Les comètes

Luberon Sud Astro
Patrick Sogorb
02/06/2023

Depuis toujours, on a pu observer de temps en temps l'apparition éphémère d’astres vus généralement sous forme d’une tache brillante suivie d’une ou plusieurs queues. On peut observer que par rapport aux étoiles, leurs mouvements sont assez facilement perceptibles car d’un jour à l’autre ils ne sont plus visibles à la même place. Ces apparitions sont brèves, de l’ordre de quelques jours à quelques semaines et sont relativement rares, car en moyenne il n’y a qu’une comète visible à l'œil nu tous les 5 à 10 ans et une comète réellement spectaculaire tous les 30 à 50 ans.

Comète de Halley représentée sur une tapisserie de Bayeux (XIeme siècle).

Les apparitions non prévues, brèves et parfois spectaculaires des comètes, font que les astrologues s’en sont souvent servit pour annoncer des événements généralement malheureux.

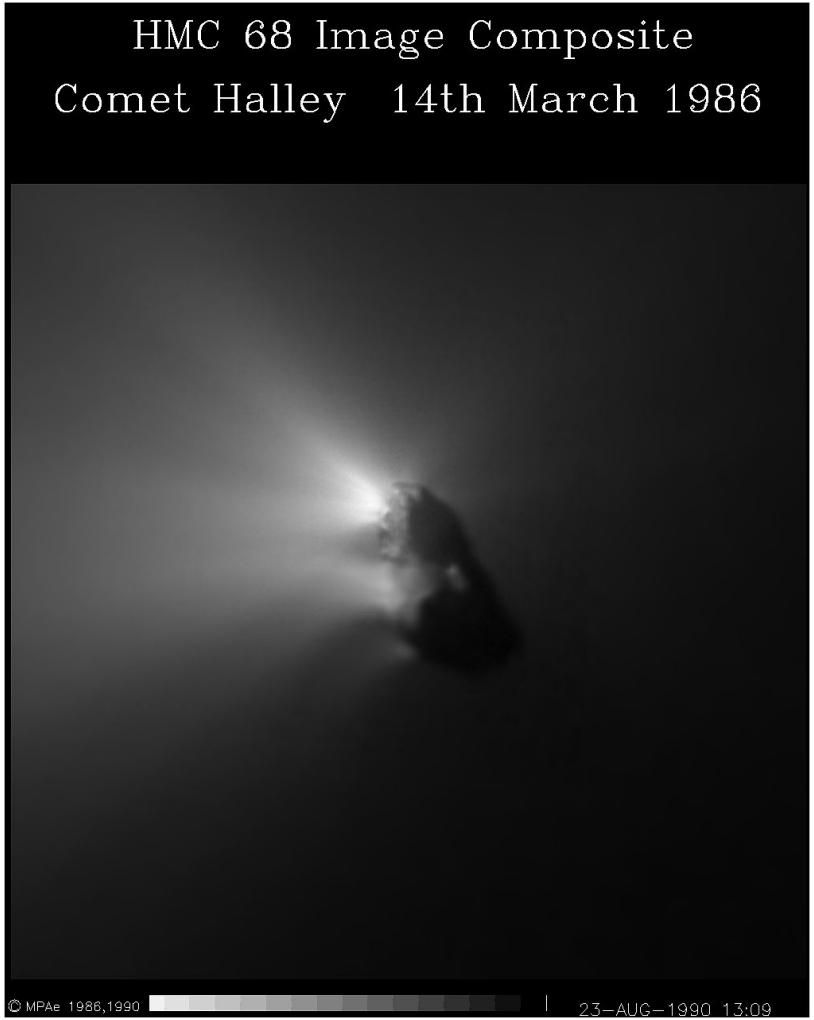
Le nom comète vient d’une expression du grec ancien qui signifie “astre chevelu”.

La comète est composée d’un noyau, lui-même entouré par la coma, un sorte d'atmosphère sphérique autour du noyau, et de une ou plusieurs queues. On trouve cependant couramment deux queues principales: une queue de poussières, généralement blanche ou jaunâtre et une queue de gaz (ou queue d’ions) bleutée.

Le noyau de la comète est un corps dont la taille est typiquement de l'ordre de quelques kilomètres, même si certaines plus rares se comptent en dizaines de kilomètres.

La spécificité des comètes vient du fait que le noyau contient beaucoup d'éléments légers et volatiles tels que de l'eau (majoritairement), du monoxyde et dioxyde de carbone, du méthane, de l'ammoniac… Certains composés sont relativement complexes comme le cyano-acétylène (HC3N) ou l'éthylène glycol (HO-CH2-CH2-OH). A ces éléments légers s'additionne aussi une proportion variable plus faible d'éléments minéraux et même métalliques.

Une image souvent utilisée les noyaux de comètes et la boule de neige sale. Cette comparaison illustre aussi le fait que ces corps sont peu denses, manquent de cohésion et ne sont donc pas très solides.



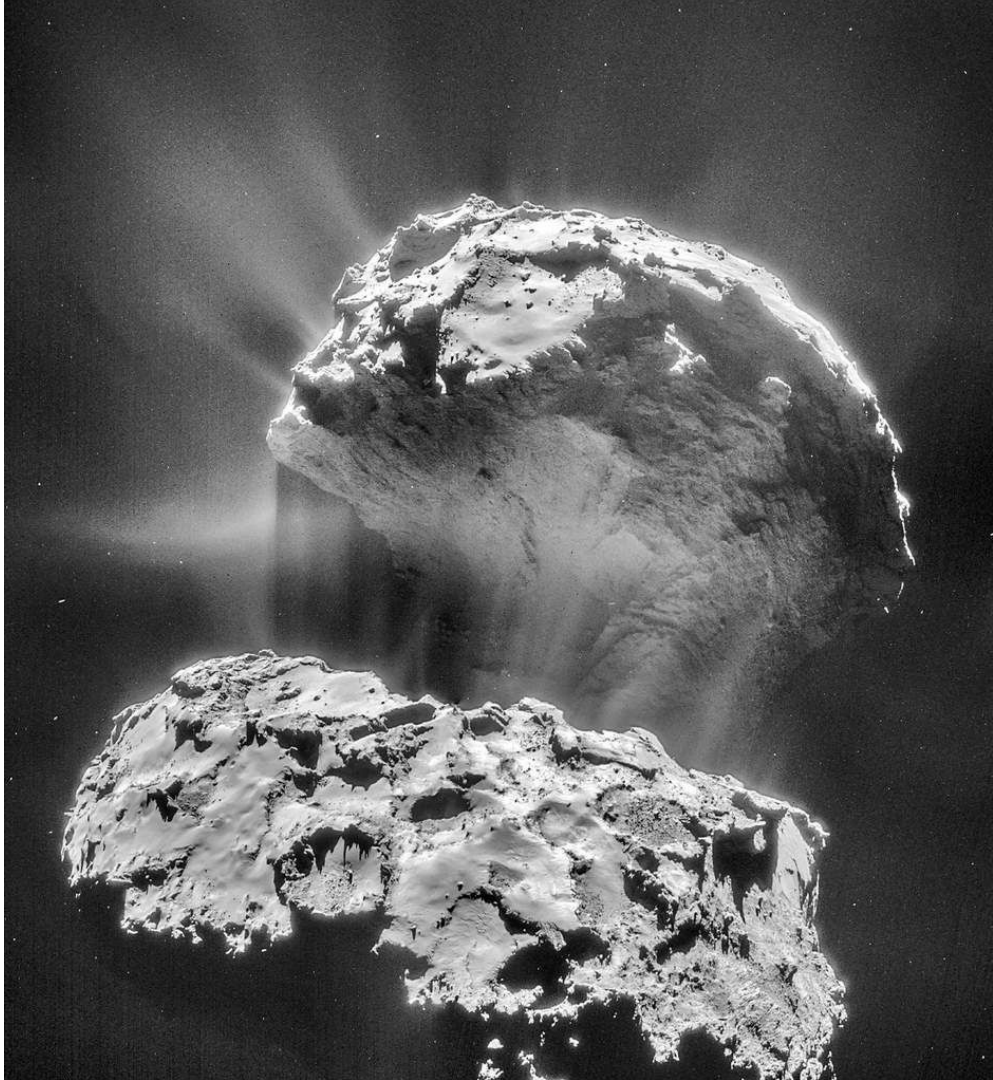
L’activité cométaire

Loin du Soleil, les comètes sont des astres ne présentant aucune activité et sont alors très semblables à des astéroïdes.

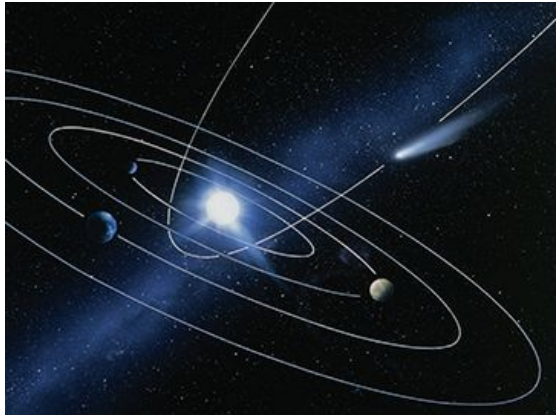
Lorsque les comètes s’approchent du Soleil, le rayonnement solaire les chauffe. Les éléments volatils dont elles sont composées se subliment (passage de l’ état solide à l’état gazeux) formant des jets de vapeurs qui alimentent l'atmosphère provisoire de la comète que l’on nomme la coma.

Les comètes sont donc des astres qui voient leurs compositions changer. Les comètes s’usent et petit à petit deviennent de plus en plus sèches. Finalement, il ne restera que les éléments non volatils et les comètes deviennent des astéroïdes.

Quand une comète montre une activité, c’est donc nécessairement un astre neuf et dont l’activité n’existe que depuis peu de temps (à l’échelle de la durée du vie du système solaire).



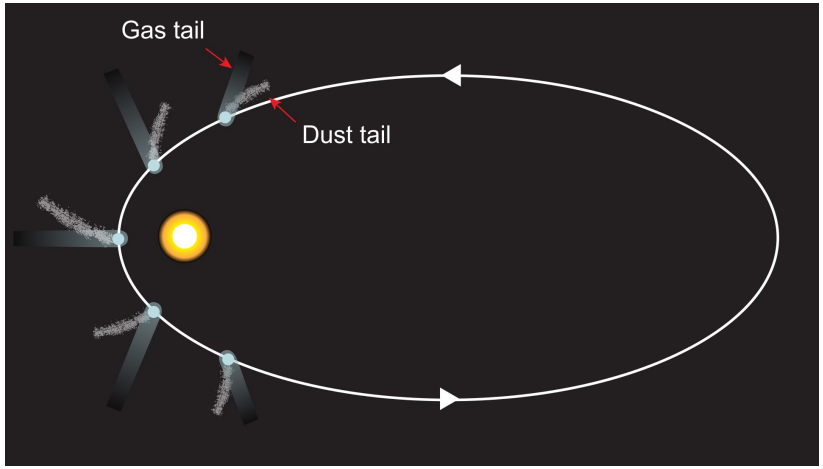
Les orbites des comètes



Les comètes ont une spécificité: elles ont une forte excentricité et une forte inclinaison. Les périodes orbitales vont de quelques années à plusieurs milliers d'années. Elles passent donc la majeure partie du temps loin du Soleil. Lorsqu'elles passent au périhélie, leurs vitesses augmentent fortement.

Les comètes séjournent dans le système solaire externe (et même parfois beaucoup plus loin) et leur passage dans le système solaire interne est par contre très bref.

Les éléments les plus légers de la coma sont soufflés par le rayonnement solaire et se trouvent directement à l'opposé du Soleil. Les éléments minéraux, plus lourds, sont moins dirigés par le rayonnement solaire et sont aussi influencés par l'orbite de la comète. On trouve donc une sorte de tri par la masse de particules, donnant ainsi parfois plusieurs queues à une comète.

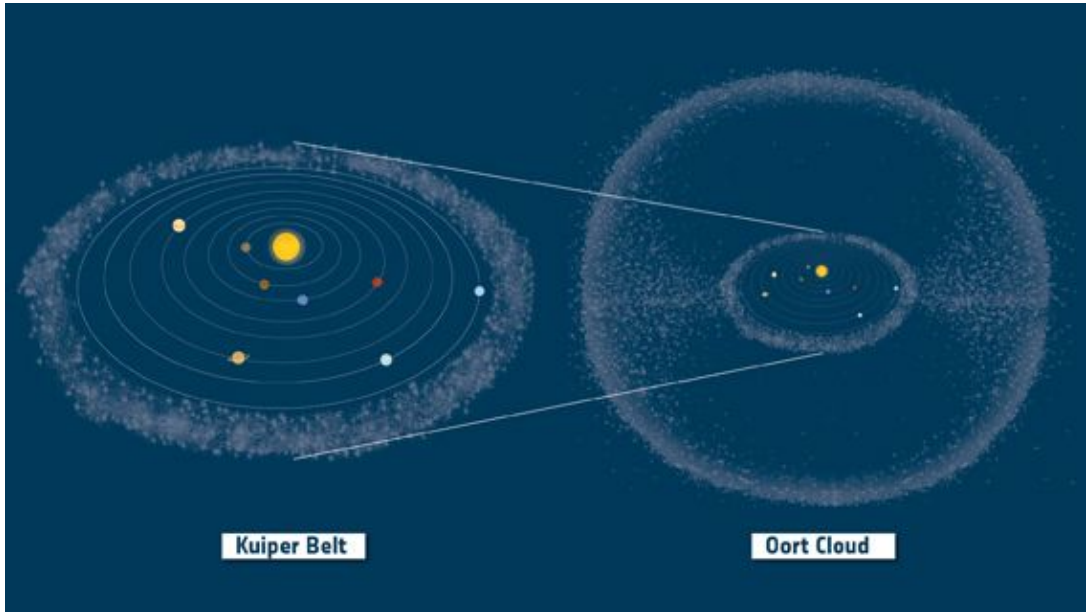


Les orbites des comètes

L’analyse des orbites des comètes montre que la plupart du temps, l’aphélie se situe au niveau de la ceinture de Kuiper ou même beaucoup plus loin, au niveau du nuage de Oort.

Avant la phase “comètes” ces corps glacés sont restés loin du Soleil et conservent donc tous leurs éléments volatils. Ces noyaux de comètes ont une composition inchangée depuis la naissance du système solaire.

Mais une perturbation peut changer l’orbite d’un corps (collision, résonance avec une planète, passage d’une étoile…) et il peut alors chuter vers le système solaire interne et devenir une comète lors de son passage près du Soleil.



La ceinture de Kuiper et le nuage de Oort sont donc des réservoirs à comètes et en abrite plusieurs millions.

Les orbites des comètes

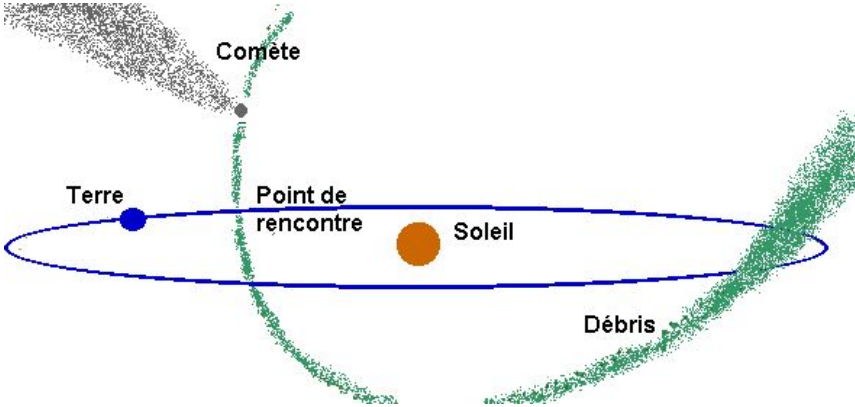
Mais les orbites des comètes ne sont pas stables, car leurs fortes excentricités les conduisent à croiser souvent les orbites des planètes, ce qui perturbe leurs trajectoires. D’autre part, les effets des dégazages lors des périhélies donnent parfois des effets non gravitationnels non symétriques, qui conduisent aussi à des changements orbitaux.

Il en résulte notamment le fait que la période orbitale d’une comète peut changer parfois assez rapidement

Comètes et étoiles filantes

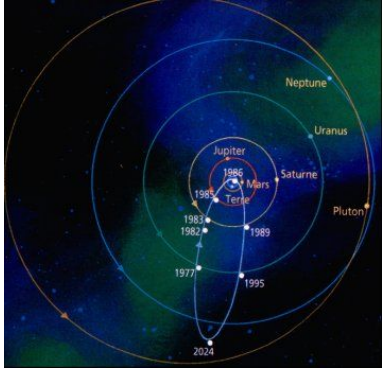
Au fur et à mesure de la sublimation des comètes, des petits morceaux minéraux se détachent. Ils se répartissent ensuite tout le long de l'orbite, même si leur densité est plus forte proche de la comète.

Et quand la Terre coupe l'orbite d'une comète, alors ces poussières peuvent chuter dans l'atmosphère en donnant des pluies d'étoiles filantes. Si certains essaims d'étoiles filantes n'ont pas pu être rattachés à une comète, pour d'autres au contraire, le corps générateur est parfaitement connu.



Pluie	Date	Nombre par heure	Comète d'origine
Quadrantides	3 janvier	40	-
Lyrides	22 avril	15	Comète de Thatcher
Êta Aquarides	5 mai	20	Comète de Halley
Delta Aquarides	28 Juillet	20	-
Perséides	12 août	50	Comète de Swift-Tuttle
Orionides	22 octobre	25	Comète de Halley
Taurides	3 novembre	15	Comète de Encke
Léonides	17 novembre	15	Comète de Temple-Tuttle
Géminides	14 décembre	50	Astéroïde 3200 Phaethon
Ursides	23 décembre	20	Comète de Tuttle

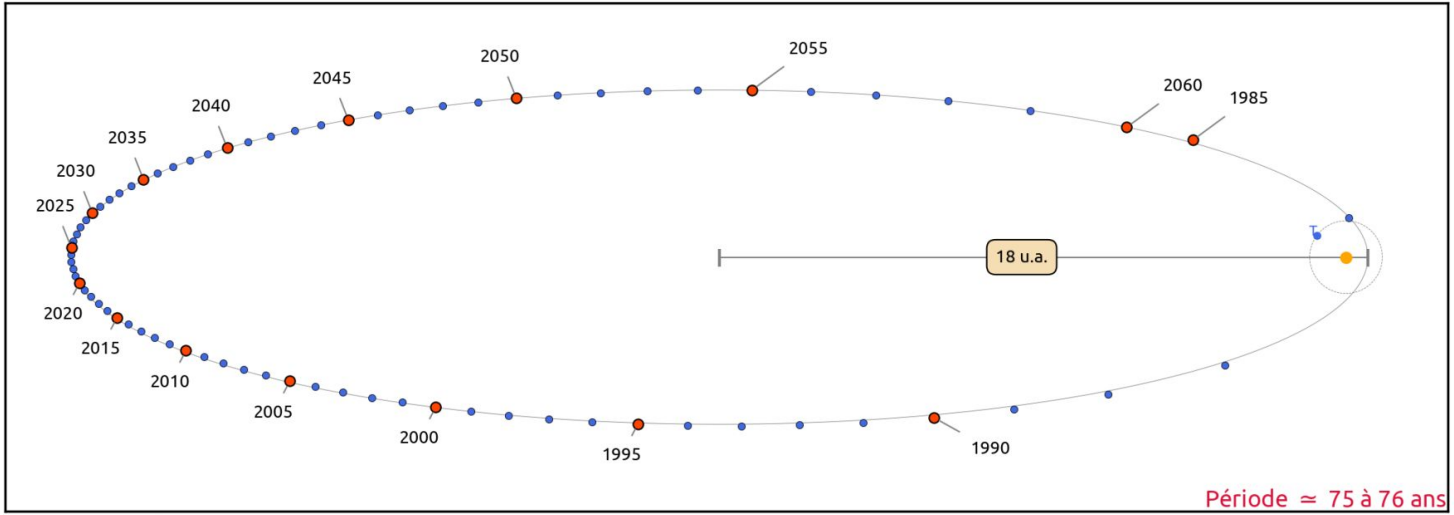
Les comètes historiques



1P/Halley: de nombreux témoignages historiques remontant jusqu'en 239 av J-C, par les observateurs chinois. Edmond Halley fut le premier à prévoir le retour de cette comète et elle fut effectivement ré-observée en 1758. La période est de 76 ans et elle fut la première à être photographiée in-situ par une sonde en 1986 par la sonde européenne Giotto. On peut noter un passage de la comète particulièrement spectaculaire en 1910, (alors que le dernier passage en 1986 était plus décevant). Mais attention à ne pas confondre avec une autre comète C/1910 A1 qui a aussi eu un passage très spectaculaire la même année car visible à l'œil nu en plein jour.

Les comètes historiques

Position de la comète de Halley (1985 - 2060)



D. Alberto (www.astrolabe-science.fr)

1P/Halley est la comète la plus connue, car taille, sa composition et la configuration de son orbite font que ses passages sont particulièrement spectaculaires. Généralement de magnitude 0 ou 1, certains passages ont pu montrer des magnitudes jusqu'à -3.

1P/Halley

La comète de Halley, photographiée le 8 mars 1986 par Porto W. Liller à l'île de Pâques.

Établi sur 7 428 observations couvrant 57852 jours

Caractéristiques orbitales	
Époque	JJ 2449400,5 16 février 1994
Demi-grand axe	17,9 ua
Excentricité	0,967 27
Périhélie	0,587 21 ua
Aphélie	35,33 ua
Période	76,09 a
Inclinaison	162,238°
Dernier périhélie	9 février 1986
Prochain périhélie	28 juillet 2061

Caractéristiques physiques	
Diamètre du noyau	11 km
Masse	$2{,}2 \times 10^{14}$ kg

Découverte	
Découvreurs	Visible depuis les temps préhistoriques. Nommée en l'honneur d'Edmond Halley.
Date	1758 (premier périhélie prédit)
Désignations	1P/Halley

Les comètes historiques

C/1577 V1, ou “la grande comète de 1577”: Elle fut largement observée depuis toute l'Europe, et notamment par Tycho Brahé. C’est la première dont on a pu faire une estimation de la distance via la mesure de la parallaxe. Et cette mesure l’a placée largement en dehors de l'atmosphère (on se posait encore la question à l’époque).

C/1577 V1

La grande comète de 1577

Établi sur ?observations couvrant ?

Caractéristiques orbitales	
Excentricité	1,0
Périhélie	0,177 50 ua
Inclinaison	104,883°
Dernier périhélie	27 octobre 1577
Prochain périhélie	jamais

Caractéristiques physiques

Découverte	
Date	13 novembre 1577
Désignations	C/1577 V1

Les comètes historiques

C/1680 V1: La grande comète de 1680. 1ere comète découverte à l'aide d'un télescope, elle était si brillante qu'elle était visible de jour et la longueur de la queue était de près de 90°. C'est une comète rasante avec un périhélie à 0.0062 UA. Elle a été utilisée par Newton pour vérifier les lois de Kepler et la théorie de la gravitation.

C/1680 V1

La Grande comète de 1680 au-dessus de Rotterdam, du peintre néerlandais Lieve Verschuier (en) [1, 2, 3].

Établi sur ?observations couvrant ?

Caractéristiques orbitales	
Époque	29 novembre 1680 (JJ 2335000,5 ?)
Demi-grand axe	444 ua
Excentricité	0,999 986 [4, 5]
Périhélie	0,006 22 ua [4, 5]
Aphélie	889 ua
Période	~10 000 a [6]
Inclinaison	60,7°
Dernier périhélie	18 décembre 1680 [4, 5]
Prochain périhélie	Inconnu

Caractéristiques physiques

Découverte	
Découvreurs	Gottfried Kirch
Date	14 novembre 1680
Désignations	Grande comète de 1680, 1680 V1

Les comètes historiques

C/1811 F1: La grande comète de 1811. Visible à l'œil nu durant près de 9 mois et suivi aux instruments pendant 17 mois. Elle atteint la magnitude 0 et la queue mesure 25° sur le ciel.

Caractéristiques orbitales	
Époque	5 septembre 1811 (JJ 2382760.5)
Demi-grand axe	212,392 ua
Excentricité	0,995 125
Périhélie	1,035 ua
Aphélie	423,748 ua
Période	3 095,39a
Inclinaison	106,934 2°
Dernier périhélie	12 septembre 1811
Caractéristiques physiques	
Diamètre du noyau	30 à 40 km
Magnitude absolue (*H*)	?
Magnitude apparente (*m*)	0
Découverte	
Découvreurs	Honoré Flaugergues
Date	25 mars 1811
Désignations	C/ 1811 F1, 1811 I, Grande comète de 1811, Comète de Napoléon

Les comètes historiques

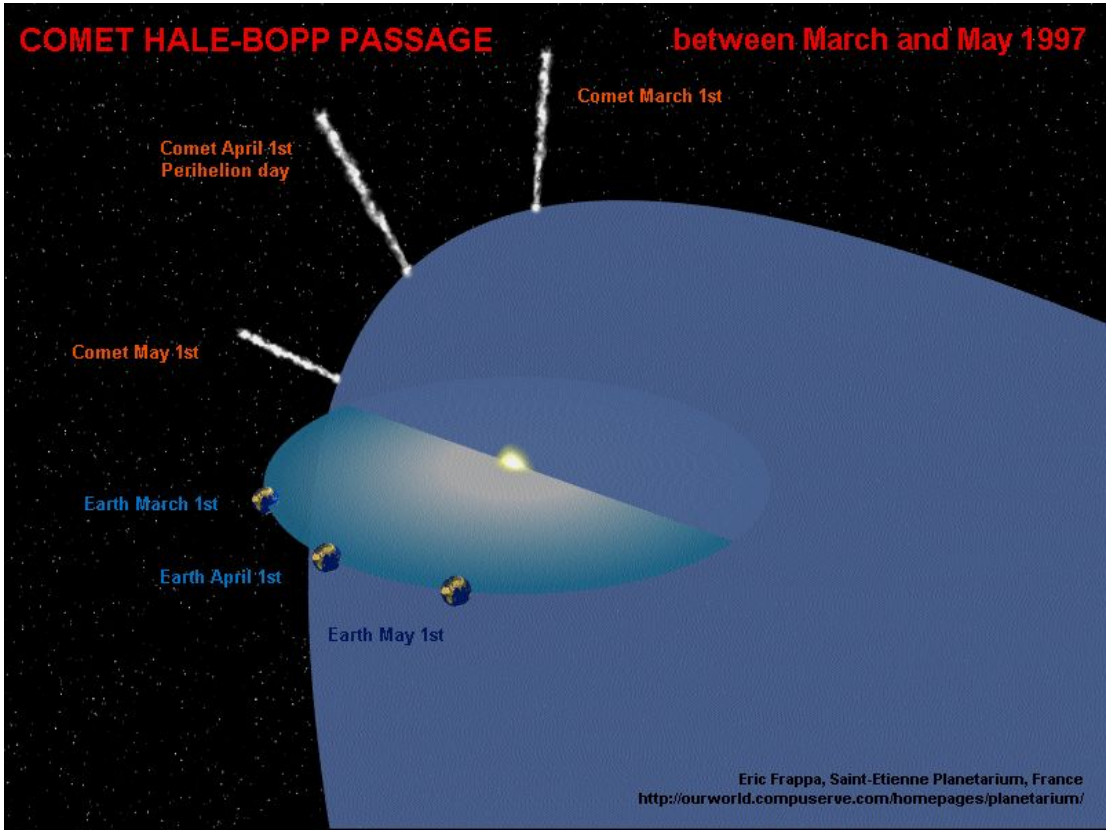
D/1993 F2 (Shoemaker-Levy) ou Shoemaker-Levy 9. Cette comète a été découverte en orbite autour de Jupiter. On pense qu'elle a été capturée environ 20 à 30 ans auparavant. Cette comète était déjà brisée en morceaux au moment de la découverte. Ce sont les effets de marée due à l'attraction gravitationnelle de Jupiter qui l'ont fait éclater, probablement durant l'année précédente. Les 21 noyaux de cette comète sont venus percuter Jupiter entre le 16 et le 22 Juillet 1994.

On peut observer sur Ganymède une chaîne de cratères, probablement issue de la même cause.

Les comètes historiques

C/1995 O1 (Hale-Bopp): Probablement la plus brillante comète du XX^{ieme} siècle. Découverte deux ans avant son périhélie, à la distance de 7,2 UA (entre Jupiter et Saturne), elle montre déjà une activité. C’est l’une des découvertes les plus lointaines. C’est une comète “géante”, car le noyau est estimé à 60 km de diamètre. Visible à l'œil nu pendant 18 mois, au moment du périhélie elle était même observable en ville à la magnitude 0. Et pourtant ce passage n’était pas des plus favorables…

Les comètes historiques



Caractéristiques orbitales	
Époque 13 février 2010 (JJ 2455240,5)	
Établi sur 39 observ. couvrant 3098 jours (U = -)	
Demi-grand axe (*a*)	$2{,}78\times10^{10}$ km Après perturbation par Jupiter (186 ua)
Périhélie (*q*)	$1{,}36\times10^{8}$ km selon[1] ; prochain en : ~4385[2] (0,914 ua)
Aphélie (*Q*)	$5{,}55\times10^{10}$ km Après perturbation (370,8 ua)
Excentricité (*e*)	0,995 086
Inclinaison (*i*)	89,4°
Longitude du nœud ascendant (*Ω*)	282,47°
Argument du périhélie (*ω*)	130,591°
Catégorie	Comète périodique
Caractéristiques physiques	
Dimensions	60 km
Masse (*m*)	$1{,}310^{16}$ kg (minimum)
Masse volumique (*ρ*)	600 kg/m^3 (estimée)
Période de rotation (P_{rot})	0,49 j (11 h 46 min)
Magnitude absolue (*H*)	8 à 4
Atmosphère	CO, Na, D, organiques
Découverte	
Date	23 juillet 1995
Découvert par	Alan Hale et Thomas Bopp

Les comètes historiques

C/2006 P1 Mac Naught, est une comète récente particulièrement spectaculaire mais qui a été visible plus facilement dans l'hémisphère sud. Au périhélie le 12 Janvier 2007, elle atteint magnitude -2. Cependant son observation a été difficile car très proche du soleil (et même un certain temps visible dans les coronographes du satellite solaire SOHO).

Dénominations des comètes

Depuis 1995, les comètes sont désignées par le nom de leur découvreurs (personnes ou programmes) et éventuellement co-découvreurs. Mais ce nom n’est pas sans ambiguïtés, car il arrive fréquemment qu'un découvreur ou un programme ai découvert plusieurs comètes. Le nom officiel est donc additionné de différents éléments:

- Une lettre: C/ pour les périodes < 200 ans, P/ pour les périodes > 200 ans, X/ pour les comètes à l’orbite non déterminée (très rare) et D/ pour les comètes disparues et I/ pour les objets interstellaires.
- L’année de la découverte
- Un lettre pour le demi-mois de découverte
- Un chiffre pour l’ordre de découverte au cours de ce demi moi

Exemples:
C/1996 B2 (Hyakutake) - C/2020 F3 (Neowise) - C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS) - I/`Oumuamua - D/1993 F2 (Shoemaker-Levy)

Dénominations des comètes

Mais il existe aussi un autre système de dénomination pour les comètes à courtes périodes dont on a observé plusieurs retours. Dans ce cas le nom comporte alors un numéro d'ordre chronologique, le préfixe P/ et le nom:

Exemples:
1P/Halley, 2P/Encke... 22P/Kopff... 46P/Wirtanen…
67P/Tchourioumov-Guérassimenko…

En Mai 2023, la dernière de cette liste est 460P/Panstarrs

Lien vers la liste des comètes à courtes période:
https://lesia.obspm.fr/perso/jacques-crovisier/promenade/tab_com_courte_per.html

Dénominations des comètes

Les règles de dénomination ont évolué au cours du temps. Avant 1995 le système comportait des chiffres romains et désignait l’ordre de passage des comètes au périhélie au cours de l’année. Ce système s’est révélé être peu pratique, notamment lorsque le nombre de découvertes à beaucoup augmenté grâce aux progrès de l’instrumentation.

Il existe aussi d'autres plus anciens et même certaines comètes qui n'ont pas d’autres noms que “grande comète de l’année XXXX”...

Dénominations des comètes

Actuellement, chaque année entre 60 et 70 nouvelles désignations de comètes sur attribuées par l’Union Astronomique Internationale. Mais une grande partie reste en dehors de possibilité d’observation des amateurs.

Cependant, avec du matériel d’astrophotographie standard, il y a chaque nuit en moyenne 3 à 8 comètes observables (à magnitude inférieur à 14).

Environ ¼ des comètes observées chaque année le sont pour la première fois.

Dans la base de données de l’Union Astronomique Internationale, on trouve 960 comètes à la fin Mai 2023.

Des océans de comètes?

La question de l’origine de l’eau de la Terre n’est pas encore réglée. Parmi les origines possibles, les impacts de comètes sont envisagés. Cependant l’analyse du rapport isotopique de l’hydrogène dans l’eau (rapport Deutérium/Hydrogène) montre une certaine variation dans les comètes et qui ne semble pas en concordance avec le rapport isotopique de l’eau des océans terrestres. Ces mesures ont pu être faites in-situ via la sonde Giotto sur la comète de Halley, la sonde Rosetta sur la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko, ou l’impacteur Deep Impact sur la comète Tempel 1. Les mesures spectro depuis le sol sont aussi possibles, mais très difficiles.

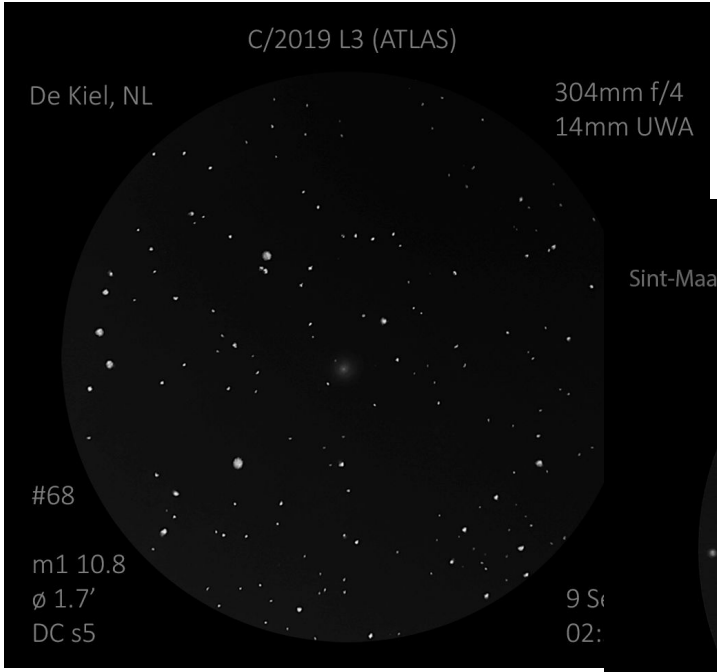
Donc les comètes ne semblent pas être la source principale de l’eau de la Terre, même s' il est indiscutable qu’elles sont à l’origine d’au moins une partie de celle-ci.

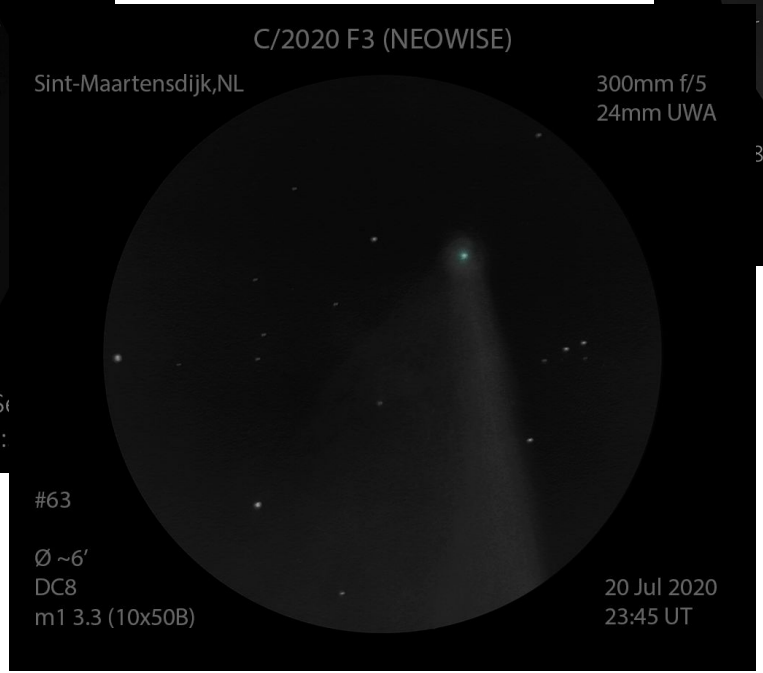
Observation des comètes

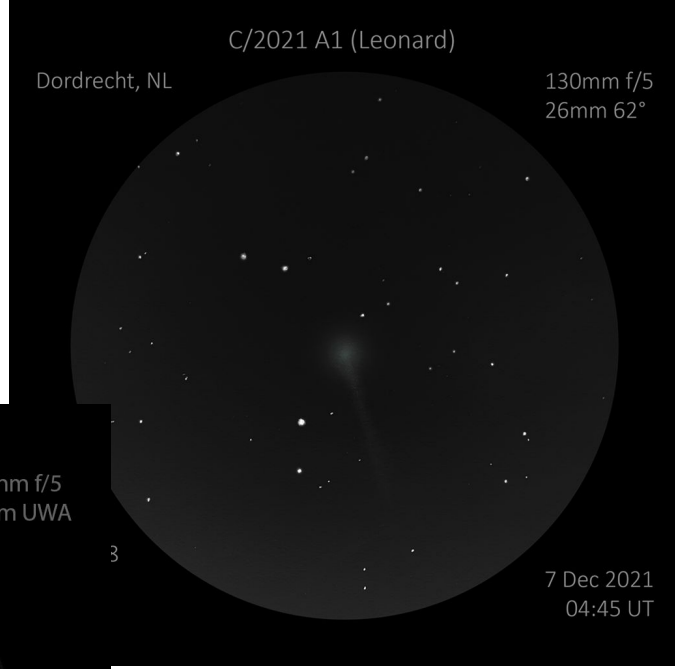
Nous avons vu que les comètes sont brillantes pendant un temps relativement bref (quelques semaines à quelques mois) et seulement au moment du périhélie, c'est à dire proche du Soleil. Il en résulte que l’observation des comètes se fera assez souvent proche du Soleil, plutôt à l’Ouest le soir et plutôt à l’Est le matin. Il est donc intéressant que le site d’observation soit bien dégagé vers ces directions.

Les comètes se déplacent relativement vite sur le ciel. Au moment des passages proches de la Terre et du Soleil, le mouvement peut atteindre plusieurs degrés par jour. Si on veut utiliser une carte pour la trouver, cette carte doit mentionner les positions de la comète pour chaque jour. Si on utilise un logiciel de cartographie, ou pour le pointage de la monture, prendre soin à ce que la base de données des orbites de comètes à été mise à jour récemment.

Observation des comètes





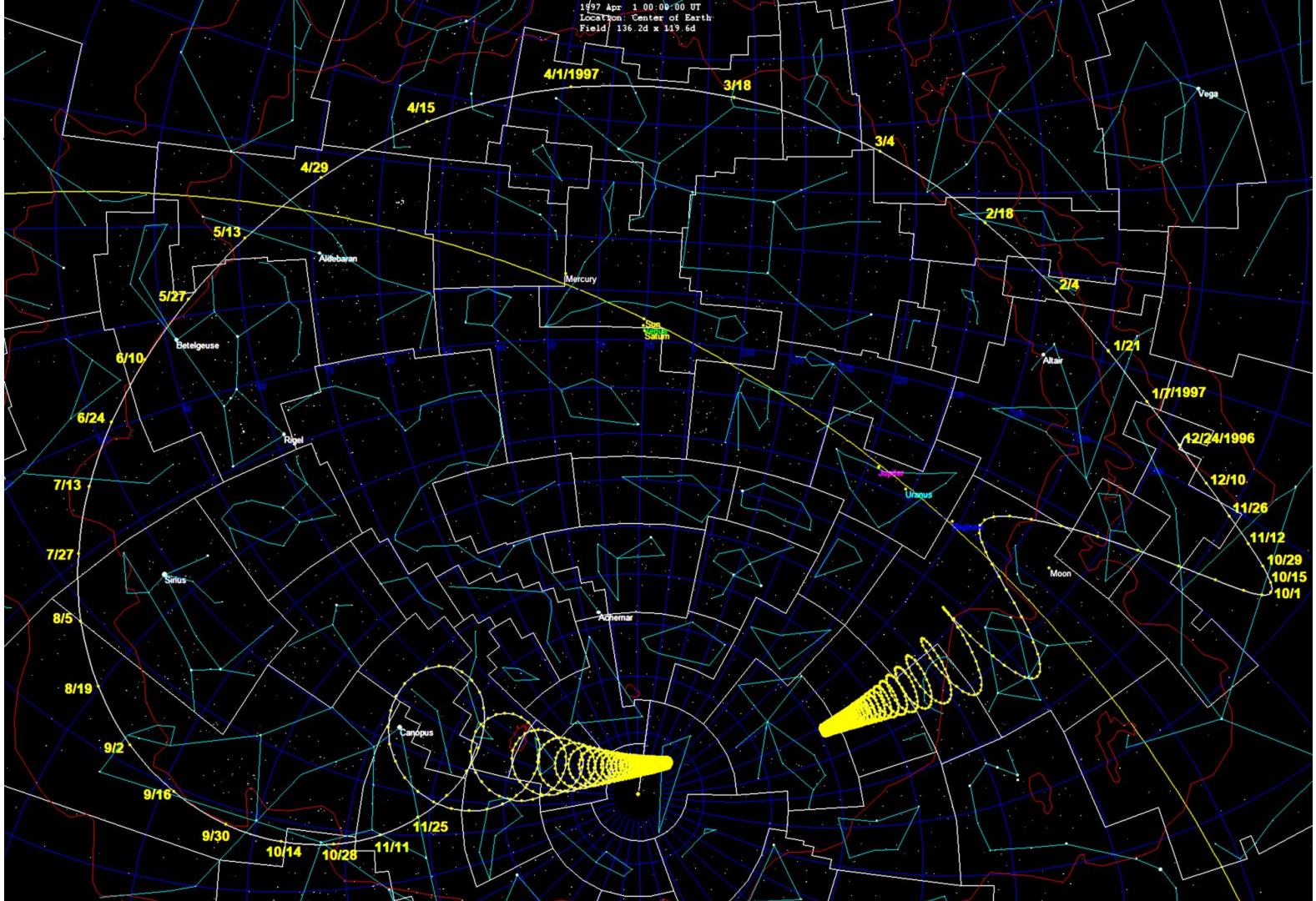


Observation des comètes

Dans l’immense majorité des cas, les comètes sont visibles comme des objets du ciel profond. C’est à dire une petite tache pâle assez difficile à voir. Dans un télescope, on peut voir parfois cette tâche un peu allongée dans le sens de la queue, à l’opposé du Soleil.

Nettement plus rarement, certaines comètes sont plus brillantes, et l’instrument idéal est souvent une paire de jumelles.

Ob


1997 Apr 1 00:00:00 UT
Location: Center of Earth
Field: 136.2d x 119.6d
4/1/1997
3/18
4/15
3/4
4/29
2/18
5/13
2/4
5/27
1/21
6/10
1/7/1997
6/24
12/24/1996
7/13
12/10
11/26
11/12
7/27
10/29
10/15
10/1
8/5
8/19
9/2
9/16
9/30
10/14
10/28
11/11
11/25
Vega
Aldebaran
Mercury
Sun
Venus
Saturn
Betelgeuse
Altair
Rigel
Jupiter
Uranus
Neptune
Moon
Sirius
Achernar
Canopus

Imagerie des comètes

Généralement les comètes se photographient avec les mêmes techniques que les objets du ciel profond. Si on veut essayer de réaliser un bon compositage final, on veillera cependant à ce que la comète ne bouge pas trop durant une pose unitaire (si on est en suivi sidéral).

Une fois les images obtenues et pré-traitées, on peut faire immédiatement deux types de compositions. On peut faire une registration sur la comète avant d'empiler les images => la comète sera nette, mais les étoiles seront allongées. On peut aussi faire une registration sur les étoiles => les étoiles seront ponctuelles, mais la comète sera floue. Mais certains logiciels sont capables de faire les deux types de composition en même temps, puis de fabriquer une image (totalement artificielle) intégrant des étoiles nettes et une comète nette.

Imagerie des comètes

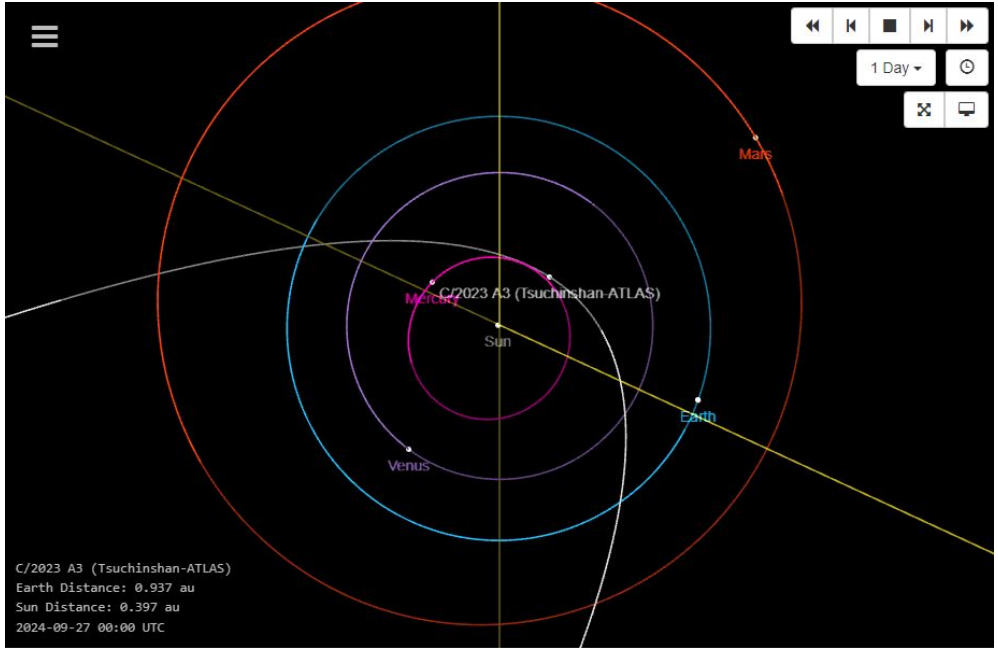
Dans le cas des comètes très brillantes (Hale-Bopp, Neowise,...) on peut alors utiliser une technique plus proche de la réalisation de paysage nocturne ou de Voie Lactée (trépied, et objectif très lumineux grand angle ou standard), avec des temps de pose relativement courts. De même, le traitement de ce type d’image se fera avec les mêmes techniques.

C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)

Même s' il est toujours difficile de prévoir la luminosité des comètes, C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS) pourrait bien nous réserver un très joli spectacle. Elle a été découverte le 22 Février 2023, à Magnitude 18, à une distance de 7,5 UA (au niveau de l'orbite de Saturne).

L'excentricité actuellement connue est de 1,00018. Ce qui donne une orbite non périodique. Son périhélie est à 0.39 UA, soit à peu près la distance de Mercure au Soleil. Sa distance actuelle au Soleil est de 6.4 UA ce qui la place un peu au-delà de Jupiter. Et malgré la grande distance, elle montre déjà une petite activité. Cela indique que cette comète est "neuve" et qu' elle est constituée d'une grande quantité d'éléments très volatils.

Simulateur d'orbites de la NASA:
https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html#/?sstr=c%2F2023%20A3&view=VOP

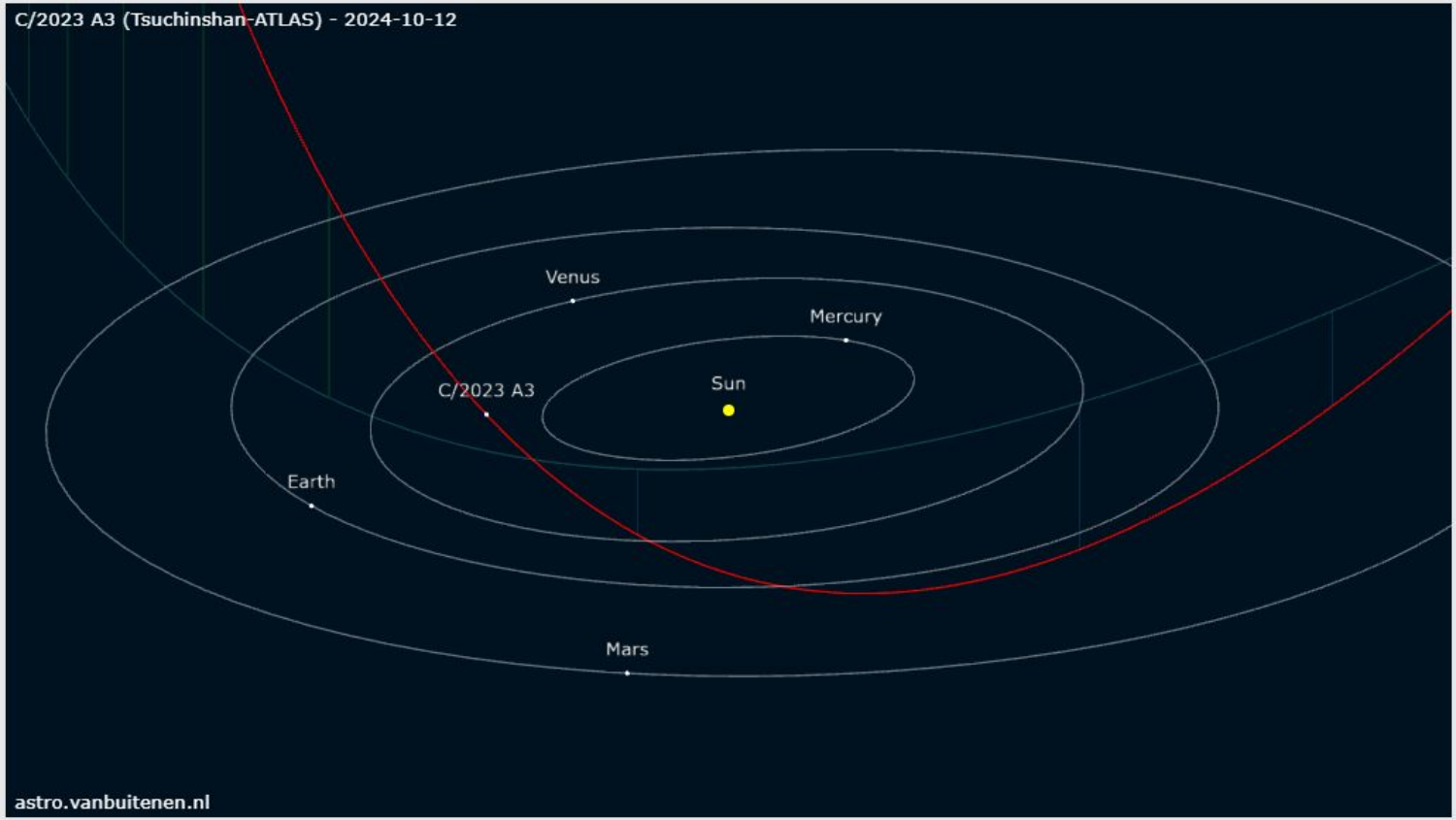


C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)

Entre fin Septembre et mi Octobre 2024, elle passera en conjonction avec le Soleil. Les prévisions annoncent une magnitude de 0. Cependant, comme elle sera deux fois plus proche que le Soleil, elle sera éclairée par l’arrière. Certains sites annoncent que la diffusion de lumière porterait la magnitude à -4!

L’observation ne sera pas facile, car il faudra l’observer au moment de la conjonction avec le soleil, le matin du 16/09 au 05/10, et le soir après le 13/10. Il faudra donc des horizons bien dégagés et bien choisir son créneau horaire car l’observation sera nécessairement de courte durée.

C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)									
ephemeris	date	magn	radius	delta	ra	dec	elong	phase	PA
Today	26 May 2023	16.5	6.474 AU	5.610 AU	14h32m	+03°07'	145.9°	5.0°	136°
Perihelion	27 Sep 2024	0.4	0.391 AU	0.908 AU	10h46m	-06°01'	23.0°	92.1°	260°
Nearest approach	12 Oct 2024	-0.7	0.556 AU	0.472 AU	14h06m	-01°01'	15.3°	151.8°	64°



Sources et liens

- Exposé LSA “Les orbites, routes de l’espace”
- Exposé LSA “Dynamique des corps mineurs du système solaire”
- Wikipédia lien
- Observatoire de Paris lien
- Le site de Seiichi Yoshida: http://aerith.net/
- Le site astro.vanbuitenen: http://astro.vanbuitenen.nl/comets
- Simulateur d’orbites de la NASA: https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html#/?sstr=c%2F2023%20A3&view=VOP
-

Fin

Merci pour votre attention.
Des questions?