

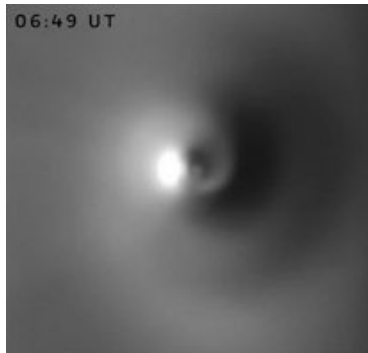
## Les structures spiralées des jets de poussières issus des noyaux de comètes

Philippe Malburet, Aix en Provence.

*De nombreux observateurs amateurs ou professionnels ont eu le plaisir de suivre l'été dernier le passage de la comète C/2020 F3 découverte en mars dernier par le télescope spatial NEOWISE. Une occasion de réaliser de magnifiques photos. Certaines de ces photos, prises avec un dispositif adapté, permettaient de distinguer une structure spiralée dans la zone proche du noyau. Cet article explique la nature de ce phénomène.*

### L'aspect spiralé des têtes des comètes

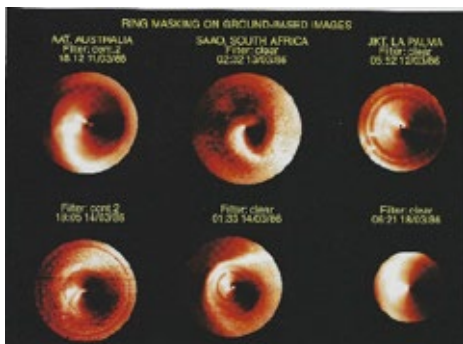
La comète qui a fait le bonheur de certains cet été, *Neowise*, a montré une structure spiralée qui a intrigué certains observateurs. De quoi s'agit-il ?



**Fig.1.** Cliché de la comète Neowise pris le 1<sup>er</sup> août 2020, montrant nettement un aspect spiralé du noyau de cette comète. Cliché M. Drahus et P. Guzic ; observatoire Gemini à Hawaï.

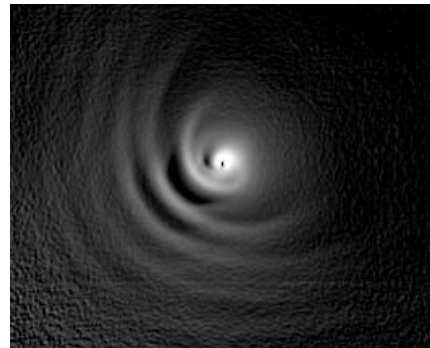
Cette structure particulière n'est pas propre à Neowise. Elle a déjà été rencontrée pour plusieurs autres comètes, généralement des comètes brillantes, ainsi que le montrent les clichés suivants.

### Spirales de la comète de Halley (1986)



**Fig.2.** Suite de clichés de la comète de Halley pris depuis le sol en mars 1986 et montrant l'évolution en spirale des gaz et des poussières quittant le noyau. Cliché ESA.

### Spirales de la comète de Hale-Bopp (1997)



**Fig.3.** Aspect spiralé de Hale-Bopp. Observation faite le 8 avril 1997 au Pic du Midi par Jean Lecacheux et François Colas.

### Pourquoi des spirales ?

Il est connu que l'activité d'une comète est due à l'éjection de gaz et des poussières présentes sur le noyau lorsque, chauffées par le Soleil, les glaces se subliment.

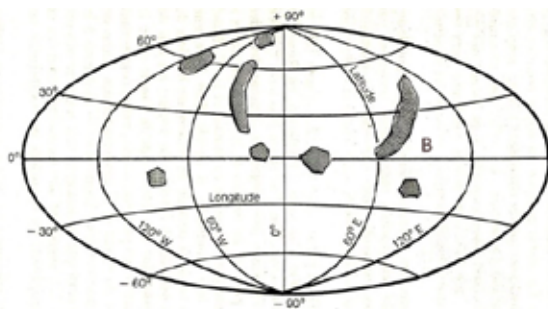
Des structures spiralées, visibles en général sur les têtes des comètes brillantes sont dues à de puissants jets issus des zones actives du noyau en rotation ; ces zones actives sont en effet riches en matériaux volatils tels que les glaces. L'aspect spiralé est dû à un effet de « tourniquet » d'arrosage : alors que la source des jets est en rotation, ceux-ci s'écartent du noyau en produisant ces spirales. L'effet est observable dès que l'axe de rotation (qui n'a pas une direction fixe) forme un angle de 30 à 40° par rapport à la direction de la Terre. L'intérêt de l'étude des jets ainsi mis en évidence est de déterminer en particulier la période de rotation du noyau. Des observations effectuées pendant plusieurs semaines, voire des mois, permettent également de déterminer la latitude des zones actives ainsi que la direction du pôle nord du noyau. Nous envisageons dans ce qui suit le cas

de deux comètes : 109P/Swift-Tuttle et C1995/Hale-Bopp O1.

## La comète Swift-Tuttle : une comète célèbre

La comète 109P/Swift-Tuttle est une comète bien connue ; il s'agit d'une comète périodique de période moyenne (environ 130 ans), appartenant à la même famille que la comète de Halley. Elle a retenu l'attention des observateurs pour ses passages de 1862 (année de sa découverte) et 1992.

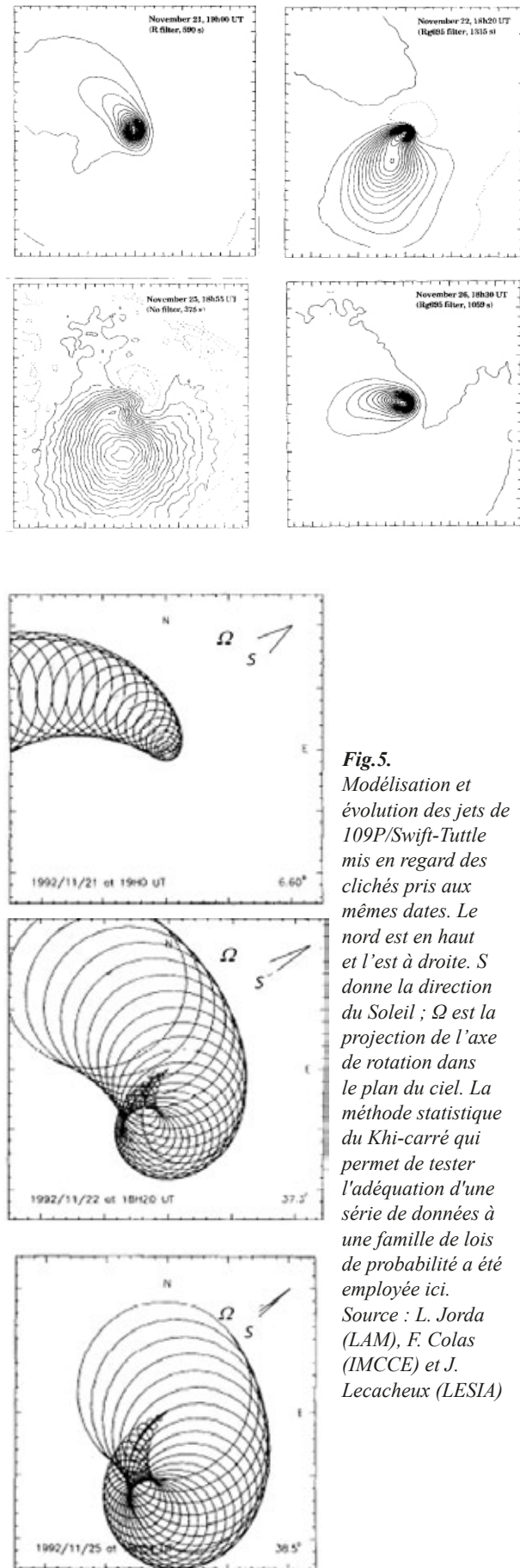
Elle fut découverte le 16 juillet 1862 par l'astronome américain Lewis Swift et, indépendamment, le 19 juillet de la même année, par son compatriote Horace Parnell Tuttle. C'est la raison du nom qui lui a été attribué. Elle fut redécouverte en septembre 1992 par l'astronome amateur japonais Tsuruhiko Kiuchi. La célébrité de cette comète lui vient surtout de l'essaim d'étoiles filantes bien connu des Perséides que l'on observe autour du 12 août. Cette découverte de la similitude entre l'orbite de 109P/Swift-Tuttle et les météorides constituant l'essaim des Perséides fut le fait de l'astronome italien Giovanni Schiaparelli, en 1886.



**Fig.4.** Mise en valeur des zones actives du noyau de 109P/Swift-Tuttle par Z. Sekanina.

La zone B est considérée comme la plus active. Elle est située entre 0 et 45° N de latitude. Source : AC Levasseur-Regourd et Ph. de la Cotardière, Denoël, 1985.

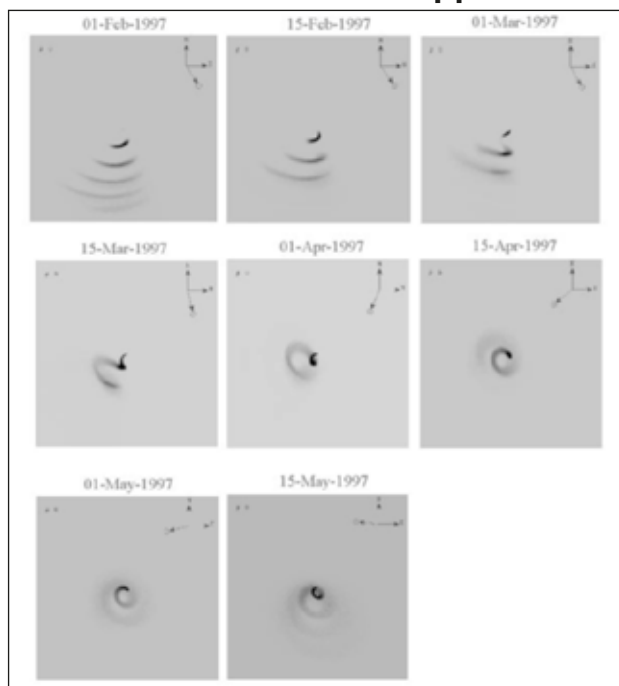
Le noyau de 109P/Swift-Tuttle est de petite taille : il s'agit sans doute d'un noyau dont le rayon moyen serait compris entre 20 et 30 km. Comme pour toute comète, le noyau n'est pas uniformément actif : il existe des plages plus actives que d'autres, d'où sont issus les jets que l'on peut observer. L'astronome tchèque Zdeněk Sekanina reprit les images de la comète 109P/Swift-Tuttle datant du retour de 1862 réalisées par Bond et Winnecke. Z. Sekanina put mettre en évidence un certain nombre de zones actives à partir de ces dessins. Ne connaissant pas la forme exacte du noyau (il n'est jamais sphérique), Z. Sekanina le supposa ellipsoïdal et proposa une période de 2,77 jours.



**Fig.5.** Modélisation et évolution des jets de 109P/Swift-Tuttle mis en regard des clichés pris aux mêmes dates. Le nord est en haut et l'est à droite. S donne la direction du Soleil ;  $\Omega$  est la projection de l'axe de rotation dans le plan du ciel. La méthode statistique du Khi-carré qui permet de tester l'adéquation d'une série de données à une famille de lois de probabilité a été employée ici. Source : L. Jorda (LAM), F. Colas (IMCCE) et J. Lecacheux (LESIA)

Les modélisations (les trois schémas ci-dessus) sont construites à partir d'ellipses correspondant aux isochrones séparés de 0,1 jour ; elles ont été faites sur des images prises à l'observatoire du Pic du Midi entre le 20 novembre et le 21 décembre 1992. Ces simulations ont permis à leurs auteurs de trouver une période de rotation de 2,75 jours qui est conforme aux calculs faits par d'autres observateurs, et de positionner la latitude haute, zone source, à 70°.

### Cas de la comète Hale-Bopp.

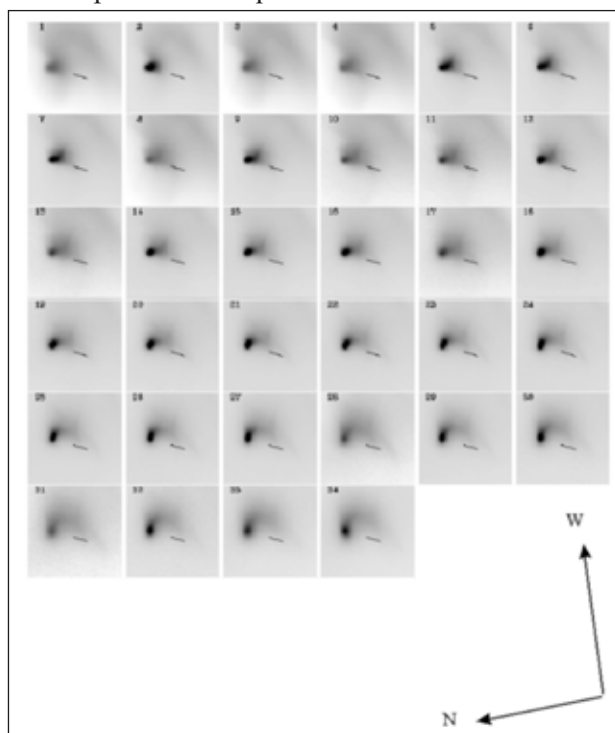


Il s'agit d'une comète à très grande période (sans doute autour de 2 500 ans). Son noyau a un rayon moyen d'environ 80 km. Elle a été la plus belle comète observée au XX<sup>e</sup> siècle, visible à l'œil nu pendant 18 mois. Elle est désignée par C/1995 O1.

Elle fut aussi l'objet d'une étude de ses jets, comme on peut le voir ci-dessous.

L'étude des images des comas de comètes présentant un aspect spiralé permet de déterminer les maxima d'intensité des profils azimutaux en fonction du temps et d'en déduire l'angle de position des jets par rapport au noyau. Les paramètres ainsi définis sont ensuite optimisés grâce à l'utilisation d'un programme informatique *ad hoc*, dès lors que l'on dispose de suffisamment de données. Pour ce qui concerne la comète Hale-Bopp, de tels calculs ont permis de donner la période de rotation du noyau égale à  $11,35 \pm 0,05$  h et de placer la zone d'émission à  $64 \pm 3^\circ$ . Pour approcher les séries statistiques caractérisant les spirales, on a employé ici la méthode de Monte-Carlo. Les clichés utilisés (au nombre de 30 000) étaient ceux qui ont été pris

à l'Observatoire du Pic du Midi, du 2 février au 31 mars 1997, avec le télescope de 1,05 m. Ces clichés étaient pris automatiquement toutes les 10 min.



**Fig.6.** Images synthétiques de la comète Hale-Bopp. Source : L. Jorda, K. Rembor (Max-Planck Institut), J. Lecacheux et P. Colom (LESIA), F. Colas (IMCCE), E. Frappa (planétarium de St Etienne), L.M. Lara (ESA).

### Conclusion.

Les jets issus des zones actives d'un noyau des comètes les plus brillantes donnent naissance à des spirales de poussière dans les jours qui suivent leur éjection, visibles depuis la Terre lorsque l'axe de rotation du noyau (dont la direction varie depuis la Terre) est dirigé approximativement vers la Terre. L'étude de ces spirales, en utilisant des modèles statistiques, permet d'avoir une bonne approche de la valeur de la période de rotation du noyau, de la direction du pôle et de la latitude des zones d'émission des jets observés.

*Je tiens à remercier tout particulièrement Laurent Jorda, astronome au LAM d'avoir accepté de relire mon manuscrit et de m'avoir fourni tous les éléments qui m'ont permis de rédiger cet article.*

### Bibliographie.

- The rotational parameters of Hale-Bopp (C/1995 O1) from observations of the dust jets at Pic du Midi Observatory, L. Jorda et al., Springer, CH, 1998.
- The dust jets of P/Swift-Tuttle 1992t, L. Jorda et al., Planet Space Sci, Elsevier Science Ltd, GB, 1994.