

# Deux astéroïdes "Troyens" de Jupiter

découverts par des amateurs dans le Jura suisse

par **Par Michel Ory**  
Delémont, Suisse  
pivate@bluewin.ch



Entre 2001 et 2005, 116 nouveaux astéroïdes ont été découverts à l'Observatoire astronomique jurassien (Suisse). Parmi les petites planètes découvertes à Vicques, deux sont exceptionnelles. Baptisés respectivement 2005 AP27 et 2005 AD28, ces objets représentent les astéroïdes les plus lointains découverts par des amateurs en Europe à notre connaissance.

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 : au mois de janvier 2005, nous avons découvert autant d'astéroïdes que durant toute l'année 2004 !

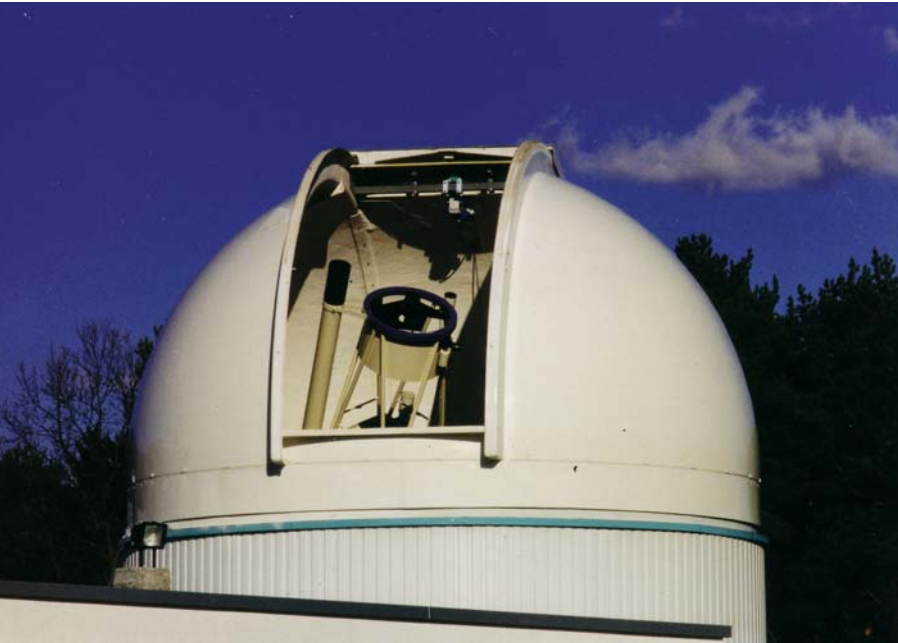
Et il y a mieux. En couvrant 4 à 5 fois plus de surface sur le ciel avec ce mode automatique, nous avons augmenté d'autant nos chances de découvrir un objet exceptionnel. Par objet exceptionnel, je pense à un astéroïde qui se situe au-delà de la Ceinture principale (2). Le 13 janvier 2005, ce fut fait, 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

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 120437 astéroïdes officiellement découverts au 18 novembre 2005.

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 anglosaxons 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).

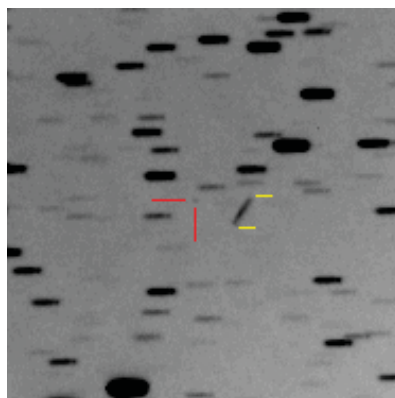


1 – **Vue de la grande coupole** de 5 mètres de diamètre de l'observatoire astronomique jurassien situé à Vicques dans le Jura suisse (40 km au sud-ouest de Bâle). À travers le cimier apparaît le "Télescope Bernard Comte" de 610 mm ouvert à  $F/D=3,4$  en foyer Newton.

### Découverts en 2005, mais observés dès 2001

Aujourd'hui, 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 43 mesures astrométriques (=de position) réalisées entre le 15 octobre 2001 et le 5 février 2005 et couvrant 3 oppositions (5). Pour 2005 AD28, la base accumule 88 mesures réalisées entre le 18 octobre 2001 et le 9 mars 2005 et couvrant 4 oppositions. Ces deux astéroïdes redeviendront visibles en 2006 lors de leur prochaine opposition. Ils devraient être numérotés par le Minor Planet Center - et donc officiellement découverts - cette même année.

À 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 proviennent des programmes américains « Linear » (Massachusetts Institute of Technology) et « NEAT » (NASA). Mieux, certains de ces « repêchages » ont été



© SIA/M.O

2 – 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 tirait 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.

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 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 1er 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  $60^\circ$  devant Jupiter, l'autre, baptisé L5,  $60^\circ$  derrière la planète 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  $60^\circ$ . Wolf et ses collègues de l'Observatoire Königstuhl à Heidelberg compren-

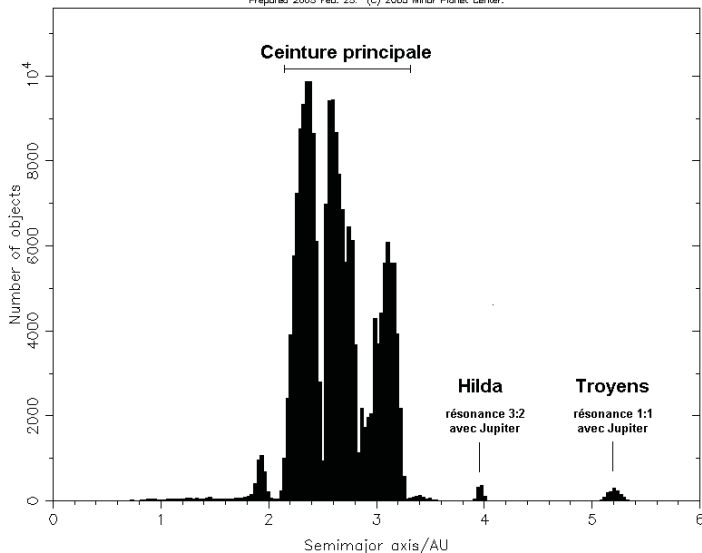
5 – Un astéroïde passe à l'opposition lorsqu'il se situe à l'opposé du Soleil. A cet instant, on a un alignement Soleil-Terre-astéroïde. La majorité des astéroïdes ne sont visibles qu'à l'opposition ou proche de celle-ci, c'est-à-dire lorsque la Terre est au plus près d'eux.

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 « libérations ») autour du point d'équilibre que représente le point de Lagrange.



Prepared 2005 Feb. 25. (C) 2005 Minor Planet Center.



3 – 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.

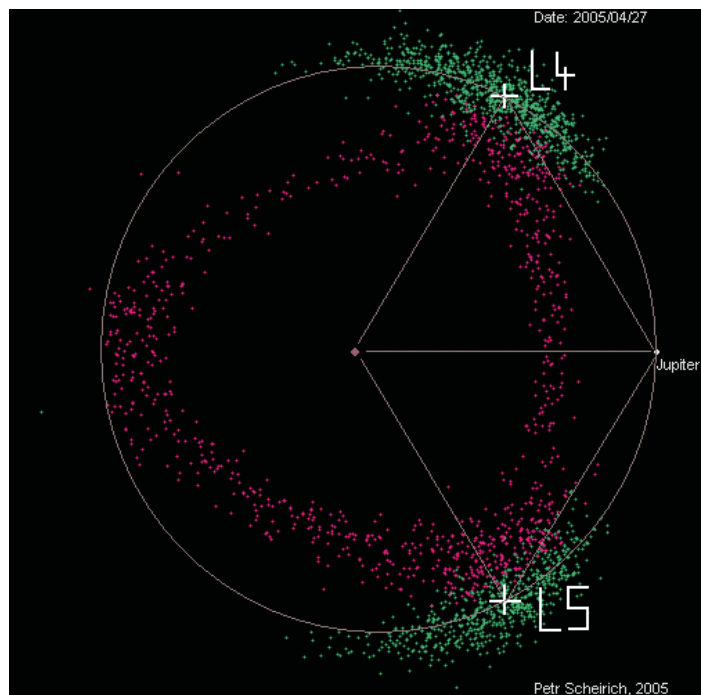
nent que (588) Achilles se situe au point L4 défini par Lagrange. Ils se mettent alors à rechercher un autre corps au point L5. Dès le 17 octobre 1906, August Kopff découvre (617) Patroclus 60° à l'ouest de Jupiter, donc au point L5. Un magnifique hommage posthume aux travaux théoriques de Lagrange !

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). En 2006, peut-être 2007, nous devrions baptiser 2005 AP27 et 2005 AD28 avec des noms de héros troyens, car ces objets se situent en L5. Nous avons déjà quelques idées : par exemple Hippolochos et Hippomachos, ou encore Polydamas et Damasos.

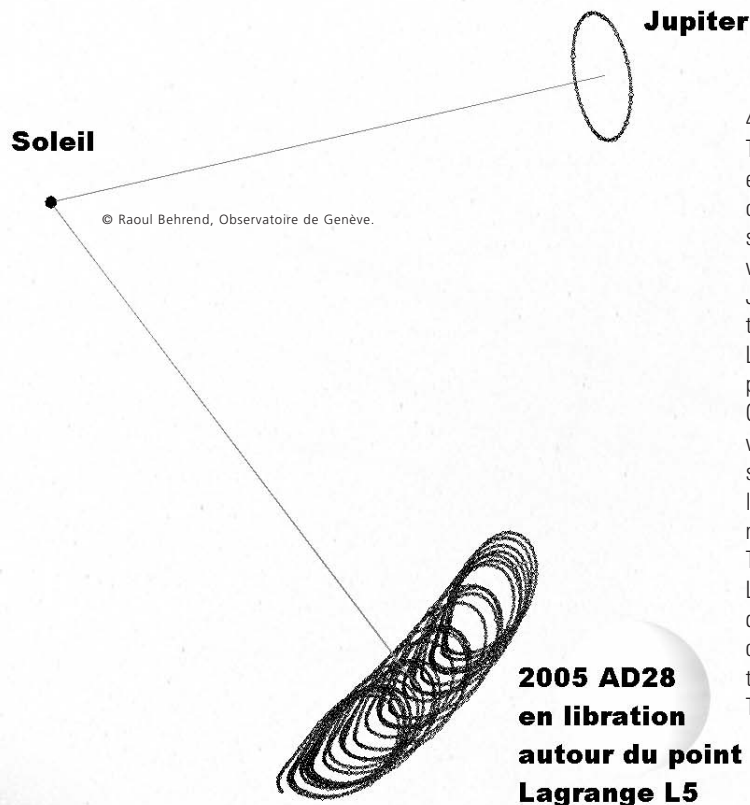
2005 AP27 et 2005 AD28 représentent les objets les plus gros découverts à Vicques. Ils ressemblent certainement plus à des « patatoïdes » qu'à des sphères. Dans leur plus grande longueur, ces astéroïdes ont 17 à 18 km, en supposant que leur surface réfléchisse 5% de la lumière solaire incidente. Jamais 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 révolution autour du Soleil lorsque Neptune en fait 3. Au niveau dynamique, Pluton est sans ambiguïté un astéroïde en résonance 2:3 avec Neptune.



4 – 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 astéroïdes ou le mouvement de comète, vous pouvez visiter le merveilleux site du Tchèque Petr Scheirich. Son adresse : <http://sajri.astronomy.cz>



© Raoul Behrend, Observatoire de Genève.

4 – 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  $60^\circ$  de longitude héliocentrique de Jupiter sont stables. D'autres simulations permettent de montrer que l'on peut trouver des Troyens entre  $30^\circ$  et  $90^\circ$  environ de Jupiter.

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).

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

### 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).

### 399 soirées ou nuits d'observation

Pour terminer, je voudrais faire un petit bilan des découvertes d'astéroïdes faites à Vicques depuis cinq ans. Du 10 août 2000 au 24 novembre 2005, nous avons observé 399 soirées ou nuits et transmis au Minor Planet Center de Boston près de 15'000 mesures de positions d'astéroïdes, de comètes et de lunes de Jupiter. Du 1er janvier au 24 novembre 2005, nous avons envoyé 7342 mesures, ce qui met l'Observatoire astronomique jurassien à la 17ème place au niveau mondial, professionnels et amateurs confondus (9).

En résumé, nous avons découvert 116 astéroïdes à Vicques depuis 2001. Sur ce total, 13 astéroïdes sont numérotés et donc officiellement découverts. Et sur ces 13, huit ont reçu un nom de baptême (lire l'encadré « Baptisez un astéroïde découvert à Vicques ! »). Après la supernova de Noël 2003 (10), deux astéroïdes « Troyens », deux « Hilda » et tout récemment un astéroïde qui croise l'orbite de Mars (dénommé provisoirement 2005 PQ5), on peut se mettre à rêver... Pourquoi pas une comète périodique pour 2006 ? ■

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 que j'ai fait paraître dans L'Astronomie : « Une supernova se dévoile à Noël », vol. 118, p. 163-165 (mars 2004).