

Giant ripples on comet 67P/Churyumov-Gerasimenko sculpted by sunset thermal wind, dissolution instabilities and ice penitentes

Philippe Claudin, DR CNRS, PMMH, ESPCI-CNRS

The recent approach of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko by the spacecraft Rosetta has revealed the presence of astonishing dune-like patterns. How can the radial outgassing, caused by heating when passing close to the sun, produce a vapor flow along the surface of the comet dense enough to transport grains? We show that the vapor flow emitted by the comet around its perihelion spreads laterally in thermal winds, due to the strong pressure difference between zones illuminated by sunlight and those in shadow. Drawing on the physical mechanisms at work for the formation of dunes on Earth and planetary bodies, we can explain the emergence of these bedforms in such extreme cometary conditions at the observed crest-to-crest size, about 10 m. Although generated by a rarefied atmosphere, they are in fact analogous to ripples emerging on granular beds submitted to viscous shear flows.

Rides géantes sur la comète 67P, instabilité de dissolution et penitents de glace

Je présenterai dans cet exposé trois exemples de formation de motifs géomorphologiques. - La sonde Rosetta a révélé d'étonnantes structures sédimentaires ressemblant à des dunes à la surface de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko. Nous avons montré que le dégazage dû au passage de la comète près du soleil se répand latéralement sous la forme d'un vent thermique, en réponse à la forte différence de pression entre la face éclairée et la face à l'ombre. À partir des mécanismes de formation des dunes, déclinés ici pour les conditions cométaires, nous avons expliqué l'apparition de ces motifs à la taille observée: environ 10 m de crête à crête. - Une autre famille de motifs naturels vient du couplage entre un écoulement sur un substrat non pas érodable comme un lit granulaire mais avec un transfert de masse d'origine thermodynamique comme la dissolution, la fonte ou la sublimation. Un exemple classique est l'apparition de rugosités en forme de 'coups de gouge' dans les grottes de glace ou de calcaire où passe un courant d'air ou d'eau. Nous avons montré que l'instabilité à l'origine de ces motifs est liée à la transition laminaire-turbulent et est limitée par la rugosité de surface. - Les pénitents de glace, que l'on observe en haute montagne, résultent d'une sublimation différentielle de la glace par le rayonnement solaire. Nous avons étudié les mécanismes à l'origine de cette instabilité: l'auto-éclaircissement qui fait qu'un creux reçoit plus de puissance lumineuse qu'une bosse et l'inversion du gradient de température -- il fait plus chaud à l'intérieur de la glace qu'en surface. Nous avons montré que la longueur d'onde d'apparition des pénitents est essentiellement contrôlée par l'échelle à laquelle la vapeur d'eau est évacuée de la surface.

References:

- P. Jia, B. Andreotti and P. Claudin, Giant ripples on comet 67P/Churyumov-Gerasimenko sculpted by sunset thermal wind, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 114, pp 2509-2514 (2017).
- P. Claudin, O. Durán and B. Andreotti, Dissolution instability and roughening transition, J. Fluid Mech. 832, R2 (2017).
- P. Claudin, H. Jarry, G. Vignoles, M. Plapp and B. Andreotti, Physical processes causing the formation of penitentes, Phys. Rev. E 92, 033015 (2015).

