

Deux astéroïdes «Troyens» et deux membres du groupe «Hilda» découverts à Vicques (JU)

MICHEL ORY

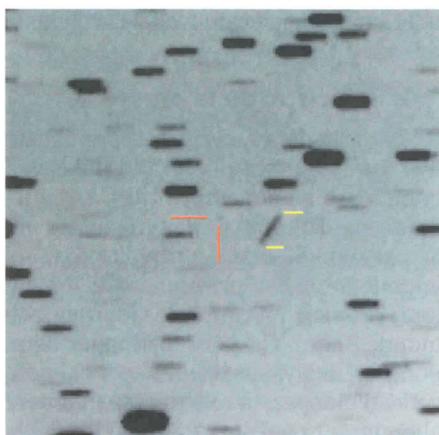
Depuis 2001, l'Observatoire astronomique jurassien a reçu 147 nouvelles désignations d'astéroïdes attribuées par l'Union astronomique internationale. Parmi les petites planètes découvertes à Vicques, quatre sont exceptionnelles. Baptisés respectivement (113415) 2002 SN28, (129137) 2005 AP27, 2005 AD28 et 2005 GQ9, ces objets représentent les astéroïdes les plus lointains jamais découverts en Suisse.

La nuit du 4 au 5 janvier 2005 a marqué un tournant à l'Observatoire astronomique jurassien (1). Pour la première fois, le télescope «Bernard Comte» de 61 cm a fonctionné en mode entièrement automatique. Auparavant, il fallait pointer manuellement le télescope sur chacune des cibles. C'était long et fastidieux. L'automatisation du déplacement du télescope et de l'acquisition des images CCD a permis de faire un bond en productivité. Résultat: durant la seule année 2005, nous avons découvert autant d'astéroïdes que durant les quatre années précédentes!

Et il y a mieux. En couvrant 4 à 5 fois plus de surface sur le ciel avec ce mode automatique, nous avons augmenté d'autant nos chances de découvrir un objet exceptionnel. Par objet exceptionnel, je pense à un astéroïde qui se situe en deçà ou au-delà de la Ceinture principale (2). Le 13 janvier 2005, ce fut fait, lors de la quatrième nuit d'observation en mode automatique. Le Minor Planet Center de Boston (3) venait de nous attribuer deux nouvelles désignations provisoires: 2005 AP27 et 2005 AD28 (4). J'ai très vite décelé que ces deux astres présentaient des caractéristiques remarquables. En effet, leur période de révolution autour du Soleil avoisinait les 12 années. Or, les objets de la Ceinture principale bouclent une orbite en 3, 4 voire 5 années.

Découverts en 2005, mais observés dès 2001

Aujourd'hui, soit un an plus tard, les six paramètres orbitaux de 2005 AP27 et de 2005 AD28 sont définis avec une excellente précision. Pour 2005 AP27, la base du Minor Planet Center contient 52 mesures astrométriques (=de position) réalisées entre le 15 octobre 2001 et le 27 janvier 2006 et couvrant 4 oppositions (5). Pour 2005 AD28, la base accumule 90 mesures réalisées entre le



Cette photographie en négatif a été prise le 7 février 2005 au foyer du télescope «Bernard Comte» de 61 cm grâce à une caméra CCD de type FLI Maxcam CM2-1. Elle montre l'astéroïde «Troyen» 2005 AD28 (le point noir au centre des traits rouges). Pour prendre ce cliché, il a fallu additionner 12 images de 60 sec. Mais on les a additionnées en recentrant à chaque fois l'astéroïde «Troyen» pour qu'il apparaisse comme ponctuel. De ce fait, les étoiles apparaissent comme des traits horizontaux. Le trait incliné (légèrement à droite de 2005 AD28 et indiqué par les marques jaunes) est un autre astéroïde, baptisé (8887) Scheeres qui se trouvait dans le champ lors des photographies.

Source: SJA/M.O.

18 octobre 2001 et le 30 janvier 2006 et couvrant 5 oppositions. Ce mois-ci, le Minor Planet Center vient d'attribuer le numéro 129137 à 2005 AP27. Et donc (129137) 2005 AP27 est très officiellement découvert. Pour 2005 AD28, il faudra attendre sa prochaine opposition en 2007.

A noter que toutes les mesures antérieures à la nuit de la découverte du 13 janvier 2005 ont été «repêchées» dans les archives des grands programmes de recherche académique. Par exemple, toutes les mesures de 2001 et 2002 pro-

viennent des programmes américains «Linear» (Massachusetts Institute of Technology) et «NEAT» (NASA). Mieux, certains de ces «repêchages» ont été réalisés dans le Jura, par nos soins, car les archives photographiques numérisées du programme NEAT sont en accès libre-service sur internet (6)

Newton, Euler et Lagrange

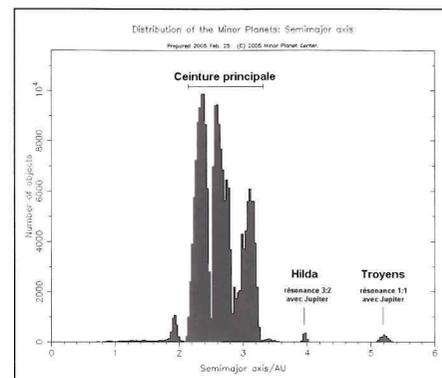
2005 AP27 et 2005 AD28 constituent ce que les spécialistes appellent des astéroïdes «Troyens» de Jupiter. L'histoire des «Troyens» est très belle. Elle éclaire sur l'importance de la recherche théorique. Revenons donc un peu en arrière.

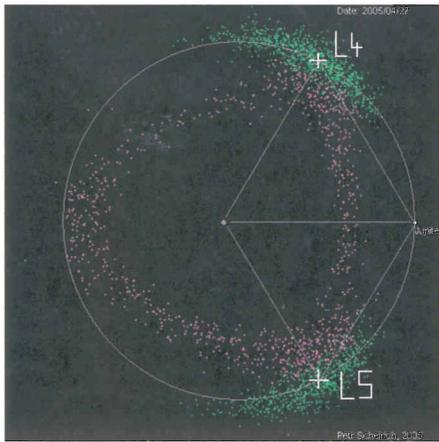
En 1687, s'appuyant sur les travaux de Kepler, le physicien anglais ISAAC NEWTON énonce sa fameuse loi de la gravitation universelle. Cette loi permet d'exprimer le mouvement d'un petit corps sous l'attraction d'un plus massif. On parle du «problème des 2 corps». Par la suite, plusieurs mathématiciens et physiciens, dont le Bâlois LEONHARD EULER, ont tenté sans succès de résoudre algébriquement le «problème des 3 corps».

Dès 1772, le français JOSEPH LOUIS LAGRANGE reprend ce problème en faisant quelques hypothèses simplificatrices: a) les trois corps évoluent dans un

Ce graphique montre la répartition du nombre des astéroïdes numérotés par le Minor Planet Center en fonction de leur distance moyenne au Soleil («semimajor axis» en anglais). A noter que cette distance moyenne est exprimée en unité astronomique (AU pour l'abréviation anglaise). A une distance de 1 AU, on a la Terre, à 1,5 AU la planète Mars, et à 5,2 AU la planète Jupiter. On voit que la grande majorité des astéroïdes se situent dans la Ceinture principale située entre 2,1 et 3,3 AU. Une petite fraction se situe au-delà: à un peu moins de 4 AU pour le groupe «Hilda» et à 5,2 AU pour les «Troyens» de Jupiter.

Source: MPC, adaptée par M.O.





Très belle visualisation de la position réelle le 27 avril 2005 des astéroïdes des groupes "Hilda" (en rose) et "Troyens" (en vert). D'une part, on constate que les "Hilda" ne se répartissent pas n'importe comment autour du Soleil. Ils forment un surprenant triangle équilatéral. D'autre part, on distingue les 2 triangles équilatéraux formés par le Soleil, Jupiter et chacun des deux points de Lagrange L4 (devant Jupiter) et L5 (derrière). Pour visualiser d'autres groupes d'astéroïdes ou le mouvement de comètes, vous pouvez visiter le merveilleux site du Tchèque Petr Scheirich. Son adresse: <http://sajri.astronomy.cz>
Source: PETR SCHEIRICH adapté par M.O.

même plan; b) le troisième corps, qui subit l'action gravitationnelle des deux premiers, a une masse négligeable face aux deux autres; enfin c) les deux corps massifs ont un mouvement circulaire uniforme. On parle du «problème restreint des 3 corps».

Pour LAGRANGE, les deux corps massifs peuvent être le Soleil d'une part, Jupiter d'autre part. Le troisième corps est un petit astre hypothétique (le 1^{er} astéroïde ne sera découvert qu'en 1801) se déplaçant sous l'influence gravitationnelle des premiers. Quelles sont ses trajectoires possibles? Finirait-il par s'écraser sur Jupiter ou s'éloigner à l'infini?

Excellent mathématicien, LAGRANGE finit par découvrir qu'il existait sur l'orbite de Jupiter deux positions stables pour le petit corps: les points dits «Lagrange 4» (ou L4) et «Lagrange 5» (L5). C'est-à-dire que, placé à l'une de ces positions, le petit corps y reste. Ces positions sont comme des «pièges gravitationnels» (7). Le point L4 se situe angulairement 60° devant Jupiter, l'autre, baptisé L5, 60° derrière la plan-

te géante. Vus depuis la verticale du Système solaire, le Soleil, la planète Jupiter et le point L4 (ou L5) forment un triangle équilatéral géant, faisant une rotation complète autour du Soleil en 11,9 années. LAGRANGE pense que ses travaux n'ont qu'une valeur théorique. Et personne ne parlera plus de ce problème restreint des 3 corps durant un siècle.

Grecs devant, Troyens derrière

Le 22 février 1906, l'astronome allemand de Heidelberg MAX WOLF découvre par hasard un astéroïde qui deviendra (588) *Achilles*. Cet astéroïde possède le même demi-grand axe et donc la même période que Jupiter. Il gravite sur l'orbite jovienne devant la planète de 60°. WOLF et ses collègues de l'Observatoire Königstuhl à Heidelberg comprennent que (588) *Achilles* se situe au point L4 défini par LAGRANGE. Ils se mettent alors à rechercher un autre corps au point L5. Dès le 17 octobre 1906, AUGUST KOPFF découvre (617) *Patroclus* 60° à l'ouest de Jupiter, donc au point L5. Un magnifique hommage posthume aux travaux théoriques de LAGRANGE!

En exactement un siècle (1906-2005), quelques centaines d'astéroïdes de ce type ont été numérotés et pour certains baptisés. La tradition veut que l'on attribue à ces objets des noms de héros de la guerre de Troie: on les appelle ainsi des astéroïdes «Troyens». Le point L4 est réservé aux héros grecs (à l'exception de (624) *Hektor*) et le point L5 aux héros de la ville assiégée (à l'exception de (617) *Patroclus*). Courant 2006, nous allons proposer à l'Union astronomique internationale le nom de Polydamas pour baptiser (129137) 2005 AP27, car cet objet se situe en L5. Ce commandant troyen est né la même nuit que son chef HECTOR. Il fut d'ailleurs son conseiller, un fin stratège malheureusement trop peu écouté par HECTOR.

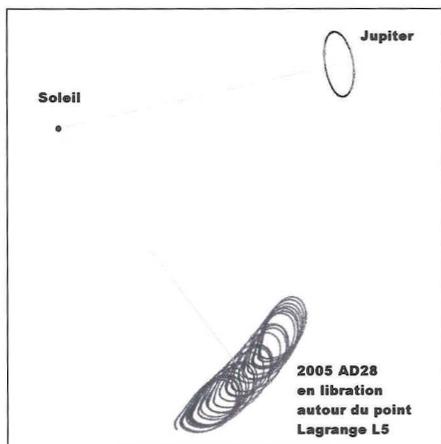
2005 AP27 et 2005 AD28 représentent les objets les plus gros découverts à Vicques. Ils ressemblent certainement plus à des «patatoïdes» qu'à des sphères. Dans leur plus grande longueur, ces astéroïdes ont 17 à 18 km, en supposant que leur surface réfléchisse 5% de la lumière solaire incidente. Jamais des astéroïdes plus distants du Soleil n'ont été découverts depuis le territoire helvétique.

Deux «Hilda» en 2002 et 2005

Les points de Lagrange ne constituent qu'un aspect particulier d'une réalité banale dans le Système solaire, à savoir les phénomènes de résonance avec les planètes géantes. Tout astéroïde dont la période de révolution est une fraction entière de celle de la planète – par exemple 7:2, 3:1 ou encore 3:2 – est en résonance avec elle. Certaines de ces résonances sont «constructives», d'autres sont «destructives». Placé dans une résonance constructive, un astéroïde y reste. Placé dans une résonance destructive, il est éjecté. Ainsi, ce n'est pas un hasard si Pluton effectue 2 révo-

Sur les quelque 300 astéroïdes découverts depuis le territoire helvétique, seuls 11 n'appartiennent pas à la Ceinture principale. Cinq en sont plus proches (géocroiseurs de types Apollo et Amor, ou Mars-crosser) et six en sont plus éloignés (types Hilda et Troyens). Source: SJA/M.O.

Astéroïde	Date de découverte	Découvreur	Lieu	Type	Taille (si albedo = 5%)
(1748) Mauderli	7.9.1966	Wild, Paul	Zimmerwald (BE)	Hilda	50 km
(1866) Sisyphus	5.12.1972	Wild, Paul	Zimmerwald (BE)	Apollo	15 km
(1911) Schubart	25.10.1973	Wild, Paul	Zimmerwald (BE)	Hilda	60 km
(2368) Beltrovata	4.9.1977	Wild, Paul	Zimmerwald (BE)	Amor	5,5 km
(3552) Don Quixote	26.9.1983	Wild, Paul	Zimmerwald (BE)	Amor	15 km
(45074) 1999 XA38	6.12.1999	Sposetti, Stefano	Gnosca (TI)	Mars-crosser	4 km
(113415) 2002 SN28	30.9.2002	Ory, Michel	Vicques (JU)	Hilda	10 km
(129137) 2005 AP27	13.1.2005	Ory, Michel	Vicques (JU)	Troyen L5	17 km
2005 AD28	13.1.2005	Ory, Michel	Vicques (JU)	Troyen L5	18 km
2005 GQ9	1.4.2005	Ory, Michel	Vicques (JU)	Hilda	8 km
2005 PQ5	9.8.2005	Ory, Michel	Vicques (JU)	Mars-crosser	850 m



Cette figure montre la trajectoire de l'astéroïde Troyen 2005 AD28 de l'année 1800 à l'année 2200 environ. Pour réaliser cette simulation à l'ordinateur, on a placé l'observateur à la verticale du Système solaire et en rotation régulière autour du Soleil à la vitesse angulaire moyenne de Jupiter (l'orbite de Jupiter n'étant pas toute à fait circulaire, cette planète avance plus ou moins rapidement sur son orbite).

L'orbite de Jupiter (en vert) étant excentrique, cette planète décrit une petite boucle dans cette vue. Comme on le voit facilement en suivant la courbe en violet, l'astéroïde 2005 AD28 s'approche, puis s'éloigne, puis revient vers Jupiter. Et ce, sans jamais le dépasser, ni trop s'en éloigner. Il y a donc mouvement de libration. C'est ce qui définit un astéroïde Troyen.

La théorie du problème restreint à 3 corps indique que les points de Lagrange à 60° de longitude héliocentrique de Jupiter sont stables. D'autres simulations permettent de montrer que l'on peut trouver des Troyens entre 30° et 90° environ de Jupiter.

Source: Raoul Behrend, Observatoire de Genève.

lution autour du Soleil lorsque Neptune en fait 3. Au niveau dynamique, Pluton est sans ambiguïté un astéroïde en résonance 2:3 avec Neptune.

Les points de LAGRANGE L4 et L5 de Jupiter constituent une résonance constructive 1:1 avec la planète géante. Un astéroïde placé dans cette résonance effectue un tour du Soleil pendant que Jupiter en fait également 1. Et la planète géante est responsable d'une autre résonance constructive, la résonance 3:2. Elle piège les astéroïdes du groupe «Hilda». Chaque membre de ce groupe effectue trois révolutions autour du Soleil pendant que Jupiter en réalise 2. Ce groupe porte le nom de son premier représentant, (153) Hilda, découvert par JOHANN PALISA en 1875 à l'observatoire austro-hongrois de Pola (aujourd'hui Pula en Croatie).

A Vicques, nous sommes fiers d'avoir découvert deux membres du groupe «Hilda»: (113415) 2002 SN28 le 30 septembre 2002 et 2005 GQ9 le 1^{er} avril 2005. C'est donc un total de quatre astéroïdes évoluant au-delà de la Ceinture principale qui ont été découverts dans le Jura.

Des «fossiles» rouges

Les spécialistes en dynamique du Système solaire ont calculé que les temps de collision caractéristiques pour les «Hilda» et les «Troyens» étaient plus grands que l'âge du Système solaire. Conséquence: ces objets constituent une population primordiale d'astéroïdes. Comme ils n'ont pas été altérés depuis leur capture par Jupiter, ils représentent en quelque sorte des «fossiles» encore intacts. Au contraire des objets de la Ceinture principale, qui ont connu en moyenne cinq collisions majeures dans leur existence.

Enfin, les astéroïdes «Hilda» et «Troyens» ont tous une composition chimique semblable ou presque. Les spécialistes les classent dans le type D. Ce type regroupe des objets de couleur rouge qui réfléchissent très peu la lumière: de 2 à 5%, contre plutôt 10 à 20% pour les objets de la Ceinture principale (8).

19^e place mondiale en 2005

Pour terminer, je voudrais faire un petit bilan des découvertes d'astéroïdes faites à Vicques depuis cinq ans. Du 10 août 2000 au 2 avril 2006, nous avons observé 422 soirées ou nuits. Nous avons transmis au Minor Planet Center de Boston 19756 mesures de positions d'astéroïdes, de comètes et de lunes de Jupiter. Durant la seule année 2005, nous avons envoyé 8306 mesures, ce qui place l'Observatoire astronomique jurassien à la 19^e place au niveau mondial, professionnels et amateurs confondus (9).

Enfin, la station de Vicques a reçu à ce jour 147 nouvelles désignations, qui aboutiront à terme à la découverte de quelque 121 astéroïdes. Vingt d'entre eux sont déjà numérotés et donc officiellement découverts. Et sur ces vingt, huit ont reçu un nom de baptême (lire l'encadré «Baptisez un astéroïde découvert en Suisse!»). Après la supernova de Noël 2003 (10), deux astéroïdes «Troyens», deux «Hilda», un «Mars-crosser» (11), on peut se mettre à rêver... Pourquoi pas une comète périodique pour 2006 ou 2007?

Delémont, le 18 avril 2006

MICHEL ORY

Rue du Bérédier 30 – CH-2800 Delémont
E-mail: pivatte@bluewin.ch

Références:

- 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 Grosso modo, 1 astéroïde sur 100 n'appartient pas à la Ceinture principale qui regroupe la majorité des 129436 astéroïdes officiellement découverts au 14 avril 2006.
- 3 Le Minor Planet Center est l'organisme créé par l'Union astronomique internationale chargé de centraliser l'ensemble des mesures de positions et de brillances des astéroïdes, comètes et satellites naturels des planètes. Les anglo-saxons utilisent souvent le terme de «minor planets» pour désigner ces petits astres. Le site du Minor Planet Center est accessible à l'adresse suivante: <http://cfa-www.harvard.edu/iau/mpc.html>.
- 4 Après être découvert (souvent après deux nuits consécutives d'observation), un astéroïde reçoit une désignation provisoire (par exemple 2001 AB49 pour le premier astéroïde découvert à Vicques en 2001). Après plusieurs années de suivi, lorsque son orbite est suffisamment contrainte par les nouvelles mesures de positions, l'astéroïde reçoit un numéro définitif et peut alors être baptisé par son découvreur (2001 AB49 est ainsi devenu très officiellement (42113) Jura). Pour en savoir plus sur l'art et la manière de découvrir un astéroïde, vous pouvez lire l'article «Quatre astéroïdes découverts dans le Jura» paru dans Orion 318, 18-21 (octobre 2003).
- 5 Un astéroïde passe à l'opposition lorsqu'il se situe à l'opposé du Soleil. A cet instant, on a un alignement Soleil-Terre-astéroïde. La majorité des astéroïdes ne sont visibles qu'à l'opposition ou proche de celle-ci, c'est-à-dire lorsque la Terre est au plus près d'eux.
- 6 Voir ici: <http://skys.gsfc.nasa.gov/skymorph/skymorph.html>.
- 7 Plutôt que de parler de deux positions, il faudrait parler de deux régions «centrées» sur chacun des deux points de Lagrange. Placé dans une de ces régions, le petit corps effectue des balancements (les spécialistes parlent de «librations») autour du point d'équilibre que représente le point de Lagrange.
- 8 Les types spectraux des astéroïdes peuvent être retrouvés à la page 116 de l'excellent livre «Les astéroïdes», écrit par l'amateur français Jean-Claude Merlin et publié aux éditions Tissier & Ashpool en 2003.
- 9 L'Union astronomique internationale reporte le total des mesures effectuées par l'ensemble des observatoires ayant reçu un code UAI. Pour l'Observatoire à Vicques, c'est le numéro 185. Voici l'accès internet: <http://cfa-www.harvard.edu/iau/special/CountObsByYear.txt>
- 10 Pour en savoir plus sur la découverte de cette supernova, vous pouvez lire l'article «La supernova de Noël», paru dans Orion 321, 18-20 (avril 2004).
- 11 Le 9 août 2005, nous avons découvert 2005 PQ5, une petite planète dont la trajectoire croise l'orbite de la planète Mars. Avec sensiblement moins de 1 km de rayon, c'est le plus petit astre découvert à Vicques.