Les petits corps du Système Solaire

Astéroïdes, comètes, météoroïdes

Ces objets sont les résidus de la formation du Système Solaire, et leur connaissance a énormement progressé dans les derniers 30 ans

Beaucoup d'entre eux sont encore près de la région de formation, d'autres se balladent partout parmi les planètes

L'effet de leur présence

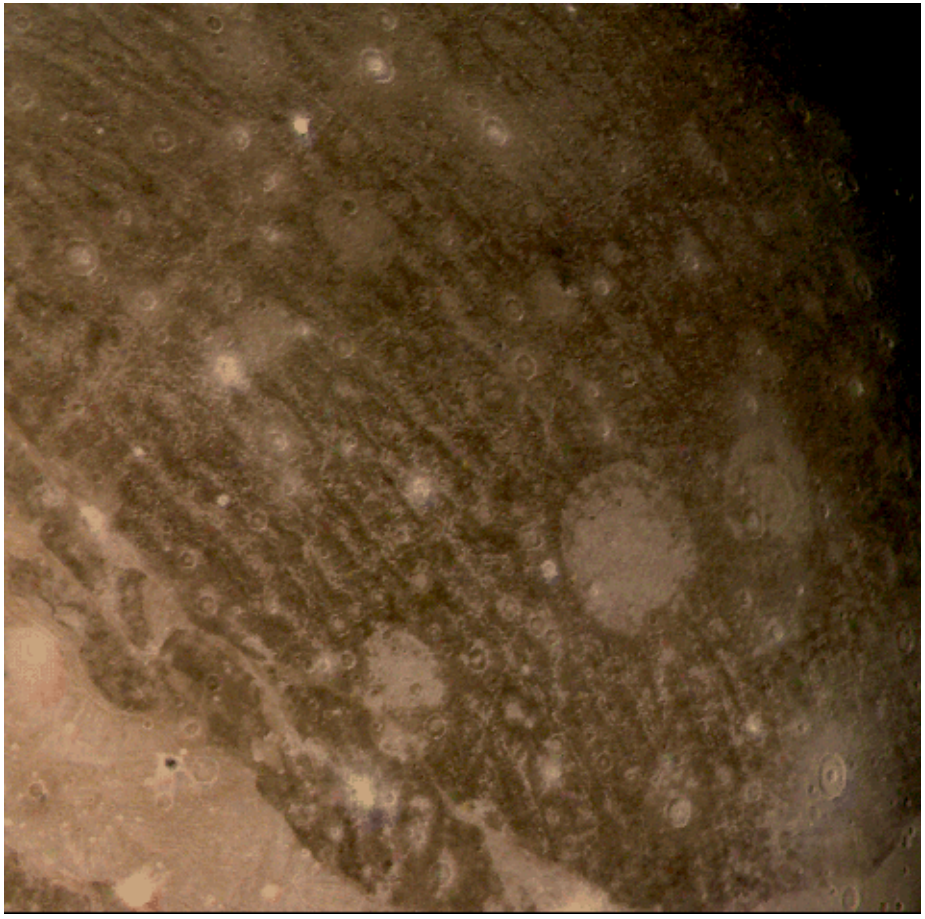
Les missions spatiales ont montré que tous les corps du Systeme Solaire ont des cratères d'impact

Ces cratères d'impact sont la “signature” de la présence des petit corps

Cratères sur la Lune

La surface de la Lune a été soumise au même bombardement que la surface de notre planète

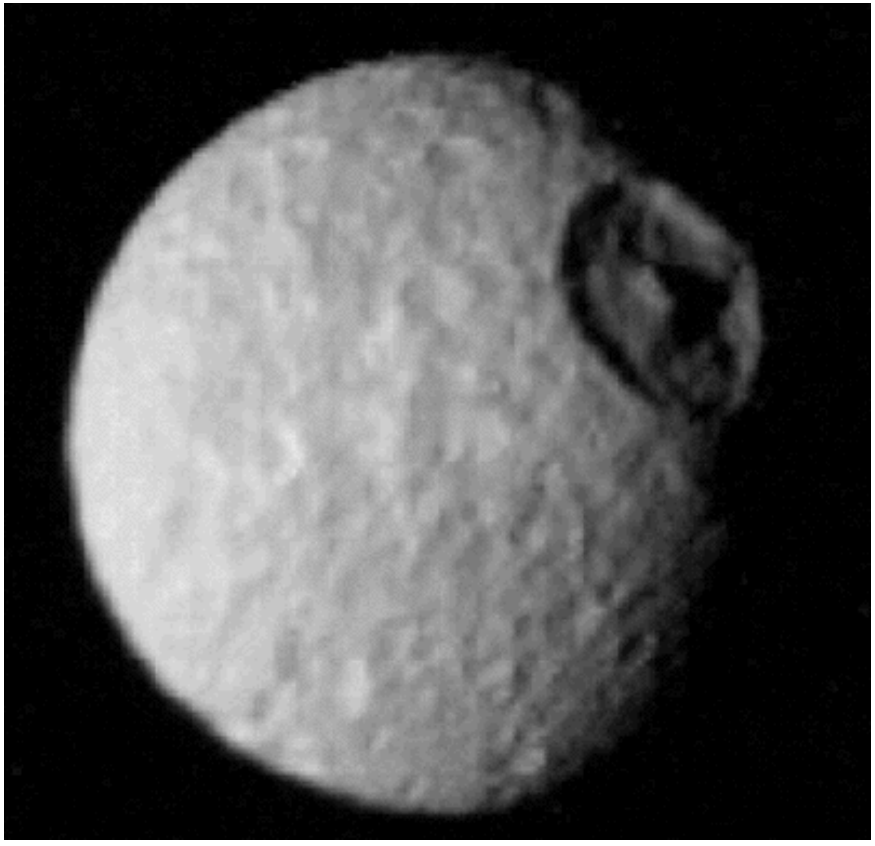
Cratères partout: Ganymède



Ganymède est le plus grand satellite de Jupiter

Sa surface est glacée

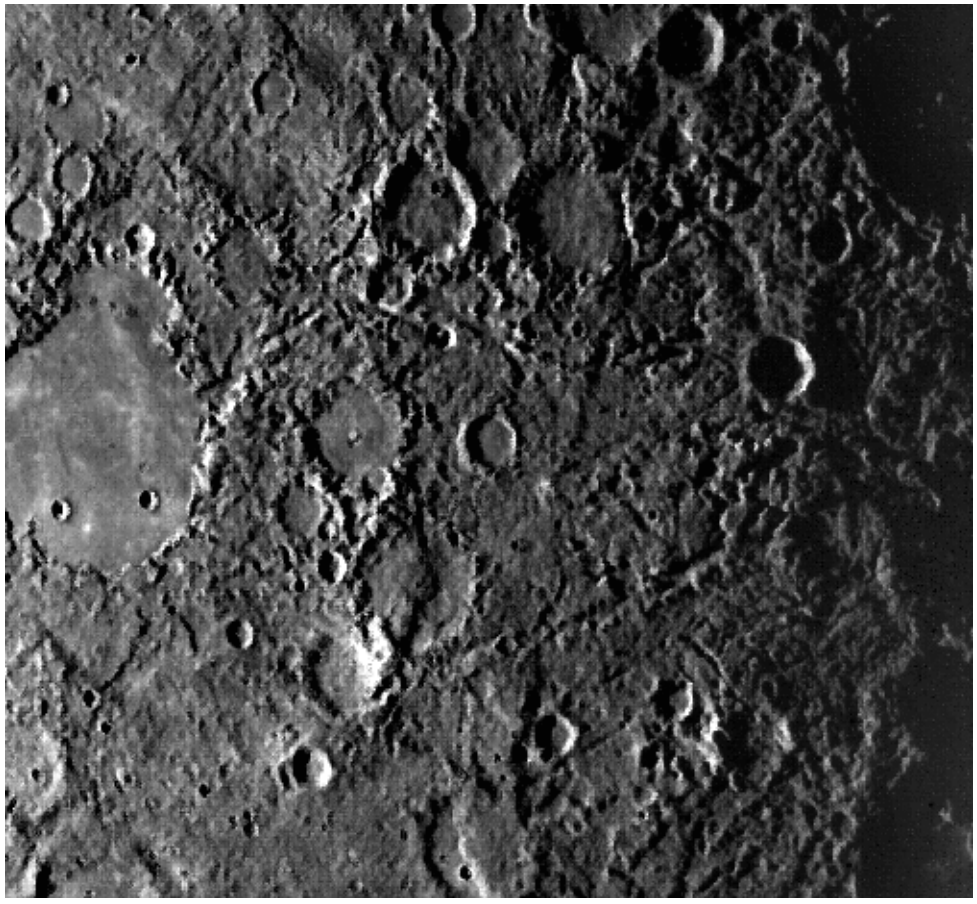
Cratères partout: Mimas



Mimas, satellite de Saturne

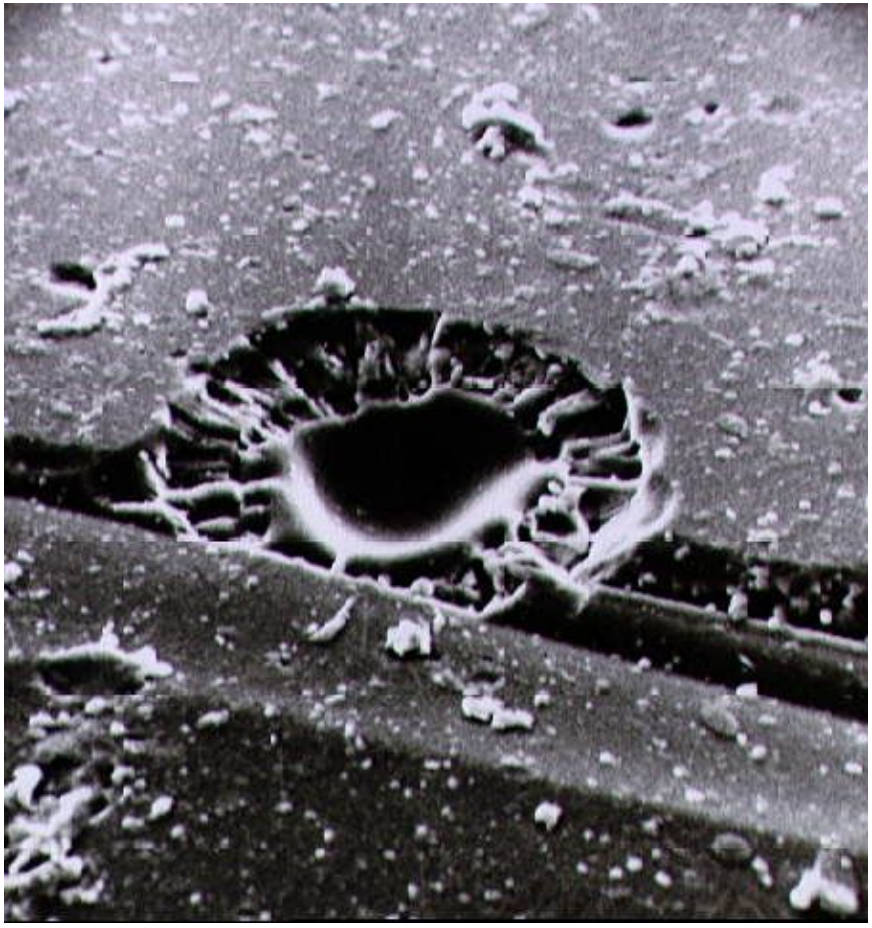
La taille du cratère est énorme comparée à la taille du satellite

Cratères partout: Mercure



La surface de Mercure est particulièrement cratérisée

Cratères partout: sphérule lunaire



Cratèr sur une sphérule de verre provenant de la surface de la Lune

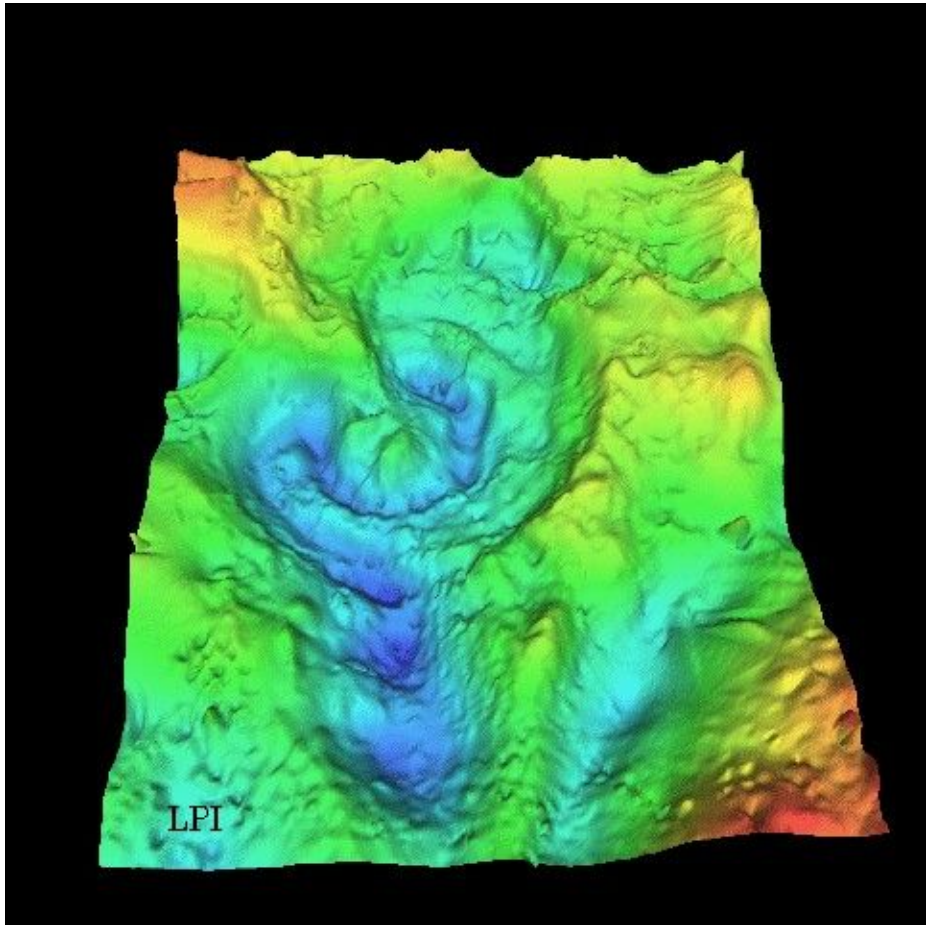
Récupéré par Apollo 11, 1969

Cratères partout: la Terre

Cratèr double (Clearwater, Canada)

Diamètre 32 et 22 km, âge 290 millions d'années

Cratères partout: la Terre



Chixchulub (Mexique)

Diamètre 180 km, âge 65 millions d'années

Cratères partout: la Terre

Wolf Creek (Australie)

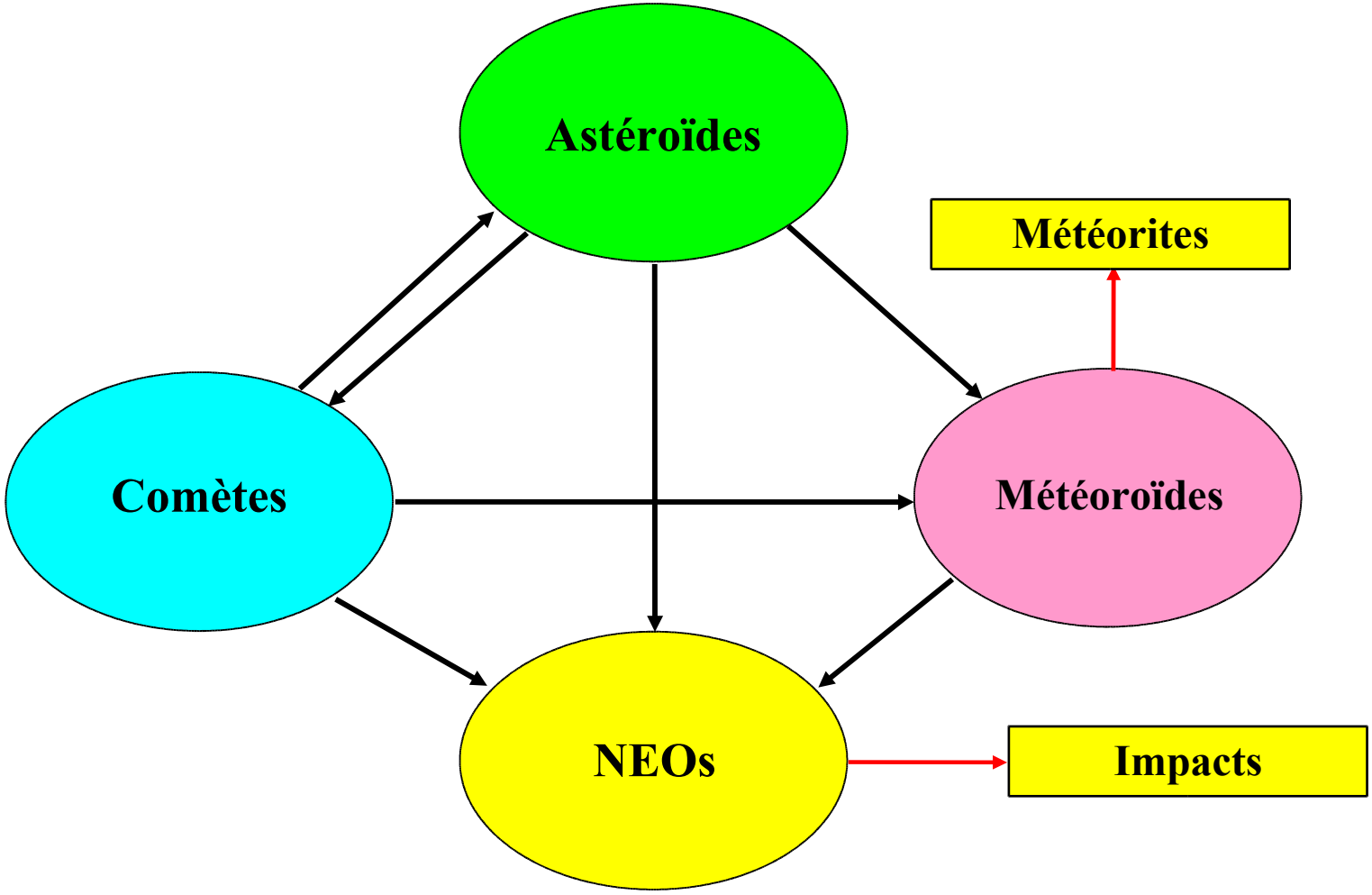
Diamètre 875 m, âge 300.000 années

Cratères partout: la Terre

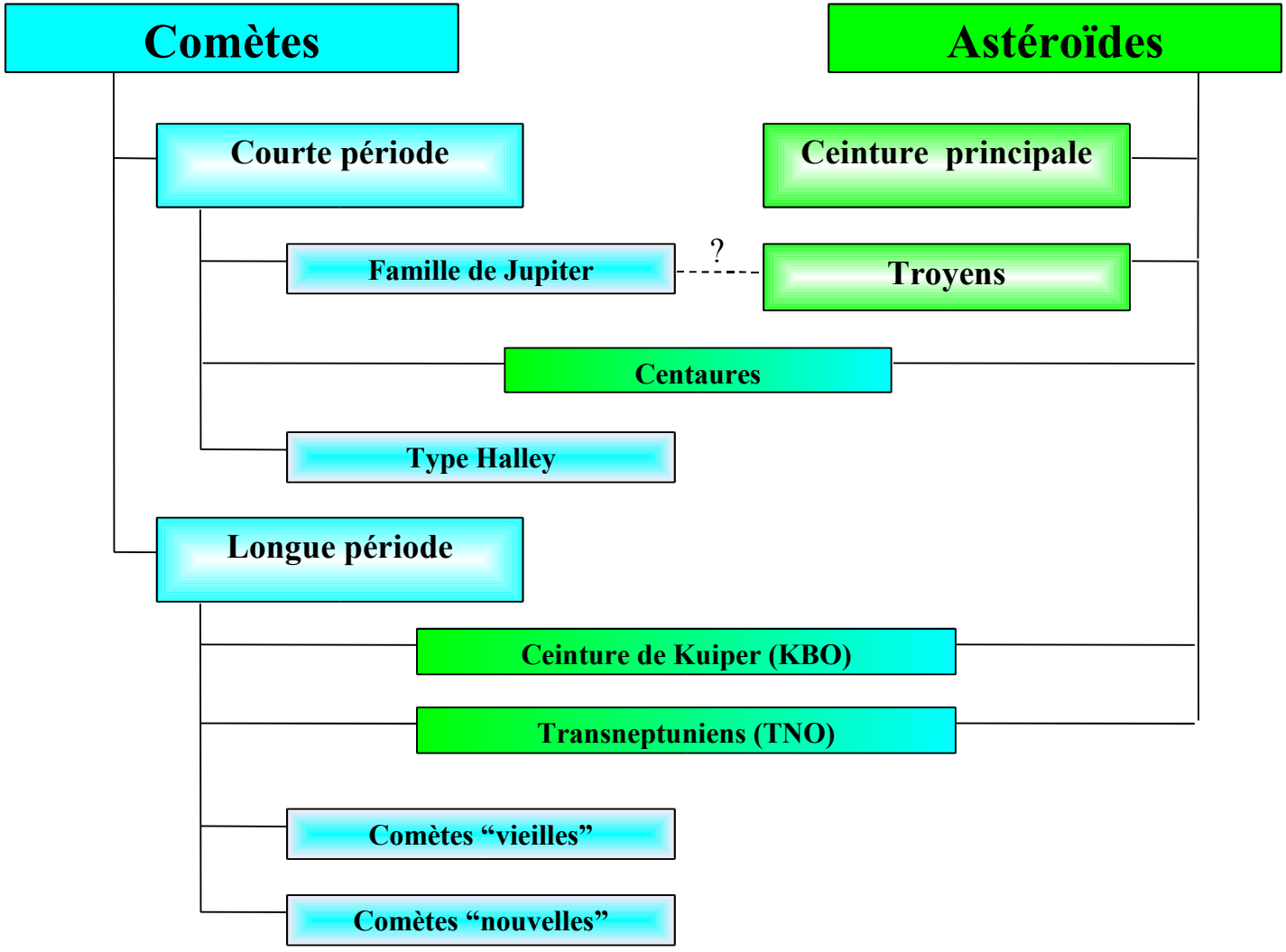
Meteor crater (Arizona)

Diamètre 1,2 km, âge 50.000 années

Les petits corps



Les petits corps



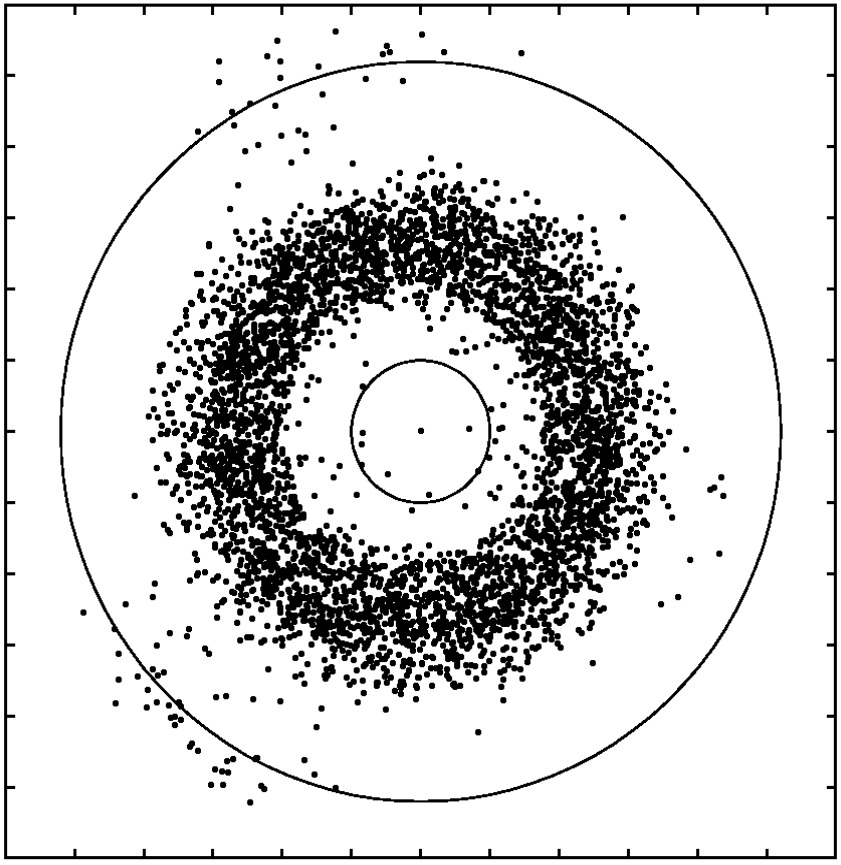
Les astéroïdes

Les astéroïdes sont des petits corps solides, de taille jusqu'à 1000 kilomètres, qui occupent la région entre les orbites de Mars et Jupiter

Ils sont les résidus du processus d'accrétion d'une planète

Certains astéroïdes peuvent être déviés sur des orbites qui croisent l'orbite de la Terre

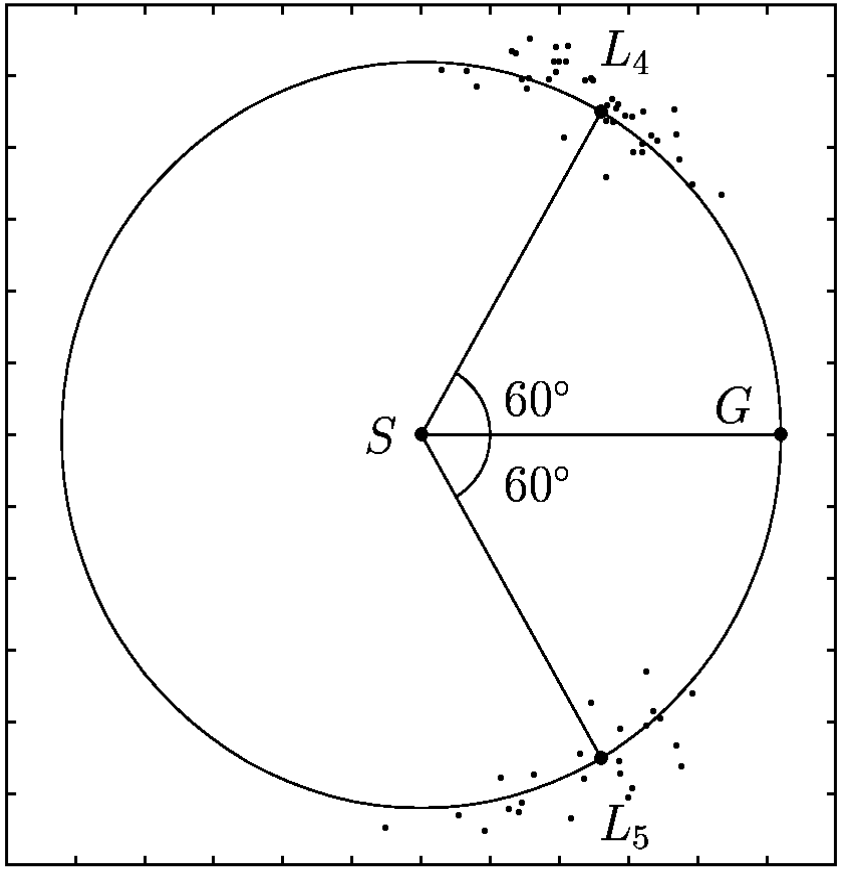
La ceinture principale des astéroïdes



Les positions des astéroïdes de la ceinture principale et des Troyens, le 27 juin 1992

Les orbites de la Terre et de Jupiter sont indiquées

Les Troyens



Les Troyens se trouvent sur la même orbite que Jupiter

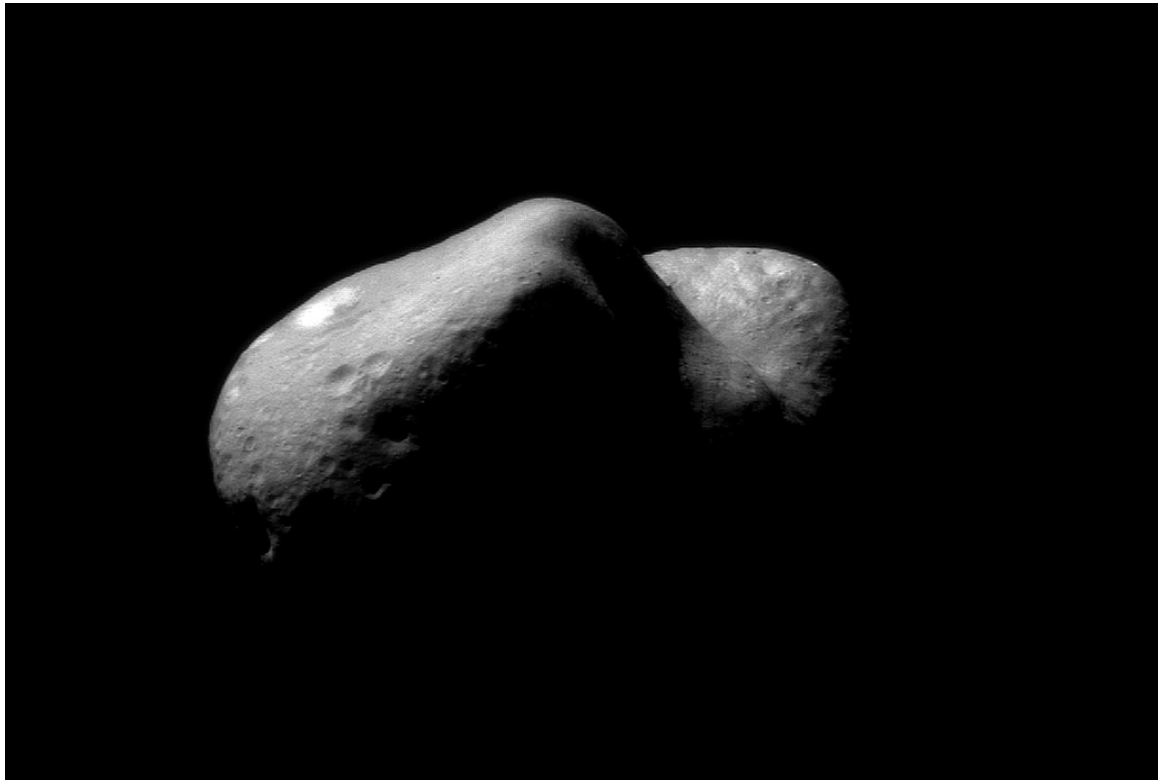
Les Troyens proprement dits précèdent Jupiter, les Grecs le suivent

Le décalage est de 60 degrés

Ida

L'astéroïde Ida, avec son satellite Dactyl

Eros



L'astéroïde Eros, visité par la sonde NEAR

Mathilde

Mathilde, un astéroïde très peu dense

Les comètes

Les comètes sont aussi des petits corps, comme les astéroïdes, qui sont caractérisées par leur aspect, avec une chevelure et une (parfois deux) queues

Elles se sont formées dans la région des planètes extérieures, et passent la plupart du temps très loin du Soleil

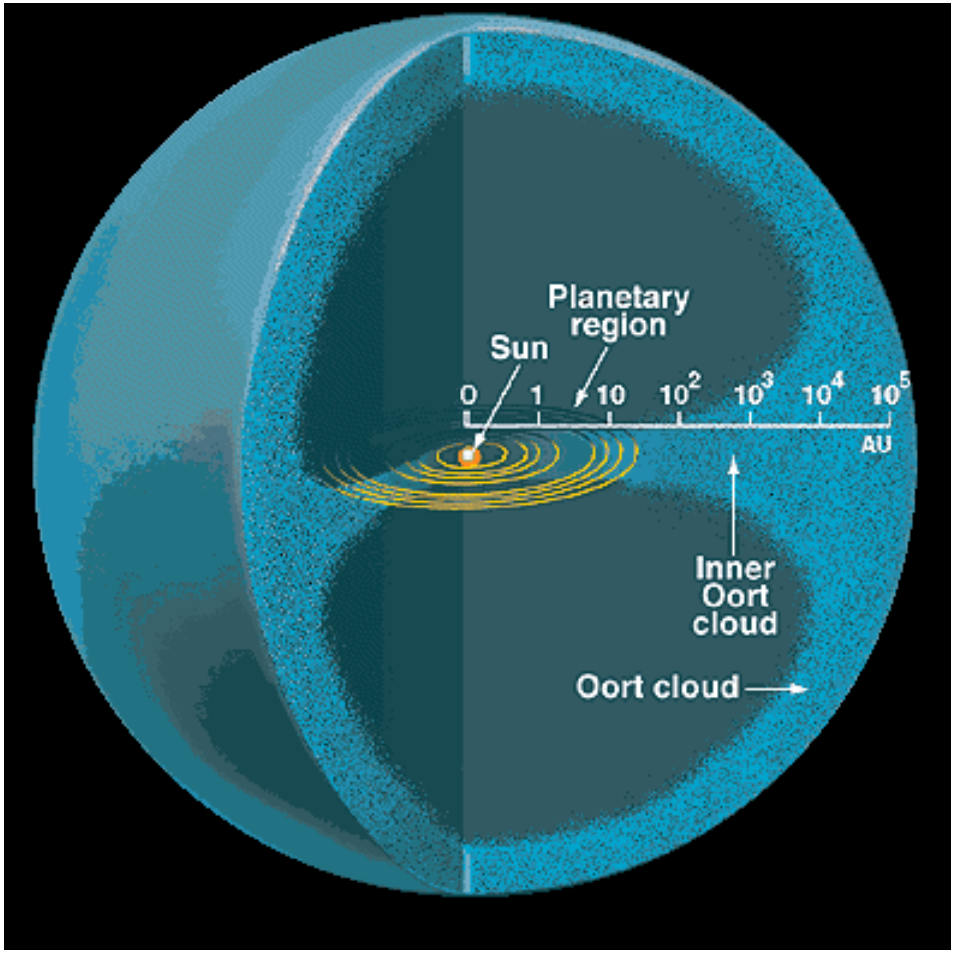
Les comètes

L'aspect d'une comète

Les comètes

La comète Hale-Bopp

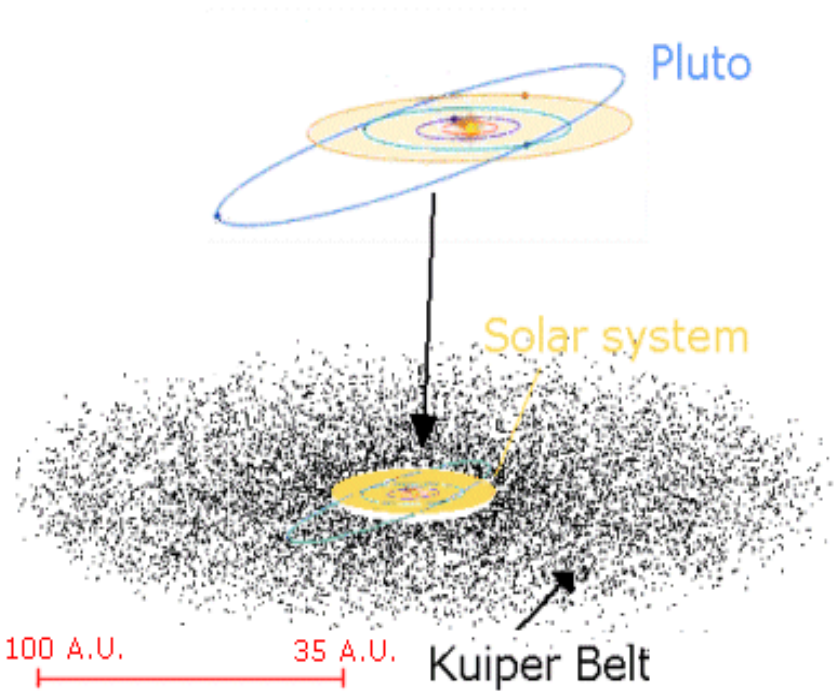
D'où viennent les comètes



Les comètes à longue période proviennent d'une région dite “nuage de Oort”, très loin de la Terre

Elles restent confinées dans le nuage pendant des milliards d'années

La ceinture de Kuiper



Certaines comètes ont une origine différente

Elles se sont formées au delà de l'orbite de Neptune, et sont restées confinées dans la ceinture de Kuiper dès le début du Système Solaire

Les rencontres proches

Les orbites des comètes souvent croisent les orbites des planètes, ce qui peut amener à des rencontres proches

Surtout quand la rencontre est avec Jupiter, la conséquence peut être une grande modification de l'orbite, c'est-à-dire du mouvement, de la comète

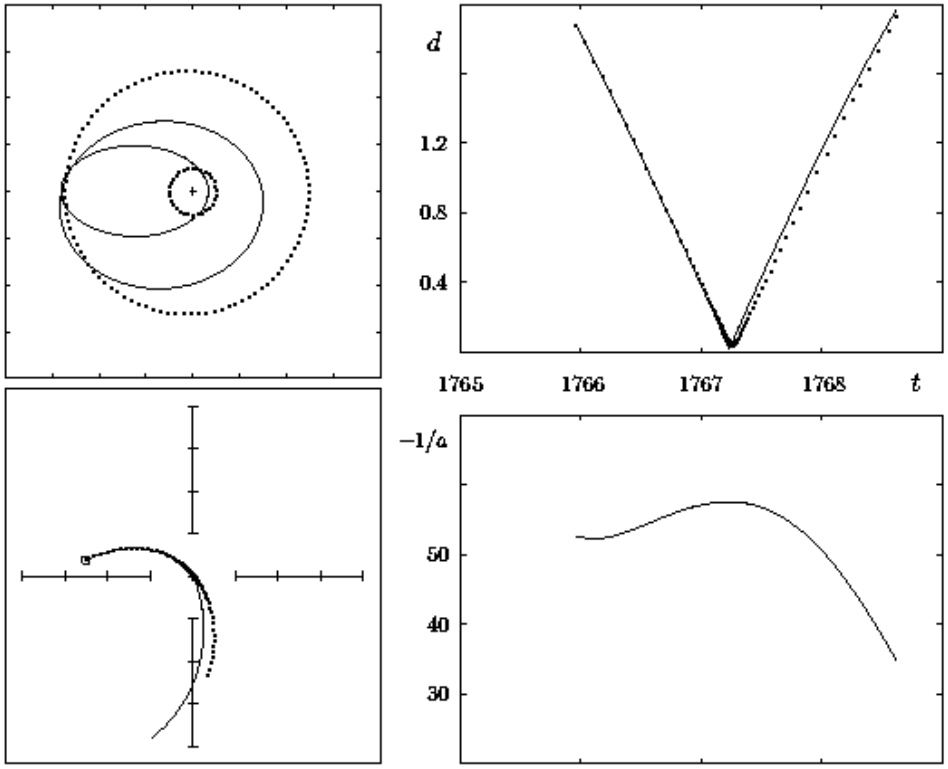
P/Lexell

5002
Ver. 1.00

Encounter with Jupiter
1765 1768

Heliocentric elements

Epoch	f	q	Q	a	e	i	ω	Ω
1765 12 19.1	107.75	2.8797	5.9189	4.3993	0.3454	31.28	31.79	355.58
1768 8 16.1	190.37	0.6672	5.6339	3.1506	0.7882	1.53	224.41	135.23



Planetocentric elements

Epoch	Distance	f'	q'	a'	e'	i'	ω'	Ω'
1765 12 19.1	1.8815	280.61	0.411	−0.019	22.67	107.04	129.79	327.89
1767 3 27.8	0.0196	3.65	0.020	−0.017	2.13	104.15	242.67	104.54
1768 8 16.0	1.9690	111.35	0.044	−0.029	2.53	39.35	248.63	106.74

La comète de Lexell a été découverte en 1770 par Messier

Elle est passée très près de la Terre

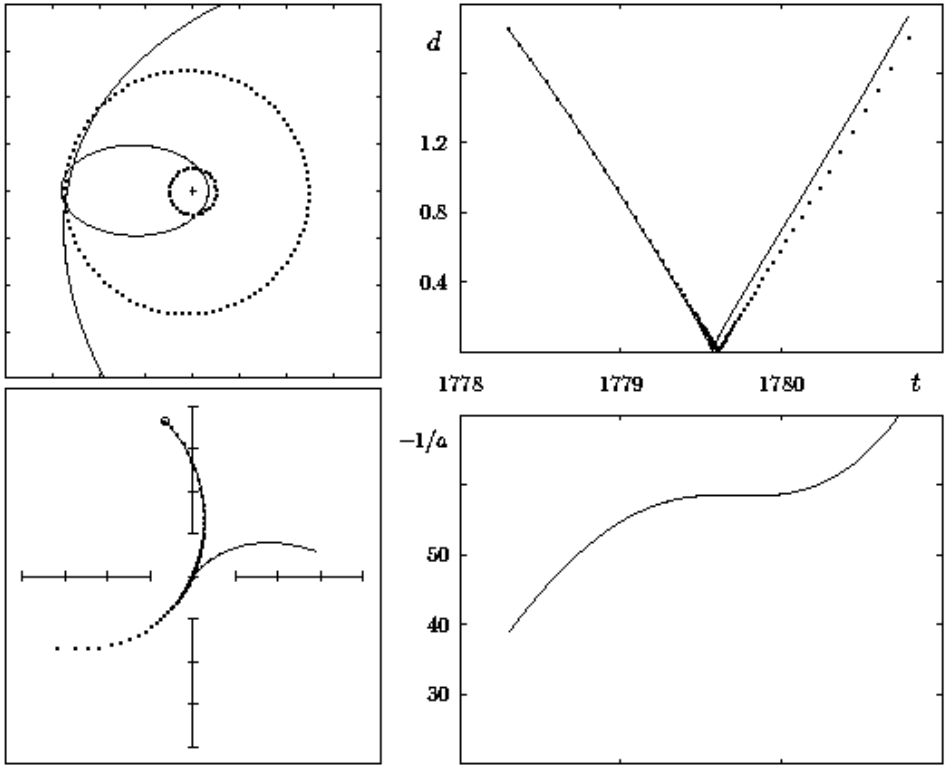
Lexell a compris qu'elle venait de rencontrer Jupiter en 1767...

P/Lexell	5002
	Ver. 1.00

Encounter with Jupiter
1778 1780

Heliocentric elements

Epoch	f	q	Q	a	e	i	ω	Ω
1778 4 20.0	170.85	0.6650	5.6274	3.1462	0.7886	1.56	224.64	134.69
1780 10 16.9	62.76	5.2260	86.0493	45.6377	0.8855	16.40	340.43	180.05



Planetocentric elements

Epoch	Distance	f'	q'	a'	e'	i'	ω'	Ω'
1778 4 20.0	1.8505	257.65	0.072	−0.026	3.80	6.39	284.98	67.92
1779 7 27.8	0.0015	1.53	0.001	−0.017	1.09	72.30	337.10	72.62
1780 10 16.8	1.9336	85.52	0.243	−0.014	18.45	111.90	50.45	31.25

...et qu'elle aurait rencontré Jupiter encore une fois en 1779, pour après devenir invisible pendant longtemps

Les rencontres proches

Certaines comètes ont des rencontres proches avec Jupiter pendant lesquelles elles se déplacent vis-à-vis de la planète avec une vitesse très petite

Dans ces conditions, elles peuvent devenir des satellites temporaires

Des exemples ont été observés et étudiés

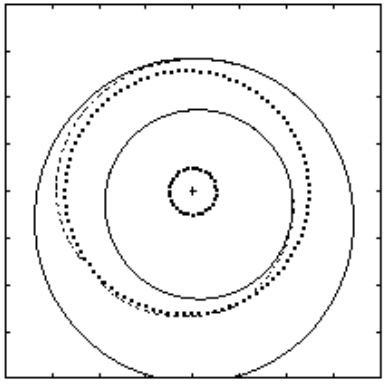
P/Gehrels 3

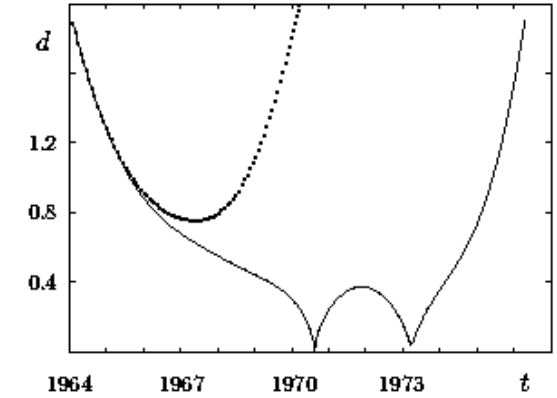
82
Ver. 1.00

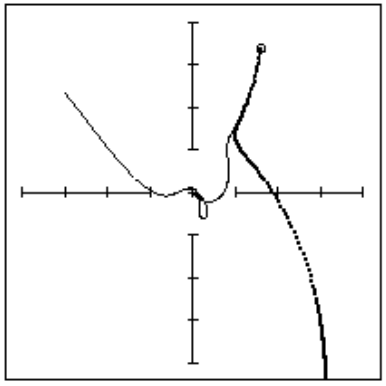
Encounter with Jupiter
1964 1976

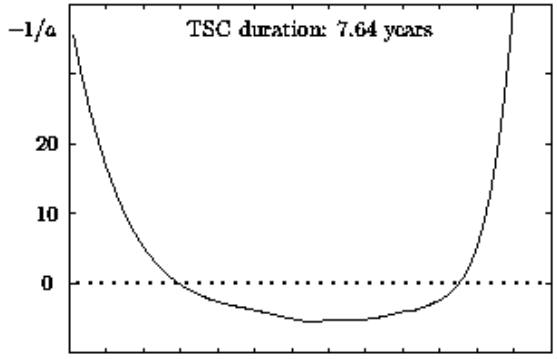
Heliocentric elements

Epoch	f	q	Q	a	e	i	ω	Ω
1964 2 6.6	309.93	5.6811	8.1737	6.9274	0.1799	3.13	321.65	130.84
1976 4 18.1	301.51	3.4257	4.6760	4.0508	0.1543	1.10	230.66	243.54









Planetocentric elements

Epoch	Distance	f'	q'	a'	e'	i'	ω'	Ω'
1964 2 6.6	1.8848	315.02	1.344	−0.028	49.01	9.07	272.41	223.62
1970 8 15.5	0.0014	356.29	0.001	0.179	0.99	142.93	231.86	227.81
1973 3 24.5	0.0407	358.63	0.041	0.248	0.84	25.85	273.64	80.40
1976 4 18.3	1.9043	60.44	0.955	−0.016	61.10	13.10	104.71	13.74

Les rencontres avec Jupiter de la comète Gehrels 3

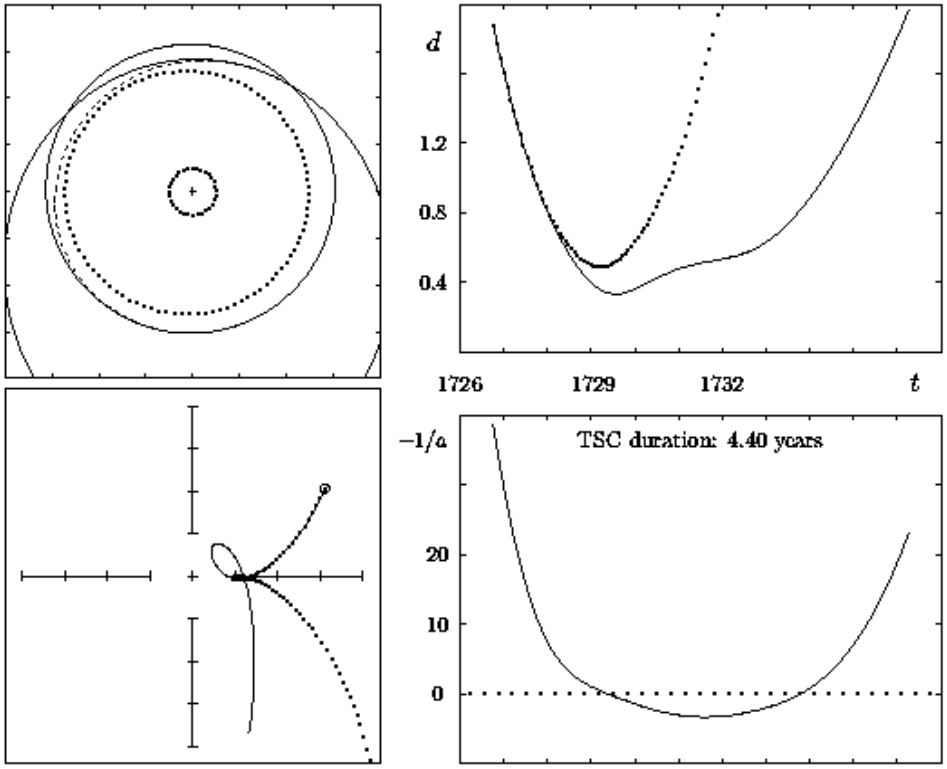
P/Gehrels 3

82
Ver. 1.00

Encounter with Jupiter
1726 1736

Heliocentric elements

Epoch	f	q	Q	a	e	i	ω	Ω
1726 10 4.7	297.85	5.6505	12.1920	8.9212	0.3666	1.71	205.02	249.21
1736 4 7.9	337.80	6.0396	6.3293	6.1844	0.0234	2.92	165.65	144.52



Planetocentric elements

Epoch	Distance	f'	q'	a'	e'	i'	ω'	Ω'
1726 10 4.7	1.8796	282.33	0.474	−0.026	19.40	11.91	113.88	21.01
1729 8 2.0	0.3322	2.46	0.332	1.926	0.83	26.19	247.70	251.21
1736 4 8.0	1.9730	41.06	1.501	−0.043	35.97	11.88	103.67	90.18

Les rencontres avec Jupiter de la comète Gehrels 3

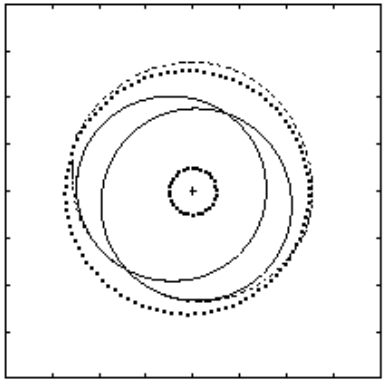
P/Gehrels 3

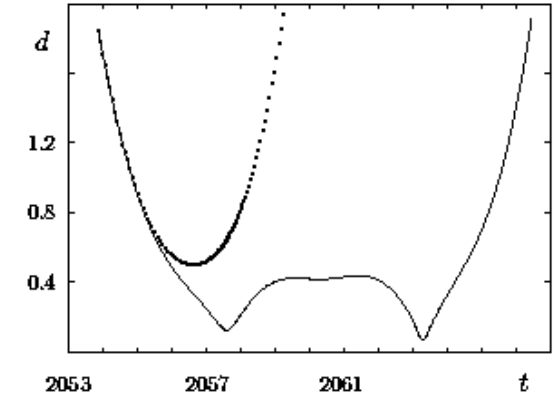
82
Ver. 1.00

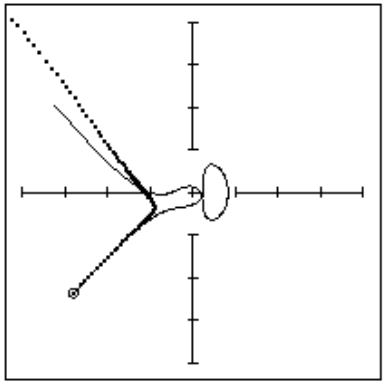
Encounter with Jupiter
2053 2066

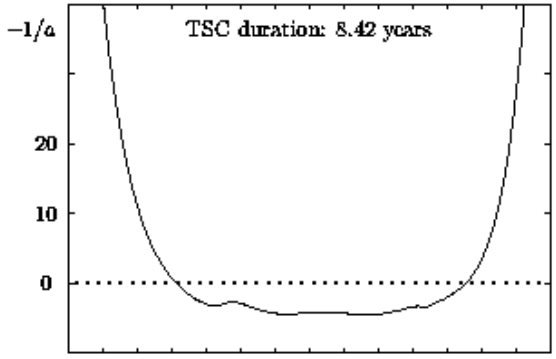
Heliocentric elements

Epoch	f	q	Q	a	e	i	ω	Ω
2053 11 17.5	105.29	3.5157	4.7033	4.1095	0.1445	1.17	228.32	236.40
2066 6 18.8	268.90	3.1352	4.9816	4.0584	0.2275	2.74	220.31	132.89









Planetocentric elements

Epoch	Distance	f'	q'	a'	e'	i'	ω'	Ω'
2053 11 17.5	1.8426	304.10	1.049	−0.021	50.52	4.31	330.98	171.62
2057 8 5.5	0.1230	357.94	0.123	0.351	0.65	30.44	185.18	121.19
2060 4 21.5	0.4165	179.95	0.064	0.240	0.73	136.97	186.26	81.96
2063 4 23.3	0.0640	0.90	0.064	0.286	0.78	18.95	235.02	344.40
2066 6 18.8	1.9223	66.63	0.788	−0.018	44.35	12.04	102.50	225.23

Les rencontres avec Jupiter de la comète Gehrels 3

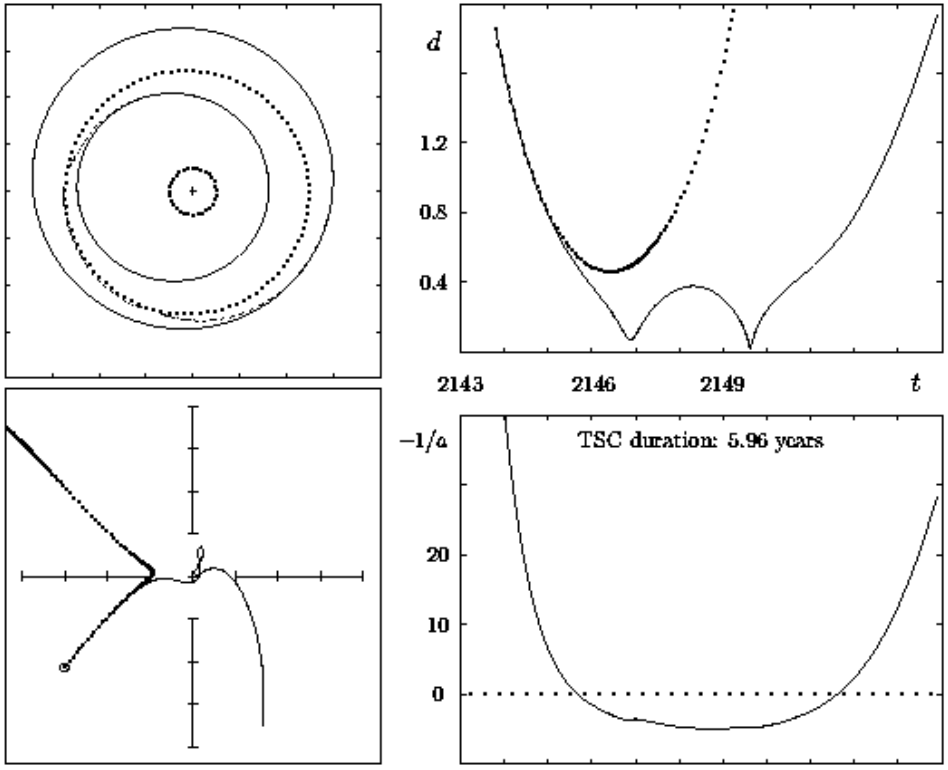
P/Gehrels 3

82
Ver. 1.00

Encounter with Jupiter
2143 2153

Heliocentric elements

Epoch	f	q	Q	a	e	i	ω	Ω
2143 10 19.7	77.84	3.2352	4.9641	4.0996	0.2109	2.78	218.42	130.43
2153 11 19.2	59.51	5.7513	7.1273	6.4393	0.1068	1.52	299.76	9.16



Planetocentric elements

Epoch	Distance	f'	q'	a'	e'	i'	ω'	Ω'
2143 10 19.7	1.8563	297.48	0.876	−0.018	49.77	9.62	266.96	94.49
2146 11 19.5	0.0647	356.46	0.065	0.270	0.76	25.68	150.30	334.31
2149 8 15.0	0.0106	358.13	0.011	0.206	0.95	60.44	157.73	306.47
2153 11 19.3	1.9352	51.54	1.224	−0.035	35.72	3.26	24.63	244.39

Les rencontres avec Jupiter de la comète Gehrels 3

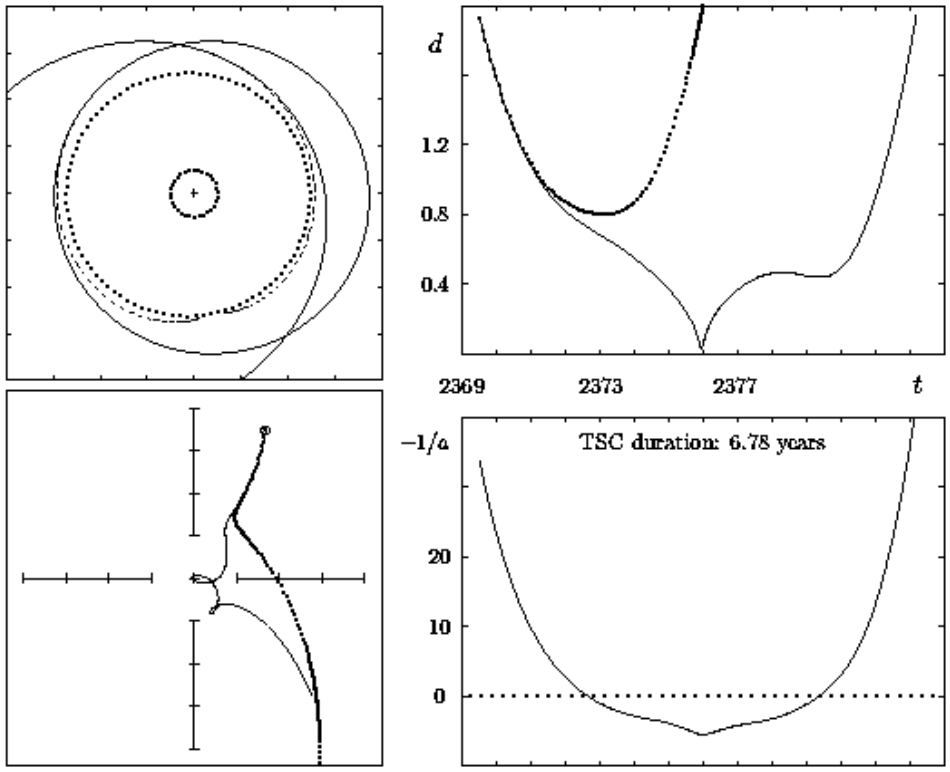
P/Gehrels 3

82
Ver. 1.00

Encounter with Jupiter
2369 2382

Heliocentric elements

Epoch	f	q	Q	a	e	i	ω	Ω
2369 7 7.6	303.93	5.9404	7.5003	6.7204	0.1161	1.00	184.54	341.52
2382 3 14.7	76.50	5.3780	11.6666	8.5223	0.3689	0.76	85.40	305.16

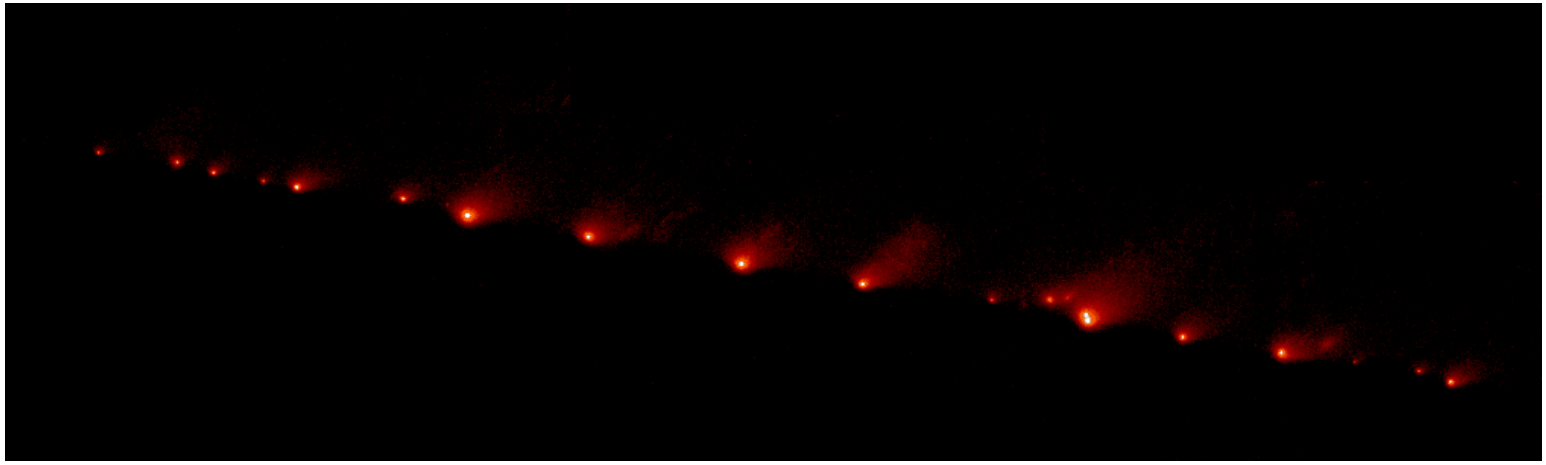


Planetocentric elements

Epoch	Distance	f'	q'	a'	e'	i'	ω'	Ω'
2369 7 7.6	1.9318	315.14	1.381	−0.030	47.64	4.70	185.63	17.15
2375 12 15.8	0.0247	358.10	0.025	0.183	0.86	121.28	158.82	257.34
2379 5 31.0	0.4392	1.19	0.439	−7.479	1.06	19.97	72.81	259.96
2382 3 14.8	1.9537	66.11	0.823	−0.024	35.55	8.75	115.49	252.27

Les rencontres avec Jupiter de la comète Gehrels 3

La comète Shoemaker-Levy 9



La comète Shoemaker-Levy 9 était un satellite temporaire de Jupiter en 1994, quand elle est tombée, en morceaux, sur Jupiter

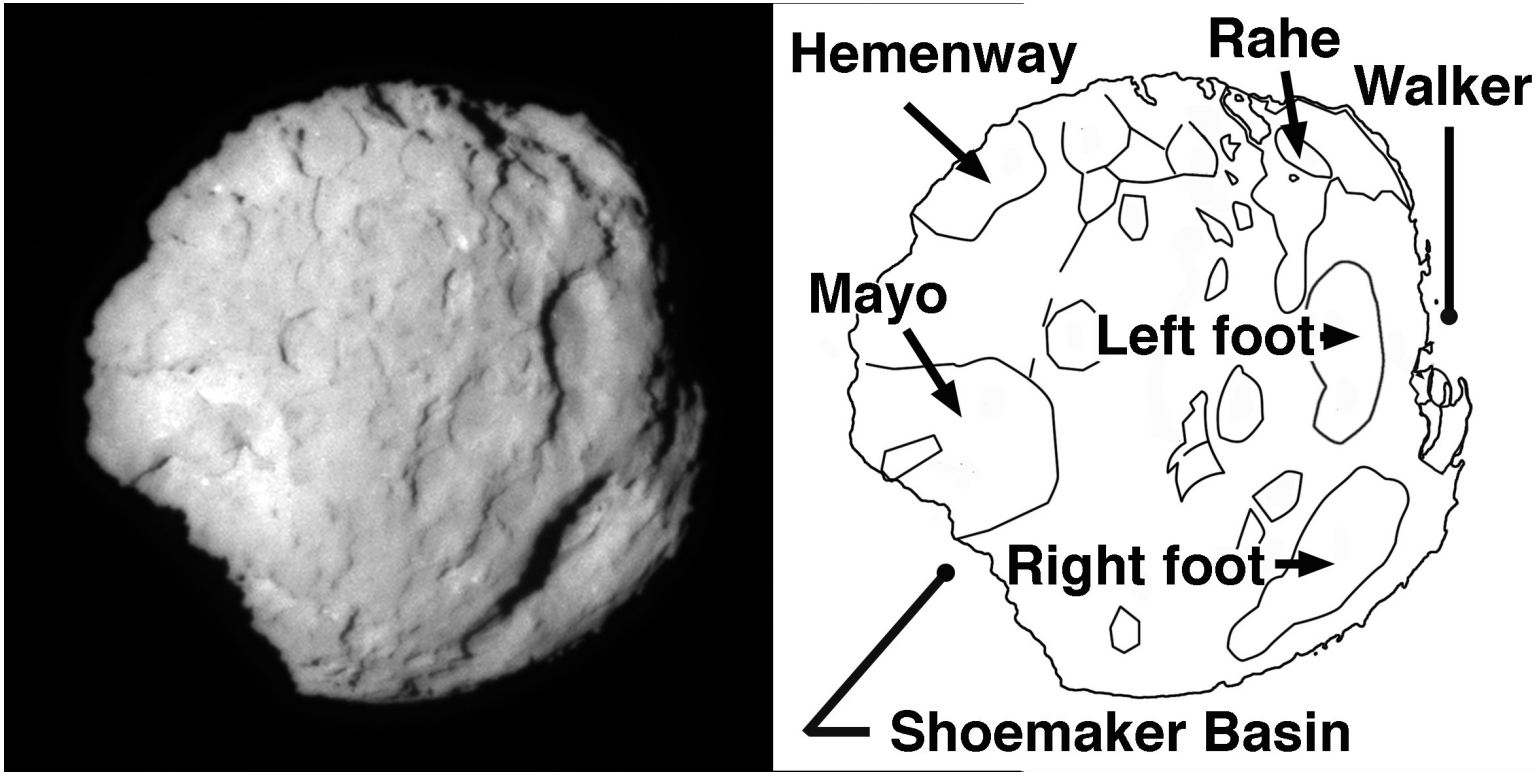
Les comètes vues de près

La comète de Halley

Les comètes vues de près

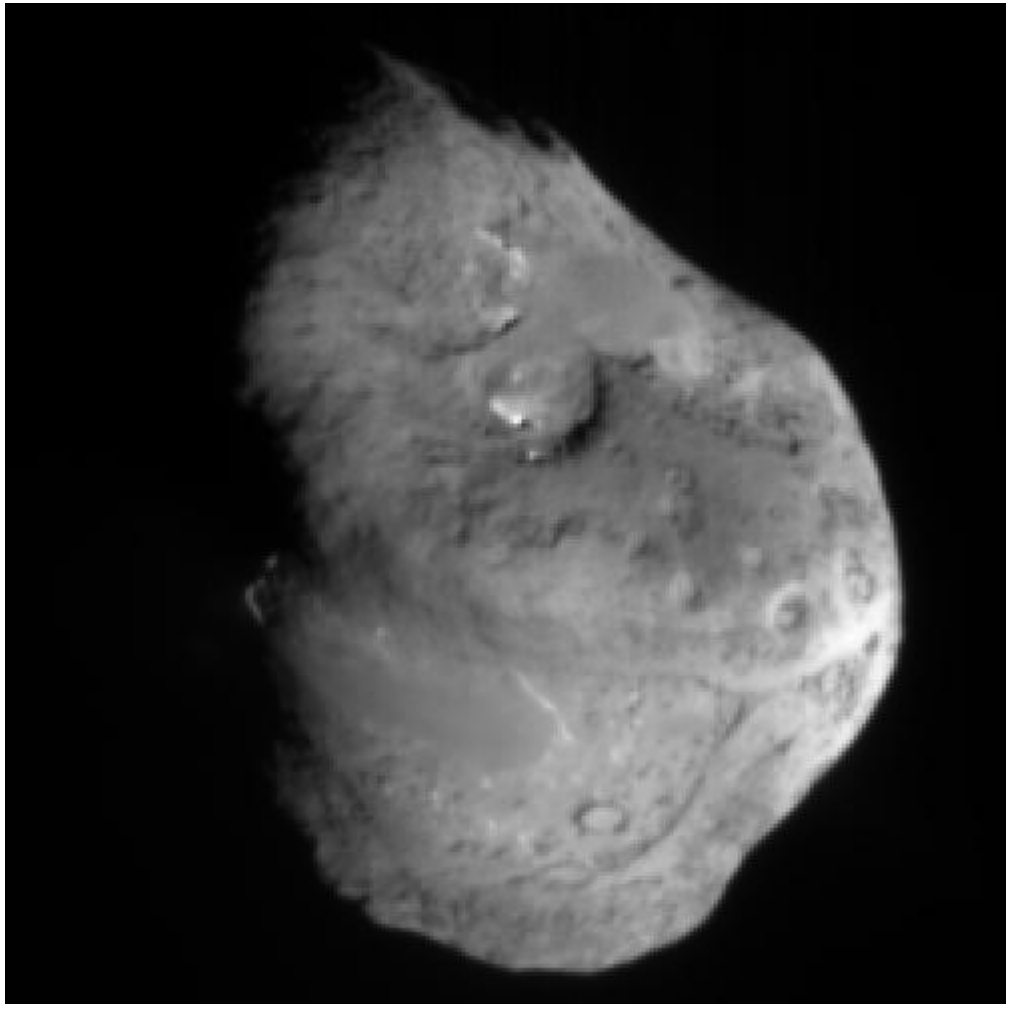
La comète Borrelly

Les comètes vues de près



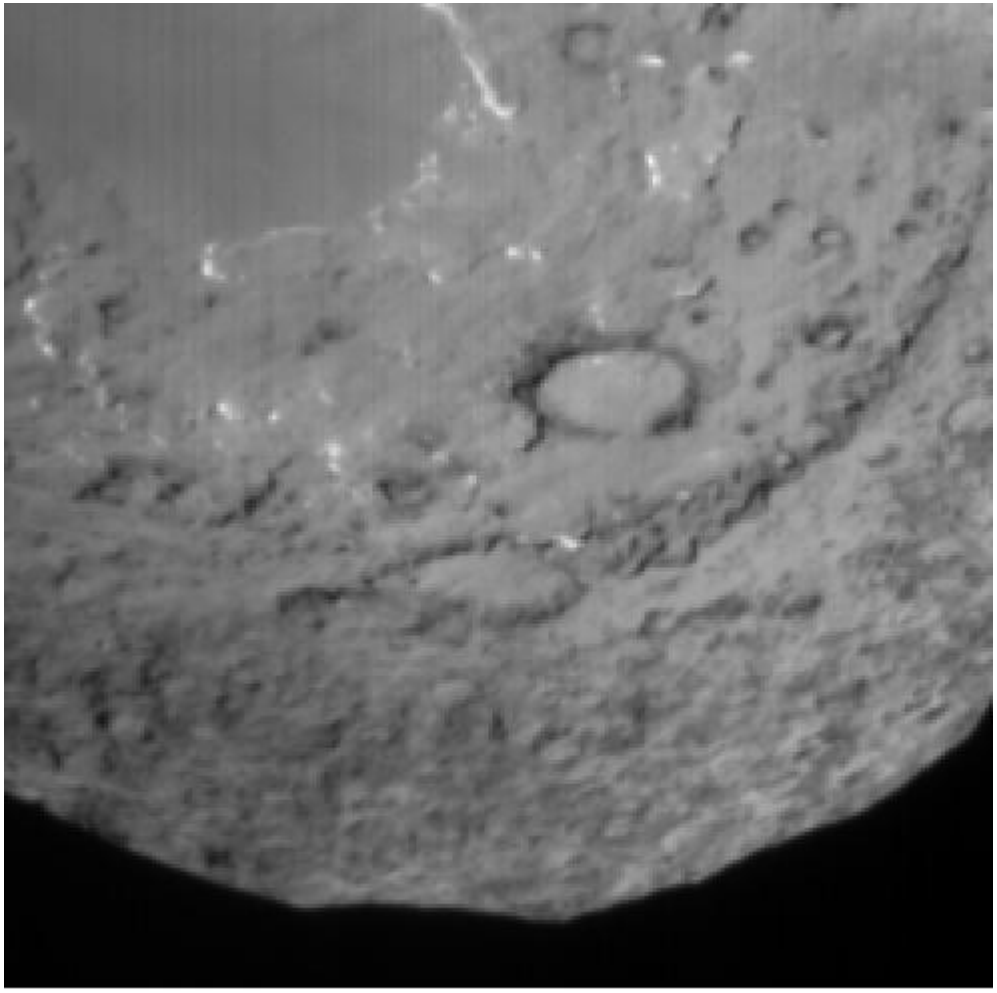
La comète Wild 2

Les comètes vues de près



La comète Tempel 1

Les comètes vues de près



La comète Tempel 1

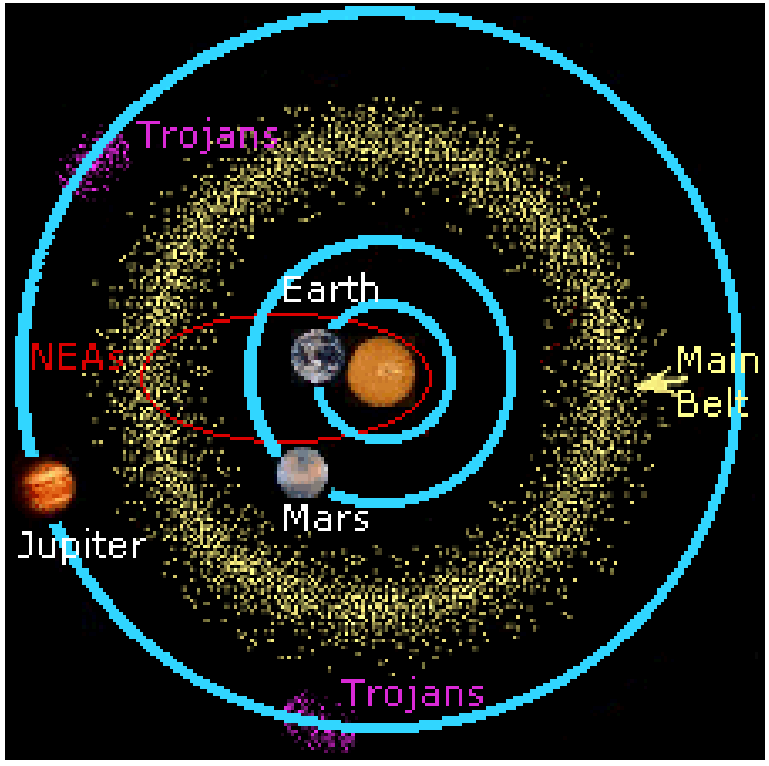
Les NEOs

Les NEOs (Near-Earth Objects, objets près de la Terre) sont des astéroïdes et des comètes qui se déplacent à l'intérieur de l'orbite de Mars

Ils proviennent d'autres régions du Système Solaire, par des mécanismes de transport complexes

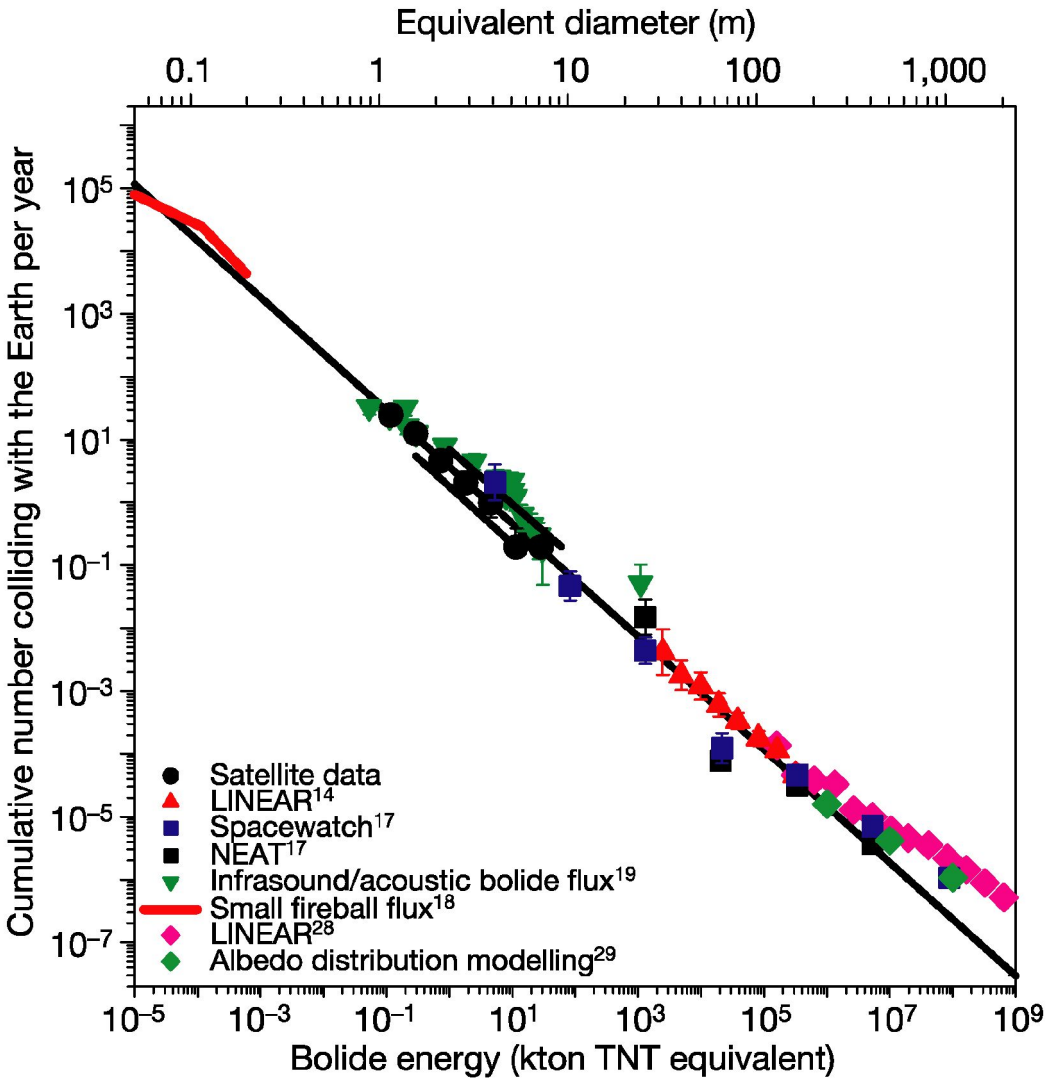
Ils tombent sur le Soleil ou sur les planètes

Les NEAs



La plupart des NEOs sont en effet des NEAs (Near-Earth Asteroids, astéroïdes géocroiseurs), qui viennent de la ceinture principale

Est-ce qu'ils tombent souvent?



Cela dépend de la taille!

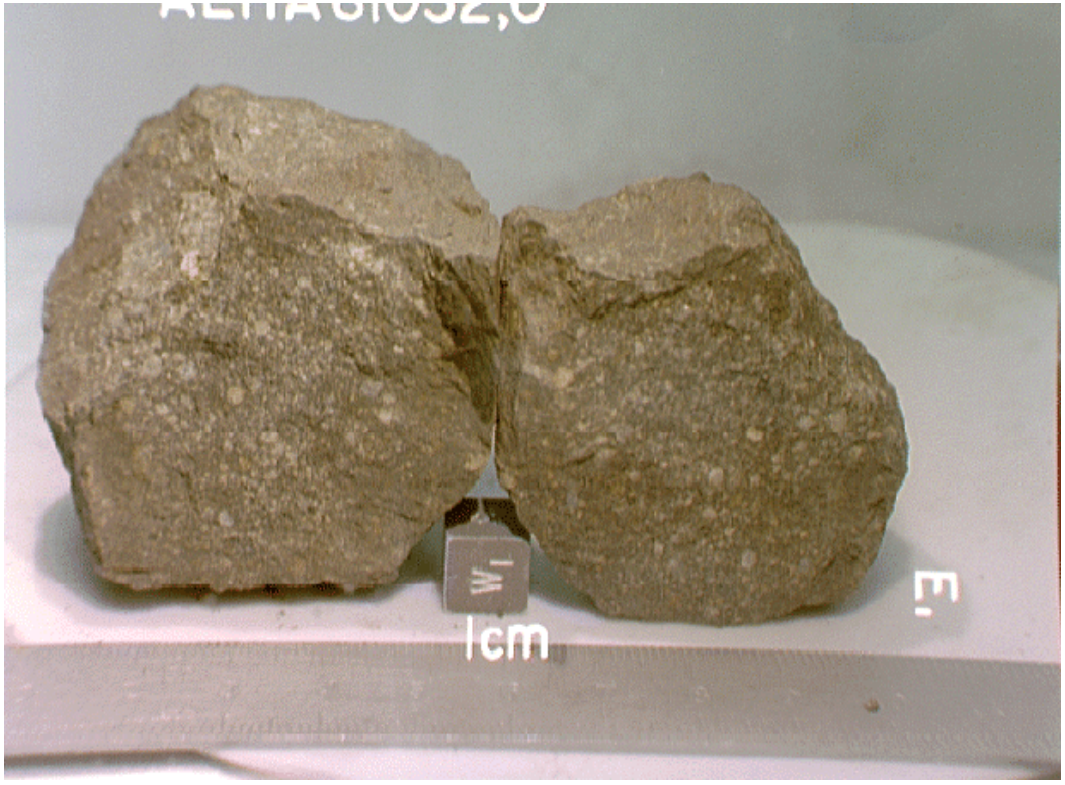
Les météores

Le bolide de Peekskill, qui a donné lieu à une météorite

Les météorites

Une météorite de fer

Les météorites

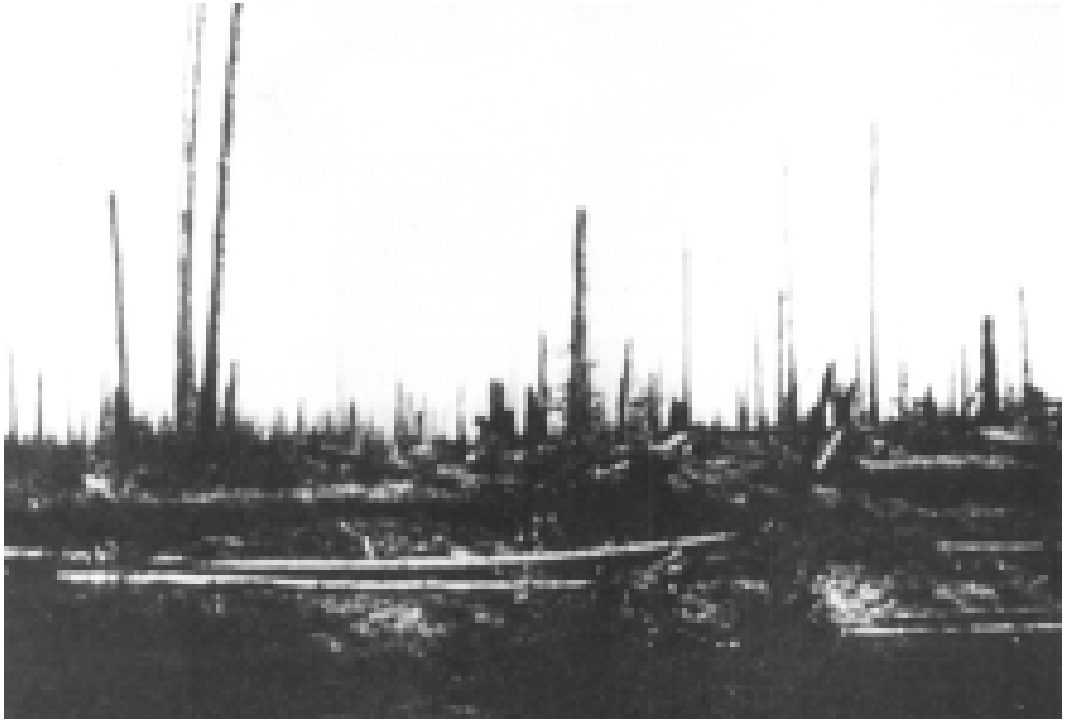


Une chondrite

Les météorites

Une achondrite

Tunguska

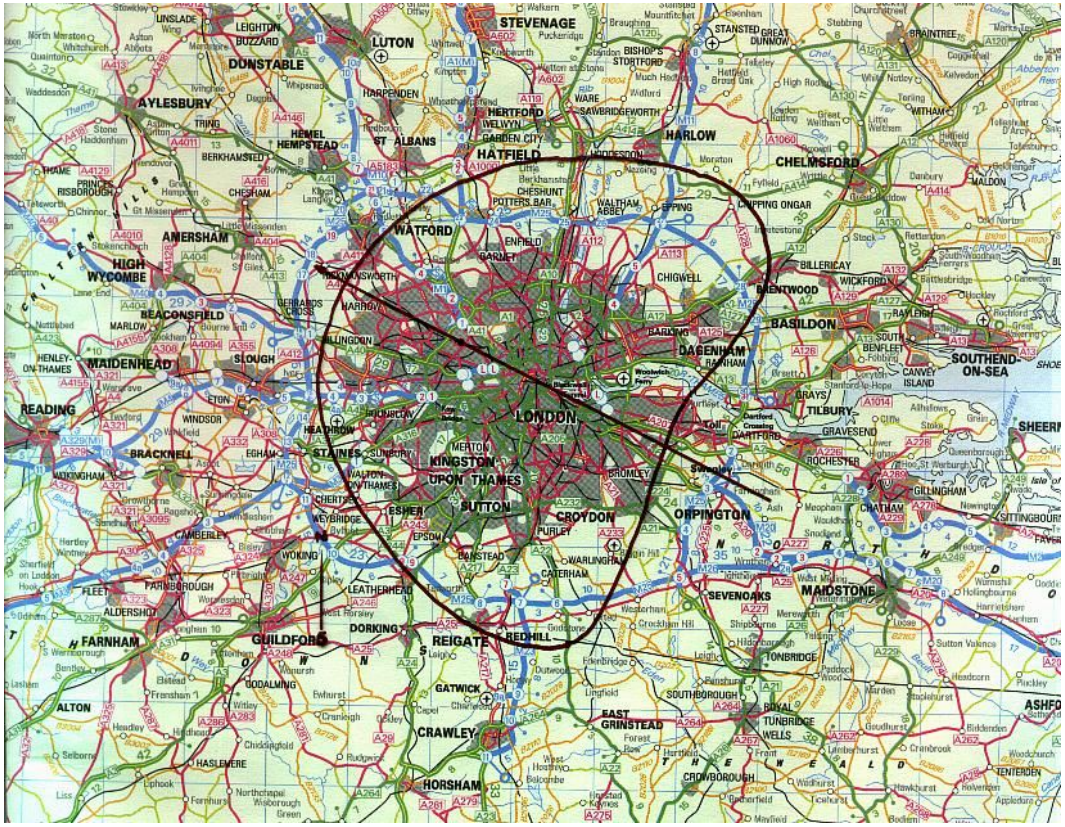


L'épicentre

Tunguska

Loin de l'épicentre

Tunguska



La taille du désastre

Prévenir les impacts?

On étudie les NEAs avec des missions spatiales

Voilà une image prise par la sonde japonaise Hayabusa de l'astéroïde Itokawa...

Prévenir les impacts?

...et une autre image
du même astéroïde

Prévenir les impacts?

Surtout, on essaye de découvrir tous les astéroïdes qui peuvent avoir une collision avec la Terre dans les prochaines dizaines d'années

On a mis au point des techniques très efficaces pour reconnaître les astéroïdes dangereux, et on prépare des mission spatiales capables de dévier un astéroïde qui se trouve sur une trajectoire de collision