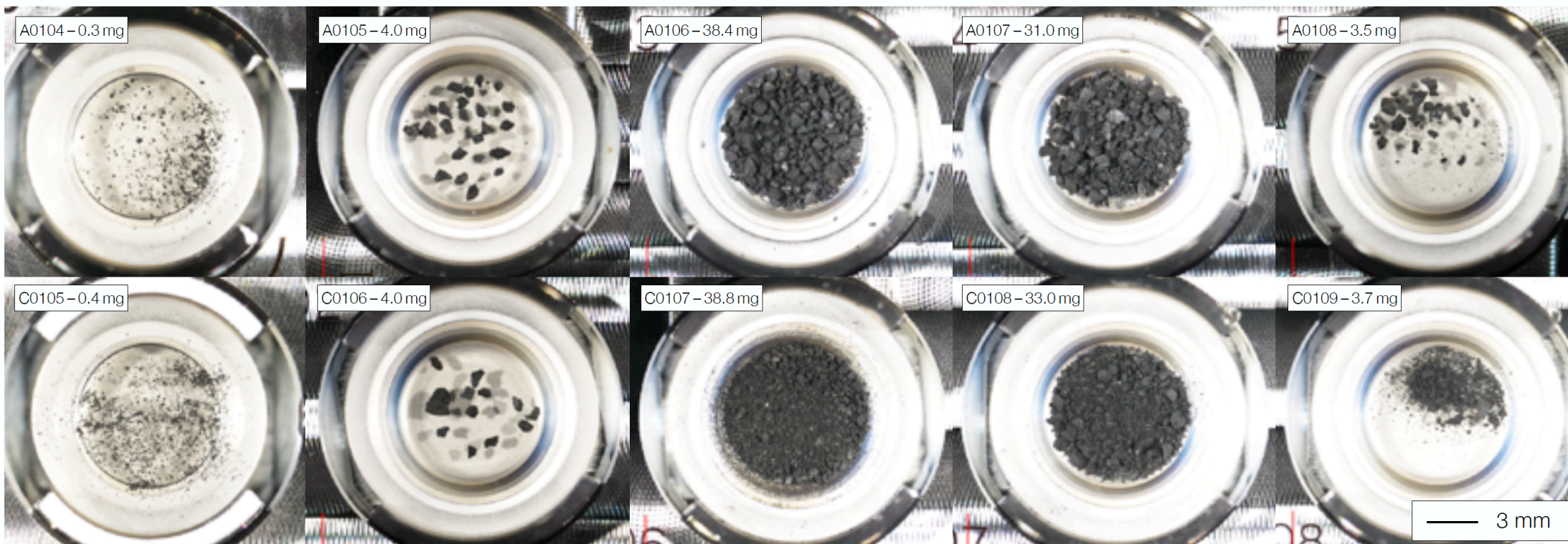
ECHANTILLONS: stratégie de distribution pour la phase initiale

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



ECHANTILLONS: stratégie de distribution pour la phase initiale

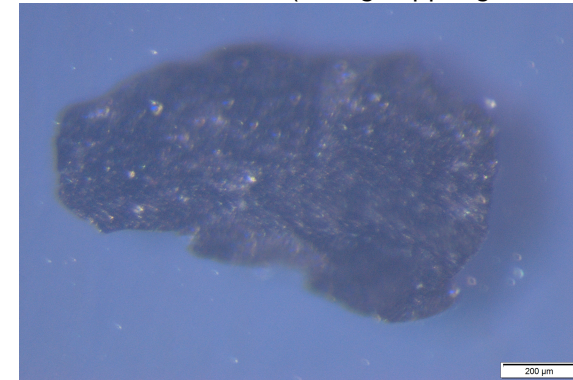
10 sets of aggregates – 5 from Chamber A (TD1) and 5 from Chamber C (TD2)



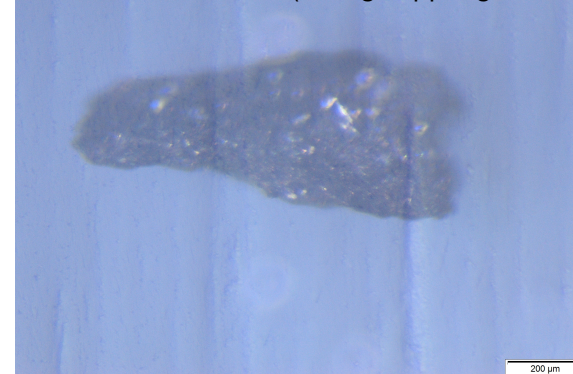
ECHANTILLONS HAYABUSA2: des stars à Grenoble!



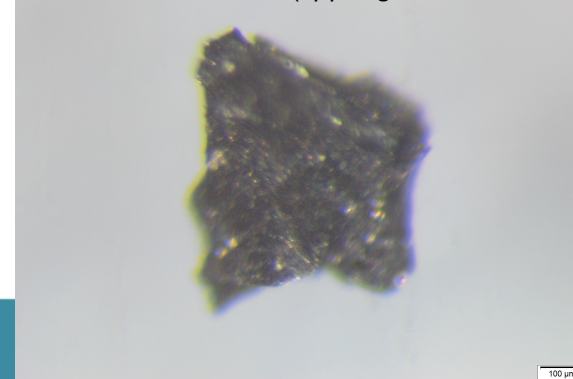
HYB2-AO108-10 (through upper glass slide)



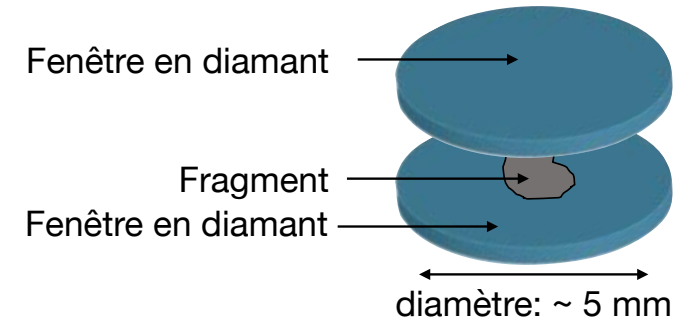
HYB2-AO108-06 (through upper glass slide)



HYB2-AO108-18 (upper glass slide removed)

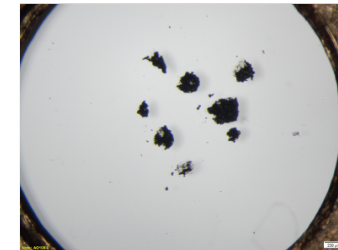


ECHANTILLONS HAYABUSA2: préparations pour nos mesures

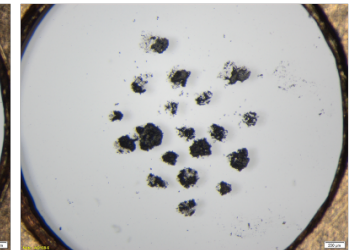


Presse « faite maison »

Fragments of AO108-6



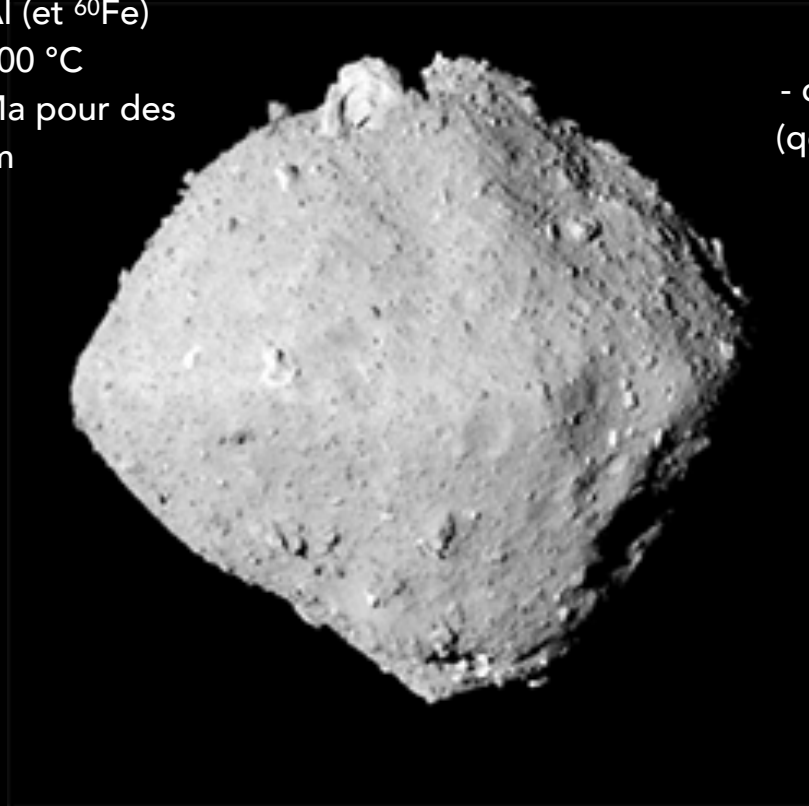
Fragments of AO108-10



Processus géologiques astéroïdaux

Métamorphisme thermique

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



Altération aqueuse

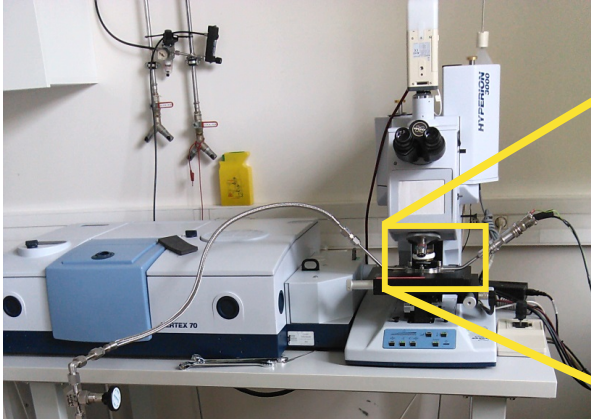
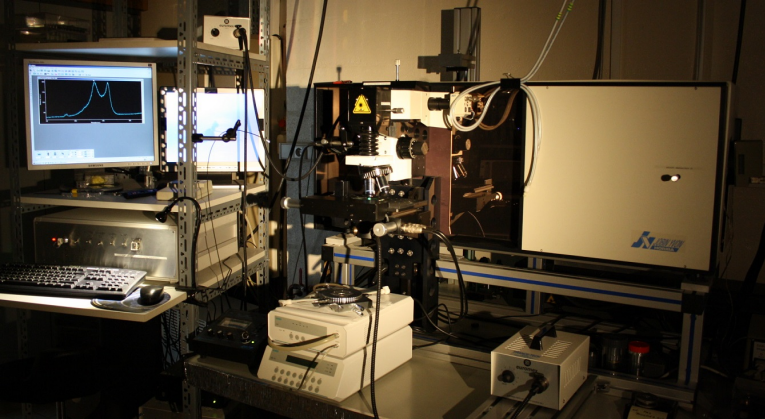
- interaction eau-roche à petite échelle
- quand? tôt dans l'histoire du système solaire (qq Ma après la formation des CAIs = t_0 et pdt qq Myrs)
- altération plus ou moins intense

« Space weathering »

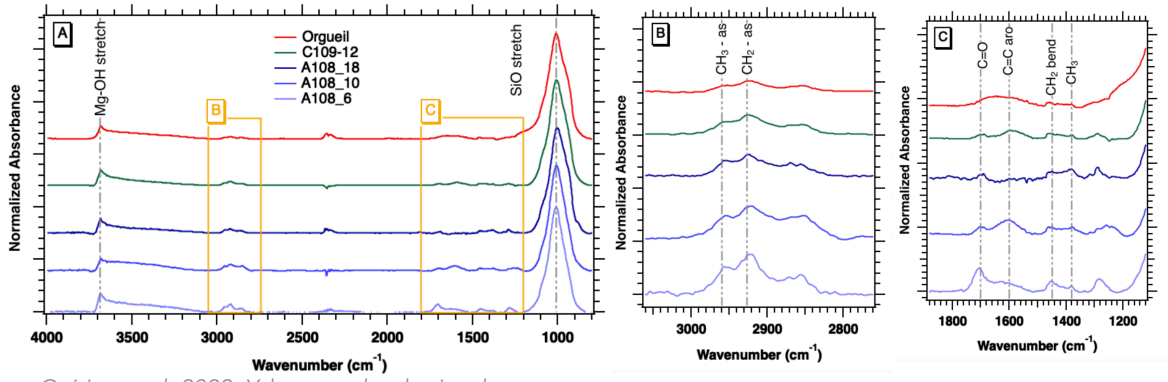
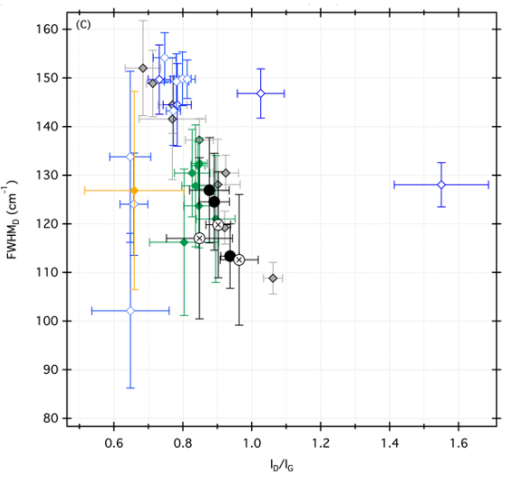
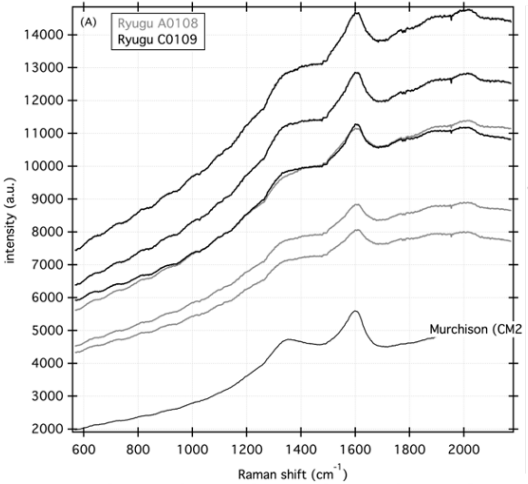
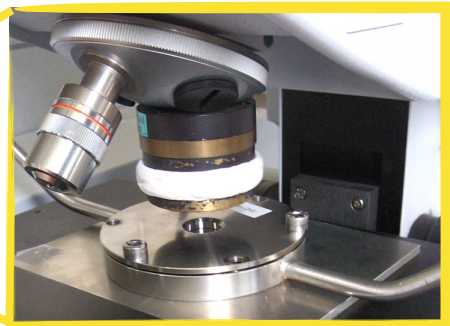
Chocs



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 ;-)

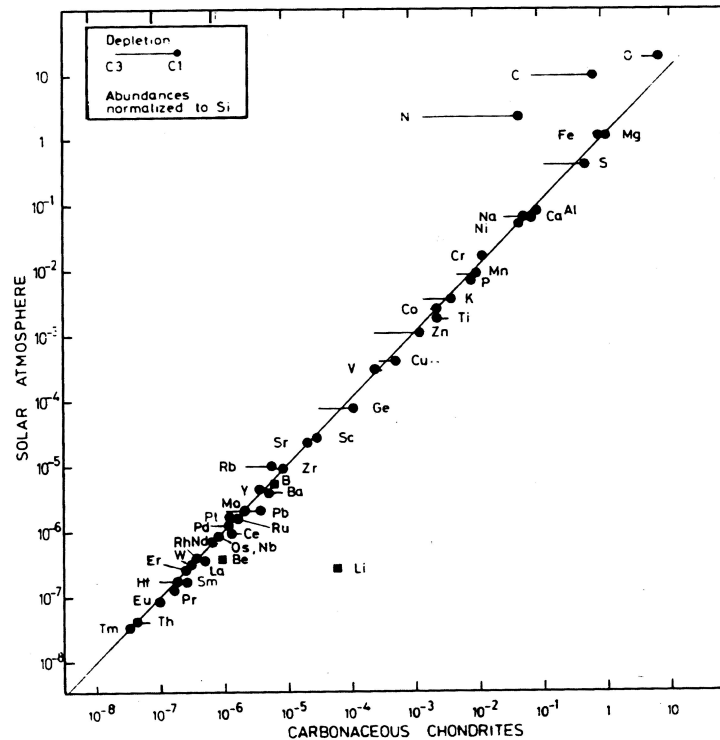


Figure 7.7. Abundances in the Solar Atmosphere Compared with those in C1 and C3 Carbonaceous Chondrites. Courtesy H. Holweger and International Astronomical Union.



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

