CPPM, 28/02/2015

La mission ROSETTA

A la rencontre d'une comète !

L. Jorda (LAM, Université Aix-Marseille)









Comètes observées par des sondes spatiales

- Originalité :
 - Observations continues (mise en orbite autour du noyau)
 - Observations très rapprochées (< 10 km de la surface)
 - Instruments variés et performants
 - Module PHILAE largué à la surface
- Complexité :
 - Temps de croisière important pour atteindre la comète (+10 ans)
 - Hibernation pendant plus de deux ans
 - Environnement cométaire (gaz et poussières)
 - Opérations continues et très complexes



- Caméra à grand champ (WAC)
 conçue et fabriquée par l'UPD
 - champ de vue de 10°
- Caméra à haute résolution (NAC)
 - conçue au LAM
 - fabriquée par ASTRIUM (SiC)
 - champ de vue de 2,2°
- Détecteur
 - E2V 2048x2048 pix
 - électronique de lecture: MPS







APPROCHE LOINTAINE

01/05 – 01/08 10 000 – 1 000 km



OSIRIS/NAC

Date :	15/07/2014
Distance:	10 000 km
Filtre:	ORANGE
Résolution:	200 m/px

CARTOGRAPHIE DU NOYAU

06/08 – 11/11 100 – 10 km



OSIRIS/NAC	
Date :	16/08/2014
Distance:	95 km
Filtre:	ORANGE
Résolution:	1,91 m/px



OSIRIS/NAC	
Date :	22/08/2014
Distance:	60 km
Filtre:	ORANGE
Résolution:	1,2 m/px

Jets de poussières



ATTERRISSAGE DE PHILAE

12/11 – 14/11 20 – 25 km

→ PHILAE'S LANDING SITE















→ CONSERT estimation of landing area

*

Additional candidate assuming shape model deviation

350 m

3011

Landing area based on current shape model

Trajectoire de PHILAE



- Bilan des opérations de PHILAE
 - Excellente collecte de données :
 - . forage MUPUS réussi (à confirmer pour COSAC et APX)
 - . imagerie réussie (ROLIS, CIVA)
 - . bonnes données de sondage radio (CONSERT)
 - . certains modes n'ont pas pu être utilisés
 - Zone d'atterrissage finale intéressante :
 - . petite cavité protégée montrant les matériaux sous la surface
 - Durée d'opération limitée par la batterie :
 - . fonctionnement nominal des batteries
 - . peu d'éclairement (1h30)





[Jorda et al., A&A, in prep.]



[Jorda et al., A&A, in prep.]

103P/Hartley 2 (mission EPOXI)





Autres noyaux doubles:

- 8P/Tuttle (Harmon et al.; Lamy et al.)
- 103P/Hartley 2 (Thomas et al.)
- 19P/Borrelly (Oberst et al.) ?

PROPRIETES DU NOYAU Prise en compte des profils MIRO



[Jorda et al., A&A, in prep.]



Size: 2.6 x 2.3 x 1.8 km V = 5.7 km³

Neck

V = 2.9 km³

Distance: 2.6 km

Size: 4.1 x 3.3 x 1.8 km V = 12.8 km³

[Jorda et al., A&A, in prep.]



[Sierks et al., Science] [Thomas et al., Science]



[Sierks et al., Science] [Thomas et al., Science]

Structure « binaire consolidée » :

- Semble très probable dans le cas de CG
 - Autre hypothèse : érosion dûe à l'activité
- Fréquente pour les noyaux cométaires (3 sur 7) ?
 - Courbes de lumière : nombreux noyaux très allongés
- Pas de trace de la collision en surface :
 - Effacement progressif dû à l'activité ?
 - Collision à faible vitesse (qques m/s) ?
- Fracturation partielle au niveau de l'étranglement :
 - Contraintes entre les deux lobes (rotation + gravité)
 - Séparation des deux lobes dans le futur ?

GEOMORPHOLOGIE Unités géologiques





ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA







GEOMORPHOLOGIE

<u>Zones de terrasses :</u>

- Origine :
 - Couches de matériaux formant des « fronts de sublimation »
 - Effondrement progressif de la partie supérieure des falaises
 - Récession de ces fronts au fil des passages au périhélie
 - Cf. modèle 'TALPS' de Belton et al.
 - Cf. observations de la sonde Stardust-Next ?



- Rôle de la fracturation thermique dans l'érosion ?

GEOMORPHOLOGIE

Zones de terrasses :

- Origine des nodules :
 - Cométésimaux qui affleurent sur les bords des falaises ?
 - Structures liées à l'activité de la comète ?

<u>Contraintes :</u>

- Absence de nodules ailleurs sur la surface (zones de dépôts)
- Invisibles sur les images de PHILAE ?















GEOMORPHOLOGIE

Zones de bassins :

- Origine des bassins :
 - Etat quasi-final de l'érosion d'une zone de terrasses ?
 - Zone lisse = dépôts résultant de l'érosion ?
 - Escarpement dûs à des falaises sous-jacentes ?
- Origine des structures circulaires :
 - Plusieurs analogues : « pingos » martiens, volcans de boue, ...
 - Poches de gaz sous pression sous la surface
 - Echappement à travers un conduit
 - Dépôts de poussières sur les flancs
 - Source d'énergie ?



[Auger et al., A&A, in prep.]

GEOMORPHOLOGIE Zones de dépôts



GEOMORPHOLOGIE Zones de dépôts



GEOMORPHOLOGIE Zones de dépôts



[Thomas et al., Science] [Thomas et al., A&A, in prep.]

GEOMORPHOLOGIE

Zones de dépôts :

• Origine :

- Accumulation de particules :
 - . transportées par le gaz ?
 - . déposées par l'érosion des falaises environnantes ?
- Gros blocs tombés de la falaise ?
- Dunes : écoulement horizontal de gaz (« brises latérales ») ?
- Mécanisme à l'origine de l'activité ?
- Collimation des jets dûe à la forte concavité

GEOMORPHOLOGIE Structure en couche



[Massironi et al., A&A, in prep.]

GEOMORPHOLOGIE Structure en couche



[Massironi et al., A&A, in prep.]

CONCLUSIONS

Principaux résultats préliminaires :

- Structure du noyau à grande échelle
 - structure binaire, deux lobes non-alignés
 - stratification probable
- Topographie de surface à petite échelle :
 - très grande variétés de structures
 - certaines inattendues
- Processus physiques :
 - Activité : érosion
 - Gravité et rotation : fractures, chute et transport de matière ?
 - Chocs thermiques : fractures ?

CONCLUSIONS

Quelques questions qui émergent :

• La formation sous forme de binaires est-elle courante ?

- Lieu de formation des deux composantes ?
- Date et mécanisme de formation ?

• Comment expliquer la porosité importante ?

- A quelle échelle ?
- Micro-porosité : faible cohésion à petite échelle.
- Macro-porosité : présence de fractures, de puits, faible cohésion.

• Les comètes sont-elles inhomogènes ?

- Nombreux débris, certains très gros (50 m).
- Stratification (échelle?), reste à confirmer ...
- Composition inhomogène (Epoxi, ROSINA) ?

CONCLUSIONS

<u>Quelques questions qui émergent :</u>

• Comment fonctionne le dégazage ?

- Presque pas de glace en surface (VIRTIS, moins que P/Tempel 1)
- Très faible conductivité thermique (MIRO, VIRTIS)
- Dégazage depuis des régions très étendues

• Quelle est la distribution en taille des cométésimaux ?

- Les « nodules » sont-ils le produit de l'accrétion ?

GEOMORPHOLOGIE Structure en couche



• Origine :

- D'où vient sa forme particulière ?
- Pourquoi les comètes sont-elles si poreuses ?
- Sont-elles formées de couches successives ?
- Sont-elles homogènes ?
- Peut-on identifier les cométésimaux ?
- Evolution :
 - Comment se forment les différents terrains ?
 - Comment évoluent-ils ?
 - D'où vient l'activité ?
 - Comment affecte-t-elle la surface?

Pour suivre la mission ROSETTA jusqu'à fin 2015:

http://blogs.esa.int/rosetta

http://www.esa.int/fre/ESA_in_your_country/France/Rosetta http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/...



PHILAE/ROLIS

Date :	12/11/2014
Distance:	40 m
Résolution:	0,04 m/px

- Position du lander à la surface
 - Région approximative connue :
 - . distance en vol grâce à la liaison radio (CONSERT)
 - . position sur les images de l'orbiteur (OSIRIS et NAVCAM)
 - . reconstruction de trajectoire à l'ESOC
 - Recherche en cours avec la caméra OSIRIS :
 - . imagerie de la zone prévue à partir du 6 décembre

• Etat actuel du lander

- Batteries déchargées et difficiles à recharger :
 - . peu d'éclairement par jour cométaire
 - . basse température rendant difficile la recharge
- Possibilité de réactiver PHILAE plus tard :
 - . meilleures conditions d'éclairement et de température en 2015

[Jorda et al., A&A, in prep.] [Scholten et al., A&A, in prep.]

Paramètres	Valeurs
Rayon moyen	1.84 ± 0.05 km
Ellipsoïde	2.42 x 1.58 x 1.43 km
Rayons axes principaux	(2.28 ± 0.03) x (1.36 ± 0.03) x (1.41 ± 0.22) km
Surface	47.4 ± 0.8 km ² (Rs = 1.94 km)
Volume	21.4 ± 2.0 km³ (Rv = 1.72 km)
Densité	470 ± 45 kg / m ³ (avec la masse RSI)
Direction du pôle (RA, Dec)	(69.4 ± 0.1°, 64.0 ± 0.1°)
Période de rotation	12.4041 hr (Ω = 696.543335 ° / jour)
Moments d'inertie	1:1.04:1.87 (Rayons: 0.99 x 1.32 x 1.35 km)
Accélération à la surface	Moy: 1.6 cm / s ² Domaine: [1.3 : 2.2] cm / s ²



OSIRIS/NAC	
Date :	30/09/2014
Distance:	20 km
Filtre:	ORANGE
Résolution:	0,4 m/px

Choix du site d'atterrissage :

- Critères :
 - Topographie de la zone d'atterrissage
 - Réalisation de l'orbite de larguage
 - Durée de vol du module jusqu'à la surface
 - Alimentation électrique des batteries du module
 - Visibilité du module depuis l'orbiteur

