

Pluton

La planète oubliée enfin sous les feux de l'actualité !

Visuel non disponible sur la version internet,
mais disponible sur l'édition papier

Figure 1

Voici les meilleures représentations que l'on possède aujourd'hui de la lointaine planète Pluton.

Les images originales ont été prises par le télescope spatial Hubble en 1994 et couvrent l'intégralité de la surface plutonienne.

Ces images ont été ensuite traitées par ordinateur pour améliorer leur netteté et offrir un outil utilisable par les astronomes.

© Alan Stern (Southwest Research Institute, Texas), Marc Buie (Observatoire de Lowell, Arizona), Nasa et Esa (Agence spatiale européenne).

JOHAN KIEKEN

Médiateur scientifique
au département d'astronomie-astrophysique
du Palais de la découverte

Un petit globe glacé, aux confins du Système solaire...

Un monde désolé, d'où un astronaute pourrait cacher le Soleil à l'aide d'une simple tête d'épingle portée à bout de bras. Un monde oublié, parent pauvre de l'exploration spatiale... Pourquoi consacrer alors un article à cet astre insignifiant ? Parce que après des décennies de stagnation, Pluton revient enfin sous les feux de l'actualité. Coup de projecteur sur cette lointaine cousine.

Figure 2

Une vue d'artiste de la sonde New Horizons lors de son survol de Pluton et de son plus gros satellite, Charon. Sa grosse antenne de 2,1 mètres lui permettra d'envoyer des données à la Terre. Malgré l'extrême célérité de la lumière, il faudra près de 4 h 25 min pour que ces données atteignent la Terre.

© Johns Hopkins University
Applied Physics Laboratory/
Southwest Research Institute.
Nasa.

Visuel non disponible sur la version internet,
mais disponible sur l'édition papier

Découverte en 1930, la planète Pluton n'a encore jamais reçu la visite d'une sonde. En raison de sa petite taille et de sa très grande distance du Soleil, dont elle ne s'approche jamais à moins de 4,4 milliards de kilomètres, Pluton est longtemps restée mystérieuse (fig. 1). Jusqu'à la fin des années 1970, les astronomes ne connaissaient, avec certitude, que ses paramètres orbitaux. Témoignage de ce relatif manque d'intérêt dû à une instrumentation alors insuffisamment performante, le peu d'articles consacrés à Pluton durant les quatre décennies 1930-1970 : environ 150, à comparer aux 850 dédiés à Jupiter pendant la même période. Il a fallu attendre 1978 et la découverte de son satellite Charon pour que la mécanique céleste apporte une contrainte satisfaisante sur sa masse, à peine supérieure

à 0,2 % de la masse terrestre. Grâce aux progrès des techniques, les vingt dernières années ont été riches en surprises : découverte d'une fine atmosphère en 1985 et suivi de son évolution saisonnière, découverte de deux nouveaux satellites en 2005, remise en cause de son statut même de planète et enfin, lancement de la sonde New Horizons en janvier 2006. Arrivée prévue dans l'environnement plutonien (fig. 2) : juillet 2015 ! Synthétiser l'ensemble des connaissances relatives à cette lointaine planète en cinq pages ne conduirait qu'à un survol superficiel sans intérêt pour le lecteur. Nous nous focaliserons donc sur trois points : les conditions de sa découverte, les propriétés de son atmosphère et les interactions surface/atmosphère, et enfin son statut désormais controversé de planète.

La découverte de Pluton, fruit d'une prédiction ou du hasard ?

Grâce à la mécanique céleste, Le Verrier et Adams prédirent l'existence et la position d'une planète trans-urannique au milieu du XIX^e siècle, Neptune. Forts de ce succès, les théoriciens se lancèrent rapidement dans la recherche d'une neuvième planète pouvant expliquer les perturbations résiduelles dans l'orbite d'Uranus. Sous l'impulsion de Pickering et Lowell, de grandes campagnes d'observation systématique furent mises en place au début du XX^e siècle à l'observatoire de Lowell, à Flagstaff en Arizona et à l'observatoire du Mont Wilson en Californie.

Jour de gloire

L'honneur de la découverte de Pluton revint à Clyde Tombaugh, un simple astronome amateur de 24 ans qui venait de quitter sa campagne du Kansas après avoir été embauché par Slipher, directeur de l'observatoire de Lowell. Le travail de Tombaugh consistait à examiner minutieusement deux plaques photographiques de la même région du ciel et à y déceler le moindre changement dans la position d'un astre, qui trahirait aussitôt la présence d'une planète. Un véritable travail d'Hercule ! La recherche commença dans la constellation du Verseau, se poursuivit dans les Poissons, le Bélier et le Taureau. La principale difficulté de cette méthode laborieuse résidait dans le fait que lorsqu'on se rapproche du Taureau, et donc de la Voie lactée, le nombre d'étoiles visibles sur les plaques augmente considérablement : si 50 000 étoiles apparaissaient sur les plaques prises dans le Verseau, ce ne sont pas moins de 300 000 étoiles que l'on pouvait observer sur les plaques prises dans le Taureau ! Mais Tombaugh touchait au but. Dans l'après-midi du 18 février 1930, examinant des plaques faites au voisinage de l'étoile delta de la constellation des Gémeaux les 23 et 29 janvier 1930, Tombaugh remarqua un objet de 15^e magnitude s'étant déplacé par rapport aux

étoiles. Le déplacement de l'objet était compatible avec celui d'une planète située au-delà de Neptune, à plus de six milliards de kilomètres du Soleil. Avec le recul, on mesure l'ampleur de la tâche de Tombaugh : vingt millions d'étoiles sont au moins aussi brillantes que Pluton !

Beaucoup de bruit pour rien ?

En 1919, Pickering – dont on a déjà parlé plus haut – avait présenté le résultat de ses recherches sur l'objet perturbateur d'Uranus dans les Annales de l'observatoire de Harvard. Il y prédisait les caractéristiques orbitales de cet objet : une distance moyenne au Soleil de soixante-huit unités astronomiques, soit dix milliards de kilomètres, une orbite fortement elliptique et sa position dans le ciel. Des prédictions assez semblables avaient également été annoncées par Lowell, bien qu'il eut conjecturé une distance moyenne au Soleil plus faible. La planète découverte par Tombaugh onze années plus tard ne se trouvait qu'à quatre degrés de la position prévue par Pickering. Peut-on conclure à un nouveau triomphe de la mécanique céleste et des calculateurs prodiges ? Les astronomes s'accordent aujourd'hui à reconnaître que les prédictions heureuses de Pickering et Lowell ne relevaient que du hasard. En effet, pour expliquer les perturbations résiduelles dans le mouvement d'Uranus, ceux-là avaient supposé que la neuvième planète devait posséder une masse élevée, deux fois la masse de la Terre pour Pickering et six fois pour Lowell.

On le sait aujourd'hui, ces perturbations n'étaient que le fruit d'une mauvaise connaissance de l'orbite de Neptune. Des mesures récentes ne lui donnent qu'une masse de 0,0021 fois la masse de la Terre. Pluton est donc bien incapable, par sa masse, d'expliquer les perturbations de l'orbite d'Uranus mesurées à l'époque. Il semble donc que la découverte de Pluton ne soit que le fruit d'un hasard, certes, mais d'un hasard dirigé. Il a fallu que des théoriciens se lancent dans de grands calculs, à partir d'hypothèses erronées, en déduisent qu'une découverte était possible, pour

Quelques caractéristiques physiques et orbitales de Pluton

Distance moyenne au Soleil	5,92 milliards de kilomètres (soit 39,5 fois la distance Terre-Soleil)
Excentricité de l'orbite	0,2490 (15 fois plus elliptique que l'orbite terrestre)
Inclinaison sur l'écliptique	17,1°
Inclinaison de l'équateur sur l'écliptique	122,5°
Période de révolution sidérale	247 ans et 362 jours
Période de rotation	6,39 jours
Diamètre équatorial	2 300 km (soit 18,0 % du diamètre terrestre)
Masse	1,238.10²² kg (soit 0,21 % de la masse terrestre)
Densité	1,73 (soit 31 % de la densité terrestre)
Gravité à la surface	0,578 m.s⁻² (soit 6 % de la gravité terrestre)
Température moyenne de surface	-236 °C
Atmosphère	très ténue (azote et méthane)
Nature de la surface	méthane gelé

que des campagnes d'observation systématique soient engagées et menées à leur terme, comme on vient de le montrer.

Les subtils jeux de la surface et de l'atmosphère

En observant Pluton dans l'infrarouge proche, Cruikshank détecta en 1976 de la glace de méthane (CH₄) à sa surface. Profitant du passage de la planète au plus près du Soleil en 1989, différentes équipes affinèrent notre connaissance de la surface et démontrèrent l'existence de zones de composition différente, où la glace de méthane est dominante

mais où on trouve aussi de la glace de diazote (N₂) et de monoxyde de carbone (CO), ainsi que des composés organiques complexes de nature encore inconnue. La présence de composés gelés à la surface a conduit les astronomes à postuler l'existence d'une atmosphère de diazote et de méthane en équilibre thermodynamique avec cette surface. Cette atmosphère ne fut découverte qu'en 1985 par Brosch et étudiée plus en détail en juin 1988 grâce à un événement exceptionnel : le passage de Pluton devant une étoile (fig. 3). Si la planète ne possédait pas d'atmosphère, l'étoile aurait dû disparaître instantanément et réapparaître aussi soudainement quelques minutes

plus tard. Ce n'est pas ce qui fut observé. L'étoile disparut progressivement, ses rayons étant d'autant plus réfractés qu'ils avaient traversé une plus grande épaisseur de gaz.

De cette occultation on déduisit la présence d'une atmosphère d'azote très ténue avec des traces de méthane, et dont les couches les plus denses n'affichent une pression que de quelques microbars en raison des températures très faibles de la surface (de $-213\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $-233\text{ }^{\circ}\text{C}$). La dernière grande campagne d'observation eut lieu en août 2002. La principale surprise issue de cette campagne fut que la pression atmosphérique sur Pluton avait plus que doublé par rapport à 1988 (fig. 4 et 5).

Un effet saisonnier

Pourquoi peut-on parler de surprise ? Pluton étant passée à son périhélie en septembre 1989 et s'éloignant depuis du Soleil, elle aurait dû se refroidir et induire ainsi une condensation de l'atmosphère, dont la pression aurait dû diminuer depuis 1988. Cette découverte curieuse de 2002, néanmoins prévue par les astronomes Hansen et Paige dès 1996, trouverait son explication dans les variations saisonnières de l'ensoleillement. Le pôle sud de Pluton, plongé dans l'obscurité complète depuis 126 ans, vit enfin la lumière du Soleil en 1987. L'azote solide accumulé dans les régions polaires australes commença à se sublimer (à passer de l'état solide à l'état gazeux) et alla alors enrichir l'atmosphère, tandis qu'il faut plus de temps à la calotte polaire nord pour se refroidir et condenser l'excès de gaz. En tout cas, ce système de condensation-sublimation doit être à l'origine d'une puissante circulation atmosphérique et entraîner des vents importants soufflant de l'hémisphère éclairé vers l'hémisphère nocturne. Si cette théorie se révèle exacte, l'expansion de l'atmosphère durera jusqu'en 2015 avant qu'elle ne se rétracte à nouveau. 2015 est justement l'année où la sonde américaine *New Horizons* passera près de Pluton. Gageons que cette sonde nous fournira de nombreuses informations et permettra aux théoriciens de vérifier la véracité de leur prédiction.

Pluton est-elle une planète ? Un statut au cœur du débat

Pluton est-elle une planète ? Question *a priori* choquante tant elle heurte notre culture scientifique et historique ! Nous avons tous appris à l'école que le Système solaire compte neuf planètes principales. Quelle mouche a donc piqué les astronomes pour que certains d'entre eux envisagent le déclassement de Pluton ? Quel statut pourrait alors lui convenir ?

Contestée dès le berceau

Il faut être honnête : Pluton a toujours eu un statut atypique dans le Système solaire et cela dès sa découverte. Son orbite est, de loin, la plus elliptique de toutes les planètes. Du Soleil, elle peut ainsi s'éloigner de 7,4 milliards de kilomètres mais peut aussi s'en rapprocher à 4,4 milliards de kilomètres. Pluton est donc parfois plus proche du Soleil que ne l'est Neptune et peut revendiquer temporairement le statut de 8e planète. C'est ce qui s'est produit entre le 7 février 1979 et le 11 février 1999. De plus, l'orbite de Pluton est fortement inclinée par rapport au plan de l'écliptique, le plan qui contient la trajectoire de la Terre autour du Soleil. Son inclinaison est proche de 17° , deux fois et demi supérieure à celle de Mercure. Enfin, les périodes de révolution de Pluton et de Neptune sont commensurables. Quand Neptune effectue deux tours autour du Soleil, Pluton en effectue trois. On a donc rapidement vu en Pluton un ancien satellite échappé de Neptune. Cette hypothèse a encore la préférence de certains théoriciens et s'est même vue corroborée par les mesures effectuées par Voyager-2, une sonde interplanétaire américaine, lors de son survol du plus gros satellite de la lointaine planète Neptune en août 1989, Triton. Pluton et Triton se ressemblent beaucoup : ils partagent la même composition de surface, la même atmosphère ténue d'azote et de méthane et pratiquement la même taille. L'idée que Triton et Pluton appartiennent à la même famille d'objets est séduisante. Tellement séduisante que les astronomes l'ont prise comme hypothèse mais ont inversé les rôles : Pluton ne se serait pas

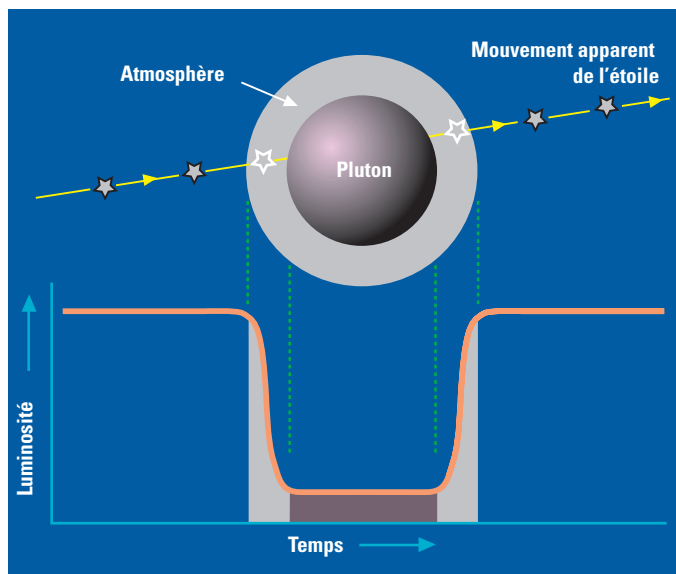


Figure 3
Principe de l'occultation d'une étoile par Pluton.

Lorsque Pluton passe devant une étoile, les astronomes observent et mesurent la diminution progressive de l'éclat de l'étoile. De cette diminution brutale ou progressive, ils déduisent l'existence d'une atmosphère entourant la planète ainsi que sa densité.

évadé du système neptunien. Au contraire, c'est Triton qui aurait été capturé par Neptune ! En témoigne son orbite rétrograde qui l'amènera à s'approcher dangereusement de la planète géante et à être réduit en morceaux d'ici cent millions d'années. D'où viennent donc Triton et Pluton ?

La nouvelle famille de Pluton

La découverte en 1992 par Jewitt et Luu du premier objet trans-neptunien non cométaire, joliment nommé (15760) 1992 QB1, fournit un indice capital pour la résolution de cette énigme cosmique. QB1 fut le premier d'une toute nouvelle classe d'objets, dont on compte aujourd'hui un bon millier de représentants et appelés objets de la ceinture de Kuiper-Edgeworth. Kuiper et Edgeworth avaient, indépendamment, postulé l'existence de nombreux planétoïdes au-delà de Pluton, résidus de la formation du Système solaire. Aussi a-t-on attribué leurs noms, en guise d'hommage, à cette ceinture. Si les premiers objets découverts ne faisaient que quelques centaines de kilomètres, les observateurs en ont rapidement trouvé de bien plus imposants : Ixion en 2001 ($1\ 065 \pm 165$ km), Quaoar en 2002 ($1\ 200 \pm 200$ km) et Sedna en 2003 (environ $1\ 500$ km) qui peut s'éloigner du Soleil à près

de mille fois la distance Terre-Soleil. 29 juillet 2005, coup de tonnerre dans le monde feutré de l'astronomie ! Brown, Trujillo et Rabinowitz annoncent la découverte de 2003 UB313, d'un diamètre proche de celui de Pluton et que l'on estime aujourd'hui à 2400 ± 95 km. Si Pluton est une planète, il est impossible de ne pas décerner ce titre à UB313. Nul doute que les années à venir apporteront leur lot de surprises : les astronomes repéreront d'autres objets de ce gabarit. Devra-t-on modifier annuellement les manuels scolaires et décrire un Système solaire à dix planètes, puis à onze planètes, douze planètes, treize, etc. ? Cela n'aurait aucun sens. Il semble donc logique que, progressivement, Pluton soit amenée à perdre son statut de planète. On se retrouverait ainsi avec un Système solaire contenant huit planètes principales, leurs satellites et plusieurs ceintures d'astéroïdes, de planétoïdes et de comètes. Pluton ne serait plus qu'un des plus gros représentants d'une de ces ceintures, la ceinture de Kuiper-Edgeworth que nous venons de présenter rapidement. La seule institution faisant autorité pour ce choix à portée historique et culturelle est l'Union astronomique internationale (IAU). Encore faudrait-il que ses membres se mettent d'accord sur la définition du mot pla-

Figure 4

Évolution de la pression de l'atmosphère de Pluton, établie d'après les occultations 1988 et 2002. Les domaines d'erreur sont représentés en bleu. Notez l'échelle logarithmique adoptée pour les pressions exprimées en millionèmes de bar. On constate que la pression atmosphérique a plus que doublé en l'espace de 14 ans.
 © Sicardy et al., Large changes in Pluto's atmosphere as revealed by recent stellar occultation, *Nature*, Volume 424, Issue 6945, pp. 168-170 (2003)

Visuel non disponible sur la version internet, mais disponible sur l'édition papier

Visuel non disponible sur la version internet, mais disponible sur l'édition papier

Figure 5

Structure thermique de l'atmosphère plutonienne, dérivée de l'inversion de la courbe de lumière lors de l'occultation. Deux courbes sont tracées, l'une relative à l'immersion de l'étoile, l'autre à son émergence. L'atmosphère est pratiquement isotherme jusqu'à quelques kilomètres de la surface de Pluton (100 K, soit -170 °C) et voit sa température plonger près de la surface.
 © Sicardy et al., Large changes in Pluto's atmosphere as revealed by recent stellar occultation, *Nature*, Volume 424, Issue 6945, pp. 168-170 (2003)

nète... car il n'existe pas, à l'heure actuelle, de définition astronomique officielle et donc précise de ce mot ! La fin du suspens pourrait intervenir à l'occasion du prochain congrès de l'IAU, prévu à Prague en août 2006. Lors d'un vote, les adhérents auront à se prononcer sur les critères d'éligibilité au statut de planète. Ce faisant, ils réhabiliteront Pluton ou la plongeront dans les abîmes anonymes de la ceinture de Kuiper...

J. K.



Titulaire d'un DEA d'astrophysique, **Johan Kieken** a effectué trois années de thèse dans le domaine de la planétologie. Il intègre le Palais de la découverte en 2005 en tant que médiateur scientifique au sein du département d'astronomie-astrophysique. Il assure, à ce titre, des séances de planétarium et des exposés pour le grand public.