

Société Astronomique de Lyon



Bulletin N° 54 – Février 2003

SOCIETE ASTRONOMIQUE DE LYON
Observatoire de Lyon
69230 Saint Genis Laval

BULLETIN N° 54 – FEVRIER 2003

SOMMAIRE

PAGE

- Couverture : Saturne et quelques satellites
Photo Internet
- 3 Notes de Lecture
Par Daniel SONDAZ et Alain BREMOND
- 4 Coin méditation...
Par Mireille FRANCKHAUSER
- 6 L'astronomie aux rayons X
Par Alain BREMOND
- 10 Réunion du Conseil d'Administration du 29/11/2002
Par Claude FERRAND
- 12 Les satellites de Jupiter et la vitesse de la lumière
Par Pierre BARTHELEMY (Article du Monde du 22/11/02)
- 14 La recherche des exoplanètes
Par Claude DESUZINGE

SOCIETE ASTRONOMIQUE DE LYON

a succédé en 1931 à la Société Astronomique du Rhône, fondée en 1906.

Siège Social : U.E.R. Observatoire de Lyon, avenue Charles André, F 69230 Saint Genis Laval.

Tel. 04 78 59 58 39

e-mail : SoAs.Lyon@wanadoo.fr

Internet <http://astrosurf.com/sal>

Trésorerie : C.C.P. Lyon 1822-69 S

Tarifs 2003: Cotisation + bulletin : 30 €

Scolaire + bulletin : 20 €

Famille + bulletin : 45 €

Conférences: 5 €, gratuites pour les cotisants, et les habitants de Saint Genis Laval

Réunions : Le vendredi, accueil de 21H à 21H30.

: Observations. Bibliothèque ; prêt de livres. Discussions et activités.

Bulletin : Les articles que vous désirez faire paraître dans le bulletin sont à envoyer au siège de la Société sous forme manuscrite, sur disquette format IBM ou par e-mail (SoAs.Lyon@wanadoo.fr).

ISSN 1258-5378

Tiré à 230 exemplaires sur papier 80 g, couverture 170 g sable/calcedoine.

Notes de lecture

Les rayons cosmiques d'énergie extrême (M. Boratav, T. Suomijärvi ; Pour la science n°292, Février 2002)

On étudie les rayons cosmiques depuis environ un siècle. Les rayons cosmiques sont des particules très énergétiques, probablement omniprésentes dans l'Univers. On ne les détecte pas directement à la surface de la Terre : Lorsqu'elles arrivent dans l'atmosphère, elles déclenchent une sorte de réaction en chaîne qui produit une gerbe de particules secondaires et c'est cette gerbe que l'on détecte.

Les rayons cosmiques d'énergie extrême (certains ont une énergie 100 millions de fois supérieure à celle des particules des faisceaux produits par le plus puissant accélérateur du monde) constituent une grande énigme de l'astronomie.

Si l'on peut expliquer l'origine des rayons cosmiques d'énergie faible, ou même forte, par des phénomènes astrophysiques classiques (fusion nucléaire et mouvements de plasma à la surface du Soleil ; supernovae et pulsars ; noyaux actifs de certaines galaxies), celle des rayons cosmiques d'énergie extrême reste très mystérieuse. Les auteurs décrivent quelques explications possibles dont aucune n'est, pour le moment, satisfaisante. L'article nous parle aussi de l'observatoire Auger, en construction en Argentine, destiné à détecter ces rayons cosmiques d'énergie extrême, qui sont très rares. (Voir notes de lecture SAL n° 52)

Dossier cosmologie (Pour la Science N° 281, mars 2001)

Ce numéro déjà un peu ancien de la revue Pour la science contient plusieurs articles de différents auteurs, sur des recherches récentes en cosmologie.

1) Les échos du Big-Bang (R. Caldwell, M. Kamionkowski). Selon la théorie de la relativité générale, l'interaction gravitationnelle se propage sous forme d'ondes gravitationnelles (comme l'interaction électromagnétique se propage sous forme d'ondes électromagnétiques) . On n'a pas encore détecté directement de telles ondes. Une théorie actuellement à la mode chez les cosmologistes est celle de l'inflation : Tout juste après le Big-Bang, l'univers aurait comme une période d'expansion extrêmement forte (l'inflation). Cette inflation, si elle a bien eu lieu, a produit dans le plasma opaque dont l'univers était constitué pendant ses 500 000 premières années, des ondes gravitationnelles. Celles-ci ont laissé, dans le célèbre fond diffus cosmologique à 2,7 degrés, des perturbations que l'on s'efforce aujourd'hui de mettre en évidence car cela constituerait une preuve observationnelle de l'inflation. Cette détection s'avère particulièrement ardue. Les perturbations dues à ces ondes gravitationnelles sont au moins cent mille fois plus faibles que celles, elles-mêmes très faibles dues à l'hétérogénéité de la distribution des masses dans l'Univers. Les longueurs de ces ondes s'échelonnent entre un centimètre et la taille de l'Univers observable ! On fonde néanmoins des espoirs sur l'analyse de la polarisation du fond diffus cosmologique. Des détecteurs au sol ou embarqués à bord de satellites travaillent dans cette direction.

2) Cartographe cosmique (C.Bennett, G.Hinshaw, L.Page). La NASA a envoyé le satellite MAP pour mesurer les fluctuations de température du fond diffus cosmologique (cf l'article précédent). Il peut enregistrer des différences de température d'un vingt millionième de degrés Kelvin et sa résolution angulaire est de 0,23 degré.

L'Agence Spatiale Européenne doit lancer en 2007 le satellite Planck qui sera encore plus sensible que MAP et aura une meilleure résolution angulaire. Il permettra aussi d'obtenir un catalogue complet des amas de galaxies et des galaxies.

3) Le cinquième élément cosmique (Y.Ostriker, P.Steinhardt). D'une part les observations (dans le visible, en radio et dans le domaine X) ont montré que la masse totale des

éléments chimiques et de la fameuse matière noire (inaccessible directement aux observations) ne fournissaient que le tiers de la valeur de la densité d'énergie de l'Univers prévue par les théoriciens, dite "densité critique". D'autre part les observations sur la répartition des zones chaudes et froides dans le fond diffus cosmologique ont montré que la densité d'énergie moyenne de l'Univers devait être proche de la densité critique. Problème : d'où proviennent les deux tiers de l'énergie de l'Univers ? Les théoriciens ont été conduits à élaborer un scénario comportant une forte énergie du vide aux effets répulsifs. On sait qu'Einstein avait introduit en 1917 une densité d'énergie constante associée au vide, la "constante cosmologique", afin que le modèle d'Univers résultant de sa théorie de la relativité générale fût statique comme le voulaient les idées de l'époque et que, par la suite, il regretta beaucoup cette erreur. Une telle énergie statique du vide entraîne un certain nombre de conséquences décrites dans l'article et difficiles à admettre pour un physicien. C'est la raison pour laquelle a été inventée la théorie de la quintessence dans laquelle l'énergie du vide évolue dans le temps (lentement) et dans l'espace (très peu). Cette théorie implique un Univers ayant des dimensions supplémentaires. En cela elle s'accorde avec la théorie des cordes qui vise à unifier la relativité générale et la mécanique quantique et qui utilise des modèles d'Univers à 10 ou 11 dimensions. L'article se termine en développant des conséquences de cette théorie, conséquences qui donnent le vertige aux plus aguerris !

4) Le sens caché de la cosmologie moderne (Y.Peebles). L'auteur, cosmologiste de très grand renom, nous livre ses réflexions sur les divers concepts de la cosmologie moderne. Certains, comme le fait que l'Univers soit issu d'un état chaud et condensé, sont excellents parce qu'appuyés par de multiples preuves fournies par l'observation. D'autres, comme la théorie de l'inflation, sont d'élégantes théories mais n'ont été validés par aucune preuve directe.

5) Les cosmologies de repli (Y.Magueijo). L'auteur présente une théorie selon laquelle la vitesse de la lumière – Dont presque tout le monde admet qu'elle n'a jamais varié au cours du temps- aurait justement varié dans le temps. Des chercheurs tentent de la concilier avec la relativité. Cette théorie apparaît comme une concurrente de la théorie de l'inflation.

Prouver la théorie des cordes ? (Y.Antoniadis et B.Greene; La Recherche N° 343, juin 2001). Il s'agit de deux articles de l'un et l'autre de ces auteurs.

A très petite échelle la matière est décrite par la mécanique quantique ; Elle est animée de fluctuations violentes, ce qui rend sa description incompatible avec les équations de la relativité générale. C'est pour tenter de concilier ces deux théories qu'a été conçue la théorie des cordes. Selon celle-ci les constituants élémentaires de la matière seraient de minuscules cordes, ouvertes ou fermées, vibrant dans neuf dimensions d'espace, les trois habituelles et six dimensions "cachées". Ces dernières seraient très petites, un peu dans le sens suivant : Si l'on se déplace sur un cylindre infini de très petit diamètre (espace à deux dimensions), on a une dimension très grande, dans le sens de l'axe, et une autre très petite, sur les cercles transverses à l'axe. Les différentes particules élémentaires connues correspondent aux divers modes de vibration de ces cordes. Cette élégante théorie est acceptée par beaucoup de physiciens parce qu'elle est compatible avec des théories plus anciennes. Elle n'a cependant jamais reçu la moindre confirmation expérimentale.

La théorie des cordes prédit qu'à chaque particule connue doit correspondre une nouvelle particule très lourde, dit sparticule. Ces sparticules actuellement indétectables, devraient apparaître grâce aux nouveaux accélérateurs de particules, comme le LHC du CERN. L'article d'Y.Antoniadis essaie d'expliquer comment, d'une manière relativement claire au regard de la très grande complexité et du haut degré d'abstraction de ce sujet.

Daniel Sondaz

Distribution de l'hydrogène à la surface de Mars : Preuve de l'existence de dépôts de glace proches de la surface. W.V. Boynton et Al., Science mai 2002.

Cette étude utilise le spectromètre à rayons gamma embarqué sur Mars Odysseus. Les auteurs ont détecté deux régions proches des pôles qui sont riches en hydrogène. Ceci indique la présence sous la surface d'une couche enrichie en hydrogène recouverte par une couche pauvre en hydrogène. L'épaisseur de la couche superficielle diminue à mesure que la distance au pôle augmente. Ces régions correspondent à des zones de prédiction d'une stabilité de la glace. Les auteurs suggèrent qu'il existe une abondance de $35\% \pm 15\%$ de glace, hôte de la couche superficielle d'hydrogène détecté.

La Voie lactée déchire un ancien amas stellaire. Eva Grebel et Al. (Max Planck Institute of Astronomy). Science 4 juin 2002. Les amas globulaires formés d'étoiles très anciennes sont en orbite autour de la Galaxie. Ils sont soumis à ses forces gravitationnelles. Celles-ci s'exercent avec une puissance différente sur les faces proches et éloignées de l'amas. Les astronomes pensaient que les moins denses, c'est à dire ceux dont la cohésion est la moins forte pouvaient être disloqués par la gravitation. Les auteurs ont étudié l'amas Palomar 5 dans le cadre du projet Sloan Digital Sky Survey qui consiste à dresser une carte très précise d'un quart du ciel. Ils ont observé, de part et d'autre de Palomar 5 deux longues traînées d'étoiles qui s'étendent sur une longueur totale de 13 000 a.l. soit vingt fois le diamètre apparent de la Lune. Ceci se produit lorsque les étoiles se sont séparées de l'amas et s'en éloignent lentement. Les traînées d'étoiles dessinent l'orbite de l'amas autour de la Galaxie.

Ces aspects sont très difficiles à repérer car les étoiles issues de l'amas se superposent aux autres étoiles. C'est par leurs caractéristiques de luminosité et de couleur communes à celles d'un amas globulaires qu'il a été possible de les distinguer des autres étoiles.

Alain Brémond.



Le Coin Méditation



Trois opérations :

| | | |
|-------------------|-------|------------------------------|
| Voir | | <i>Opération de l'œil</i> |
| Observer | | <i>Opération de l'esprit</i> |
| Contempler | | <i>Opération de l'âme</i> |

Quiconque arrive à cette troisième opération, entre dans le domaine de l'art.

Emile Bernard

L'astronomie aux rayons X

On célèbre cette année quarante ans d'exploration de l'Univers par l'étude des rayons X. Il a fallu en effet sortir durablement de l'atmosphère Terrestre pour étudier ce rayonnement et l'ajouter aux autres ondes électromagnétiques émises dans le cosmos.

➤ Les rayons X

Ils sont connus depuis les travaux de W.C. Röntgen. Ce rayonnement a une longueur d'onde comprise entre 0,05 et 5 nm¹. Il est produit dans un tube à vide de Coolidge (1917). Une cathode, chauffée par un filament émet des électrons qui vont frapper une anode. Le choc des électrons sur l'anode libère des rayons X. Le type de rayonnement (qui est constitué de plusieurs longueurs d'onde) dépend du métal qui constitue l'anode. La longueur d'onde du rayonnement, donc son énergie, dépend de la tension qui varie de 10³ à 10⁶ volts.

Par exemple pour une longueur d'onde de $0,6 \cdot 10^{-10}$ m (6 nm), l'énergie est de 21 keV².

Ils sont produits par les transitions électroniques des couches profondes, au contraire des photons du domaine visible qui sont produits par des transitions au niveau des couches électroniques superficielles (exemple: les raies de Balmer).

L'absorption des rayons X dépend de la longueur d'onde du rayonnement (plus facile pour les grandes longueurs d'onde proche des U.V.) et de la matière absorbante (l'os est plus "opaque" que la graisse). L'atmosphère Terrestre est très absorbante pour les rayons X et nous protège de leurs effets délétères.

➤ Les sources de rayons X

◆ *Artificielles.*

- Les sources en radiologie sont du type de celles utilisées par Röntgen et ses successeurs.

- On produit aussi des rayons X dans les synchrotrons en utilisant les propriétés du rayonnement synchrotron émis par les électrons accélérés dans un champ magnétique. L'énergie du rayonnement peut être environ mille fois plus élevée que dans les tubes type Coolidge.

◆ *Naturelles.*

- Thermique: Les corps à très haute température émettent des rayons X (en général plus de un million de Kelvin). Ce sont des plasmas très chauds qui sont à l'origine des émissions de rayons X cosmiques.

- Il existe aussi une possibilité d'émission non thermique, c'est le rayonnement synchrotron. Le spectre émis est dans ce cas plat.

- Effet Compton inverse lié à la rencontre d'électrons avec des photons de basse énergie issus d'étoiles ou du rayonnement cosmologique) 2,7 K.

➤ Détection des rayons X

La détection des rayons X a d'abord été réalisée dans des compteurs proportionnels

¹ Un nanomètre (nm) = 10⁻⁹ mètres.

² KeV= kilo électron-volt. Un électron-volt (eV) = 1,602.10⁻¹⁹ Joules (J)

Les télescopes sont de trois types principaux. Ils utilisent le fait que les rayons X, qui sont très pénétrants, sont réfléchis à des degrés divers lorsque l'incidence du faisceau est rasante. L'angle incident nécessaire est d'autant plus petit que l'énergie du rayonnement est élevée. Trois types de télescopes ont été développés :

- 1- Miroirs paraboliques et hyperboliques
- 2- Télescopes équipés de collimateurs à fils
- 3- Télescopes équipés d'un masque de codage.

➤ **Histoire de performances**

La résolution angulaire est la propriété qui permet de distinguer la position de deux sources distante de x secondes d'arc. Exemple ROSAT

La résolution spectrale est la propriété qui permet de définir quelle différence de fréquence le détecteur est capable de distinguer.

En général les résolutions des détecteurs ne sont pas parfaites pour ces deux propriétés à la fois.

La sensibilité correspond au nombre minimal de photons X susceptibles d'être détectés par le récepteur.

➤ **Historique de l'astronomie des rayons X**

En 1949 une fusée V2 emportant un compteur Geiger avait détecté une émission de rayons X en provenance du Soleil (H. Friedman). Mais c'est du 18 juin 1962 qu'il faut dater le début de l'exploration de l'univers par les rayons X. Une fusée emportant un détecteur décèle une émission extragalactique connue depuis comme Scorpius X-1³ (Giacconi et Rossi). Le lancement avait pour but de contrôler d'éventuelles émissions issues d'essais nucléaires militaires spatiaux. La cible était la Lune car les Américains soupçonnaient les Russes de vouloir "cacher" leurs expériences derrière la Lune ! En fait l'émission provenait d'au-delà du système solaire en direction du centre de la galaxie.

Pendant ces années 60 on fit de nombreuses découvertes à l'aide de fusées et de ballons lancés dans la haute atmosphère⁴ transportant des capteurs dont la résolution spectrale s'améliora. Grâce à ces études on découvrit de nombreuses sources parmi lesquelles la nébuleuse du Crabe, le pulsar du crabe et M87.

A partir de 1970 de nombreux satellites d'exploration vont être lancés. Le premier, Uhuru ("Liberté" en swahili) fut lancé du Kenya en décembre 1970. Le dernier est XMM-Newton en décembre 1999. Les premiers télescopes X installés sur le satellite Einstein en novembre 1978 utilisaient des films -type film de radiologie- pour former des images. Cette année le prix Nobel vient de récompenser Riccardo Giacconi père de l'astronomie aux rayons X et promoteur de toutes ces études.

³ Sco X-1 est situé à 2 300 a.l. Le rayonnement provient du disque d'accrétion d'un système binaire constitué d'une étoile de faible masse et d'une étoile à neutron. L'énergie est de 2.10^{37} watts.

⁴ La haute atmosphère est perméable aux rayons X de courte longueur d'onde, c'est à dire de haute énergie.

➤ **Les sources de rayons X et leur apport à l'astronomie.**

Plus de 150 000 sources de rayons X sont connues actuellement. Presque tous les corps émettent des rayons X depuis les planètes jusqu'aux quasars les plus lointains. Leur étude est menée conjointement en rayonnement X et gamma (cf les sursauts gammas dans le prochain numéro du bulletin). Les astronomes cherchent aussi à les observer en lumière visible et c'est finalement l'étude dans toute l'étendue du spectre qui donnera une connaissance précise de l'objet.

□ **La Galaxie**

- ◆ Les étoiles comme le soleil produisent des rayons X au niveau de la couronne.
 - ◆ **Les systèmes binaires** avec accréation de la matière d'une géante sur une naine.
 - **Les étoiles à neutron** donnent des rayonnements pulsés d'où le nom de Pulsars X qui leur a été donné. C'est le déplacement orbital de l'étoile qui par l'effet Doppler-Fizeau donne cette modulation dans le temps. Cette étoile qui appartient à un système binaire⁵ capte la matière d'une étoile plus massive avec laquelle elle est en interaction. Le fort champ magnétique de l'étoile à neutron produit sur les électrons accélérés de ce vent solaire un rayonnement synchrotron. Le phénomène d'accréation produit une chaleur intense et des rayons X sont émis par effet thermique. L'énergie cinétique est transformée en chaleur. On rappelle que la force gravitationnelle d'une étoile à neutrons est très élevée.
 - Sources transitoires : l'émission apparaît puis diminue et disparaît en plusieurs jours. Il pourrait s'agir de systèmes binaires dont l'orbite est très excentrée. A certains moments les deux étoiles sont trop éloignées pour qu'un disque d'accréation puisse se former.
 - Sources à bouffées. Ici la matière accrétée se dépose sur une étoile à neutron dépourvue de champ magnétique. La matière subit l'effet énorme de la gravitation de l'étoile à neutron et produit une élévation thermique suffisante pour déclencher des réactions thermonucléaires dont la durée dépend de la quantité de matière accrétée.
 - Les trous noirs émettent également des rayons X au niveau de leurs disques d'accréation. (Cygnus X-1, XTE J1550-564 dans la Galaxie à 17 000 a.l.). On étudie actuellement beaucoup les jets de rayons X émis par les trous noirs. Il s'agit de jets de rayons X émis de part et d'autre du trou noir. Ils voyagent à environ la moitié de la vitesse de la lumière. Leur énergie est gigantesque, environ 10^{12} eV. Celui de XTE J1550-564 est étudié depuis 1998. Ils s'étendent maintenant à trois années lumière mais l'un d'entre eux est en train de ralentir.
 - ◆ Les planètes émettent des rayons X lors de la rencontre du vent solaire avec les molécules de la haute atmosphère (Jupiter et plus récemment Mars).
- Les restes de supernovae (Tycho, nébuleuse du crabe, N132 D dans le GNM⁶)
- Les galaxies émettent une partie de leur rayonnement en X
Le fond de rayonnement X intergalactique comme dans le groupe de galaxies Abell⁷ 2104 dans la constellation du Serpent

⁵ Voir Bulletin de la S.A.L.n° 52 (avril 2002). Les étoiles variables binaires cataclysmiques.

⁶ Grand Nuage de Magellan

⁷ Le catalogue Abell recense les amas de galaxies.

Centaurus A Arcs est une galaxie active située à environ 11 millions d'a.l. de la Terre dans la constellation du Centaure.

Des Quasars lointains, situés à 13 milliards d'a.l. ont été étudiés par Chandra (SDSS 0836+0054, 1030+0524 et 1306+007 A,B). Ces trois objets lointains ($z=5,99^8$) sont alimentés par des trous noirs supermassifs qui existaient probablement à un milliard d'années du Big Bang (7% de l'âge de l'univers). Ils ont été vus en lumière visible grâce à l'observatoire Sloan Digital Sky Survey. Les trous noirs jeunes et donc lointains sont géants. Ces trois quasars "pèsent" entre un et 10 milliards de fois la masse du soleil (celui du centre de la Galaxie a une masse "seulement" 3 millions de fois supérieure à celle du soleil. Par contre leur fonctionnement est très proche de celui des trous noirs plus récents et donc plus proches.

➤ Les observatoires spatiaux à rayons X

Nous donnons les caractéristiques des quatre plus récents satellites destinés aux observations en rayons X et gamma:

| | | |
|------------|----------------------------|---------------|
| HETE 2 | USA, Japon, France, Italie | octobre 2000 |
| XMM-Newton | Europe | décembre 1999 |
| Chandra | USA | juin 1999 |
| BeppoSAX | Italie, Pays-Bas | avril 1996 |

Le projet Constellation X comportera quatre satellites équipés de télescopes à miroirs paraboliques-hyperboliques. La puissance de cet ensemble sera cent fois plus grande que celle des équipements actuels. Ce projet pourrait détecter des trous noirs si lointains qu'ils seraient vus au moment de leur formation.

Conclusion.

L'observation de l'univers par l'intermédiaire de rayonnements totalement absorbés par l'atmosphère Terrestre a fait progresser de façon considérable nos connaissances des objets les plus proches aux plus lointains. De nouveaux projets permettront sans doute de repousser encore les limites de l'univers accessible et de connaître mieux les premiers temps de sa formation.

Alain Brémond.

⁸ z mesure le décalage relatif des longueurs d'onde (redshift). Cet indice est donné comme mesure de distance pour les objets très lointains. Plus z est grand plus l'objet est éloigné.

Réunion du Conseil d'Administration

Du 29 novembre 2002

Le vendredi 29 novembre 2002, à l'observatoire de Lyon à Saint Genis Laval, s'est déroulée la réunion du conseil d'administration de la Société Astronomique de Lyon.

Etaient présents : Mmes J. Bremond, F. Ferrand.
MM. JP. Augoyat, C. Beaudoin, A. Bremond, C. Ferrand, D. Fouillat, P. Franckhauser, R. Joie, D. Maisonneuve, JC. Marteau, R. Prud'homme, M. Randone, P. Santschi, P. Sogno, F. Udréa.

Absents ou excusés Mme Fréchet.
MM. Bacon, Cicéron, Clément, Dubet, Paturel, Sondaz.

L'ordre du jour est entamé :

1 – Matériel informatique : François Udréa émet l'idée intéressante de passer les ordinateurs du club sous Linux.

Devant la difficulté de cette entreprise, il est décidé de faire une réunion informatique afin de faire le point sur les personnes intéressées par ce projet.

2 – Conférences : (J. B.) Le 21 décembre, « Surfer sur les étoiles » par J.P. Augoyat. Le terme *surfer* est critiqué mais le titre de la conférence est maintenu.

Le 25/01/03 est à décider entre Mr Ferruit de l'observatoire ou Mr Alain Gonfalone « La Station Spatiale Internationale »

Mme Vauglin fera une conférence le 22/02/03.

Une 'sortie' pourrait être programmée au planétarium de Vaulx en Velin, avec une présentation spéciale pour la SAL, des exposés faits par Mr Paturel.

3 – Initiations : (A. B.) Le cycle a débuté en force puisque environ 40 personnes ont assisté à la première séance.

4 – Portes ouvertes : Les 5 et 6 juillet 2003. Une réunion est prévue par l'Observatoire le 10 décembre à 18H pour faire le point avec les différents participants. (y assisteront MM Sogno et Ferrand)

Les activités des précédentes Portes ouvertes seront reconduites.

Le matériel d'exposition sera à terminer (Panneaux).

5 – Conseil 2003 : Afin de ne pas créer de surprise lors de l'élection du bureau 2003, Mr Ferrand annonce qu'il ne reprendra pas sa place de secrétaire général.

MM Maisonneuve et Udréa annoncent qu'ils ne se présenteront pas sur la liste du conseil 2003.

Mr Paul Sogno annonce qu'il ne représentera pas en tant que Président pour l'année 2004.

6 – Heure et jour des réunions du conseil : des remarques ont été formulées après la dernière réunion du conseil. Les membres arrivant à 21h le vendredi se trouvent *à la porte* jusqu'à la fin de la réunion. Ce qu'ils ne trouvent pas très plaisant. Il serait donc nécessaire de changer l'heure ou le jour des réunions.

Il est décidé d'avancer l'heure des réunions d'une demi-heure (soit 20h) et de faire des réunions plus fréquentes de sorte que l'ordre du jour soit épuisé avant 21h.

Questions diverses :

(C. F.) La réfection du 001 est lancée (C. Bonnebouche et G. Valex), les plans sont en cours. Les frais devraient se limiter à quelques planches de contreplaqué, un peu de quincaillerie et de peinture.

Le but est de faire un tube plus léger et de mieux protéger le miroir dont l'aluminure s'oxyde rapidement. (Stockage dans la coupole du Tonneau).

(C. F.) Des miroirs sont entreposés dans l'atelier, un bilan devrait être fait afin de vendre les miroirs superflus.

(JP. A.) – Un bilan financier est donné pour l'année 2002.

| | |
|--|--|
| Dépenses : Câble quincaillerie 21.36 € Moteur de déclinaison 71.87€ Filtre RVB CCD 87€ Filtre solaire 51.99€ CLE 20.91€ Bride 59.80€ Bureau 92.09€ Peinture 7.39€ Total 412.41€ | Donations : Armoire électrique (Eric Arthaud) Câblage de l'armoire (P. F.) Raccordement électrique (P. S.) Deux automates Siemens (JP. A.) 250€ Une alimentation 24V 2A (JP. A.) 100€ Etude et programmation (JP. A.) Mise au point électrique et électronique (JP. A.) Mise au point optique (JP. A.) Modification support secondaire (Eric Arthaud) Total : 350€ |
|--|--|

Prévision pour 2003

Oculaire Nagler 31mm 819€
Filtre DeepSky 279€

Total : 1098€

Il est demandé de se renseigner sur les frais de dédouanement afin de faire amener ce matériel par J. Bremond qui sera aux USA dans trois semaines.

(R. J.) Les travaux concernant la réfection du local de la bibliothèque ont coûté 761.16€. Peintures, location de matériels, mobilier, inauguration.

Prochaine réunion début janvier.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée.

Le Secrétaire Général
Claude FERRAND

VITESSE DE LA LUMIERE

• LE MONDE | 21.10.02

Olaus Römer, les satellites de Jupiter et la vitesse de la lumière

Dès la naissance de la physique dans l'Antiquité, les auteurs grecs discutèrent de la nature de la lumière et se demandèrent si elle avait ou non une vitesse. Car, contrairement au son qui se propage avec une relative lenteur – au point que les sens humains peuvent, sous certaines conditions d'éloignement, percevoir un décalage entre le moment de l'émission et celui de l'audition –, la lumière nous donne une impression d'instantanéité quelle que soit la distance qui nous sépare de la source lumineuse.

Cette conception d'une vitesse infinie traversa les siècles sans rencontrer d'opposition, faute avant tout d'une technologie assez fine et précise pour pouvoir effectuer une mesure.

Un des premiers à vouloir tenter l'expérience fut Galilée. Voici son idée : deux hommes se postent au sommet de deux collines voisines. Chacun a une lanterne couverte. Le premier la découvre. Dès que le second voit la lumière, il découvre sa lanterne à son tour. En connaissant la distance séparant les collines et en divisant le temps de l'aller-retour lumineux par 2, il est aisé, a priori, d'en déduire la vitesse de la lumière.

Malheureusement, étant donné la valeur extrêmement élevée de celle-ci, Galilée ne trouva pas de différence significative entre ces mesures et le temps de réaction normal des expérimentateurs. Le savant italien put seulement conclure que si vitesse de la lumière il y avait, elle devait être très importante.

C'est en fait involontairement que fut apportée la preuve que la lumière se déplace à une vitesse finie. Au XVII^e siècle, les navigateurs ne disposaient pas d'horloges assez fiables pour les aider à calculer leur longitude (le décalage horaire entre leur méridien d'origine et celui de l'endroit où ils se trouvaient).

L'ASTUCE DE JUPITER

Après la découverte des satellites de Jupiter et des éclipses minutées et régulières qu'ils connaissent quand ils passent dans l'ombre de leur planète, on eut l'idée de se servir de ces phénomènes comme repères temporels puisque l'instant où ils se produisent est indépendant du lieu d'observation. Les premières tables furent publiées par l'astronome français Jean-Dominique Cassini en 1668. Pour affiner ses calculs, il continua ses études sur les satellites joviens, assisté par le Danois Olaus Römer, arrivé au tout récent Observatoire de Paris en 1672. " *On avait assigné à Römer un travail besogneux : observer les satellites de Jupiter et comparer ces observations aux tables de Cassini*", raconte Thomas Widemann, astronome à l'Observatoire de Paris-Meudon. Les deux hommes s'aperçurent qu'à certains moments, existait un décalage entre le phénomène visible et la prévision. Celle-ci était correcte lors des quadratures, lorsque la Terre, le Soleil et Jupiter forment un triangle rectangle dont notre étoile constitue l'angle droit. En revanche, lors de l'opposition – quand la Terre est entre Jupiter et le Soleil –, les éclipses des satellites se produisaient avec plusieurs minutes d'avance par rapport au catalogue de Cassini.

Ce dernier a l'intuition de l'explication mais ne creuse pas l'hypothèse qu'Olaus Römer va développer et que résume ainsi Thomas Widemann :

"Si, à l'opposition, les éclipses commencent en avance, c'est parce que la Terre est beaucoup plus proche de Jupiter – d'un peu plus d'une unité astronomique – que lors des quadratures. La différence est due au fait que la lumière des satellites met moins de temps puisque le chemin est plus court. Au terme de ce cheminement intellectuel, Römer apporte la première preuve expérimentale que la vitesse de la lumière n'est pas instantanée."

Comme le relate Michel Rival dans son ouvrage *Les Grandes Expériences scientifiques* (Seuil), Römer "annonce, en septembre 1676, à l'Académie royale des sciences, que l'éclipse du premier satellite de Jupiter, prévue pour le 9 novembre suivant, se produira avec 10 minutes de retard, étant donné la distance accrue de Jupiter à la Terre [la planète géante étant alors proche de sa conjonction avec le Soleil, soit de l'autre côté de notre étoile]. Sa prédiction est effectivement confirmée par les observations. Dans le compte rendu de ses travaux, Römer ne donne pas la vitesse de la lumière, mais se contente d'observer qu'elle est finie".

VOIR MONTMARTRE

En effet, à l'époque, on n'avait qu'une estimation imprécise des distances au sein du système solaire. La distance Terre-Soleil était sous-évaluée, ce qui conduisit les astronomes qui effectuèrent le calcul de la vitesse de la lumière d'après les travaux de Römer à trouver une valeur d'environ 200 000 km/s, contre 300 000 km/s dans la réalité. Le physicien français Hippolyte Fizeau adapta en 1849 l'expérience de Galilée pour obtenir une valeur plus fine.

Dans le belvédère d'une maison de Suresnes, il fit partir un faisceau de lumière placé derrière une roue dentée tournante. Passant dans un créneau de la roue, le rayon allait se réfléchir dans un miroir installé à Montmartre, à plus de 8 km de là, et s'en retournait à Suresnes.

Entre-temps, la roue avait très légèrement tourné. A partir d'une certaine vitesse de rotation, lorsque la lumière revenait, elle était arrêtée par une dent de la roue, et l'observateur situé derrière celle-ci ne voyait plus de lumière. Disposant juste de la vitesse angulaire de la roue, du nombre de dents et de la distance Suresnes-Montmartre, Fizeau put donner une estimation honorable de la vitesse de la lumière : 315 000 km/s, soit une erreur de 5 %.

Pierre Barthélémy

- ARTICLE PARU DANS L'EDITION DU MONDE DU 22.10.02

La recherche des exoplanètes

L'histoire de la recherche de planètes débute pendant l'Antiquité : les Anciens connaissaient déjà cinq planètes (ou astres errants : Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne) dont Copernic, Kepler et Newton ont montré qu'elles étaient plus apparentées à la Terre qu'au Soleil ou aux étoiles ; la Terre fut donc ajoutée à la liste des planètes connues.

En 1781, un astronome amateur William Herschell trouve une planète plus lointaine, Uranus.

En 1800, on découvre Cérès, petit corps entre les orbites de Mars et de Jupiter ; on connaît maintenant des milliers d'astéroïdes.

Neptune ne sera vue qu'en 1846 (prévue par la mécanique céleste de Newton).

Pluton sera mise en évidence en 1930 (par Clyde Tombaugh).

Cette traque des compagnons du Soleil continue aujourd'hui soit par l'observation directe soit par la signature de perturbations gravitationnelles .

La première découverte (erronée) d'une exoplanète date des années soixante (planète autour de l'étoile de Barnard).

La première découverte confirmée date de 1991 autour d'un pulsar. Actuellement, on connaît plus d'une centaine de planètes extra solaires ; la plupart sont comparables en masse à notre planète géante Jupiter ; on cherche activement une planète qui pourrait ressembler à notre Terre et qui pourrait abriter une forme de vie.

Qu'est ce qu'une exoplanète

Pour une exoplanète, la question n'est pas de savoir si elle est trop petite pour être classée comme planète, mais si, au contraire, elle n'est pas trop grosse pour être classée comme étoile ou naine brune.

Pour devenir une étoile, un objet doit avoir une masse minimale d'environ 7 à 8% de la masse du soleil ; la plus massive des planètes du système solaire, Jupiter, possède moins de 0,1% de la masse du soleil.

Définition d'une planète (UAI) : « *objet en orbite autour d'une étoile et qui est assez petit pour que la fusion du deutérium ne puisse débuter* » (soit environ treize fois la masse de Jupiter).

Motivations

La théorie de formation du système solaire à partir d'une *nébuleuse solaire*, dans un disque de gaz aplati en rotation est bien admise actuellement (cette théorie n'est pas récente puisqu'elle remonte à plus de deux siècles KANT en 1755 et LAPLACE en 1796). Le caractère contemporain de la formation du soleil et des planètes est corroboré par les datations indépendantes de l'âge du Soleil (astrophysique), de la Terre (géologie), de la Lune (roches et bombardements météoritiques) et des météorites.

Les planètes et les étoiles sont donc formées dans un même processus global, si bien que les planètes peuvent être considérées comme des sous-produits naturels de la formation des étoiles et sont donc probablement communes dans l'univers.

Comment trouver ces planètes ?

Méthode directe

L'*observation directe* d'une planète en orbite autour d'une étoile lointaine n'est pas encore pour tout de suite. Deux obstacles majeurs rendent cette méthode très difficile.

- a) les planètes sont relativement proches de leur étoile parente (ex : 0,5'' de séparation pour le système Soleil-Jupiter placé à 10 pc) ; même si les techniques d'optique adaptative permettent d'obtenir des images à la limite de diffraction des instruments utilisés, un autre problème subsiste :
- b) le contraste de luminosité entre l'étoile et la planète est très défavorable. Dans le visible, l'étoile est environ 10^9 fois plus brillante qu'une planète géante.

La combinaison de ces deux effets (proximité + contraste) rend la détection directe très difficile dans le visible ; il existe un espoir avec des mesures à haute résolution angulaire (interférométrie effectuée depuis l'espace) dans l'IR où le contraste de luminosité est 1000 à 10000 fois plus favorable.

Cependant, certaines équipes travaillent avec des télescopes grand champ (de diamètre inférieur à 25 cm) en espérant photographier des planètes telluriques d'ici 2020.

Certains de ces instruments seront probablement satellisés dans les cinq ans à venir.

Méthodes indirectes

Elles se concentrent sur l'observation des perturbations induites par la (les) planète(s) sur l'étoile parente en utilisant les propriétés de « binaire » du système étoile-planète.

a) Mesure des ondes radio émises par les pulsars

Ces objets émettent des ondes radio qui apparaissent comme des pulsations périodiques ayant une très grande stabilité (10^{-13} s). Si le pulsar possède une planète, les deux astres tournent autour de leur centre de gravité ; le pulsar s'éloigne et se rapproche périodiquement ; les pulsations seront affectées par ces variations dans le temps (après correction du mouvement de la Terre sur son orbite et de sa rotation).

Ces changements de fréquence (avances/retards) dans l'arrivée des pulses s'expriment par $\Delta v / v = \Delta V / c$; $\Delta v / v$ est connu avec une grande précision allant jusqu'à 10^{-11} (cms^{-1} en vitesse), permettant ainsi la détection de planètes de type Terrestre (effet de la Terre sur le Soleil $\sim 8 \text{ cms}^{-1}$).

C'est cette méthode qui a permis en 1991 à Alexander Wolszjan et Dale Frail de découvrir trois planètes autour du pulsar PSR1257+12.

c) Méthode des vitesses radiales (cf. annexes Fig.1)

Elles utilisent l'effet Doppler-Fizeau (variation de la fréquence reçue / fréquence émise liée au déplacement relatif émetteur-récepteur); la variation de la vitesse radiale liée à la rotation de l'étoile autour du centre de gravité commun se traduit par un décalage des raies spectrales qui est mis en évidence par l'étude en spectroscopie de la lumière en provenance de l'étoile.

Le problème principal est celui de la résolution des spectrographes ; actuellement on obtient une résolution d'environ 3m/s et on espère atteindre 1m/s (OHP). Une résolution de 3m/s représente un décalage Doppler des raies ($\Delta v / v$) de $\sim 10^{-8}$!. A titre de comparaison, la présence de Jupiter occasionne, sur le Soleil, une variation de 12,5 m/s sur une période de 11,86 ans.

Ainsi, avec la précision actuelle, des planètes de la taille de Jupiter peuvent être détectées autour d'étoiles de type solaire, à condition d'y mettre le temps.

d) Méthode astrométrique (cf. annexes Fig.2)

Cette méthode étudie la vitesse tangentielle de l'étoile, c'est à dire le déplacement perpendiculaire à la ligne de visée (le déplacement sur le fond du ciel). Cette méthode (comme la précédente) est basée sur l'effet gravitationnel exercé par les exoplanètes sur leur étoile et est donc sensible à leur masse ; l'efficacité de cette méthode est maximale pour une étoile proche de type solaire et une planète massive.

Des progrès majeurs sont cependant attendus grâce au développement des techniques d'interférométrie qui devraient permettre la détection de planètes terrestres dans le voisinage proche du Soleil.

D'autres méthodes sont fondées sur les variations de la lumière des étoiles.

e) Méthode des transits planétaires (cf. annexes Fig. 3)

Si la Terre se trouve dans ou proche du plan orbital de la planète, celle-ci sera vue passant devant son étoile ce qui entraîne une variation périodique de la luminosité de l'étoile. Cette technique nécessite un détecteur très précis ; ces variations de luminosité sont aisément distinguées d'autres effets (comme les taches stellaires) par leur périodicité et leur forme très carrée ; de plus plusieurs milliers d'étoiles peuvent être surveillées dans un champ de télescope.

e) Méthode des micro lentilles gravitationnelles (cf. annexes Fig. 4)

Elle est basée sur la présence, entre une étoile lointaine et l'observateur, d'un objet massif (la lentille) qui entraîne une convergence des rayons vers l'observateur et donc une augmentation de la luminosité de l'étoile lointaine. Cette variation de luminosité s'étale sur plusieurs semaines ou mois. Si l'objet lentille est une étoile avec des planètes, ces dernières entraîneront de brefs éclats de lumière (à condition que la ligne de visée depuis la Terre passe près de la planète). Dans ces conditions, des planètes aussi petites que la Terre pourraient être détectées.

On peut également envisager d'utiliser les émissions radio semblables à celles émises par Jupiter sans parler des signaux artificiels émis par une autre civilisation ! !.

Résultats

En ce qui concerne les résultats, les différentes méthodes ne sont pas équivalentes. Les plus petites exoplanètes connues orbitent autour du pulsar PSR1257+12, une étoile à neutron de 1,4 masses solaires située entre 2000 et 3000 années-lumières de la Terre.

Les autres sont beaucoup plus massives et orbitent autour d'étoiles « normales » dont les masses avoisinent les quelques dizaines de pour-cent de celle du soleil et sont situées entre 20 et 200 années-lumières de la Terre. Ces planètes massives en orbite proche de leur étoile sont appelées *Jupiters chauds*.

La première découverte remonte à 1995 autour de l'étoile 51 Pégase, légèrement moins massive que le soleil et quelques milliards d'années plus vieille (Michel Mayor et Didier Queloz OHP). La masse de la planète est environ de 45% de celle de Jupiter et sa période orbitale de 4,23 jours.

Actuellement on estime que 1% environ des étoiles de type solaire possèdent des planètes de la taille de Jupiter et dont la période orbitale ne dépasse pas une semaine. Cela n'est pas vrai pour toutes les planètes détectées puisque les masses varient de 0,12 fois Jupiter à 13 fois Jupiter, limite de définition d'une planète ; la plupart ont une masse

comprise entre un tiers et trois fois celle de Jupiter car les plus grosses planètes sont plus rares et les petites plus difficiles à détecter.

Aujourd'hui on ne connaît qu'une seule planète avec une période orbitale supérieure à celle de Jupiter (11,83 ans) ; elle orbite en 14 ans autour de l'étoile 55 Cancri et sa masse est quatre fois celle de Jupiter.

Un seul rayon planétaire a pu être mesuré : celui du compagnon de l'étoile de type solaire HD209458a ; ce rayon est d'environ 1,35 fois celui de Jupiter pour une masse de 0,65 fois celle de Jupiter ; la connaissance de ces deux paramètres a permis de calculer la densité de la planète : HD209458b est composé surtout d'hydrogène.

La plus petite étoile connue pour avoir des planètes est Gliese 876 ; sa masse est un tiers de celle du soleil et elle est située à seulement 15 années-lumières de la Terre ; elle possède deux planètes : une de masse 1,89 fois celle de Jupiter (période orbitale de 61 jours), l'autre d'au moins 0,56 fois Jupiter (période orbitale 30jours) (cf. annexes Fig 5).

La figure 6 récapitule les différentes méthodes possibles (actuelles et à venir) pour la détection d'exoplanètes. Les masses planétaires calculées à partir des différentes mesures ne sont que des masses minimales ; en effet la ligne de visée à partir de la Terre n'est en général pas contenue dans le plan orbital de la planète ; il existe un angle i entre les plans de l'orbite et du ciel et la masse calculée correspond à $m_{pl} \sin i$.

La prochaine grande étape attendue sera de voir directement ces planètes et pourquoi pas de rechercher la présence d'une vie extraterrestre.

Claude Desuzinge

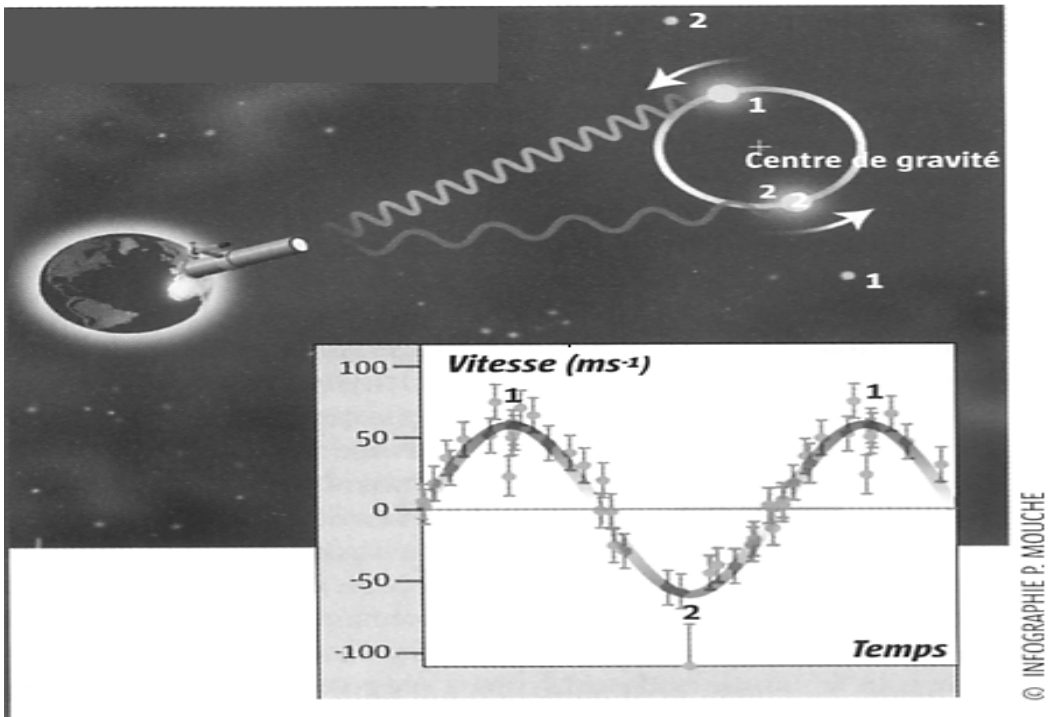
Ce texte a été élaboré à partir de :

- Objectif Terres : mille et une méthodes de détection ; Jack J. Lissauer ;
LA RECHERCHE n° 359 décembre 2002 ; p 32-39.

- Planètes extra-solaires ; Stéphane Udry
Observatoire de Genève, CH-1290 Sauverny, Suisse.

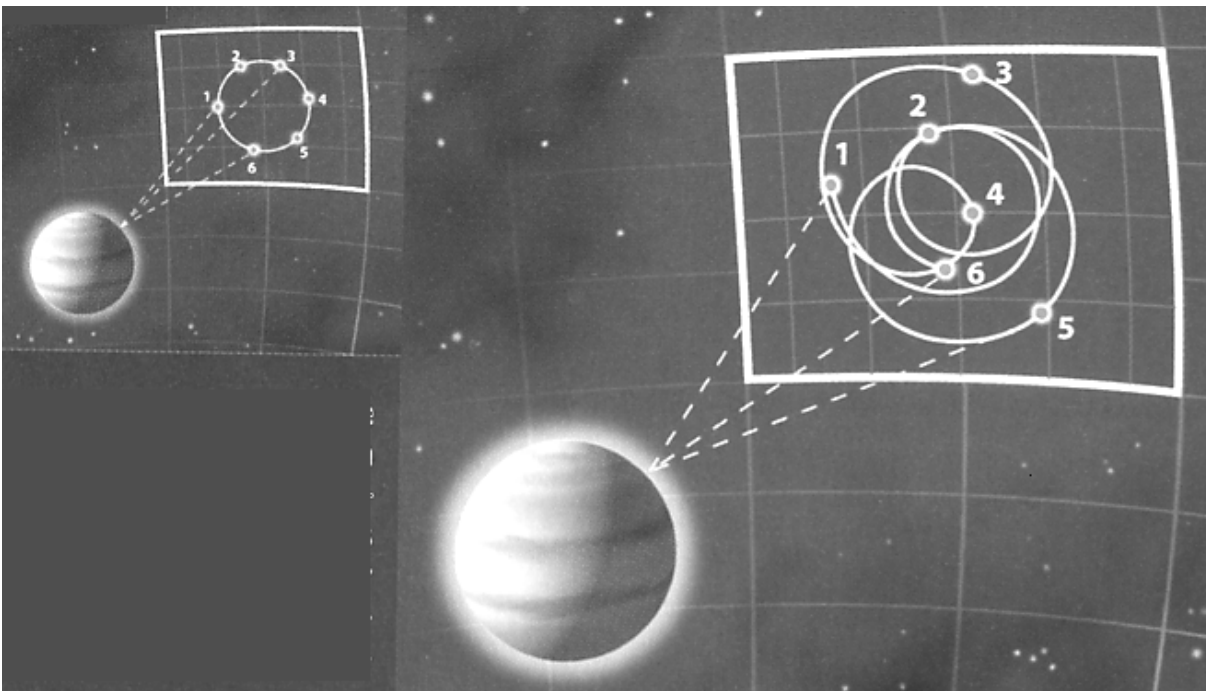
ANNEXES

Figure 1 Méthode des vitesses radiales



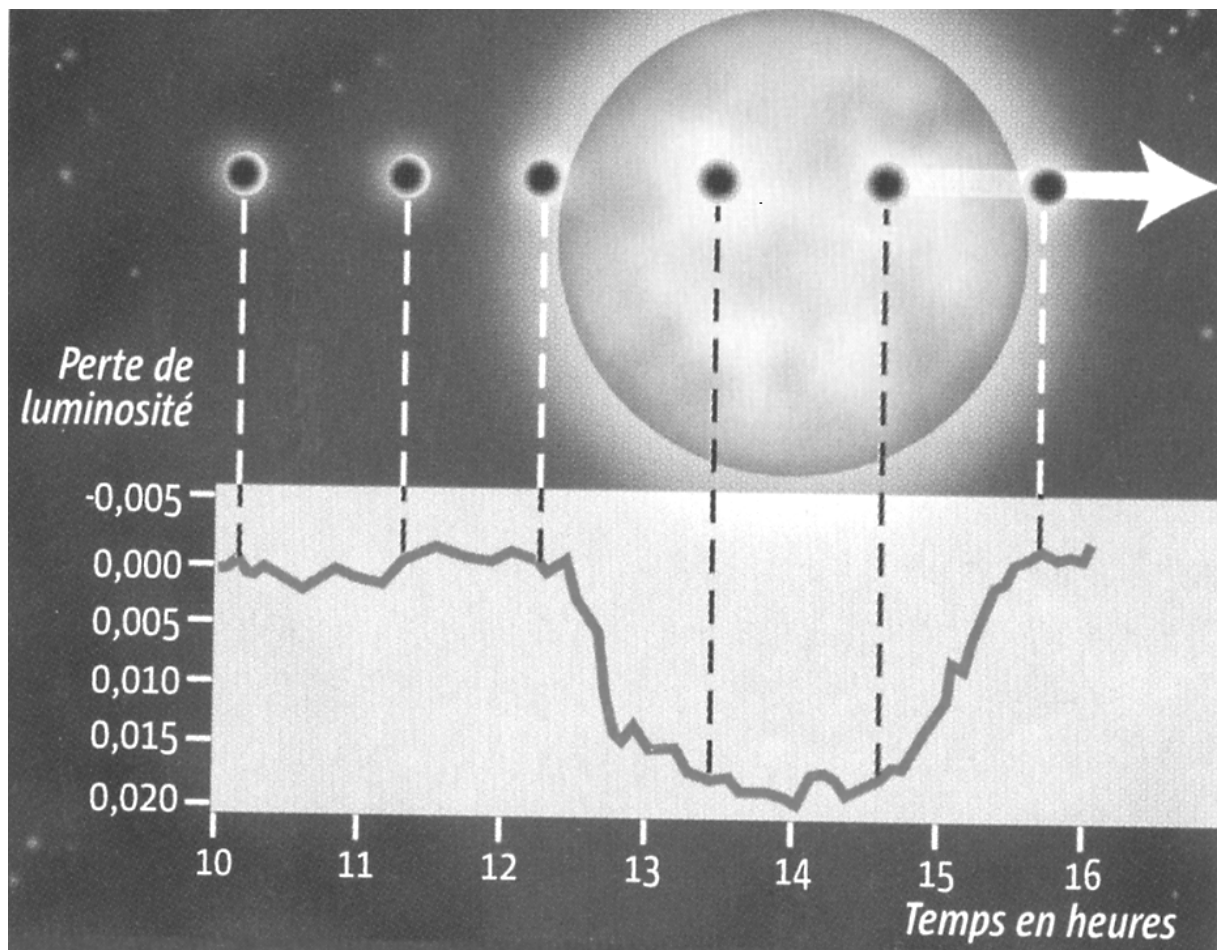
Les raies du spectre de l'étoile sont décalées vers les petites longueurs d'onde lorsque l'étoile se rapproche de nous et vers les grandes longueurs d'onde lorsqu'elle s'éloigne.

Figure 2 Méthode astrométrique



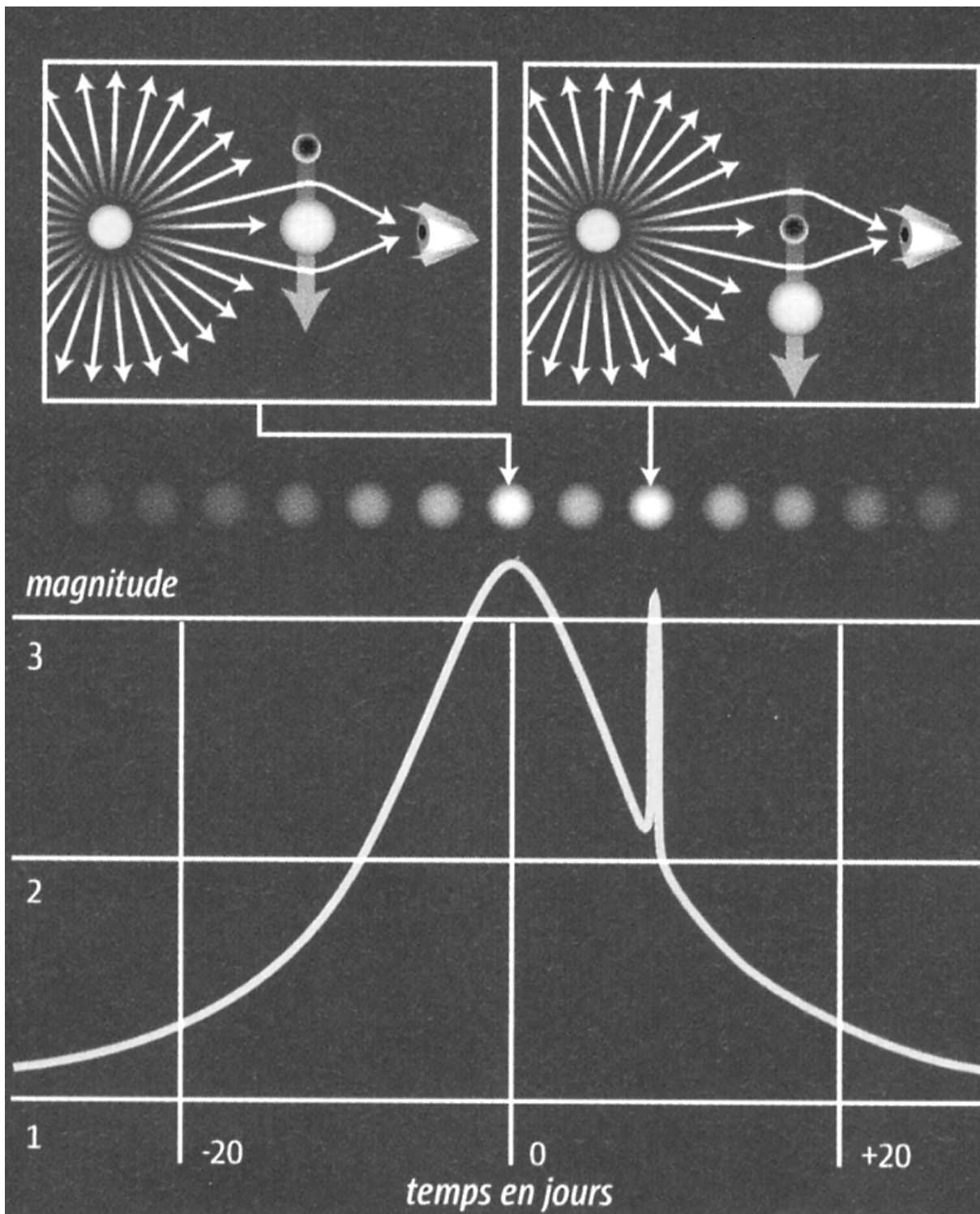
A droite : déplacement d'une étoile type Soleil sous l'influence d'une planète type Jupiter
A gauche : modélisation du déplacement du Soleil sous l'influence de ses 9 planètes.

Figure 3 Méthode des transits planétaires



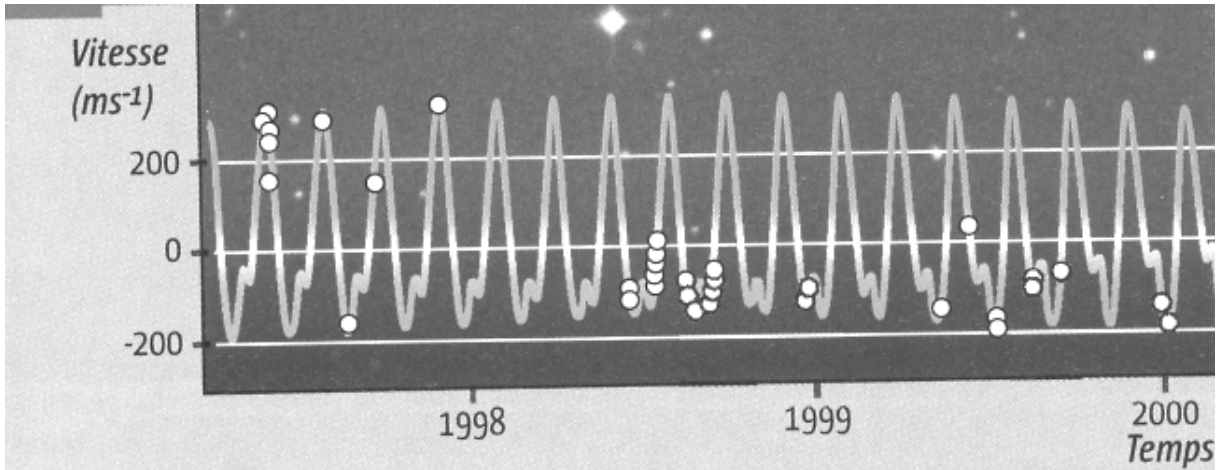
Si la ligne de visée se trouve dans, ou près du plan orbital de la planète, celle-ci diminuera l'éclat de l'étoile. Cette baisse de luminosité (magnitude, durée, pente de la courbe) permettrait même d'analyser l'éventuelle atmosphère de la planète.

Figure 4 Le phénomène de lentille



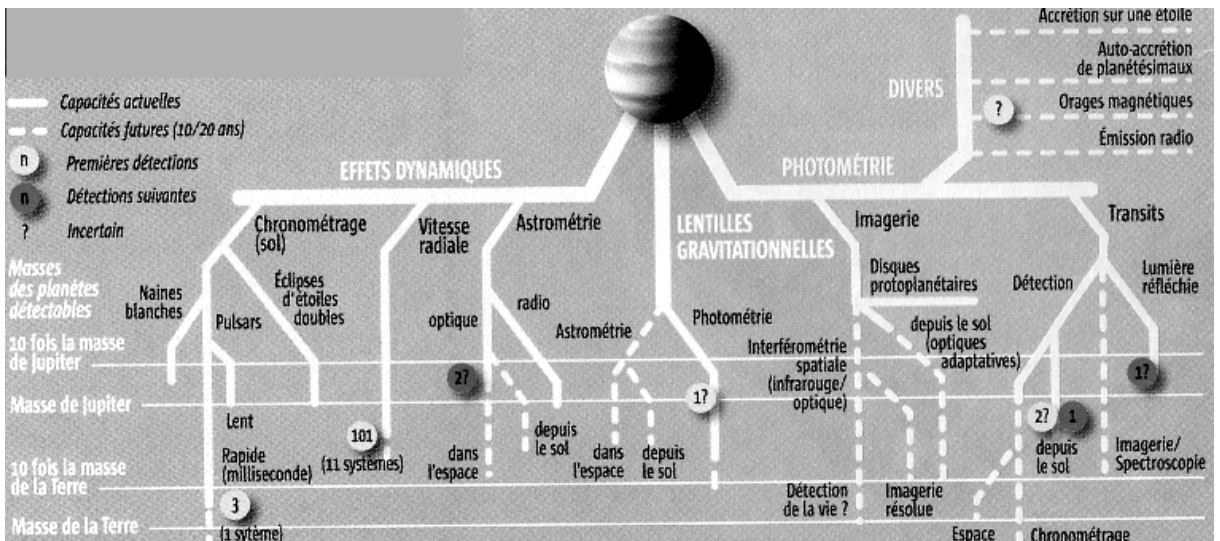
Une étoile passant sur la ligne de visée entre la Terre et un astre occasionne un phénomène de lentille qui amplifie la luminosité de ce dernier ; si cette étoile est accompagnée d'une planète, celle-ci entraîne un second pic de luminosité.

Figure 5 Le cas de l'étoile Gliese 876



Gliese 876 est située à 15,3 années-lumière ; sa masse est égale au tiers de celle du Soleil. Sa courbe de vitesse indique la présence d'au moins deux planètes (une proche de l'étoile de masse 1,89 fois celle de Jupiter avec une période de révolution de 61 jours ; l'autre de 0,56 masse de Jupiter et de période d'environ 30 jours).

Figure 6 Les méthodes de détection



De nombreuses techniques permettent *a priori* de détecter des planètes autour des autres étoiles ; certaines d'entre elles pourraient amener à la découverte d'autres Terres (D'après M.Perryman, *Rep. Prog.Phys.*, 63, 1209, 2000, révisé en août 2002).