

Le survol de Lutetia par Rosetta

Stéphane Erard

LESIA, Observatoire de Paris — 8/8/2010

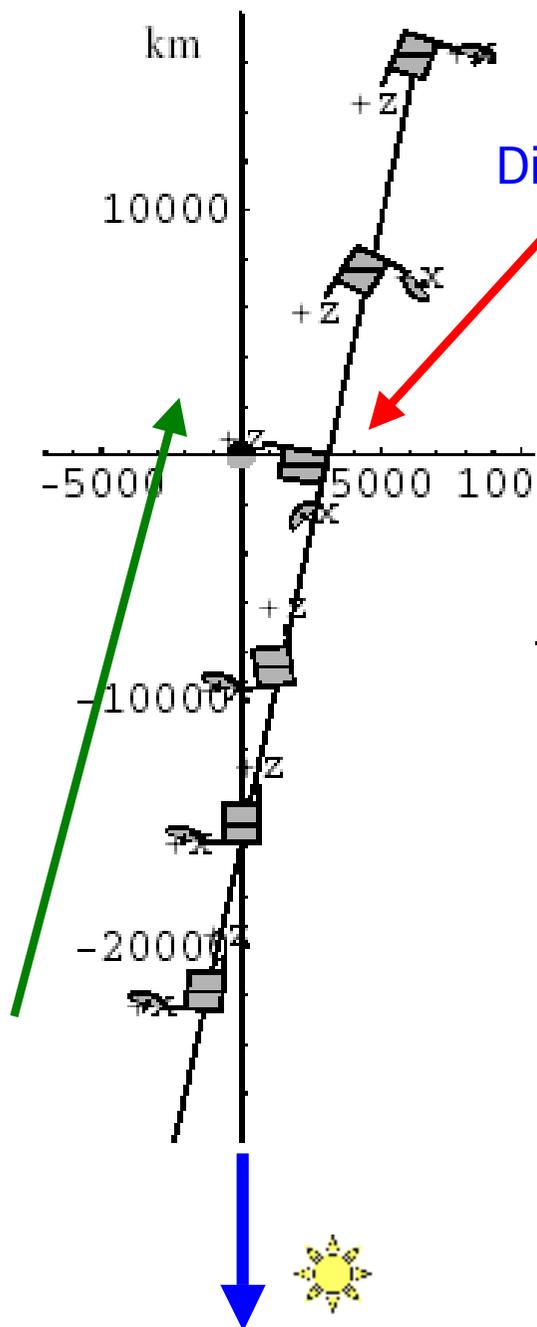
stephane.erard@obspm.fr



Lutetia 10/07/2010

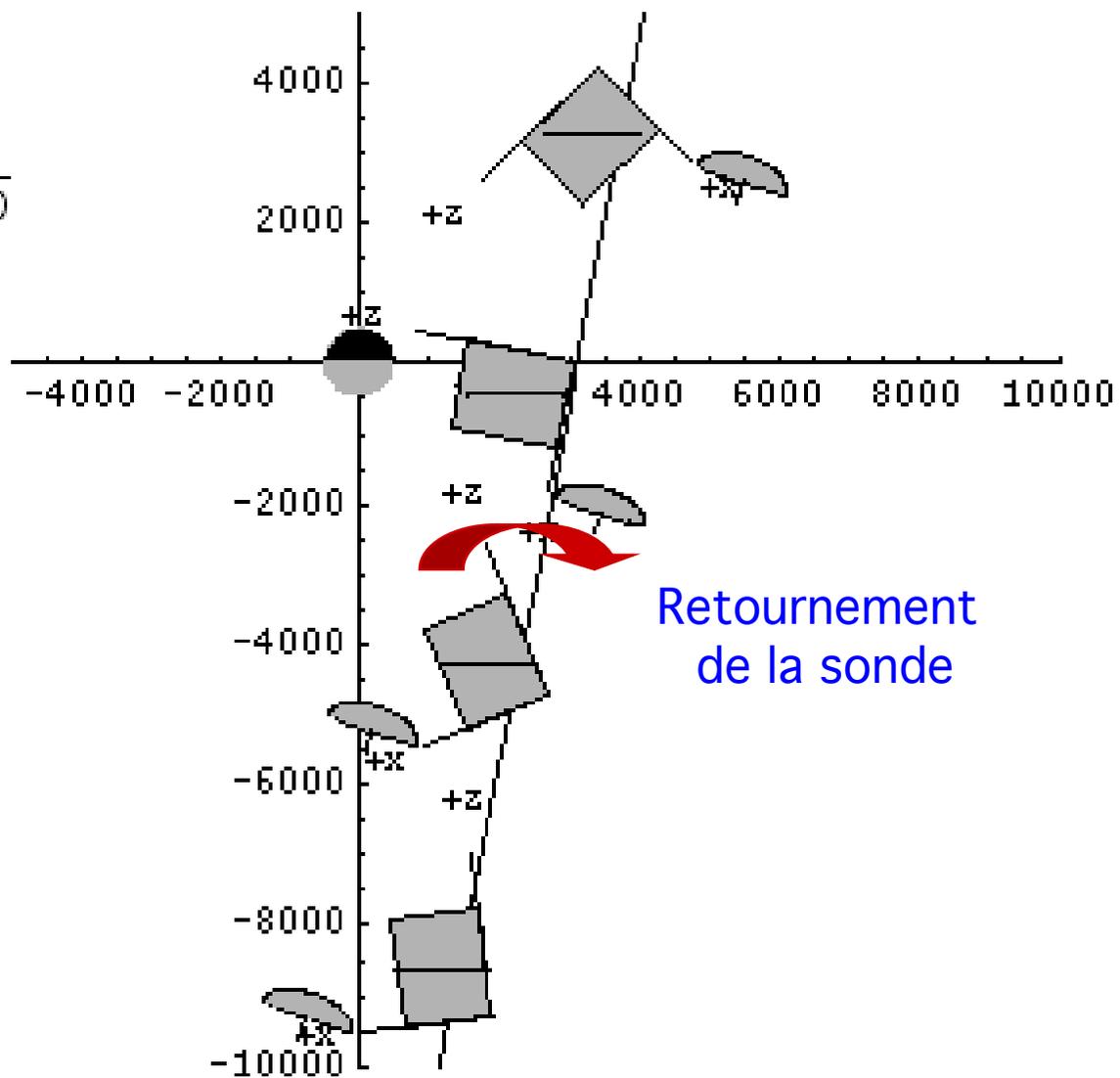


Survol



Distance minimum
3000 km

On contourne
Lutetia
en le pointant
constamment



On finit sur la face nuit

Retournement
de la sonde

Survol: modélisation

Voir vidéos:

<http://www.esa.int/esaMI/Rosetta/>

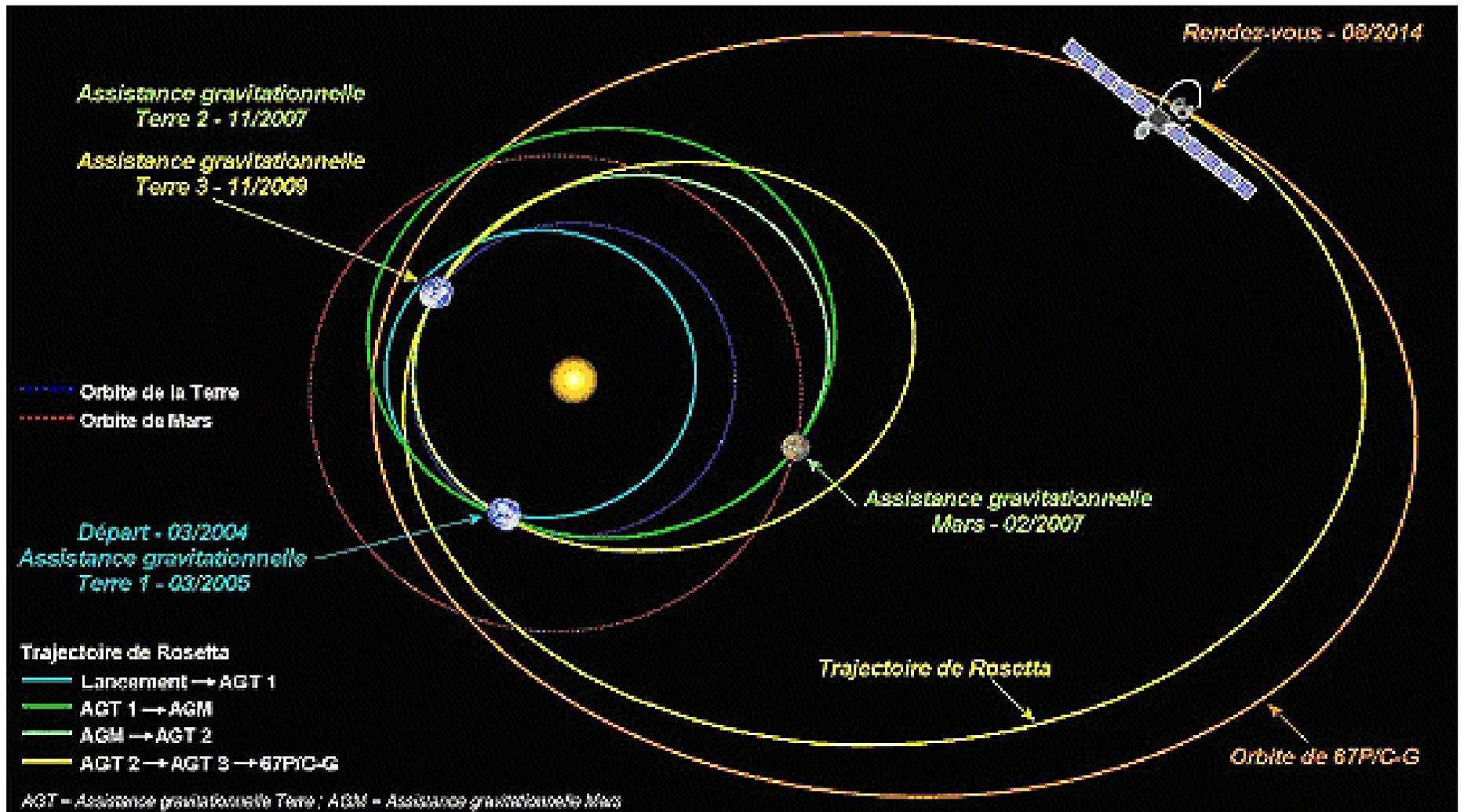
<http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=47389>

Rosetta

Objectifs:

Comprendre les premiers stades d'évolution du Système solaire en étudiant des objets primitifs

Etude d'une comète: 67P/Churyumov-Gerasimenko



Rosetta

Lancement 2 mars 2004

Survols en cours de route:

Mars (février 2007)

Terre-Lune (mars 2005, sept 2007, nov 2009)

Steins (sept 2008)

Lutetia (juillet 2010)

} deux astéroïdes

Arrivée sur 67P/Churyumov-Gerasimenko en mai 2014

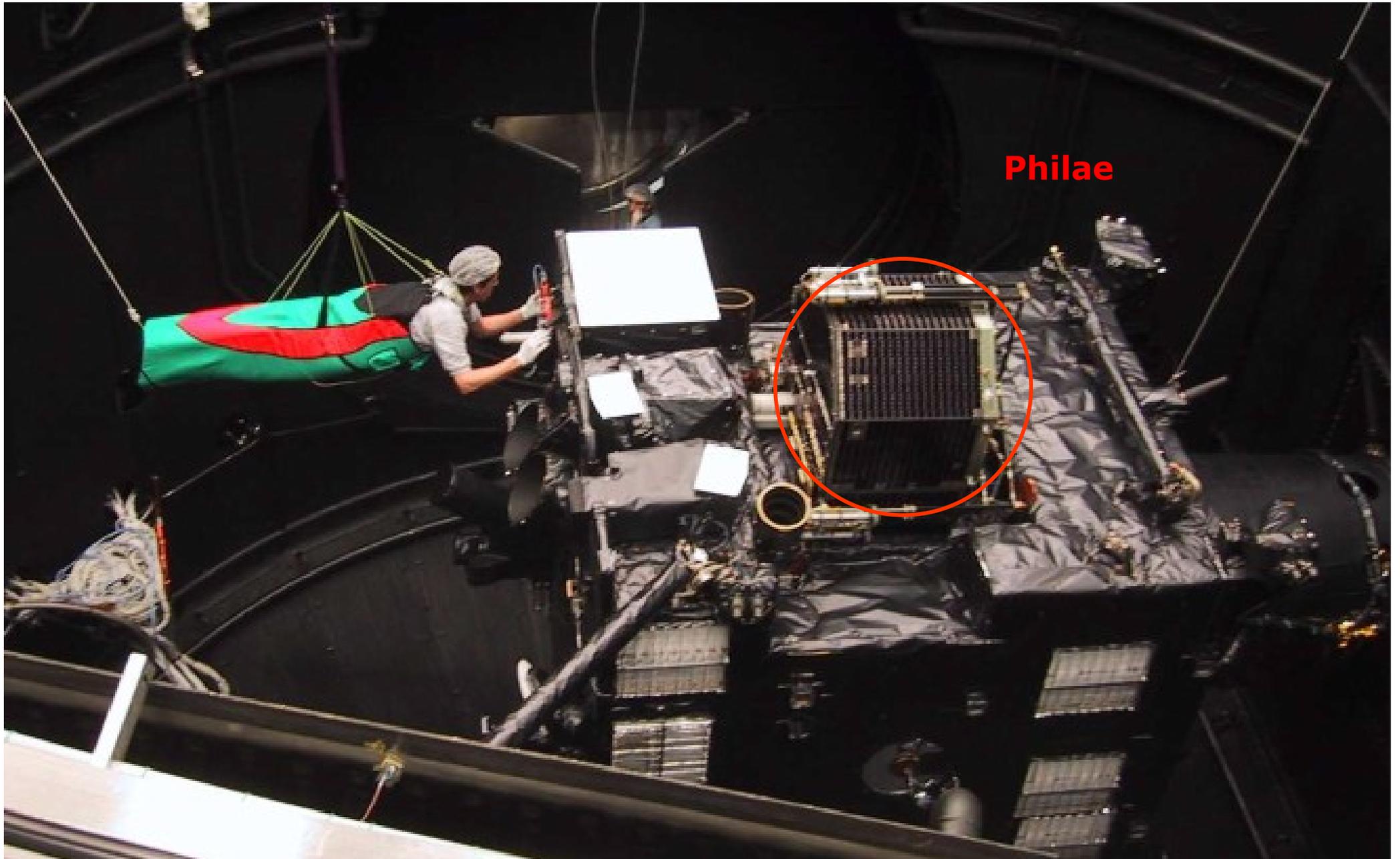
Dépose un atterrisseur

Observe en orbite alors que la comète se rapproche du Soleil

Rosetta



Rosetta



Philae

Rosetta



Rosetta

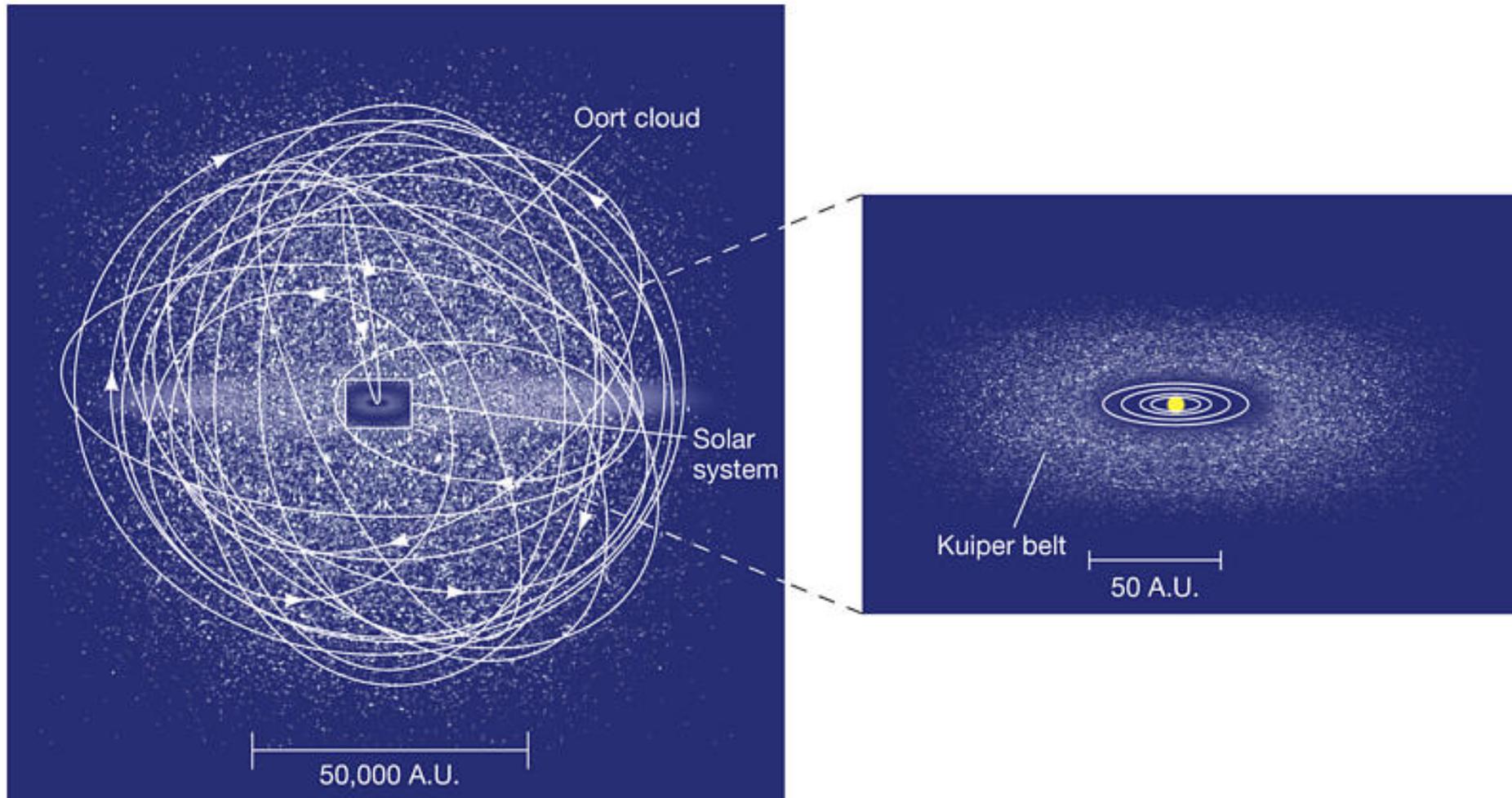
Philae



Comètes, astéroïdes

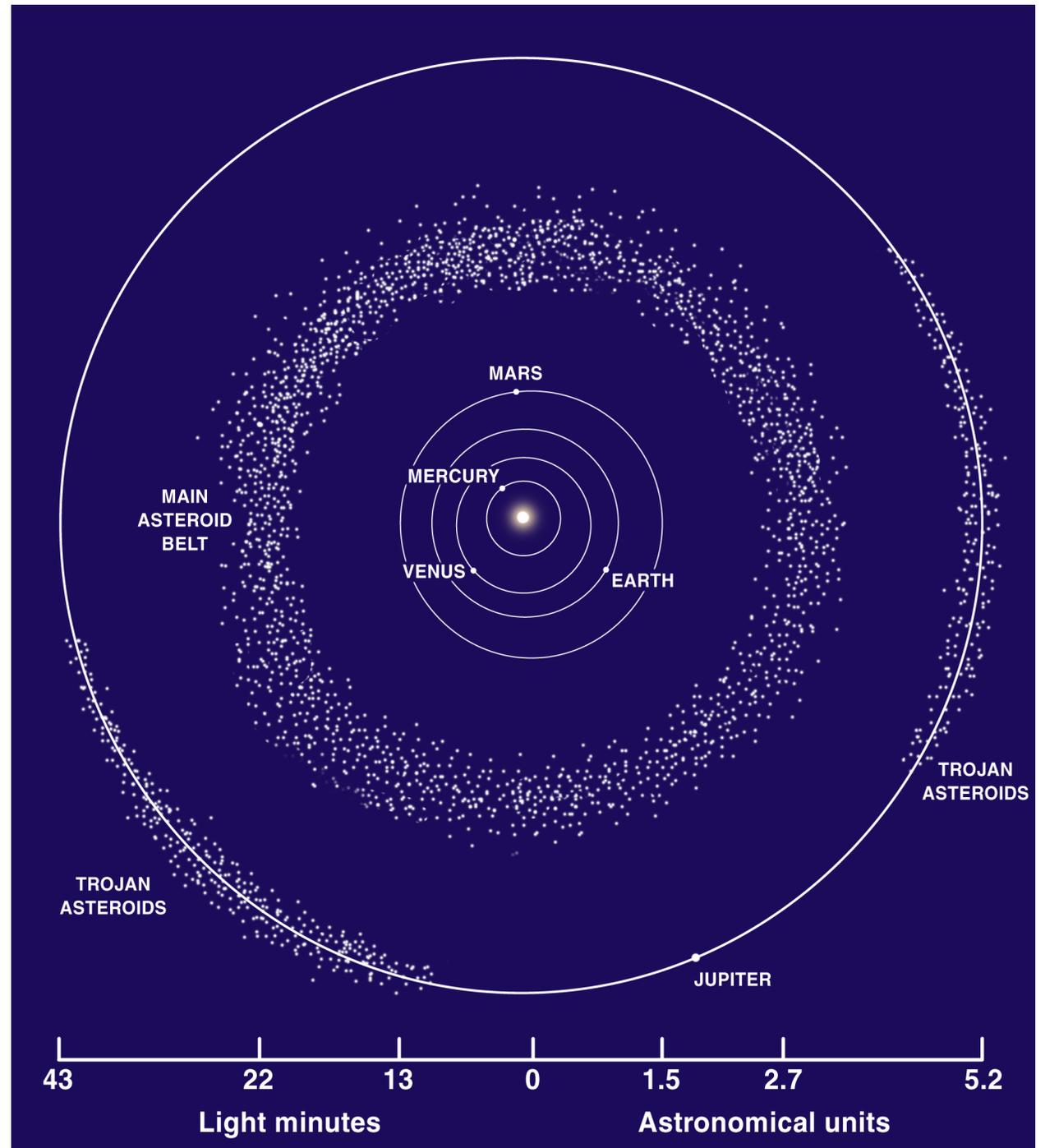
Résidus de la formation du Système solaire

=> matériaux primitifs, briques à partir desquelles se forment les planètes



Astéroïdes

Situés pour la plupart dans la ceinture principale entre Mars et Jupiter



Astéroïdes: formation, évolution



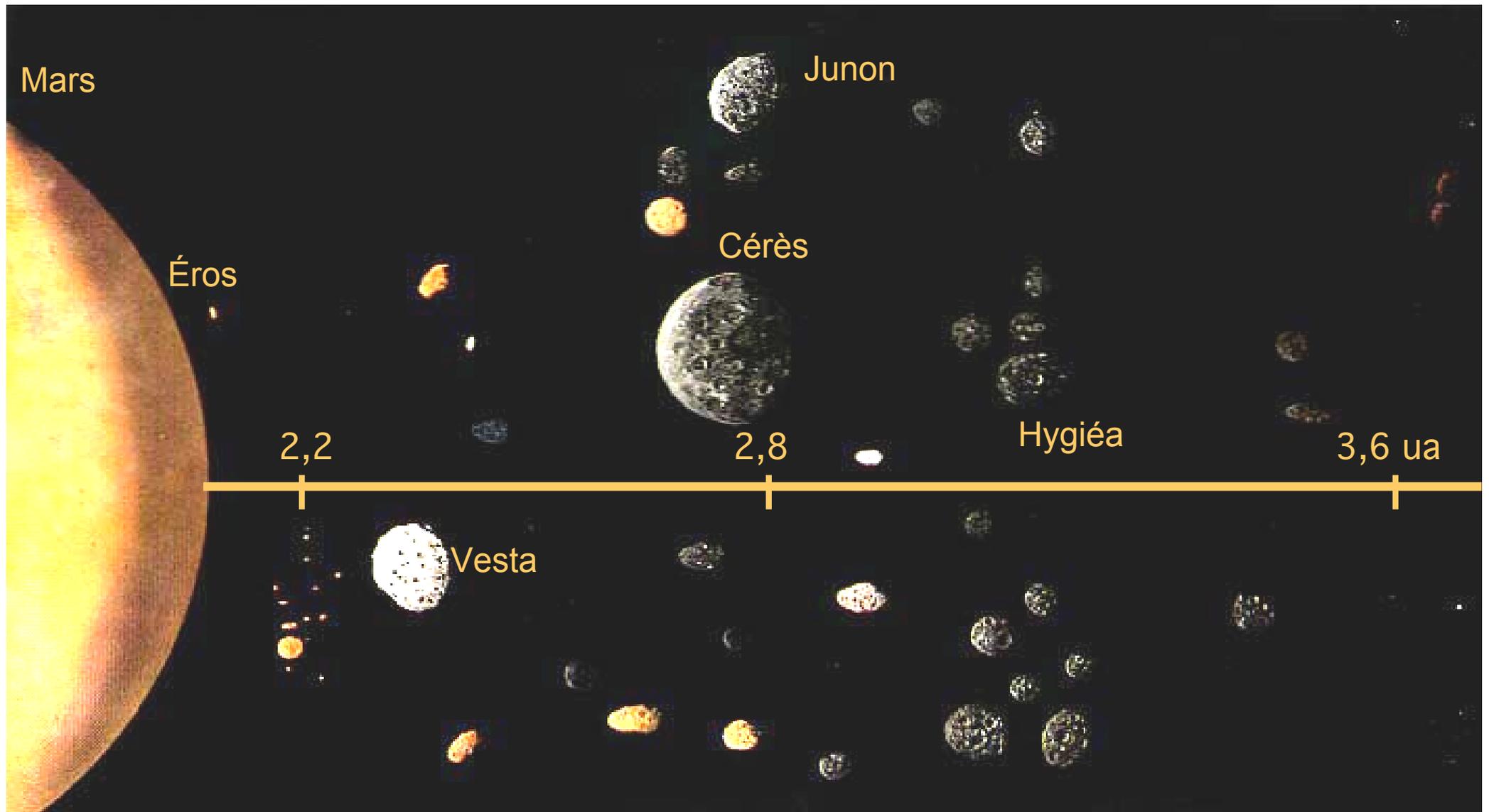
Accrétion
=> planétésimaux

Chauffage
=> différenciation

Collisions
=> fragmentation et
cratérisation

=> Grande diversité de taille, de forme et de composition

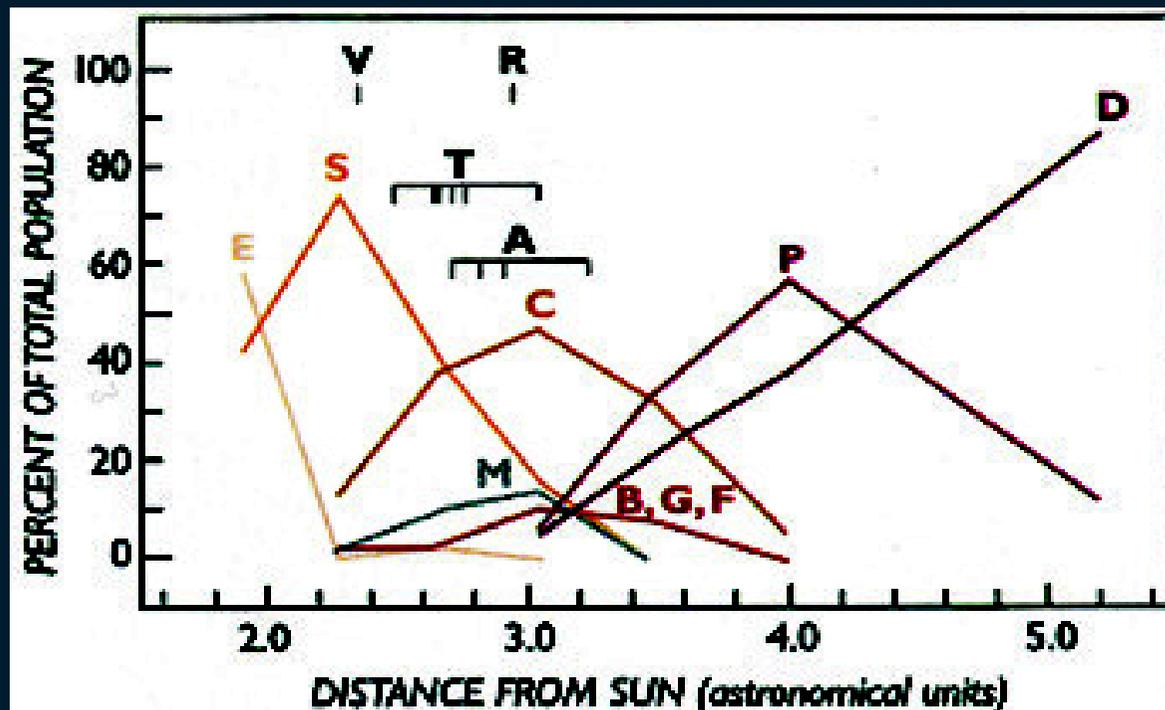
Astéroïdes



Grande diversité de taille, de forme et de composition. S. Erard, Laune-Maurienne 2010

Composition des astéroïdes

Classe	Albédo	Minéralogie
M	0,1 - 0,18	métal
S	0,1 - 0,22	olivine, pyroxène, métal
C	0,03 - 0,07	silicates hydratés, organiques
P, D	0,02 - 0,05	matières organiques
B, G, F	0,03 - 0,06	silicates hydratés, organiques

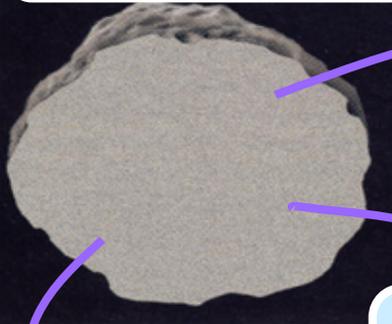


Gradie and
Tedesco, 1982

Astéroïdes et météorites

Non différenciées

Différenciées



Achondrites primitives

Chondrites carbonées

Chondrites ordinaires



olivine, pyroxène
feldspaths, métal

80 %



Composition solaire
carbone

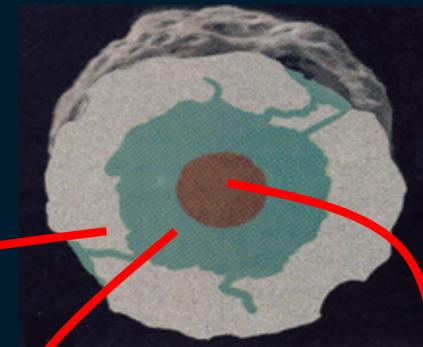
4 %

Achondrites
HED, SNC, ...



pyroxène
+ autres

8 %

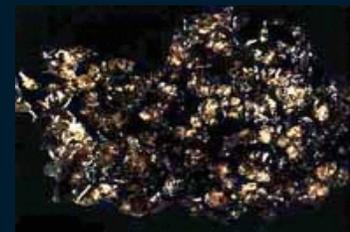


croûte

manteau

noyau

Métallo-
pierreuses



métal, silicates

2 %

Métalliques



Fe, Ni

6 %

Astéroïdes observés

Depuis le sol

1 janvier 1801: 1 Cérès

1801-1807: 2 Pallas, 3 Junon, 4 Vesta

...

1852 : 21 Lutetia

Lutetia:

Découvert par Hermann Goldschmidt en novembre 1852, depuis la rue de Seine

Goldschmidt: peintre et astronome amateur, découvreurs de 14 astéroïdes

=> Objets ponctuels, pas d'image

Tailles estimées par comparaison entre flux visible et infrarouge

Depuis 2005 : optique adaptative, permet de résoudre les (grands) objets

Radar : permet également d'obtenir des images d'objets proches

Astéroïdes observés

Depuis des sondes spatiales

Gaspra, survolé par Galileo en 1991

Ida + Dactyl, Galileo en 1993

...

Eros : observations orbitales par NEAR-Shoemaker en 2000

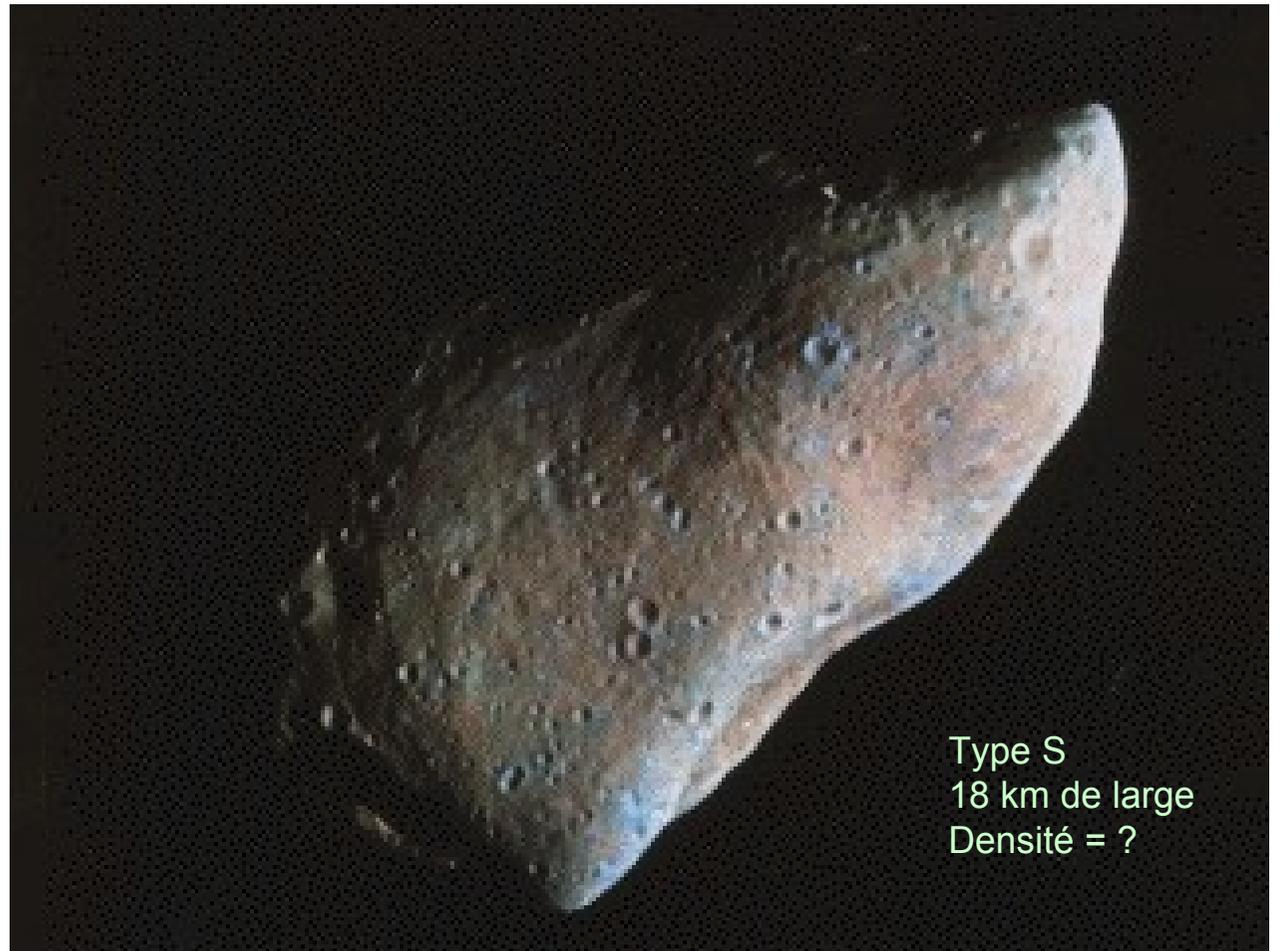
Itokawa : observations rapprochées par Hayabusa en 2007

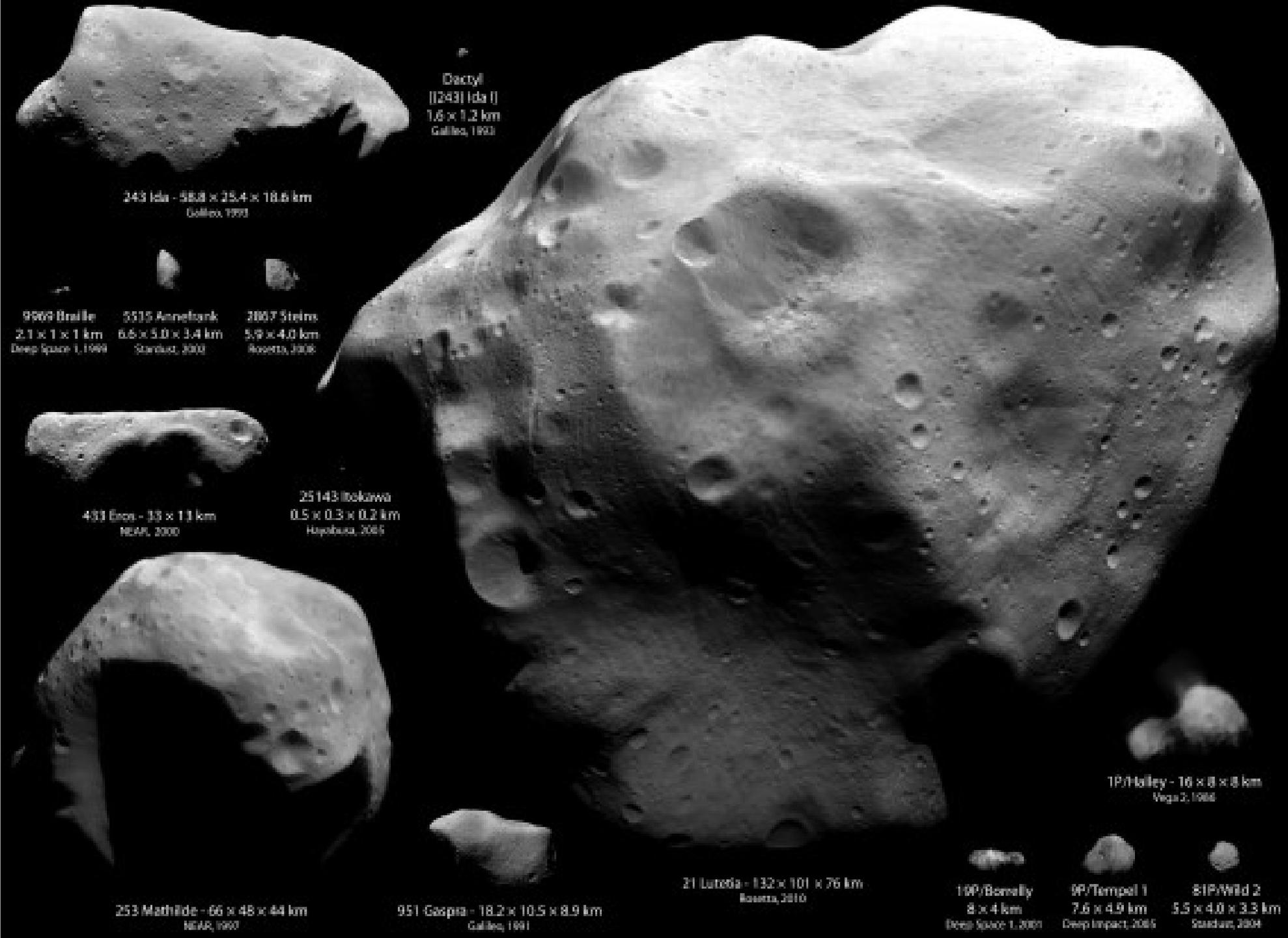
Steins: survolé par Rosetta en septembre 2008

Lutetia: survolé par Rosetta en juillet 2010 - le plus gros

Astéroïdes observés

Gaspra, survolé par Galileo en 1991





Dactyl
([243] Ida I)
1.6 x 1.2 km
Galileo, 1993

243 Ida - 56.8 x 25.4 x 18.6 km
Galileo, 1993

9509 Braille
2.1 x 1 x 1 km
Deep Space 1, 1999

5515 Annelank
6.6 x 5.0 x 3.4 km
Stardust, 2002

2007 Stetson
5.9 x 4.0 km
Rosetta, 2008



433 Eros - 33 x 11 km
NEAR, 2000

25143 Itokawa
0.5 x 0.3 x 0.2 km
Hayabusa, 2005



253 Mathilde - 66 x 48 x 44 km
NEAR, 1997



951 Gaspra - 18.2 x 10.5 x 8.9 km
Galileo, 1991

21 Lutetia - 132 x 101 x 76 km
Rosetta, 2010



1P/Halley - 16 x 8 x 8 km
Vega 2, 1986



10P/Borrelly
8 x 4 km
Deep Space 1, 2001



99/Tempel 1
7.6 x 4.9 km
Deep Impact, 2005



81P/Wild 2
5.5 x 4.0 x 3.3 km
Stardust, 2004

Zoologie



253 Mathilde - 66 × 48 × 44 km
NEAR, 1997



243 Ida - 58.8 × 25.4 × 18.6 km
Galileo, 1993



433 Eros - 33 × 13 km
NEAR, 2000



951 Gaspra
18.2 × 10.5 × 8.9 km
Galileo, 1991



5535 Annefrank
6.6 × 5.0 × 3.4 km
Stardust, 2002



2867 Steins
5.9 × 4.0 km
Rosetta, 2008



Dactyl
[(243) Ida I]
1.6 × 1.2 km
Galileo, 1993

25143 Itokawa
0.5 × 0.3 × 0.2 km
Hayabusa, 2005

9969 Braille
2.1 × 1 × 1 km
Deep Space 1, 1999



1P/Halley - 16 × 8 × 8 km
Vega 2, 1986



9P/Tempel 1
7.6 × 4.9 km
Deep Impact, 2005



19P/Borrelly
8 × 4 km
Deep Space 1, 2001



81P/Wild 2
5.5 × 4.0 × 3.3 km
Stardust, 2004

Zoologie

A



B

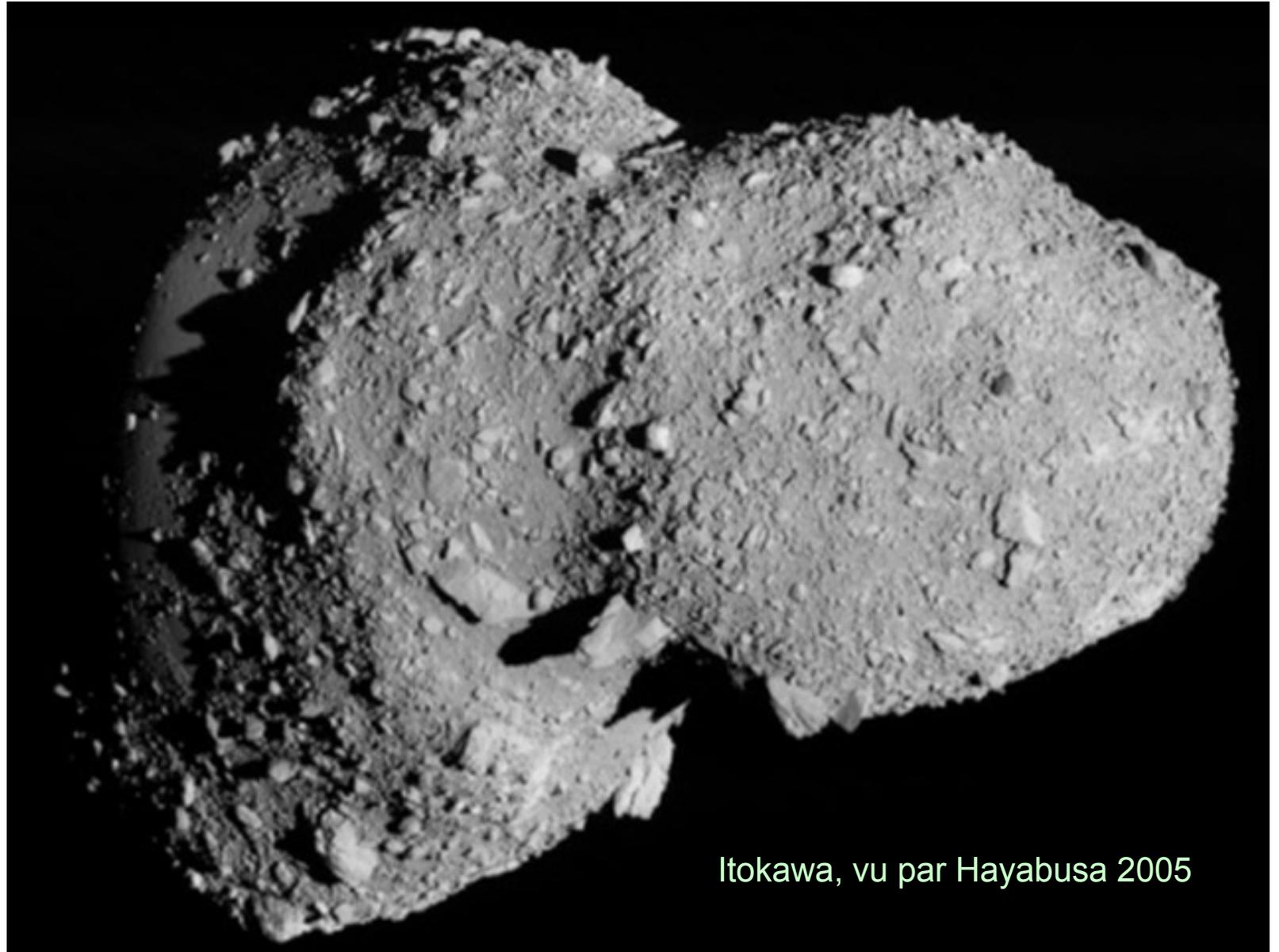


Type C
70 km de large
Très grands cratères (20km)
Densité = 1,3

Mathilde, vu par NEAR-Shoemaker 1997

Zoologie

Type S
600 m de large
Aucun cratère !
Deux types de terrains
Densité = 1,9



Itokawa, vu par Hayabusa 2005

Zoologie

Type C ?
25 km de large
Grand cratère
Sillons
Densité = ~1,9
Satellite de Mars !



Phobos, vu par MRO 2008

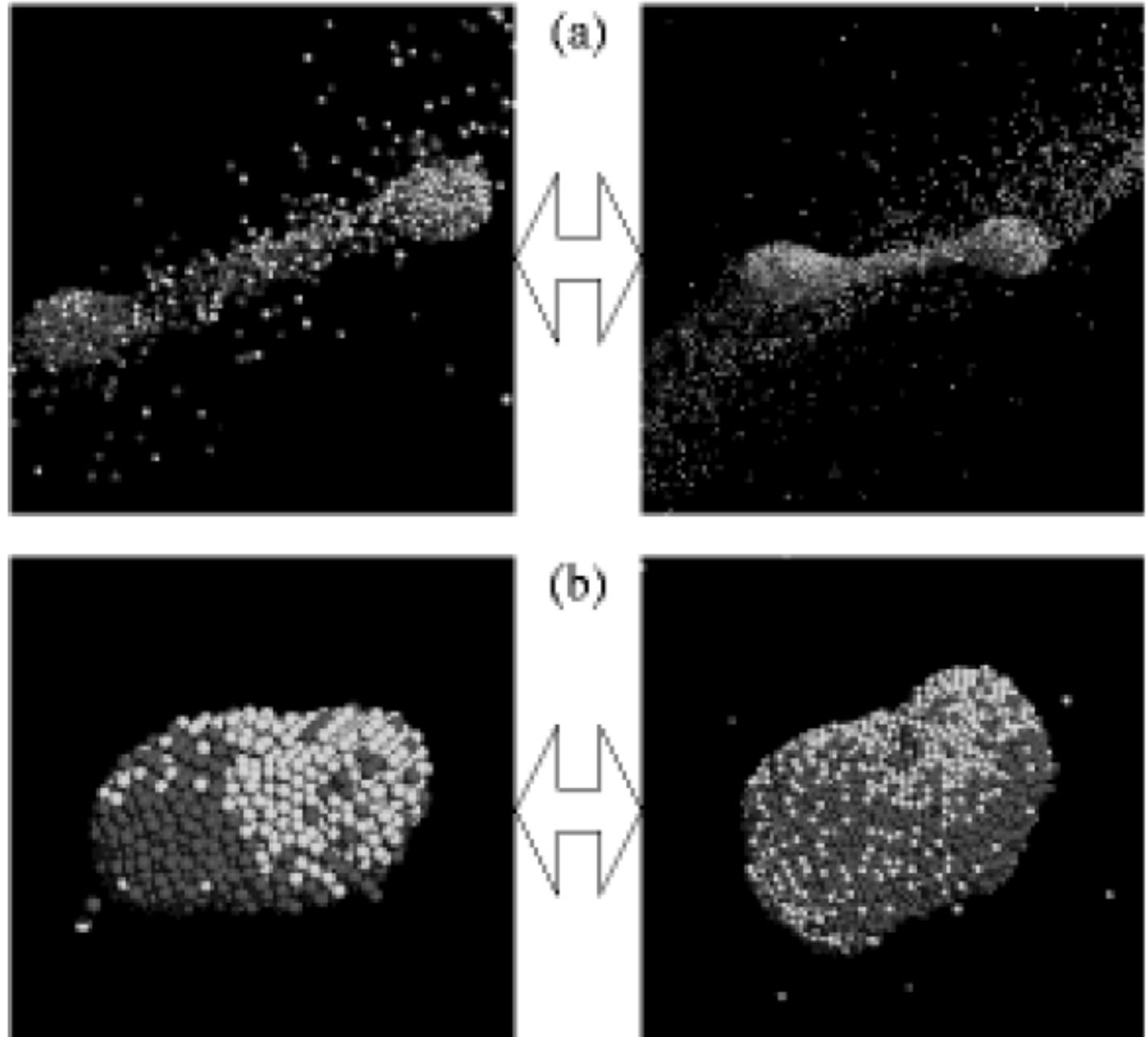
Zoologie

Type C ?
25 km de large
Grand cratère
Sillons
Densité = ~1,9
Satellite de Mars !

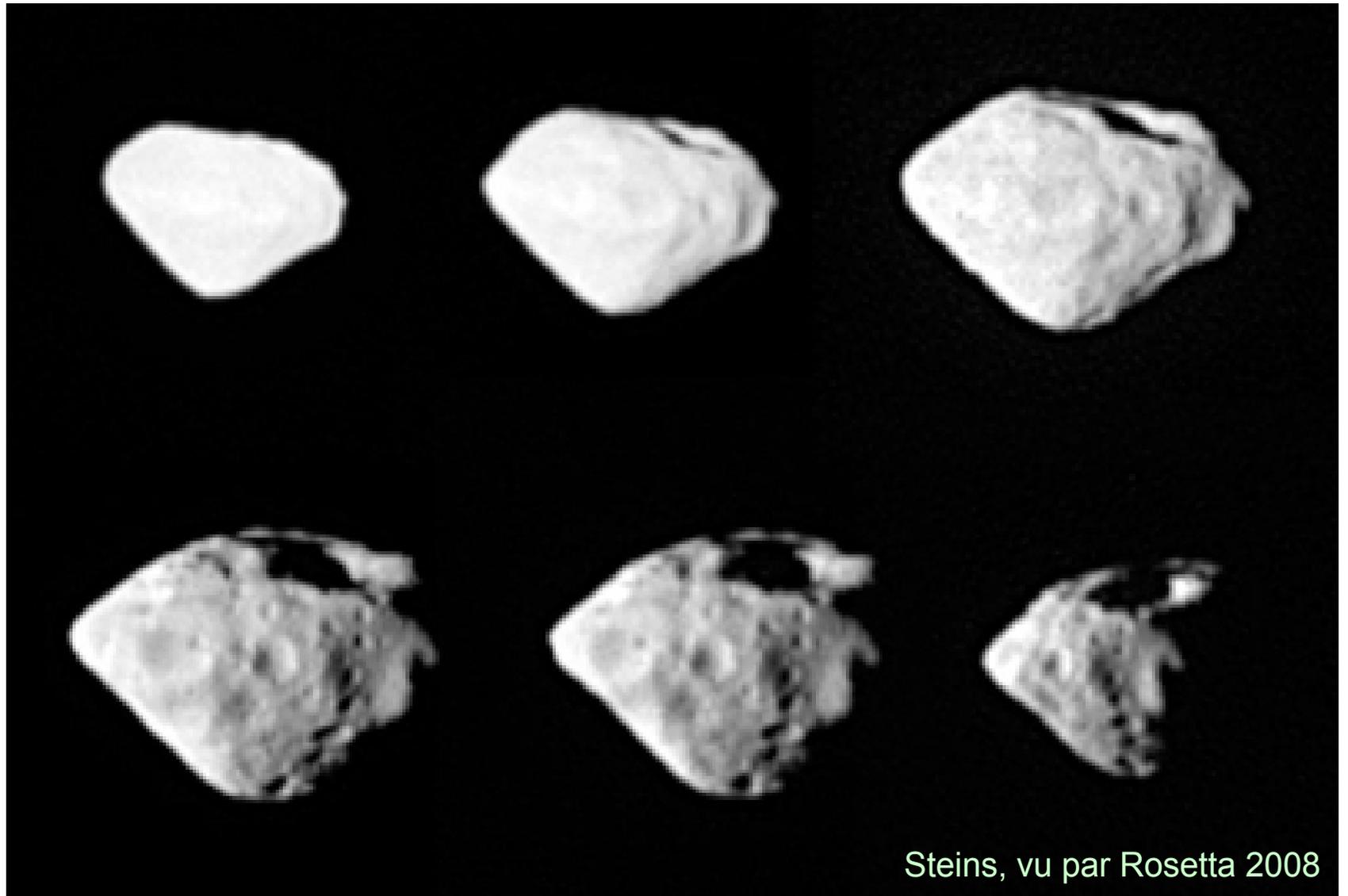


Phobos, vu par Viking 1976

Tas de gravats ("rubble piles")



Zoologie



Type C
5 km de large
Grand cratère
Densité = ?
Bourrelet équatorial

Steins, vu par Rosetta 2008

Caractéristiques des astéroïdes

Taille : qq m à 1000 km. Les gros peuvent être évolués

Albédo : 0,05 à 0,6 => matériaux

Couleur : matériaux, taille des particules

Densité : souvent faible => grande porosité interne

Taille des cratères => contrainte sur la cohésion et la porosité interne

Densité des cratères => âge de la surface (depuis le dernier “effacement”)

Modelé => type de matériau (roches vs métal)

Aspect lisse, sols de particules fines => régolite... ou blocs

Température, inertie thermique => régolite / porosité de surface

Sillons (“grooves”) => Vides internes ? Fractures ?

Présence de satellites => Résidus de formation / agglomération ?

Lutetia

Ce qu'on savait (on qu'on pensait savoir...):

Type spectral = M ?... ou C/hydraté ? => densité?

Albédo = 0,2

Très grand, ~100-130 km de large

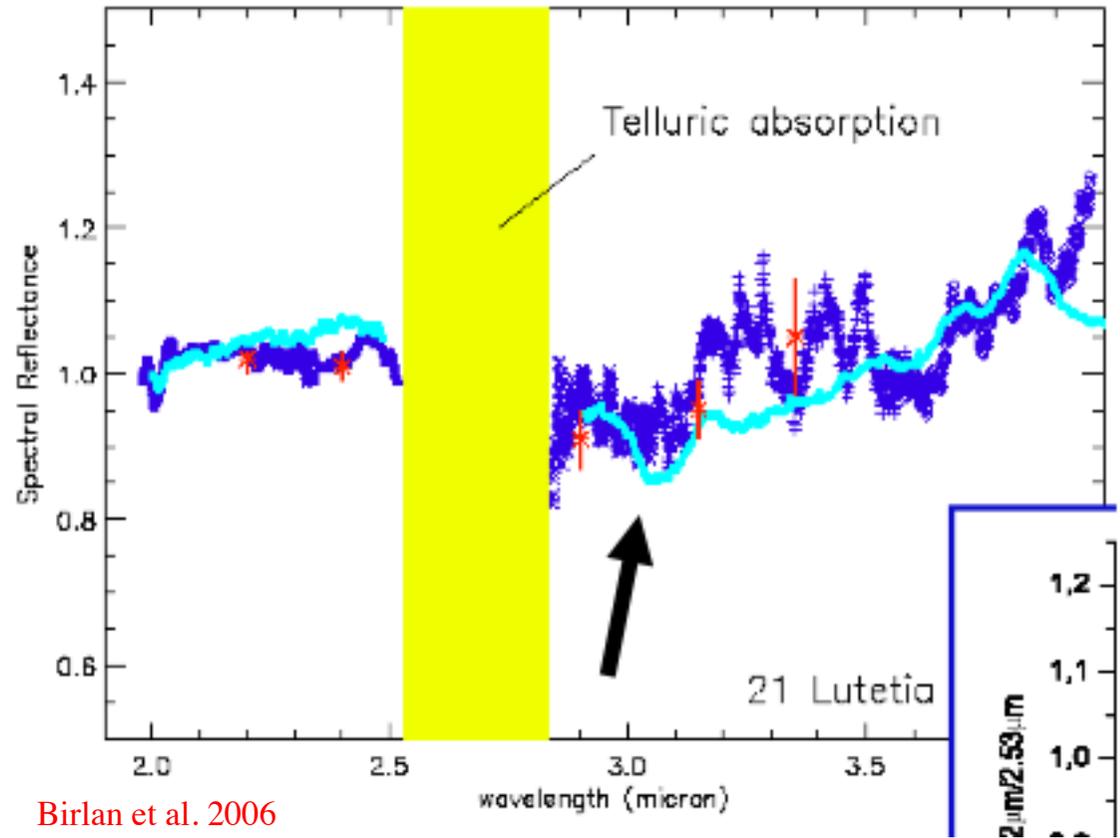
Modèle de forme: ± sphérique (pas trop irrégulier)

Température max ~240 K

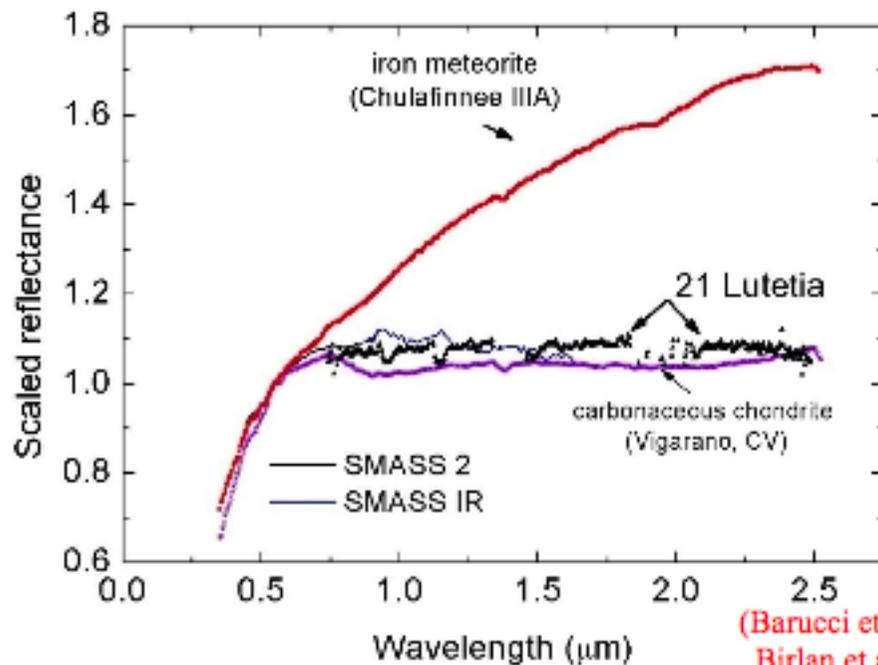
Analogues météoritiques :

- métalliques (historiquement, spectroscopie visible)
- chondrites carbonées CO-CV, primitives (récent, spectroscopie IR)

Lutetia



Birlan et al. 2006



(Barucci et al. 2005,
Birlan et al. 2004)

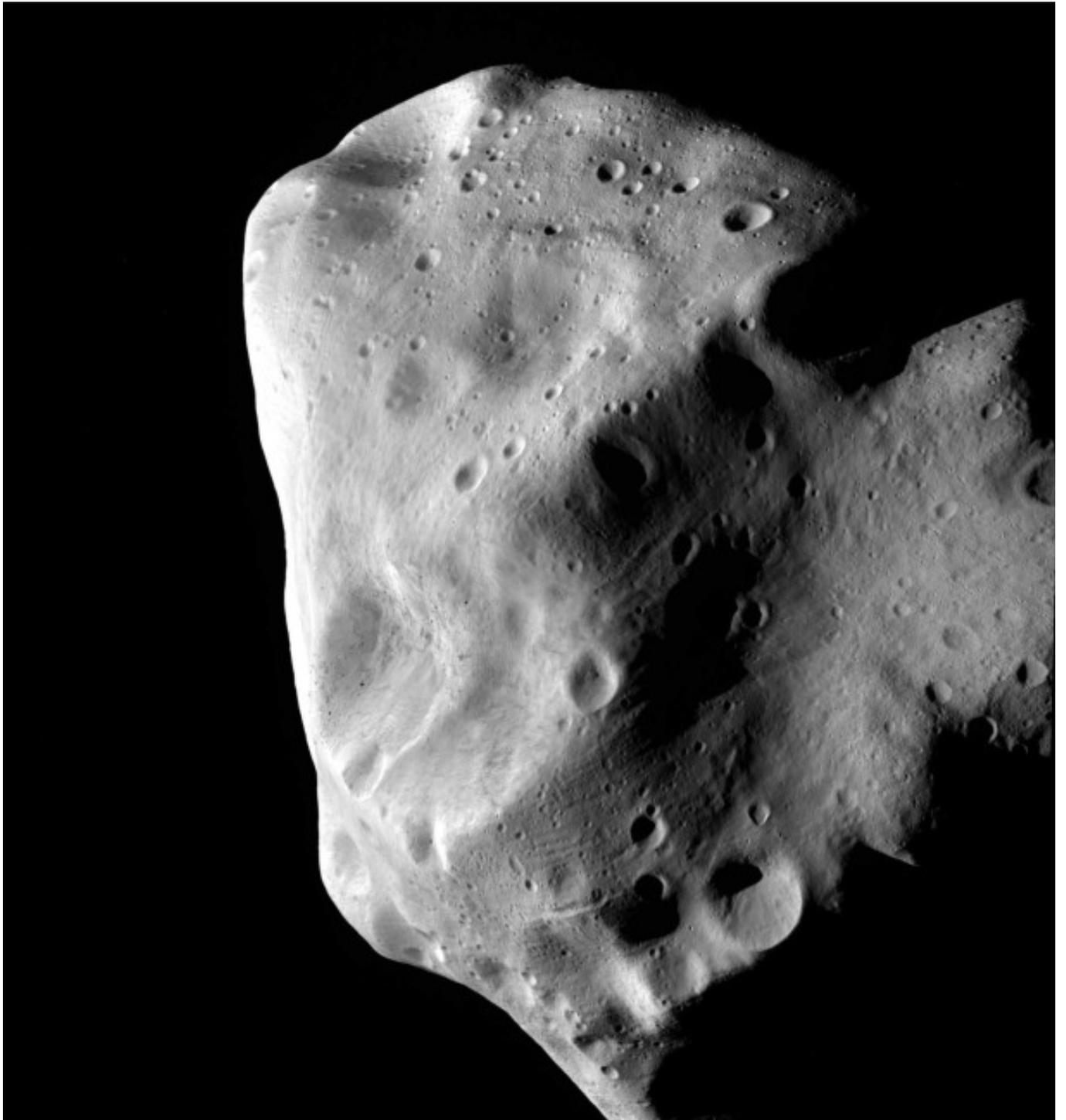
S. Erard, Haute-Maurienne 2010

Lutetia

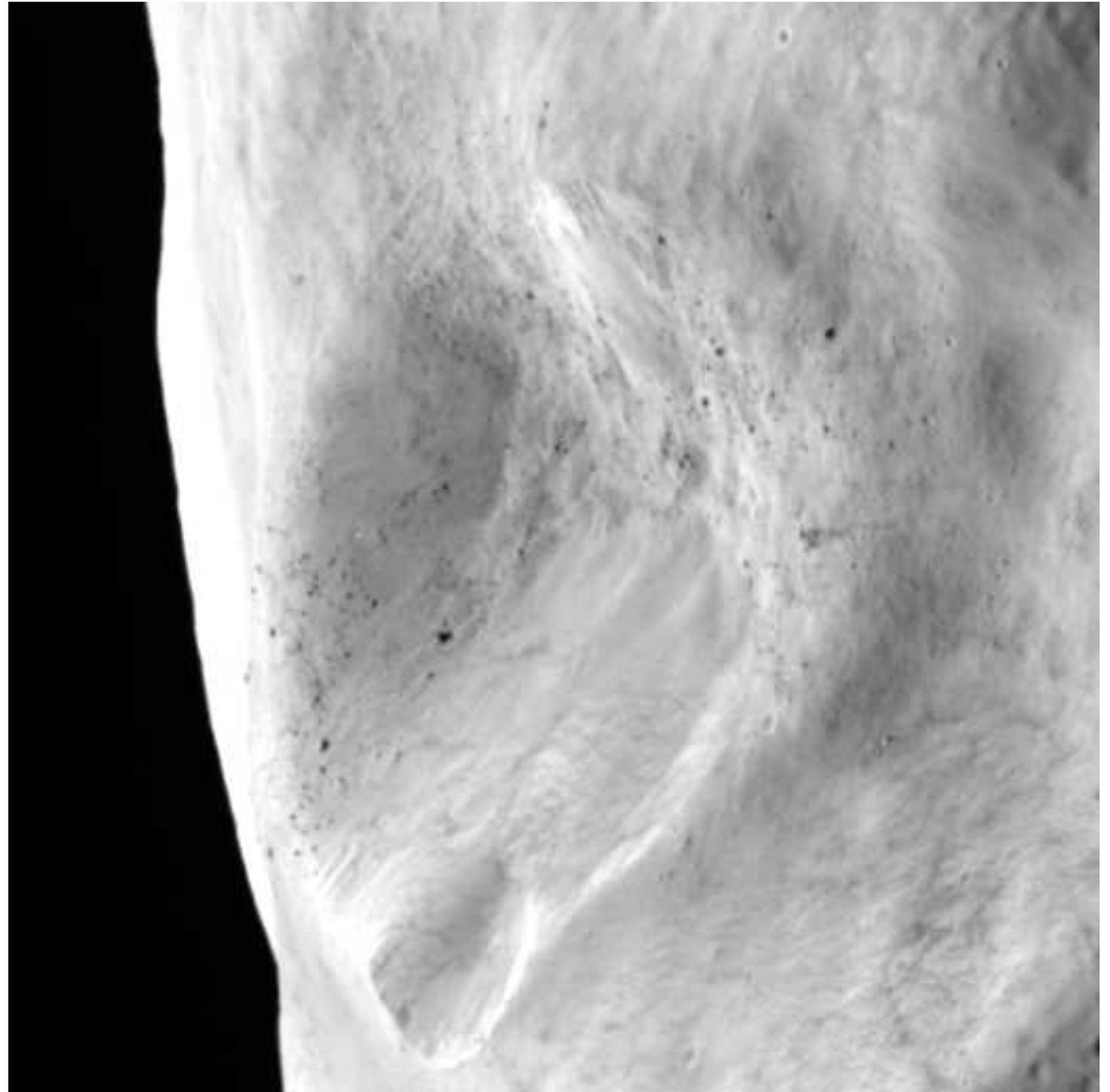
Type M ou C ?
100 km de large
Grands cratères
Sillons
Densité ~3,5 (radio science)



Lutetia



Lutetia



Lutetia

Autres informations obtenues lors du survol

Forme => modèle 3D => volume
Déflexion de la trajectoire de Rosetta
ou effet Doppler sur signal radio } => **masse** } => **densité**
3,1 à 3,7 => **roche**

Spectroscopie

UV

Visible (0.3-0.7 μm)- proche IR (0.7-5 μm) } => **composition**

Au-delà de 4 μm

=> **température**

+ variation avec heure locale

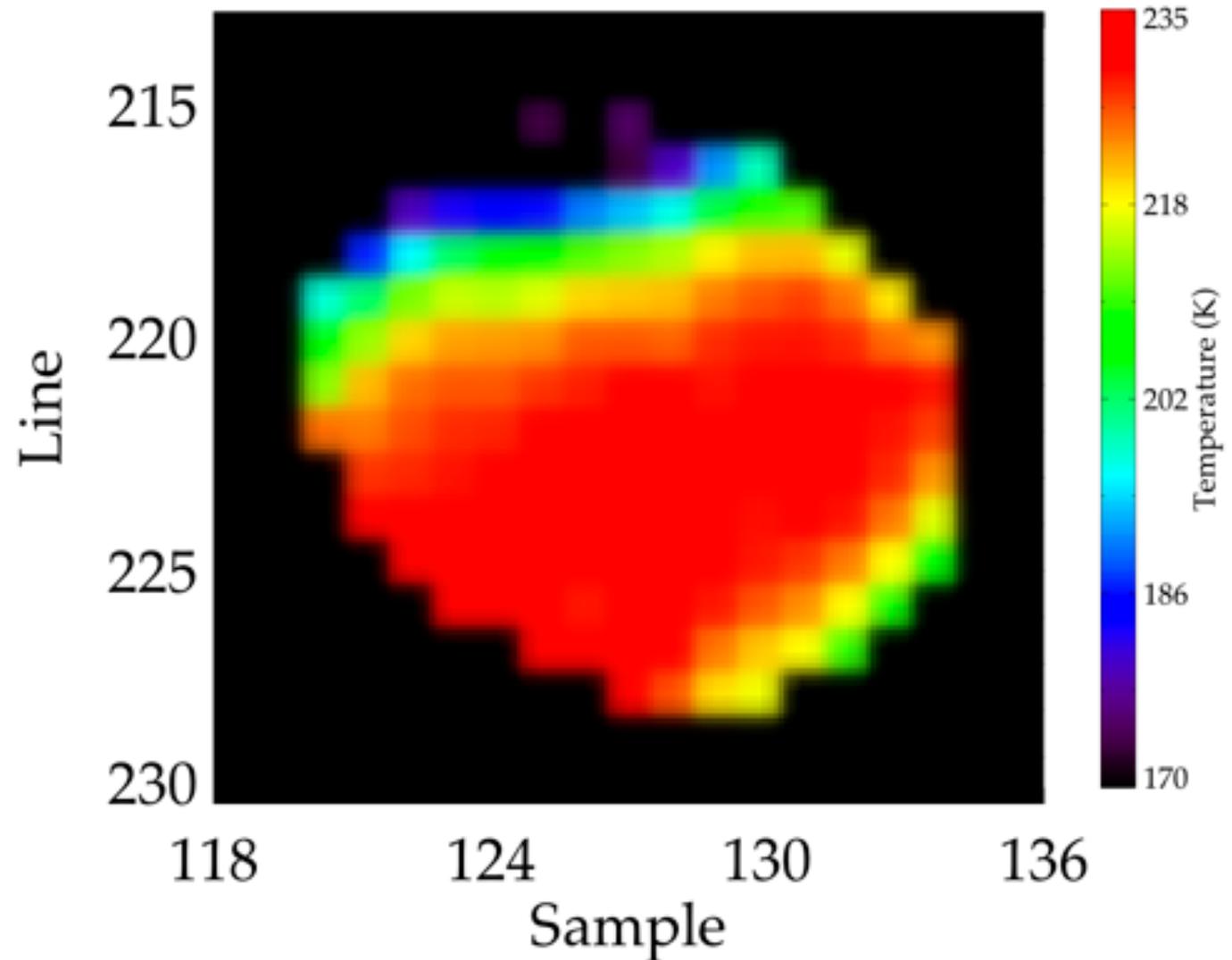
} => **inertie
thermique**

**Pas métallique
Pas hydraté
Peu de métaux**

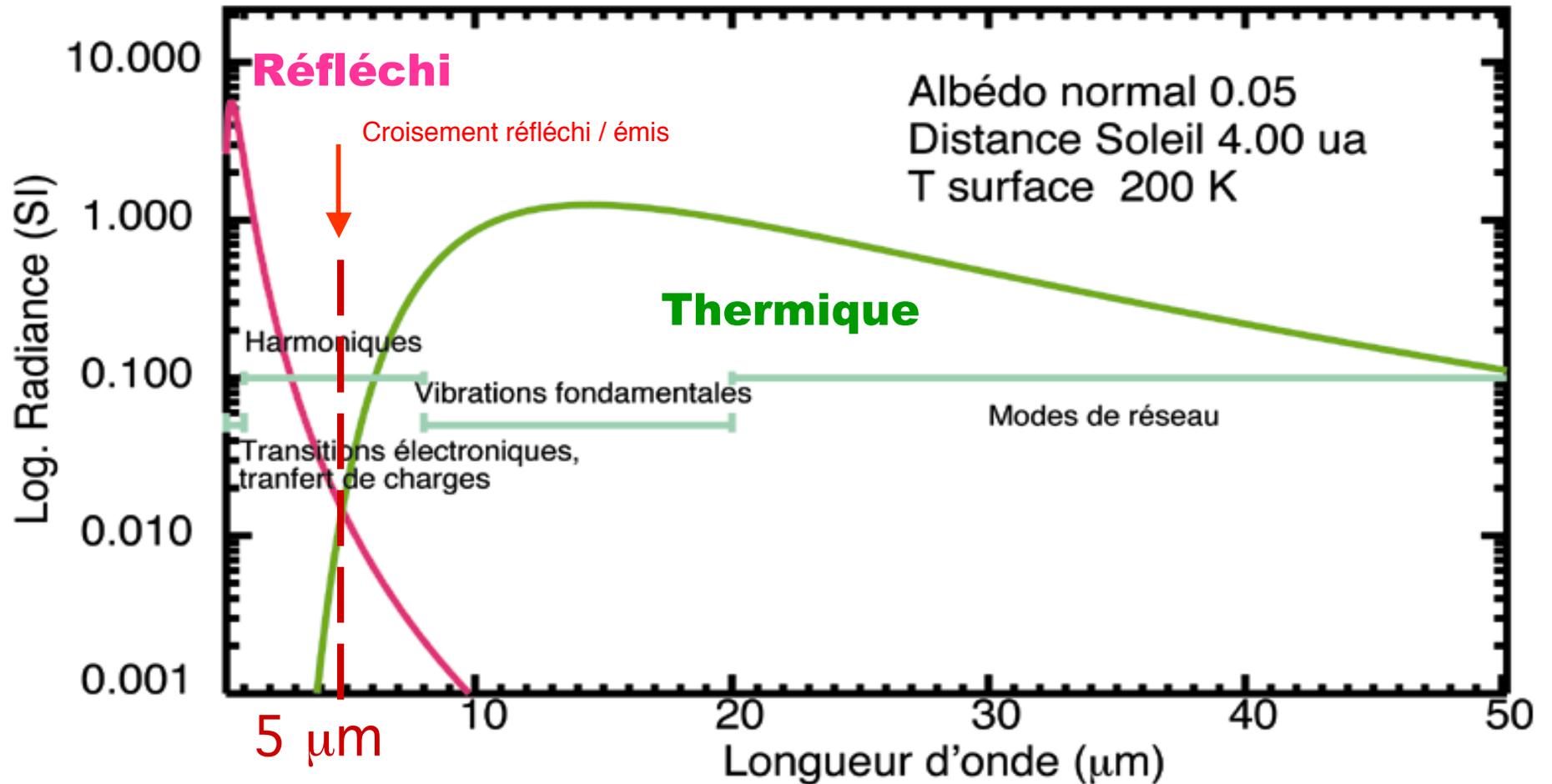
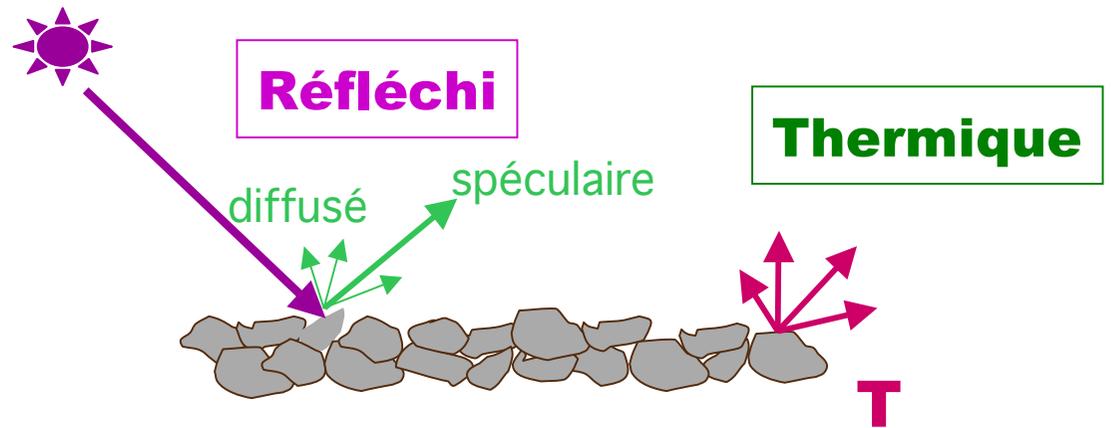
**20 à 30 SI => régolite rocheux
(~ Lune)**

Lutetia

Carte de température dérivée des spectres IR (préliminaire !)



Spectroscopie IR des surfaces



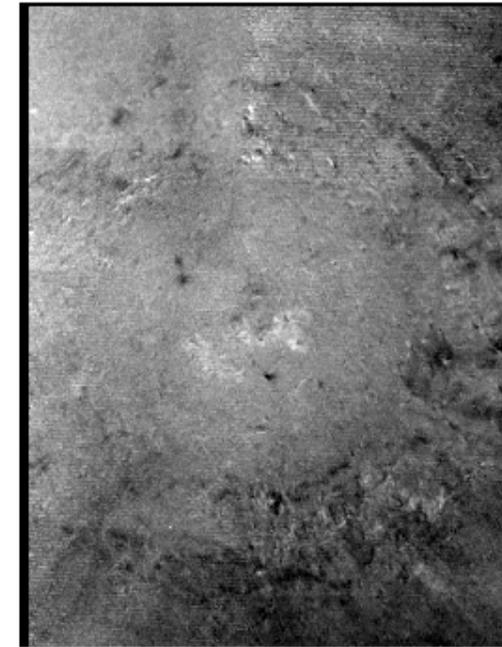
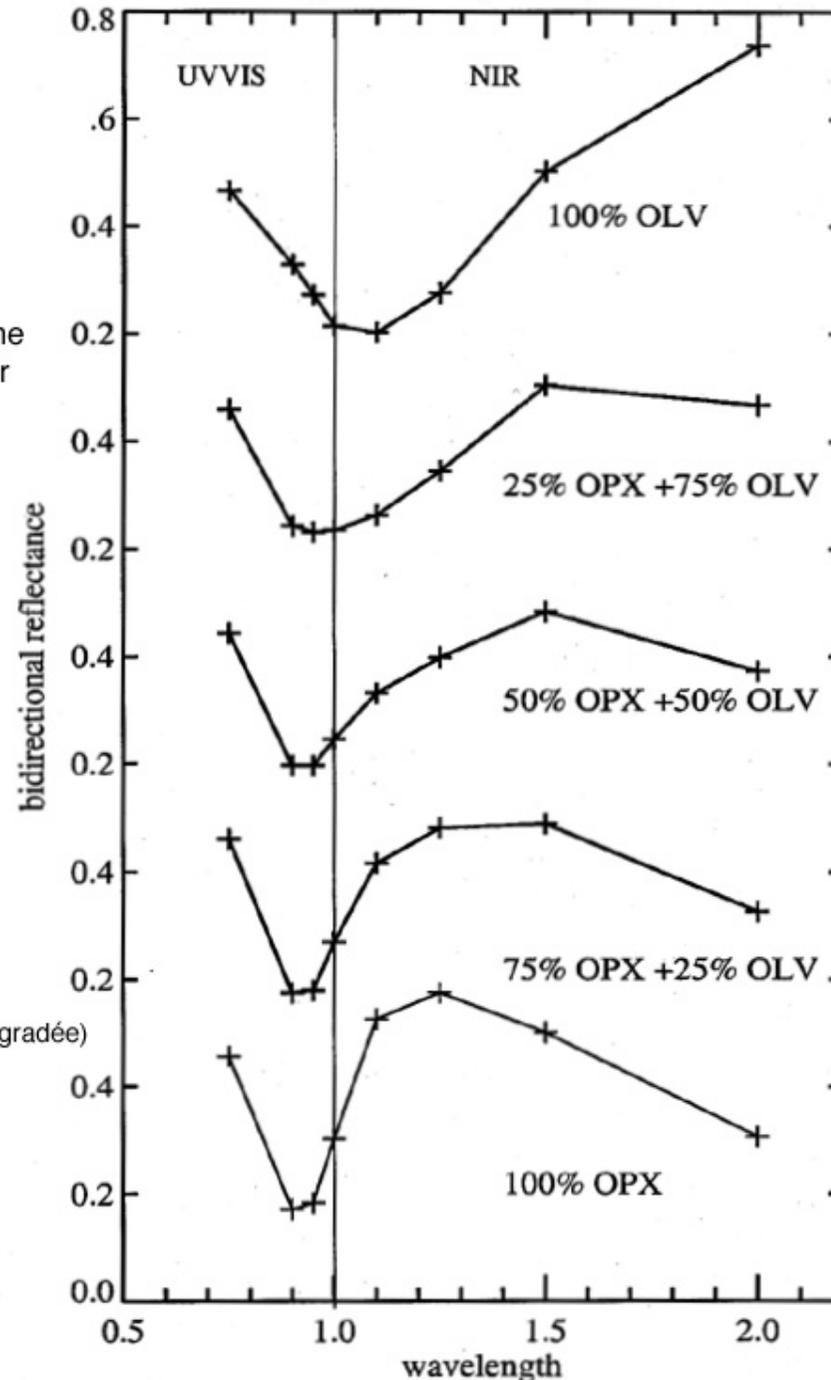
Lune : Observations Clementine de Copernicus (1994)

Compositage des filtres des caméras Uv_vis et NIR

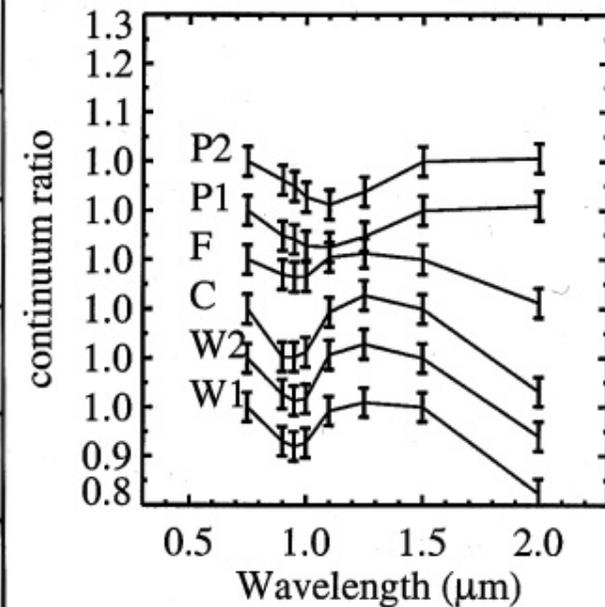
Dans le cas de la Lune, une simple caméra à filtre permet de séparer les minéraux principaux des basaltes (olivine et pyroxènes) et d'estimer leur abondance.

On met ainsi en évidence les variations compositionnelles à haute résolution spatiale (200 m/px).

Spectres de laboratoire
(résolution spectrale dégradée)



Rapport des images à 2000 nm / 1500 nm



Spectres extraits de l'image (divisés par leur continuum)

<http://lesia.obspm.fr/-VIRTIS-sur-Rosetta-.html>

