

L'astéroïde « (84902) Porrentruy »
est-il une comète du 3^e type ?



Extrait des Actes 2006
de la société jurassienne d'émulation

L'astéroïde «(84902) Porrentruy» est-il une comète du 3^e type ?

Michel Ory

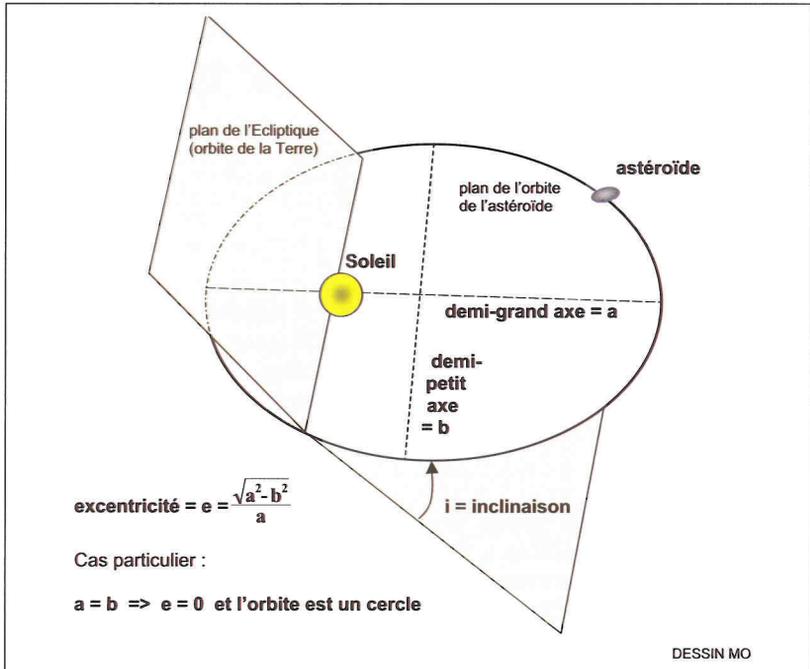
La recherche de nouveaux astéroïdes a débuté en août 2000 à l'Observatoire astronomique jurassien (Vicques, JU). Six années plus tard, il est temps de tirer un premier bilan. Premièrement, 2005 restera une année exceptionnelle. Deuxièmement, et c'est une grosse surprise, parmi les 125 astéroïdes découverts, se cachent peut-être... des comètes !

En connaissance de cause, je peux affirmer que le climat jurassien n'est pas du tout favorable à l'observation astronomique. Quatre jours sur cinq, le ciel est fortement ou totalement couvert de nuages. Malgré ce handicap majeur, l'Observatoire astronomique jurassien¹ a cumulé un total de 446 soirées ou nuits d'observation durant la période allant du 10 août 2000 au 10 août 2006. Autant dire que chaque «fenêtre» de ciel étoilé ou presque a été exploitée.

En aval des observations faites sur le terrain, ces six années représentent également un colossal travail passé devant l'ordinateur personnel à la maison. Pour une heure d'observation, il faut compter une seconde heure à traiter, puis réduire les dizaines, voire les centaines d'images numériques de la nuit. Enfin, il faut parachever le travail en envoyant par courrier électronique les mesures extraites et dûment formatées au Minor Planet Center (MPC) de Boston². Au 18 juillet 2006, l'Observatoire astronomique jurassien a transmis au MPC très exactement 21406 mesures astrométriques (de position) et photométriques (d'éclat) d'astéroïdes et de comètes. Et la base d'archives contient aujourd'hui quelque 6,5 giga-octets d'images numériques.

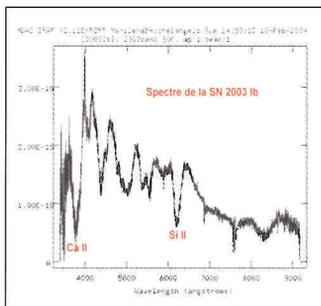
Supernova de Noël et «géocroiseurs»

Depuis l'hiver 2000/2001, notre activité s'est focalisée sur la recherche de nouveaux astéroïdes dans et hors de la Ceinture principale³. Mais de manière co-latérale deux types de travaux ont pu être menés. D'une part, nous avons systématiquement recherché dans les galaxies présentes sur nos clichés la trace d'éventuelles supernovæ. Et ce qui devait



Demi-grand axe a, excentricité e et inclinaison i.

L'orbite d'un astéroïde – comme celle d'une planète – est une ellipse dont le Soleil occupe l'un des foyers. Elle est définie principalement par les trois paramètres (a, e, i). Le plus grand diamètre de l'ellipse s'appelle le grand-axe et vaut 2a. On utilise plutôt le demi-grand axe qui vaut a. Il se mesure en unités astronomiques ou UA (1 UA = distance moyenne Terre-Soleil = 149600000 km). Le plus petit demi-diamètre s'appelle le demi-petit axe et vaut b. L'«allongement» de l'ellipse est caractérisé par son excentricité e. Si a=b, alors e=0 et l'ellipse est un cercle. L'angle d'inclinaison i (mesuré en degrés) sépare les plans contenant d'une part l'orbite de la Terre autour du Soleil, d'autre part l'orbite de l'astéroïde. Si i=0°, alors l'astéroïde évolue dans le plan de l'orbite de la Terre appelé aussi l'Ecliptique.



Graphique 1: Ce spectre de la supernova «2003 Ib» a été réalisé par Marilena Salvo au foyer du télescope ANU de 2,3 mètres de l'Observatoire australien du Mont Stromlo le 27 décembre 2003, soit deux jours seulement après la découverte à Vicques. On y observe les deux raies caractéristiques des supernovæ de «type Ia» : celle du silicium ionisé une fois (notée Si II) et celle du calcium ionisé une fois (Ca II). 2003Ib était donc une étoile compacte en fin de vie – les astronomes parlent d'une naine blanche – qui a volé en éclats lors d'une explosion thermonucléaire. Aujourd'hui, il ne reste plus rien de cette étoile, même pas un résidu central. Source: M. Salvo, Australian National University.

statistiquement arriver après plusieurs années, arriva avec un peu d'avance, le jour de Noël 2003: une magnifique supernova de magnitude 15,8R dans la galaxie UGC 2850. Baptisée «2003 lb» par l'Union astronomique internationale (UAI), cette supernova de type Ia – voir le graphique 1 – demeure la seule jamais découverte par un amateur en Suisse.⁴

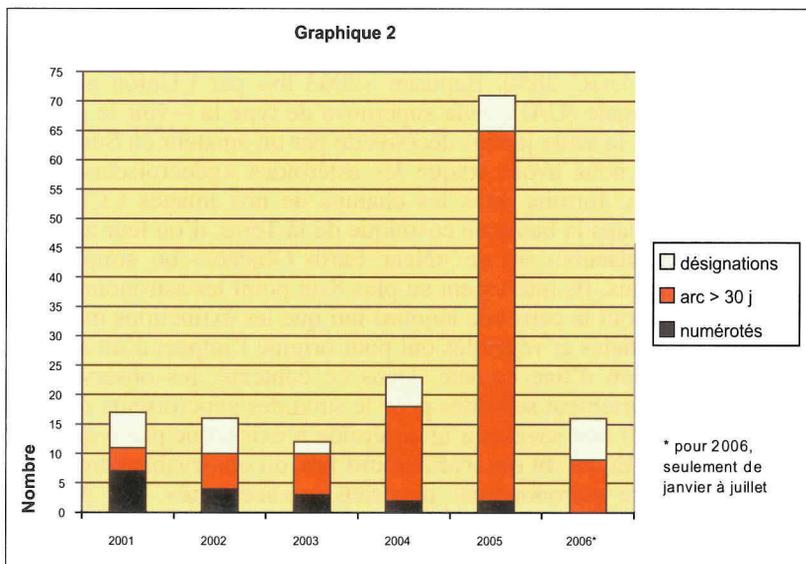
D'autre part, nous avons traqué les astéroïdes «géocroiseurs» présents de manière fortuite dans les champs de nos images CCD. Ces astres évoluent dans la banlieue cosmique de la Terre, d'où leur appellation de «géocroiseurs» ou de «Near Earth Objects» ou simplement «NEO» en anglais. Ils intéressent au plus haut point les astronomes professionnels, qui ont la certitude aujourd'hui que les extinctions massives des espèces animales et végétales ont pour origine l'impact d'un astéroïde géocroiseur ou d'une comète. Dans ce contexte, les observatoires amateurs sont fortement sollicités pour le suivi des géocroiseurs nouvellement repérés. Il faut savoir qu'un astéroïde n'existe que parce qu'il est encore observé. Et qui dit observé aujourd'hui, dit observable demain.

L'Observatoire astronomique jurassien a «accroché» son premier géocroiseur le 20 août 2000. Il s'agissait de (2100) *Ra-Shalom*, un objet découvert en 1978 au Mont Palomar (Californie) et baptisé du nom du dieu soleil égyptien et du mot paix en hébreu, afin de commémorer la conférence de Camp David. Au 10 août 2006, après six années de traque, ce sont très exactement 1907 mesures astrométriques de géocroiseurs qui ont pu être transmises au Minor Planet Center. Vous pouvez découvrir l'ensemble de ces 1907 mesures faites à Vicques dans la base «NEODys» de l'Université de Pises en Italie.⁵

Désignation d'abord, numérotation ensuite

Après chaque Pleine Lune, le Minor Planet Center transmet aux observatoires «certifiés UAI»⁶ un rapport personnalisé baptisé sans fantaisie du nom du programme qui le génère «Discstatus V 5.1c». Pour chaque site, ce rapport tient à jour trois totaux: le nombre de «désignations» trouvées, le nombre d'astéroïdes numérotés, enfin le nombre d'astéroïdes baptisés. Explications.

Après être repéré, souvent après deux nuits consécutives d'observation, un nouvel astéroïde reçoit une désignation provisoire. Par exemple, le premier objet détecté à Vicques en janvier 2001 a reçu la désignation 2001 AB49. Après une ou plusieurs années de suivi, ou plus précisément lorsque l'orbite de l'objet est suffisamment contrainte par les nouvelles mesures de positions, l'astéroïde reçoit un numéro définitif. Il peut alors être baptisé par son découvreur. Ainsi 2001 AB49 est devenu très officiellement (42113) *Jura* en juillet 2002. C'est le 42113^e astéroïde officiellement découvert dans le monde depuis l'apparition de (1) *Ceres* en 1801.⁷



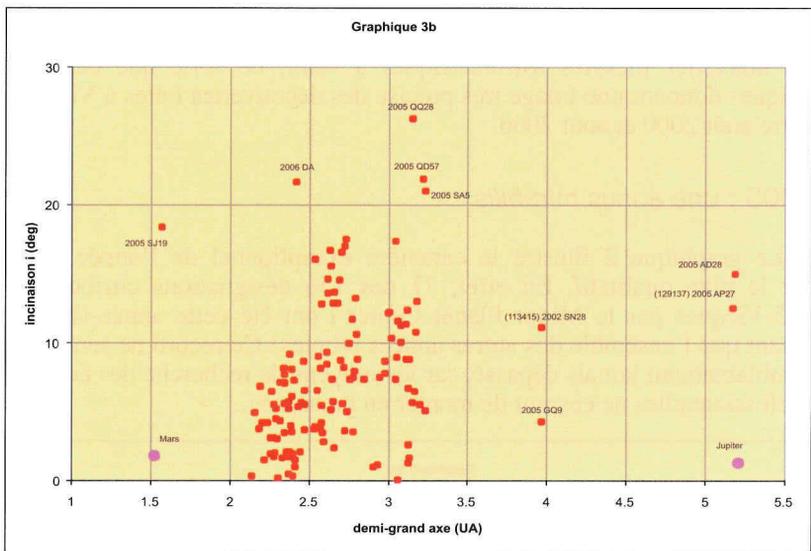
Graphique 2: Ce graphique présente a) le nombre de nouvelles désignations; b) le nombre d'astéroïdes ayant plus de 30 jours d'arc, soit la limite au-delà de laquelle ils ne sont en général plus perdus; enfin c) le nombre d'astéroïdes numérotés et donc découverts par l'Observatoire astronomique jurassien. L'année 2005 cumule à elle seule la moitié des nouvelles désignations. Source: MO/SJA.

125 astéroïdes découverts en 2016

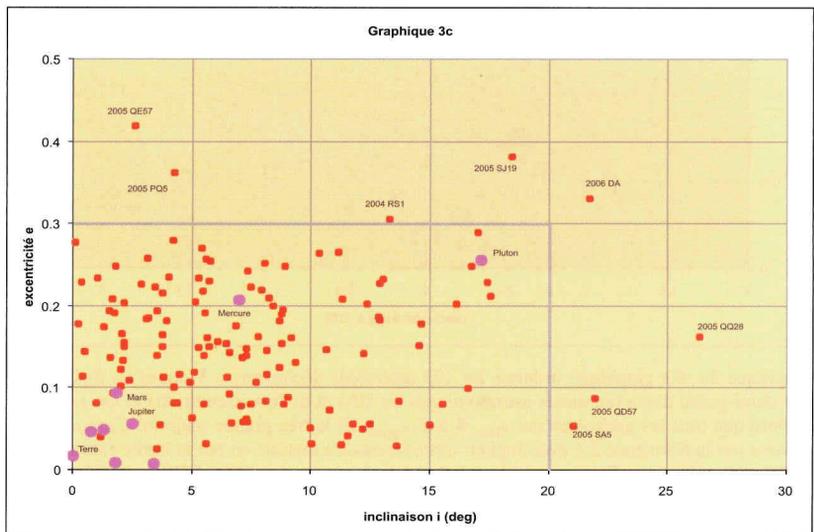
En résumé, obtenir une nouvelle désignation du Minor Planet Center n'est pas encore synonyme d'une découverte. Pour être officiellement découvert, un astéroïde doit être numéroté. L'Observatoire astronomique jurassien a reçu son dernier «Discstatus» le 6 août 2006. Ce rapport indique que la station 185-Vicques a trouvé 156 désignations, qu'elle a à son actif 19 astéroïdes numérotés, et que parmi ces derniers, 9 sont baptisés. Il s'agit de (42113) *Jura*, (42191) *Thurmann*, (46095) *Frederickoby*, (57658) *Nilmer*, (68718) *Safi*, (77755) *Delémont*, (84902) *Porrentruy*, (88906) *Moutier* et (115950) *Peterkocher*.

Je peux ajouter que dans les dix années à venir 106 désignations attribuées à Vicques entre 2001 et 2006 seront progressivement numérotées. Cela portera à 125 le nombre total d'astéroïdes découverts dans le Jura. Ce total de 125 va augmenter encore un peu, puisque les recherches se poursuivent actuellement.

Les graphiques 2, 3a, 3b, 3c, 4a, 4b et 5 illustrant cet article intègrent d'ores et déjà l'ensemble de ces 125 astéroïdes. Tous ou presque ont des paramètres orbitaux (soient a, e et i) qui ne vont que peu évoluer avec



Graphique 3b: Ce graphique dispose les astéroïdes découverts à Vicques en fonction du demi-grand axe a et de l'inclinaison i de leur orbite. On constate que 4 astéroïdes sur les 125, donc 3% du lot, ont une inclinaison sur le plan de l'orbite de la Terre dépassant les 20° : *2005 QQ28*, *2005 QD57*, *2005 SA5* et *2006 DA*. Par ailleurs, et ce n'est pas un hasard, les astéroïdes les plus lointains découverts sont également en moyenne les plus inclinés. Source: MO/SJA



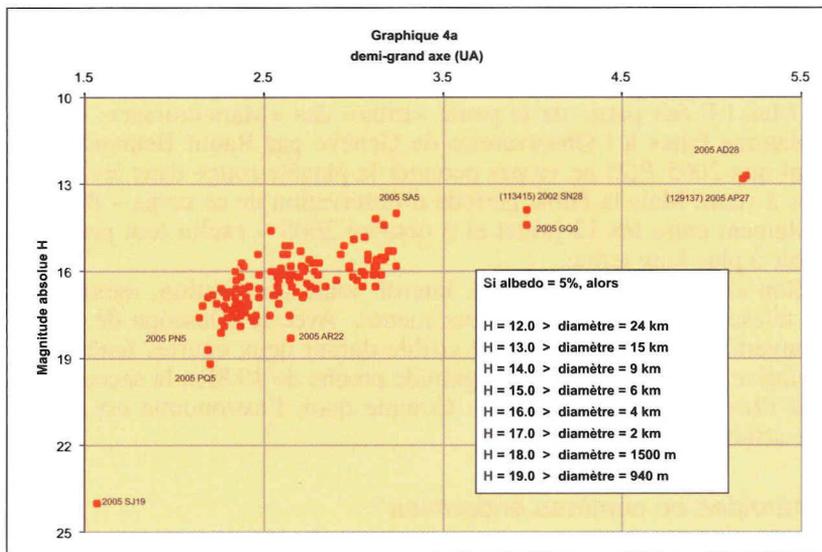
Graphique 3c: Ce graphique classe les 125 astéroïdes découverts à Vicques et les 9 planètes du système solaire en fonction de l'inclinaison i et de l'excentricité e de leur orbite. On remarque essentiellement que nos astéroïdes ont des orbites beaucoup plus excentriques et inclinées que celles des planètes. La palme du «conformisme» revient à *(126748) 2002 DP* (situé en bas à gauche près de la Terre), avec $i = 1,14^\circ$ et $e = 0,04$, et celle du «non-conformisme» à *2006 DA*, avec $i = 21,73^\circ$ et $e = 0,33$. A noter encore que la majorité des objets ayant $i > 20^\circ$ et/ou $e > 0,3$ ont été découverts durant l'année 2005. Source: MO/SJA.

L'année 2005 a également été remarquable par la qualité des objets trouvés. Les graphiques 3a, 3b et 3c montrent que les objets les plus lointains (demi-grand axe $a > 4$ UA), les plus proches ($a < 2$ UA), ceux ayant les orbites les plus excentriques (excentricité $e > 0,3$) ou les plus inclinées (inclinaison $i > 20^\circ$) ont presque tous été repérés en 2005. A n'en pas douter, 2005 restera comme l'*annus mirabilis* de la recherche d'astéroïdes dans le Jura.

Dans le reste de cet article, je vais évoquer plusieurs objets remarquables pour la plupart découverts en 2005: (129137) 2005 AP27, 2005 PQ5, 2005 QQ28, 2003 FJ2 et (84902) Porrentruy.

Hippolochos sera son nom

Dans mon article paru dans les *Actes 2005*⁸, j'ai longuement évoqué la découverte en janvier 2005 des «Troyens» 2005 AP27 et 2005 AD28.



Graphique 4a: Ce graphique présente la taille des astéroïdes découverts à Vicques en fonction de leur distance au Soleil (demi-grand axe a). Les astronomes convertissent la brillance intrinsèque de l'objet H – appelée sa «magnitude absolue» – en taille. En effet, un objet plus gros réfléchira vers la Terre davantage de rayonnement solaire. En faisant l'hypothèse réaliste que 5% de la lumière solaire est réfléchi par le sol de l'astéroïde, un tableau permet de convertir la magnitude absolue H en diamètre. Il se dégage une tendance très nette dans ce graphique: la taille des astéroïdes croît avec la distance. Encore une observation qui n'apparaît pas sur ce graphique: la majorité des astéroïdes ont été découverts alors qu'ils brillaient 100x moins que la planète Pluton. Autrement dit, à Vicques, Pluton est un phare. Source: MO/SJA.

Ces astres constituent tout à la fois les objets les plus lointains et les plus gros (respectivement 17 et 18 km de diamètre) découverts à Vicques (voir les graphiques 4a et 4b). En Suisse, personne n'a jamais trouvé un astéroïde aussi lointain. Et peu d'amateurs à travers le monde ont eu la chance d'accrocher un «Troyen» à leur palmarès. La grande nouvelle de l'année écoulée est que le premier d'entre eux, *2005 AP27*, vient d'être numéroté. Son numéro officiel est: *(129137) 2005 AP27*.

La tradition veut que l'on attribue aux astéroïdes «Troyens» des noms de héros de la guerre de Troie. Le 10 août 2006, j'ai proposé le nom d'Hippolochos à l'Union astronomique internationale pour baptiser le premier «Troyen» découvert à Vicques. Hippolochos était un guerrier troyen mort sous la lame d'Agamemnon. Mais plus encore, au sens étymologique, Hippo-lochos signifie «une embuscade avec un cheval». Une référence étonnante au Cheval de Troie.

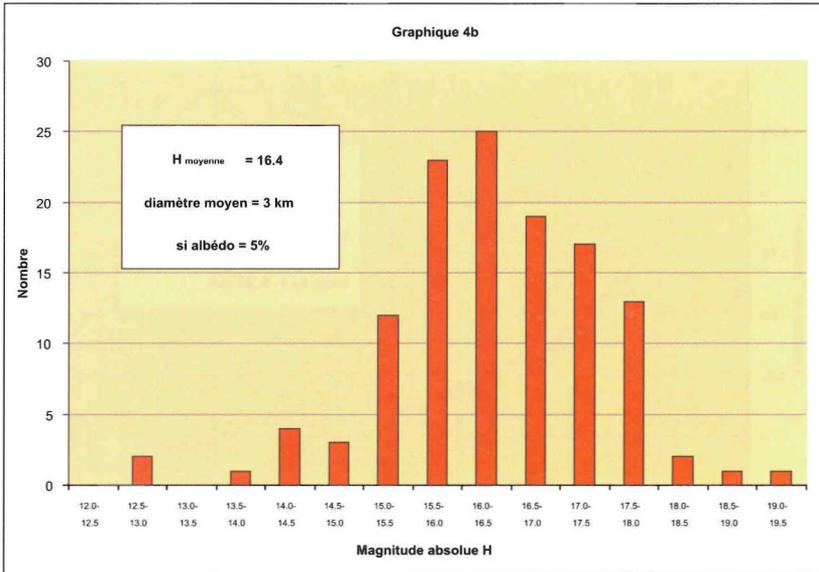
2005 PQ5 croise Mars

2005 PQ5 est un astéroïde de seulement 850 m de diamètre (voir le graphique 4a). Ce gros rocher a été trouvé à Vicques le 9 août 2005. Mais la belle surprise est que ce bolide croise périodiquement... l'orbite de Mars! Il fait partie de la petite «tribu» des «Mars-crosser». Les simulations faites à l'Observatoire de Genève par Raoul Behrend montrent que *2005 PQ5* ne va pas percuter la planète rouge dans les décennies à venir. Mais la faible période d'observation de ce corps – 86 jours seulement entre les 12 juillet et 6 octobre 2005 – exclut tout pronostic fiable à plus long terme.

Son éclat actuel, trop faible, interdit toute observation, même avec un télescope d'un mètre ou deux mètres. Avec le télescope de 61 cm d'ouverture de Vicques, il sera visible durant deux courtes fenêtres, la première durant l'été 2010 (magnitude proche de 19.8R), la seconde durant l'hiver 2011/2012 (19.3R). Comme quoi, l'astronomie est surtout une affaire de patience...

Astéroïdes ou comètes endormies?

2005 QQ28, découvert le 28 août 2005, est peut-être une... comète! Les chances sont très faibles, mais pas nulles. Pour savoir si une nouvelle petite planète récemment découverte est un astéroïde plutôt qu'une comète endormie (donc sans chevelure et sans queue), les astronomes utilisent le «paramètre de Tisserand» abrégé T_J . La majorité des astéroïdes ont $T_J \geq 3,00$; la majorité des comètes $T_J < 3,00$. Pour *2005 QQ28*, le calcul donne $T_J = 3,03$, c'est-à-dire très proche de la limite de 3,00. A noter que trois autres astéroïdes de la Ceinture principale décou-

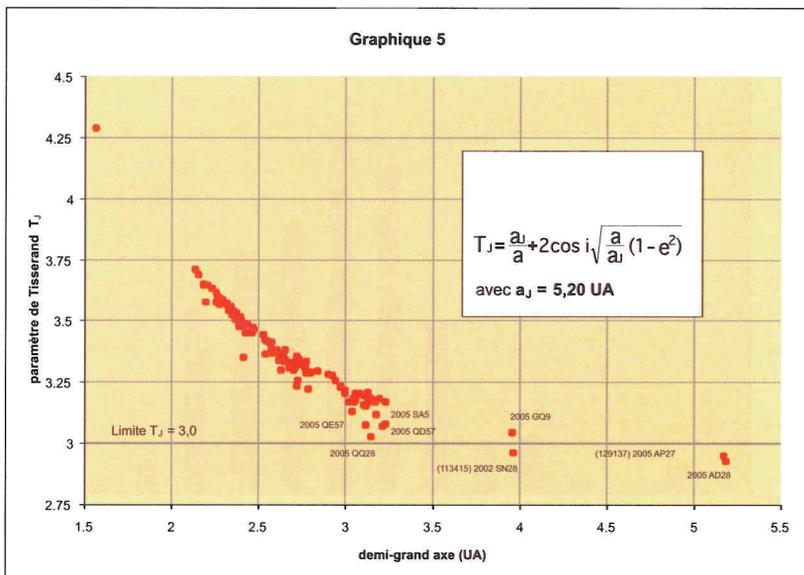


Graphique 4b: Ce graphique classe l'ensemble des 125 astéroïdes découverts à Vicques en fonction de leur magnitude absolue H. La magnitude H moyenne des objets trouvés s'établit à 16,4, ce qui correspond à un diamètre de 3 km. Voilà la taille moyenne des astéroïdes jurassiens. Le plus grand d'entre eux a 18 km et le plus petit 850 m seulement. Source: MO/SJA.

verts à Vicques en 2005 ont $T_J = 3,07$, une valeur proche de la limite également. Il s'agit de *2005 QD57*, *2005 QE57* et *2005 SA5* (voir le graphique 5).

Le D^r Yanga Fernández, spécialiste dans ce domaine à l'University of Central Florida à Orlando, n'a introduit aucun de ces objets vicquois dans sa liste critique de vrais-faux astéroïdes⁹. Mais il n'exclut pas que l'un d'eux présente à l'avenir une activité cométaire. C'est déjà arrivé dans le passé dans des cas similaires. L'espoir est très mince, mais il faudra tout de même suivre avec attention ces quatre objets dans les années à venir, afin de détecter une éventuelle activité cométaire.

Pour la petite histoire, on soulignera que François-Félix Tisserand était un astronome bourguignon né à Nuits-Saint-Georges en 1845 et mort à Paris en 1896. Le paramètre T_J qui porte son nom a été établi dans le cadre de son œuvre majeure, le «*Traité de mécanique céleste*», publié en quatre volumes entre 1889 et 1896. Cette somme des connaissances de l'époque, à la fois précise et élégante, forme encore de nos jours la base de l'enseignement de la mécanique céleste classique au niveau universitaire.



Graphique 5: Ce graphique classe l'ensemble des 125 astéroïdes découverts à Vicques en fonction de leur paramètre de Tisserand T_J et de leur demi-grand axe a . On remarque trois groupes. 1. Tous les astéroïdes de la Ceinture principale se situent sur une courbe descendante, qui tend de manière asymptotique à la limite $T_J = 3,0$. 2. Les astéroïdes «Troyens» – soit *(129137) 2005 AP27* et *2005 AD28* – et les membres du groupe «Hilda» – *(113415) 2002 SN28* et *2005 GQ9* – ont un T_J proche de 3,0. Rien de surprenant, car ils sont en interaction (les spécialistes parlent plutôt de résonance) avec Jupiter. 3. Quatre astéroïdes situés sur le bord externe de la Ceinture principale, à savoir *2005 QQ28*, *2005 QE57*, *2005 QD57* et *2005 SA5*, ont un paramètre de Tisserand très proche de la limite $T_J = 3,0$. Ce sont peut-être des comètes endormies. Source: MO/SJA.

Deux réservoirs de comètes

Pour parler des deux derniers astéroïdes remarquables, *2003 FJ2* et *(84902) Porrentruy*, il est nécessaire de rappeler d'où viennent les comètes. Grosso modo, les comètes sont divisées en deux groupes principaux: les comètes à longues périodes (plus de 200 ans) et celles à courtes périodes (moins de 200 ans). Les comètes à longues périodes proviennent d'un vaste réservoir sphérique situé bien au-delà de Pluton, le «Nuage de Oort». Ces comètes ont des inclinaisons très diverses. Les comètes à courtes périodes, elles, ont des inclinaisons faibles, car elles proviennent d'un réservoir en forme de disque situé juste au-delà de Neptune. C'est la «Ceinture de Kuiper».

Mais comment devient-on une comète alors que l'on résidait aux confins du système solaire? Suite à des collisions ou à des perturbations

gravitationnelles dans la Ceinture de Kuiper ou le Nuage de Oort, un objet glacé peut être envoyé vers le système solaire interne. Sur son chemin, il va croiser l'orbite de Jupiter et donc subir l'action gravitationnelle de cette géante. Ses paramètres orbitaux (donc a , e et i) vont profondément se modifier, mais pas son paramètre de Tisserand. T_J est donc une sorte d'invariant dynamique pour la comète. Et quand l'objet s'approchera trop près du Soleil, ses différentes glaces – CO_2 , CO et H_2O principalement – vont pouvoir se sublimer pour faire apparaître une chevelure, voire une queue, la signature visuelle caractéristique d'une comète.

L'énigme Elst-Pizarro résolue

Cette vision classique de l'origine des comètes est en train de connaître un bouleversement majeur. En avril 2006, les astronomes Henry Hsieh et David Jewitt de l'Université de Hawaï ont publié dans la revue américaine «Science» un article aux conclusions stupéfiantes¹⁰. Selon ces chercheurs, il existe un troisième réservoir de comètes situé... dans la Ceinture principale d'astéroïdes! En 1996 et 2002, l'astéroïde (7968) *Elst-Pizarro* a été observé éjectant de la poussière, comme une comète. Cet objet énigmatique porte également une dénomination de comète périodique: *133P/Elst-Pizarro*. Ce précédent a mis la puce à l'oreille aux chercheurs hawaïens, qui ont alors engagé une surveillance de 300 objets de la Ceinture principale ayant des paramètres orbitaux (a , e et i) similaires à *Elst-Pizarro*. Résultat des courses: deux nouveaux astéroïdes pris en flagrant délit de «dégazage cométaire», à savoir *P/2005 U1* et (118401) *1999 RE70*. D'après les chercheurs, entre 15 et 150 astéroïdes de la Ceinture principale (avec $a > 3$ UA) présenteraient

Astéroïdes ou comètes	a (UA)	e	i (deg)	T (années)	Activité cométaire en	Appartient à Thémis
133P/Elst-Pizarro	3.158	0.165	1.386	5.61	1996, 2002	oui
P/2005 U1	3.165	0.253	1.266	5.63	2005	non
(118401) Linear	3.196	0.192	0.237	5.71	2005	oui
(84902) Porrentruy	3.123	0.174	1.314	5.52	aucune à ce jour	oui
2003 FJ2	3.129	0.093	1.699	5.53	aucune à ce jour	oui

Tableau 1 : La famille Thémis a été découverte en 1918 par l'astronome japonais *Kiyotsugu Hirayama* (article original: K. Hirayama, *The Astronomical Journal*, vol. 743, 185 (1918)). Pour appartenir à la famille Thémis, un astéroïde doit avoir: $3,08 \leq a \leq 3,24$ UA, $0,09 \leq e \leq 0,22$ et encore $i < 3^\circ$. Le tableau 1 indique les paramètres orbitaux (a , e , i et la période de révolution T) des trois «comètes» découvertes dans la Ceinture principale. On constate que *133P/Elst-Pizarro* et (118401) *Linear* sont des membres de la famille Thémis. Deux astéroïdes découverts à Vicques en 2003, soit (84902) *Porrentruy* et 2003 *FJ2*, ont des paramètres orbitaux tels qu'ils appartiennent également à la famille Thémis. Auront-ils une activité cométaire dans le futur? Ce n'est pas du tout impossible. Source MO/SJA.

une activité cométaire actuellement. Cette activité temporaire résulterait de l'impact d'un bolide sur l'astéroïde, découvrant alors sa «pulpe» de glace fraîche. Ne pourraient devenir comètes que les astéroïdes contenant suffisamment de glace pour produire une chevelure.

Au niveau dynamique, *Elst-Pizzaro* et *(118401) RE70* sont membres d'une même famille, la famille Thémis, issue de la fragmentation passée d'un corps parent d'au moins 300 km de diamètre. Or deux astéroïdes trouvés à Vicques en 2003, soit *2003 FJ2* et *(84902) Porrentruy*, font partie de cette famille Thémis (voir le tableau 1). Là aussi, des candidats-comètes à surveiller au plus près dans les décennies à venir. Patience donc, encore et toujours...

L'eau venue des comètes

Bien au-delà de nos «petites» observations à Vicques se dénoue ici l'un des débats les plus controversés du moment: l'origine de l'eau sur la Terre. Le deutérium, un isotope rare et lourd de l'hydrogène, est au cœur du problème. Son abondance relative sur la Terre est six fois plus élevée que dans la nébuleuse proto-solaire qui lui a donné naissance. Un vrai paradoxe.

La question clé aujourd'hui: qu'est-ce qui a apporté la différence de deutérium? De plus en plus de scientifiques répondent les comètes, car leur taux relatif de deutérium est encore plus abondant que sur la Terre¹¹. Or, s'il s'avère qu'il existe de nombreuses comètes présentes dans la Ceinture principale, comme le prétendent Hsieh et Jewitt, il y aurait eu à la fois de l'eau et du deutérium en abondance, et surtout le tout quasiment sur place. Il suffit juste de quelques collisions...

Delémont, le 17 août 2006

Michel Ory (Delémont) enseigne la physique au Lycée cantonal à Porrentruy. Il est le président de la Société jurassienne d'astronomie. L'astéroïde (67979) Michelory découvert au Creusot (France) par Jean-Claude Merlin porte aujourd'hui son nom.

¹ L'Observatoire astronomique jurassien est situé au nord du village de Vicques (JU). Il est la propriété de la Société jurassienne d'astronomie. Cette société possède un site internet accessible à l'adresse suivante : <http://www.jura-observatory.ch>.

² Le Minor Planet Center (MPC) est l'organisme créé par l'Union astronomique internationale (UAI) chargé de centraliser l'ensemble des mesures de position et de brillance des astéroïdes, des comètes, des satellites naturels des planètes géantes et de Pluton. Les anglo-saxons utilisent souvent le terme de «minor planets» pour désigner ces petits astres. Le site du MPC est accessible à l'adresse suivante : <http://cfa-www.harvard.edu/iau/mpc.html>.

³ La Ceinture principale regroupe la très grande majorité des astéroïdes. Elle se situe entre les planètes Mars et Jupiter. Un astéroïde sur cent environ est découvert hors de cette Ceinture principale.

⁴ Pour en savoir plus sur la découverte de cette supernova, vous pouvez lire l'article que j'ai fait paraître dans les *Actes SJE 2004* : «La supernova de Noël 2003», pages 103-112.

⁵ Voir ici : <http://newton.dm.unipi.it/cgi-bin/neodys/neoibo?sites:185;main>.

⁶ L'Union astronomique internationale (UAI) délivre un numéro de code à trois chiffres aux observatoires professionnels et amateurs capables de lui fournir des mesures précises de positions d'astéroïdes et de comètes. Par exemple, le télescope spatial Hubble porte le numéro de code 250, l'Observatoire austral européen de La Silla au Chili le numéro 809 et l'Observatoire astronomique jurassien le numéro 185. La liste des observatoires «certifiés UAI» et leur numéro de code se trouvent à la page suivante : <http://www.cfa.harvard.edu/iau/lists/ObsCodes.html>.

⁷ Pour en savoir plus sur l'art et la manière de découvrir un astéroïde, vous pouvez lire l'article paru dans les *Actes SJE 2002* : «Trois astéroïdes découverts dans le Jura», par M.Ory, H. Lehmann et C. Lovis, pages 95-104.

⁸ Pour en savoir plus sur la découverte de ces astéroïdes «Troyens», vous pouvez lire l'article que j'ai fait paraître dans les *Actes SJE 2005* : «Deux astéroïdes Troyens et deux membres du groupe Hilda découverts à Vicques (JU)», pages 147-158.

⁹ Voici la liste tenue à jour par le Dr Y. Fernández des astéroïdes ayant $T_j \# 3.0$: <http://www.physics.ucf.edu/~yfernandez/lowtj.html>

¹⁰ H.H. Hsieh, D.Jewitt, *Science*, vol. 312, 561 (2006)

¹¹ Voir par exemple A. Morbidelli et al., *Meteoritics and Planetary Science*, vol. 35, 1309 (2000)

