

5èmes rencontres Jules Verne 2014
Jules Verne, la science. Jusqu'où explorer ?
26-27 novembre 2014 à l'École centrale de Nantes

Explorer les comètes pour vaincre nos peurs*

Jacques Crovisier
LÉSIA, Observatoire de Paris

Faut-il avoir peur des comètes ?

Les comètes nous offrent des spectacles parfois fascinants et souvent inattendus. Elles nous surprennent. Incomprises, elles ont pendant longtemps (au moins jusqu'à la Renaissance) été assimilées à des présages néfastes. ¹Mais pas toujours : l'érudit Maurice Champion (1824–1878) a soutenu que, contrairement à certaines idées reçues, l'honnête homme s'est opposé de tout temps aux élucubrations des astrologues, « cométomanciens » et autres prédicateurs. ² Cependant, Ambroise Paré nous donne dans son livre populaire *Les Monstres* (1573), l'effrayante description d'une prétendue comète, reprise de chroniques du XVI^e siècle, dont les gravures sur bois figurent encore dans des ouvrages modernes :

L'antiquité n'a rien expérimenté de plus prodigieux en l'air que la Comete horrible de couleur de sang, qui apparut en Westrie l'onzième jour d'Octobre, mil cinq cens vingt & sept. Cette Comete estoit si horrible & espouventable, qu'elle engendroit si grand terreur au vulgaire, qu'il en mourut aucuns de peur, les autres tomberent malades...³

C'était en fait une aurore boréale qui était apparue dans le ciel allemand. On ne faisait pas alors la distinction entre les comètes et les phénomènes atmosphériques.

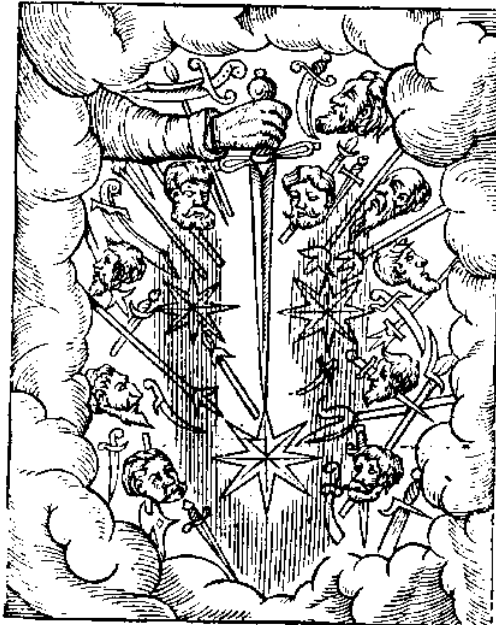
C'est à la Renaissance, avec Tycho Brahé et d'autres astronomes-géomètres qui observèrent la comète de 1577, qu'il fut établi que les comètes étaient des objets lointains, rendant ainsi irrationnelle une possible influence sur les destinées humaines. Il a fallu cependant attendre la fin du XX^e siècle et l'exploration spatiale pour enfin « voir » de près des noyaux cométaires (en premier celui de la comète de Halley en 1986) et se convaincre de leur nature.

* Ce texte est paru dans *Jules Verne, la science : jusqu'où explorer ?* (coordonné par P. Mustière et M. Fabre, 2015, Coiffard libraire éditeur, Nantes, pp.27-34). Nous y avons ajouté des illustrations provenant d'une sélection des figures montrées au colloque.

¹ J.-L. Heudier, *Ces horribles et épouvantables Comètes, petite histoire des grandes peurs*, Sofia Antipolis, éditions book-e-book, 2013.

² M. Champion, *La Fin du monde et les comètes au point de vue historique et anecdotique*, Paris, Adolphe Delahays, 1859.

³ P. Boaistuau, *Histoires prodigieuses*, Paris, 1560.



La « comète d'Ambroise Paré », telle qu'elle figure dans son livre *Les Monstres*, est reprise de chroniques de la Renaissance. C'était en fait une aurore boréale apparue en 1527.

Paradoxalement, le développement des connaissances n'a pas estompé nos peurs des comètes, mais les a déplacées. Les acteurs du monde scientifique n'ont manifestement pas toujours su se faire comprendre du grand public.

Premier acte : Les orbites des comètes.

À la suite de la révolution copernicienne, les lois du mouvement des planètes autour du Soleil sont établies par Johannes Kepler (1571–1630). Elles sont ensuite formalisées dans le cadre de la théorie de la gravitation universelle par Isaac Newton (1642–1727) qui montre qu'en première approximation, les comètes suivent des orbites paraboliques. L'utilisation systématique de cette nouvelle théorie permet à Edmond Halley (1656–1742) d'établir le premier catalogue d'orbites cométaires. Remarquant que les comètes de 1531, 1607 et 1682 ont des orbites similaires, il fait l'hypothèse qu'il s'agit du même objet qui revient tous les 76 ans environ et prédit son retour pour 1758. Mais la prédiction est encore imprécise, et l'astronome Jérôme Lalande (1732–1807) propose à Alexis Clairaut (1713–1765) de l'affiner. Il s'agit de s'attaquer au problème des trois corps, où il faut calculer les perturbations de l'orbite de la comète par les grosses planètes, Jupiter et Saturne. Deux siècles avant l'apparition des ordinateurs, c'est un travail titanesque ! Clairaut se fait aider par Nicole-Reine Lepaute (1723–1788), sans doute la première femme astronome-calculatrice. La comète est finalement retrouvée par un astronome amateur allemand le 25 décembre 1758 près de la position calculée. C'est le triomphe de la mécanique céleste.

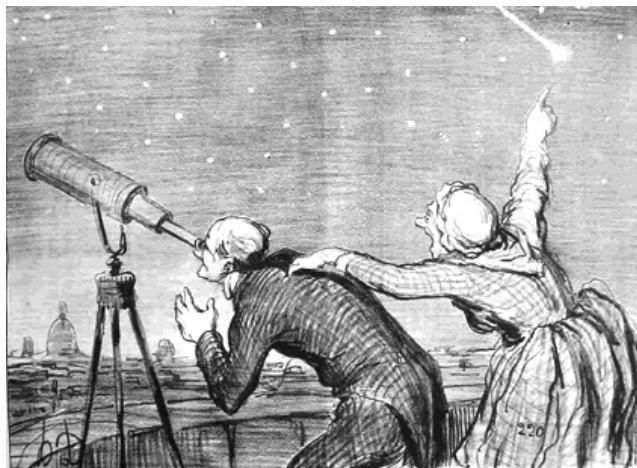
Maintenant que l'on sait qu'elles peuvent revenir et qu'il est possible de prédire leur retour, les comètes ont perdu une partie de leur mystère. Mais une nouvelle crainte est apparue : celle d'une collision d'une comète avec la Terre. Le scénario est toujours le même. Des astronomes annoncent le retour d'une comète et remarquent que les orbites de la Terre et de la comète se croisent. Le public prend connaissance de la nouvelle, habilement présentée par quelque publiciste peu scrupuleux, et crie à la collision, en oubliant qu'il ne suffit pas que les chemins de la Terre et de la comète se croisent pour qu'il y ait collision : encore faut-il que les deux corps s'y précipitent au même moment !

A TABLE OF THE ELEMENTS OF COMETS.

Comets A. D.	Ascending node			Inclin. of orbit			Perihelion			Perihelion distance from the sun	Equat. time of perihel.						
	o	′	″	o	′	″	o	′	″		D.	H.	′				
1337	π	24	21	0	32	11	0	♄	7	59	0	40666	June	2	6	25	retrog
1472	♄	11	46	20	5	20	0	♄	15	33	30	54273	Feb.	28	22	23	retrog
1531	♄	19	25	0	17	56	0	♄	1	39	0	56700	Aug.	24	21	18	retrog
1532	π	20	27	0	32	36	0	♄	21	7	0	50910	Oct.	19	22	12	direct
1556	♄	25	42	0	32	6	30	♄	8	50	0	46390	Apr.	21	20	3	direct
1577	♄	25	52	0	74	32	45	♄	9	22	0	18342	Oct.	26	18	45	retrog
1580	♄	18	57	20	64	40	0	♄	19	5	50	59628	Nov.	28	15	0	direct
1585	♄	7	42	30	6	4	0	♄	8	51	0	109358	Sept.	27	19	20	direct
1590	♄	15	30	40	29	40	40	♄	6	54	30	57661	Jan.	29	3	45	retrog
1596	♄	12	17	30	55	12	0	♄	18	16	0	51293	July	31	19	55	retrog
1607	♄	20	21	0	17	2	0	♄	2	16	0	58680	Oct.	16	3	50	retrog
1618	π	16	1	0	37	34	0	♄	2	14	0	37975	Oct.	29	12	23	direct
1652	π	28	10	0	79	28	0	♄	28	18	40	84750	Nov.	2	15	40	direct
1661	π	22	30	30	32	35	50	♄	25	58	40	44851	Jan.	16	23	41	direct
1664	π	21	14	0	21	18	30	♄	10	41	25	102575½	Nov.	24	11	52	retrog
1665	♄	18	2	0	76	5	0	π	11	54	30	10649	Apr.	14	5	15	retrog
1672	♄	27	30	30	83	22	10	♄	16	59	30	69739	Feb.	20	8	37	direct
1677	♄	26	49	10	79	3	15	♄	17	37	5	28059	Apr.	26	0	37	retrog
1680	♄	2	2	0	60	56	0	♄	22	39	30	00612½	Dec.	8	0	6	direct
1682	♄	21	16	30	17	56	0	♄	2	52	45	58328	Sept.	4	7	39	retrog
1683	♄	23	23	0	83	11	0	π	25	29	30	56020	July	3	2	50	retrog
1684	♄	28	15	0	65	48	40	♄	28	52	0	96015	May	29	10	16	direct
1686	♄	20	34	40	31	21	40	π	17	0	30	32500	Sept.	6	14	33	direct
1698	♄	27	44	15	11	46	0	♄	0	51	15	69129	Oct.	8	16	57	retrog

Table des orbites cométaires établie par Edmond Halley faisant apparaître les retours successifs de la comète nommée plus tard « comète de Halley ».

Plusieurs fois cette histoire s'est répétée ; nous n'en évoquons qu'une. En 1857, on attendait une comète, hypothétique retour d'une comète déjà vue en 1264 et 1556 (la « comète de Charles Quint »). L'événement fut largement annoncé et médiatisé, en particulier par l'astronome et académicien Jacques Babinet (1794–1872).⁴ Mais ce qui avait fait la gloire d'Edmond Halley ne s'est pas renouvelé : la comète ne se montre point ; les apparitions de 1264 et 1556 n'étaient pas dues à la même comète. Le caricaturiste Honoré Daumier (1808–1879) publia alors une célèbre série de dix dessins⁵ sur cette comète fictive, illustrant l'impact de ce non-événement sur l'homme de la rue et prenant Babinet comme tête de Turc.⁶ Ces caricatures sont injustes et infondées, Babinet s'étant toujours appliqué à dénoncer la peur des comètes et les rumeurs de fin du monde qu'on pouvait leur associer.



Dans cette caricature de Daumier, l'astronome Babinet s'obstine à guetter le retour de l'hypothétique « comète de Charles Quint » alors que la comète inattendue C/1858 L1 Donati brille de tous ses feux.

⁴ J. Babinet, « Bulletin scientifique, astronomie et météorologie », *Journal des Débats*, 26 février 1857, p. 3.

⁵ Parus du 4 au 25 mars 1857 dans le journal satirique *Le Charivari*.

⁶ O. Gingerich, « The Great Comet that never came », *Sky & Telescope*, février 1983, pp. 124-126.

Deuxième acte : La composition chimique des comètes.

L'avènement de la spectroscopie a été une importante percée scientifique au milieu du XIXe siècle. En permettant de déduire la composition chimique des corps célestes à partir de l'analyse spectrale de leur lumière elle a marqué les débuts de l'astrophysique. Il n'était pas alors encore possible d'identifier précisément les molécules, mais la comparaison directe du spectre du corps céleste et de celui de composés chimiques de référence permettait de se faire une idée de sa nature chimique. L'application de ces méthodes à la comète Tempel de 1864, puis aux grandes comètes de la fin du XIXe siècle, met en évidence la présence de substances carbonées. Horreur ! Elles contiennent deux substances hautement toxiques, du cyanogène et du monoxyde de carbone !

Il s'en suit la peur d'un empoisonnement par les gaz délétères relâchés par les comètes, si par malheur la chevelure cométaire venait à se mêler à l'atmosphère terrestre. Un choc direct n'est plus nécessaire pour provoquer une catastrophe. Il suffit que la Terre traverse la queue de la comète. L'extrême ténuité des atmosphères cométaires est ici oubliée.



Quelques titres de journaux en mai 1910 lors du passage de la Terre dans la queue de la comète de Halley.

Ainsi, lors du retour de la comète de Halley en 1910, la Terre a traversé la queue de la comète la nuit du 18 mai. Camille Flammarion a eu alors un rôle équivoque.⁷ Les circonstances rappelaient ce qu'il avait déjà évoqué quelques années auparavant dans son roman *La Fin du monde*.⁸ Les conférences publiques de Flammarion ont alors attiré des milliers de personnes, et il peina à démentir ses déclarations alarmistes, reprises par des journalistes toujours à l'affût du sensationnel.⁹ Comme un membre du Bureau des longitudes (resté anonyme) l'a alors annoncé : « La comète ? Elle est cause que le public nous fait dire bien des bêtises ! »¹⁰ (Cette affirmation reste valable aujourd'hui, alors que les scientifiques sont pressés par les journalistes de commenter à chaud des observations non encore validées ou les derniers résultats de leurs collègues.)

Un avatar moderne de cette contamination chimique est la peur d'une contamination biologique. Les comètes ne seraient-elles pas vecteur de maladies, en nous apportant virus ou bactéries ? L'astronome britannique Fred Hoyle (1915–2001), célèbre pour ses théories non conventionnelles, mais aussi pour ses écrits de science-fiction, n'a pas hésité à rendre les comètes responsables des grandes épidémies de notre temps, comme la grippe asiatique en 1918, le sida, la maladie de la vache folle...

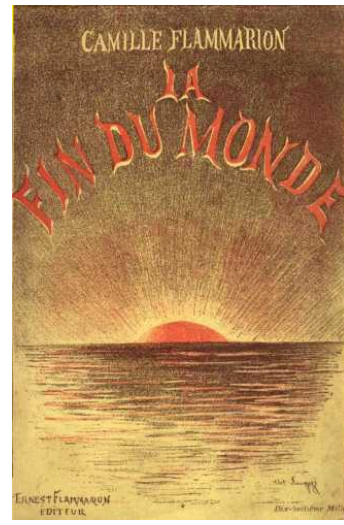
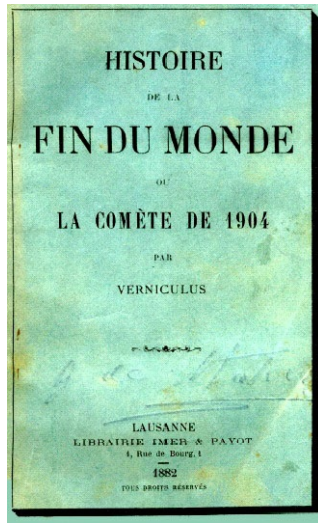
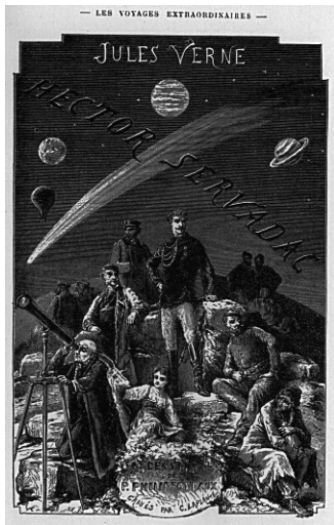
⁷ C. Flammarion, « Rencontre probable de la comète de Halley avec la Terre », *Bull. Soc. Astronomique de France*, janvier 1910, **24**, pp. 27-31.

⁸ Voir plus loin.

⁹ P. de la Cotardière & P. Fuentes, *Camille Flammarion*, Paris, Flammarion, 1994.

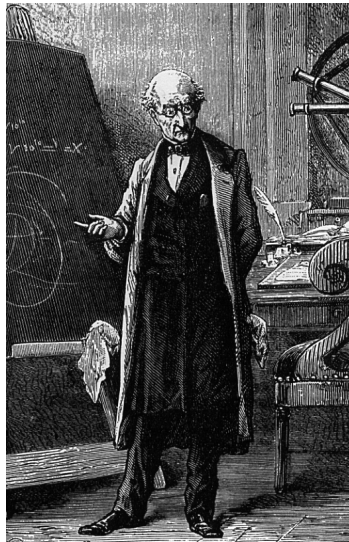
¹⁰ « La comète, effet manqué », *Le Figaro*, 19 mai 1910, pp. 3-4.

Les romans (et films) catastrophes.



Romans catastrophes mettant en scène des comètes : *Hector Servadac* (Jules Verne, 1877) ; *Histoire de la fin du monde* (Verniculus, 1882) ; *La Fin du Monde* (Camille Flammarion, 1894).

C'est dans ce double contexte que les romans catastrophes mettant en scène des comètes sont apparus à la fin du XIXe et au début du XXe siècle, suivis des inévitables films catastrophes. Nous n'en citerons que quelques-uns.



Dans *Hector Servadac* (1877) Jules Verne campe l'astronome Palmyrin Rosette, qui parcourt le Système solaire sur une comète, un parcours qui anticipe celui que fera la bien réelle sonde Rosetta.

En 1877, Jules Verne publie son roman *Hector Servadac*.¹¹ Une comète frôle la Terre et en emporte un fragment avec ses habitants. C'est l'astuce trouvée par Jules Verne pour nous faire explorer avec eux le Système solaire, le canon de *De la Terre à la Lune*¹² ne pouvant remplir cette mission. C'est, un siècle avant, faire un voyage semblable à celui des sondes Voyager de la NASA.

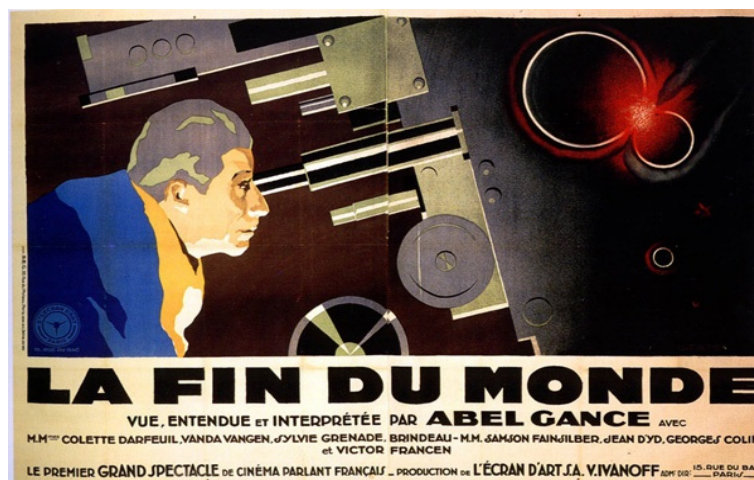
¹¹ J. Verne, *Hector Servadac, voyages et aventures à travers le monde solaire*, Paris, Hetzel, 1877. Le titre provisoire était *La Comète*.

¹² J. Verne, *De la Terre à la Lune, trajet direct en 97 heures 20 minutes*, Paris, Hetzel, 1865.

Il est remarquable que l'astronome Palmyrin Rosette, qui met le pied sur une comète dans la fiction de Jules Verne, et Rosetta, la très réelle sonde spatiale exploratrice de comète, portent le même nom. Mais c'est une coïncidence purement fortuite.

En 1882 paraît l' *Histoire de la fin du monde*,¹³ signée par un certain Verniculus. Nul ne sait qui se cachait derrière ce pseudonyme choisi en hommage à Jules Verne, sinon qu'il était suisse. Dans cette farce rocambolesque, le méthane de l'atmosphère de la comète, se mélangeant à l'oxygène de l'air terrestre, fait craindre un cataclysmique coup de grisou. Une commission scientifique internationale (présidée par Jules Verne !) analyse la situation et fait prendre des précautions draconiennes pour éviter toute étincelle. Mais tout sautera par la faute d'un général russe poursuivant des terroristes nihilistes qui eux-mêmes voulaient provoquer un suicide collectif.

En 1894, Camille Flammarion publie *La Fin du monde*.¹⁴ C'est un autre conte philosophique où la sagesse des nations fait appel en vain aux compétences des experts scientifiques internationaux pour faire face à la menace d'une comète. Cette fois-ci, ce sont les gaz délétères de l'astre chevelu qui risquent d'asphyxier l'humanité. Le cinéaste Abel Gance s'en est inspiré pour réaliser en 1931 sa propre *Fin du monde*¹⁵. Dans cette vaste fresque évangélique, Gance évoque l'espoir utopique de la Société des Nations, en laquelle il avait beaucoup de confiance. Film catastrophique autant que film catastrophe,¹⁶ il ruina son producteur et ne sortira qu'en version raccourcie. « Film exécration, sujet invraisemblable » a déclaré Gance vers la fin de sa vie après avoir revu son film.



Affiche de *La Fin du Monde*, film d'Abel Gance (1931) inspiré du roman *La Fin du Monde* de Camille Flammarion.

Publiée en 1897, *The Great Crellin Comet*¹⁷ est une nouvelle du britannique George Griffith (1857–1906). Cet écrivain, qui fut également globe-trotter et grand reporter et dont la carrière s'inscrit entre celles de Jules Verne et de H. G. Wells, reste inconnu des lecteurs francophones, car jamais traduit en français.¹⁸ Encore une fois dans cette œuvre, un astronome – ici ce n'est pas un amateur ni un professionnel institutionnel, mais un privé (il est employé par un riche mécène) – découvre une comète qui menace de percuter la Terre. Grand admirateur de Jules Verne, Griffith imagine une réplique du canon de *De la Terre à la Lune* qui tire sur la comète un

¹³ Verniculus, *Histoire de la fin du monde, ou la comète de 1904*, Lausanne, Librairie Imer et Payot, 1882.

¹⁴ C. Flammarion, *La Fin du monde*, Paris, Ernest Flammarion éditeur, 1894.

¹⁵ A. Gance, *La Fin du monde*, (film N&B, 1h29), 1931.

¹⁶ R. Icart, Abel Gance, ou le Prométhée foudroyé, Lausanne, Editions l'Âge d'Homme, 1983.

¹⁷ G. Griffith, « The Great Crellin Comet », *Pearson's Weekly*, Christmas Number, 1897. Réédité dans le recueil de nouvelles *Gambles with Destiny* (Londres, F. V. White and Co., 1899) et réemployé dans le roman posthume *The World Peril of 1910* (Londres, F. V. White and Co., 1907).

¹⁸ Vérification faite dans le catalogue de la BNF.

obus explosif et la détruit quelques dizaines de secondes seulement avant la collision attendue avec la Terre.



L'écrivain et grand reporter George Griffith (1857-1906),
auteur de *The Great Crellin Comet* (1897).

La trame de *The Great Crellin Comet* est reprise dans les scénarios de nombre de films-catastrophes actuels.¹⁹ Le canon y est remplacé par des vaisseaux spatiaux (dont bien souvent, l'équipage est sacrifié) et l'obus par des bombes nucléaires. La comète peut être un astéroïde, une météorite, un météore... on ne s'embarrasse guère de ces détails. Il faut surtout voir dans ces films l'action, le suspense et la surenchère des effets spéciaux... à moins que l'on ne se pique au petit jeu de l'évaluation de la vraisemblance scientifique du scénario,²⁰ souvent très décevante, bien que les réalisateurs de certains de ces films se soient parfois assurés de la collaboration d'experts scientifiques réputés.

L'exploration des comètes aujourd'hui et demain.

Pourquoi explorer les comètes ?

Les comètes restent au cœur des questions qui interpellent l'honnête homme d'aujourd'hui.²¹ Quelles sont nos origines ? celle du Système solaire ? de l'eau terrestre ? de la vie ? Sans surprise, les programmes d'étude des comètes gardent toujours une haute priorité parmi les scientifiques. Leur facile médiatisation leur assure un accueil relativement bienveillant auprès des décideurs qui doivent les financer.

Svante Arrhenius (1859–1927) au début du XXe siècle, plus récemment Fred Hoyle et ses collaborateurs, se sont faits les ardents défenseurs d'une vie sinon apparue sur les comètes, du moins transmise par leur intermédiaire. C'est la théorie de la panspermie.²² Une hypothèse difficile

¹⁹ En vrac : *Meteor* (réalisé par R. Neame en 1979) ; *Armageddon* (M. Bay, 1998) ; *Deep Impact* (M. Leder, 1998) ; *Meteor Storm* (T. Takacs, 2010) ; *Meteor Apocalypse* (M. Rutare, 2010) et leurs multiples semblables...

²⁰ À la manière de Roland Lehoucq dans *SF : la science mène l'enquête* (Paris, Le Pommier, 2011) et *La SF sous les feux de la science* (Paris, Le Pommier, 2012).

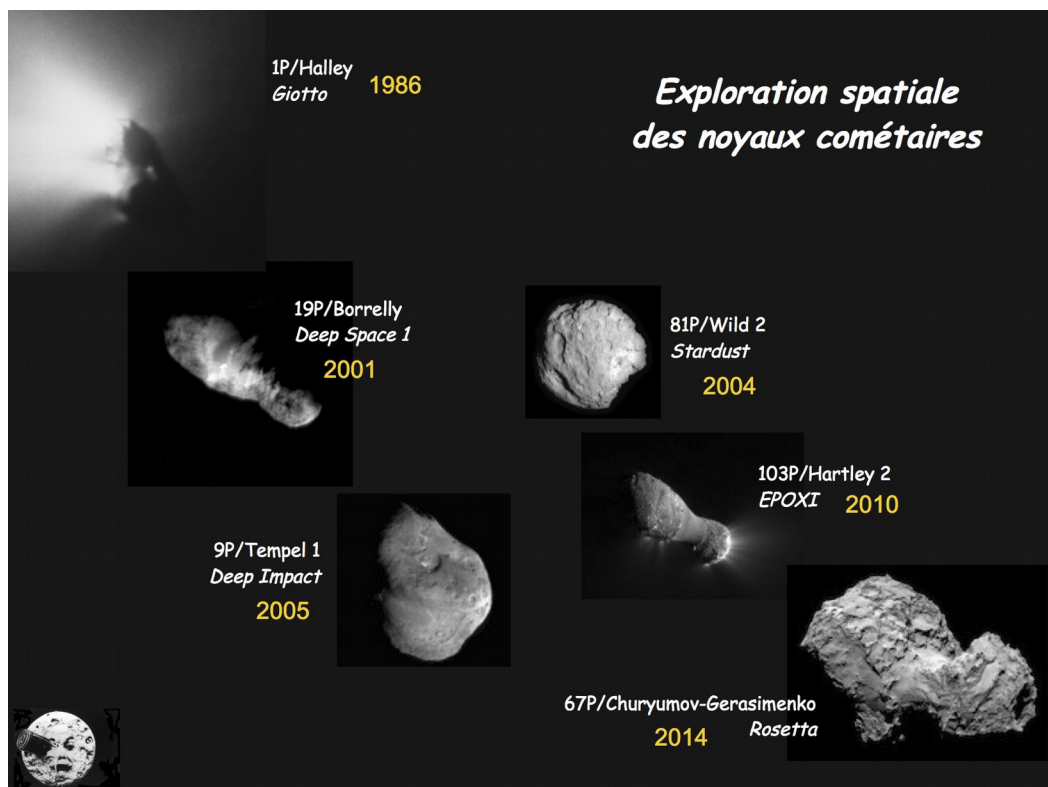
²¹ J. Crovisier & T. Encrenaz, *Les Comètes, témoins de l'origine du Système solaire*, Paris, Belin/CNRS éditions, 1995.

²² Sur cet aspect historique, voir F. Raulin Cerceau & B. Bilodeau, *Les Origines de la vie – histoire des idées*, Paris, Ellipses, 2009.

à défendre de nos jours : absence d'eau liquide dans les comètes, conditions de survie très difficiles en raison des conditions hostiles de température et d'exposition aux radiations... Il n'en reste pas moins vrai que les comètes sont des réservoirs de molécules organiques plus ou moins complexes, et que leur bombardement sur la Terre primitive a pu apporter des ingrédients précieux pour favoriser l'apparition de la vie. Et leur rôle possible dans l'origine de l'eau terrestre est à préciser, si l'on veut cerner les conditions d'apparition de la vie sur notre planète.

L'exploration spatiale des comètes.

Dépassant les observations passives à distance, plusieurs comètes ont été approchées récemment par des sondes spatiales. La route a été ouverte en 1986 avec l'approche de la comète de Halley par pas moins de cinq sondes spatiales. Elles ont démontré la réalité d'un noyau solide, mais ont battu en brèche le modèle, jusqu'alors archétypal, de la « boule de neige sale » en établissant que les noyaux cométaires étaient les objets les plus noirs du Système solaire.



Les noyaux cométaires explorés par des sondes spatiales.

Le 2 janvier 2004, la sonde Stardust a traversé la chevelure de la comète 81P/Wild 2, prélevant au passage de précieuses particules de poussière cométaire et les rapportant sur Terre. Bien sûr, ces grains ne sont pas de la matière cométaire intacte : seule leur composante réfractaire a pu résister au voyage, alors que les molécules organiques sont altérées ou disparues, et que la composante volatile, qui est tout de même ce qui distingue les comètes des autres petits corps, n'est pas conservée. Mais on a pu constater qu'ils étaient de même nature que les micrométéorites récoltées dans la stratosphère terrestre, ou que ceux qui nous parviennent sous la forme d'étoiles filantes.

Le 4 juillet 2005, la NASA a mené une expérience active avec la sonde Deep Impact en envoyant un projectile de 500 kg percuter à la vitesse de 10 km/s le noyau de la comète 9P/Tempel 1 et en observant les effets. Alors que cette année-là on célébrait le centenaire de la mort de Jules Verne, on peut noter que cette entreprise était une réplique fidèle de la version

d'origine de l'expérience proposée par le Gun Club de Baltimore dans *De la Terre à la Lune*, avant que le personnage Michel Ardan n'insiste pour que le boulet soit habité !

Le voyage extraordinaire de la sonde Rosetta.

Cette énumération n'est pas exhaustive. Pour toutes ces missions, les sondes croisaient à grande vitesse le noyau de la comète. Ce n'étaient que des survols ne procurant que quelques heures d'observations utiles passées au voisinage de la comète. Une nouvelle étape a été franchie avec la sonde Rosetta de l'Agence spatiale européenne. Cette sonde, lancée en 2004, s'est mise en orbite autour de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko au cours de l'été 2014 pour l'étudier à loisir. En novembre 2014, elle devait déposer une petite station exploratrice (baptisée Philae) à la surface de son noyau.²³ La sonde elle-même doit poursuivre l'exploration de la comète pendant au moins un an et demi, l'accompagnant à son périhélie (août 2015) et au delà, permettant le suivi de l'évolution de son activité.



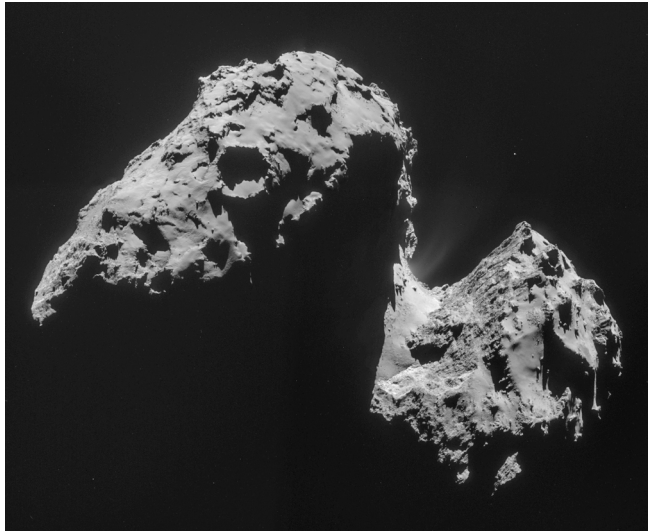
La sonde Rosetta.

Les limites de Rosetta.

La comète explorée par Rosetta s'annonçait être une comète toute banale, puisée dans le catalogue des quelques centaines de petites comètes à courte période que nous connaissons. Mais dès les premières images, elle s'est révélée être un corps d'une extraordinaire complexité.²⁴ Loin de l'image attendue d'un corps plus ou moins sphéroïdal constellé de cratères, on découvre deux grosses masses reliées par une sorte de col, des régions plates et lisses, d'autres avec des falaises et des failles, des galets et rochers de toutes tailles, des trous, voire des cavernes. Face à une telle situation, l'exploration du noyau d'une telle comète par un seul atterrisseur, dépourvu de possibilité de déplacement, est une gageure. Nous sommes dans la situation d'un *alien* qui, voulant explorer notre Terre, s'en est approché, se rend compte de la diversité de sa surface, mais ne dispose que d'un unique engin de reconnaissance qu'il doit parachuter sur son sol. Mais quel site choisir ? La terre ferme ou l'océan ? Le désert ou la forêt ? Les glaciers polaires ou les zones tropicales ?

²³ Philae a été déployé le 12 novembre, mais son mécanisme d'arrimage ne fonctionne pas. Il ricoche et s'immobilise après deux rebonds sur un site éloigné de celui prévu, où le faible ensoleillement ne lui permet pas de recharger ses batteries. Leur charge initiale permet cependant à Philae d'effectuer en deux jours et demi l'essentiel de son programme d'exploration.

²⁴ Voir http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Rosetta consulté le 30 octobre 2014
<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/11305-rosetta-rendez-vous-avec-la-comete-churyumov-gerasimenko.php> consulté le 30 octobre 2014.



Le noyau de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko vu par Rosetta le 17 novembre 2014 à 42 km de distance. Sa taille est d'environ 4 X 3 km. © ESA/Rosetta/NAVCAM

De telles explorations robotisées sont-elles suffisantes pour dévoiler tous les mystères des comètes ? L'atterrisseur de Rosetta n'a droit qu'à un seul essai et ne peut explorer qu'un seul site de cette surface cométaire qui apparaît si diversifiée. On se doute qu'à la surface du noyau, la matière a fortement évolué en raison de sa longue exposition au rayonnement solaire et aux rayons cosmiques, et que c'est sous cette croûte qu'il faut rechercher la matière réellement primitive de la comète. L'atterrisseur est bien équipé d'une foreuse, mais qui ne peut creuser que quelques centimètres sous la surface... Le délicat retour d'un échantillon prélevé sur un noyau cométaire, qui pourra être analysé en détail dans nos laboratoires terrestres, s'avère sans doute indispensable.



La surface de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko observée à 40 m de distance par l'atterrisseur Philae juste avant son premier contact avec le sol. Des débris de toutes tailles sont présents, le gros bloc en haut à gauche ayant une dimension de 5 m. © ESA/Rosetta/Philae/ROLIS/DLR

Vers un retour d'échantillon.

L'une des premières versions imaginées pour Rosetta, la Comet Nucleus Sample Return, mission envisagée en 1986, comprenait en fait un tel retour d'échantillon. Elle a été abandonnée

pour des raisons de difficultés techniques, de coût, et surtout parce qu'il semblait peu raisonnable de brûler les étapes en envoyant directement une telle mission sur un objet encore si mal connu. La mission Triple F²⁵ (« Fresh From the Freezer », que l'on pourrait traduire par « directement sorti du frigo ») a été récemment proposée (en 2007) à l'Agence spatiale européenne, mais n'a pas été sélectionnée, toujours en raison de sa difficulté technique.



Un projet de retour d'échantillon cométaire : Triple F.

Plus faciles sont les missions de retour d'échantillons prélevés sur des astéroïdes, car ces corps sans activité offrent un environnement moins hostile, et la conservation d'échantillons dépourvus de glace est plus aisée. En 2005, une mission japonaise, Hayabusa, a ainsi effectué des prélèvements sur le petit astéroïde (25143) Itokawa, les ramenant sur Terre en 2010 ; d'autres missions sont en préparation ou en cours de réalisation.²⁶

Limites d'une exploration ponctuelle : la diversité des comètes.

Selon une opinion de Kepler rapportée par Arago, « les comètes sont dans le ciel en aussi grand nombre que les poissons dans l'Océan ».²⁷ Nous savons maintenant que ce grand nombre d'objets renferme une importante diversité de taille, forme, composition, probablement liée à des sites de formation différents et des évolutions différentes... Les coûteuses expéditions spatiales ne nous permettront d'explorer qu'un tout petit nombre de ces objets. Ces explorations ponctuelles doivent donc être complétées par des études menées avec des moyens plus traditionnels, portant sur l'ensemble de la population cométaire ; des études plus frustes, assurément, mais systématiques. Comme dans bien d'autre disciplines scientifiques, les progrès en astronomie ne peuvent pas provenir seulement de résultats ponctuels spectaculaires à la faveur d'une percée technologique et d'un financement occasionnel, mais procèdent aussi par l'accumulation patiente, austère et peu gratifiante à court terme d'observations qui viendront garnir des bases de données.

Fort heureusement, une autre forme d'exploration des comètes est celle menée bénévolement par les astronomes amateurs. Ceux-ci ont en grande partie perdu le rôle de découvreurs de comètes qu'ils avaient autrefois. Aujourd'hui, la plupart des comètes sont

²⁵ M. Küppers et al., « Triple F – a comet nucleus sample return mission », *Experimental Astronomy*, n° 23, 2009, pp. 809-847).

²⁶ Comme la mission OSIRIS-REx qui devrait être lancée par la NASA en 2016 vers l'astéroïde (101955) Bennu, la nouvelle mission japonaise Hayabusa-2 lancée le 3 décembre 2014, ou la mission Marco Polo proposée à l'Agence spatiale européenne.

²⁷ F. Arago, *Astronomie populaire*, Paris, 1858, Vol. 2, p. 275.

découvertes par des robots – des télescopes automatisés couplés à des systèmes experts d'analyse d'images – qui explorent systématiquement le ciel à la recherche d'astéroïdes et de comètes. Seules quelques-unes le sont encore par des astronomes amateurs expérimentés et chanceux. Mais les amateurs ont la possibilité, même avec des instruments modestes, de suivre l'évolution de l'activité des comètes, une évolution souvent fantasque et imprévisible, alors que les professionnels, avec leurs instruments plus performants mais peu disponibles, n'ont pas le loisir de le faire.

Évaluer les risques et les dangers d'une collision.



Deux catastrophes en Sibérie : l'événement de la Toungouska le 30 juin 1908 (à gauche) et les météorites de Tchéliabinsk le 15 février 2013 (à droite).

Outre la présence de cratères d'impact, cicatrices des heurts cosmiques du passé, une actualité plus immédiate nous rappelle la réalité des collisions. L'événement de la Toungouska, le 30 juin 1908, dans une zone désertique de la Sibérie, avait dévasté des kilomètres carrés de toundra, mais on ne s'en rendra compte que bien des années plus tard. Celui du 15 février 2013 a été plus spectaculaire et aussitôt médiatisé : un bolide est passé dans le ciel de l'Oural, suivi d'une chute de météorites. L'onde de choc a fait voler en éclats les vitres de la ville de Tcheliabinsk, blessant des centaines d'habitants.

Face à ces dangers, un autre travail d'exploration s'impose : le recensement des objets dangereux pour en évaluer le risque.²⁸ C'est une étape nécessaire préalable à toute mesure de protection ou de diversion. Si les catalogues des astronomes ne renferment que deux à trois mille comètes, on a recensé plus d'un demi-million d'astéroïdes, dont un peu plus de 10 000 astéroïdes géocroiseurs potentiellement dangereux pour la Terre. Les comètes, moins nombreuses, seraient-elles moins dangereuses. ? Ce n'est pas certain, car des comètes à longue période, non prévisibles, pourraient nous menacer avec un préavis trop court pour mettre en œuvre des mesures palliatives. Alors qu'un programme de recherche d'astéroïdes bien mené – plusieurs sont actuellement en cours – pourrait faire l'inventaire complet des objets dangereux de grande taille. Faut-il donc avoir encore peur des comètes ? d'une comète qui nous frapperait sans prévenir ? Il nous reste à imaginer des instruments capables d'explorer les comètes lointaines.

²⁸ M. Gounelle, *Météorites, à la recherche de nos origines*, Paris, Flammarion, 2013.