

Le planétarium Peiresc est une réalisation de
l'association des Amis du Planétarium
d'Aix en Provence,

avec le soutien de :



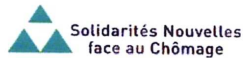
Ville
d'Aix-en-Provence



Conseil Général
des Bouches du Rhône



Conseil Régional
P.A.C.A.



et la participation de :



D.R.A.C.

RECTORAT



ACADEMIE
D'AIX-MARSEILLE



Laboratoire
d'Astrophysique
de Marseille



Directeur de la publication : Philippe Malburet

Planétarium Peiresc Parc Saint-Mitre 7, rue des Robiniers 13090 AIX EN PROVENCE

Entrée du public : avenue Jean Monnet

Tél/fax/rép. : 04 42 20 43 66 - Tél. : 04 42 64 21 48

Site Internet : <http://www.aix-planetarium.fr> E-mail : aix.planetarium@orange.fr

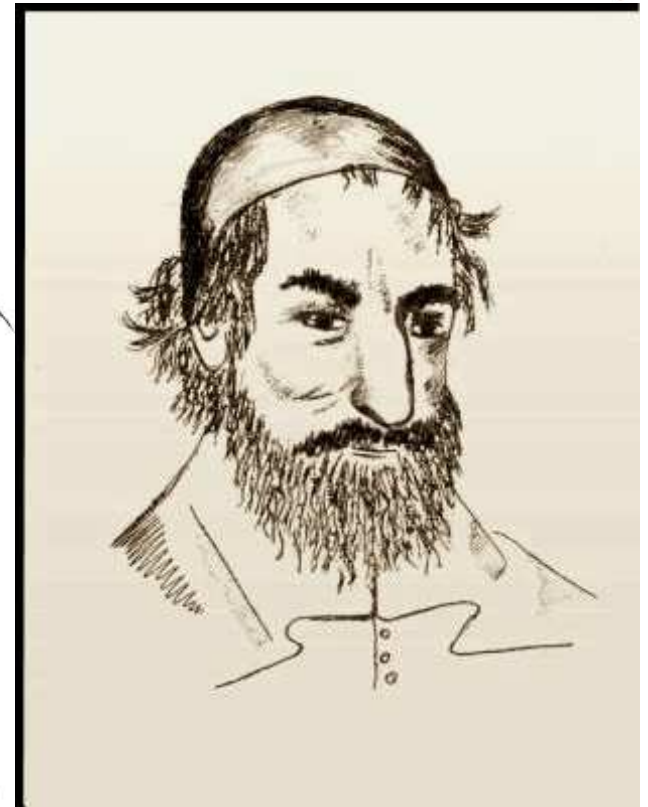
Juin 2008



numéro 9

Peiresc

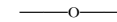
Les Cahiers



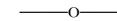
ISSN 1775-0458

L'association des Amis du Planétarium d'Aix en Provence,
(A.P.A.P.),
a été fondée en novembre 1989 avec pour objectif :

**« la diffusion, en milieu scolaire et auprès du public en général,
des théories scientifiques qui constituent
l'Astronomie, l'Astrophysique et les sciences de la Terre,
en utilisant comme outil pédagogique privilégié
un planétarium fixe. »**
(article 2 des statuts)



Informations : <http://www.aix-planetarium.fr>
Contacts, réservations : 04 42 64 21 48 ou 04 42 20 43 66
E-mail : aix.planetarium@orange.fr



L'A.P.A.P. est membre de

**L'Association des Planétariums de Langue Française,
(A.P.L.F.),**

dont le siège est :

Planétarium de Strasbourg
11, rue de l'Université
67 000 STRASBOURG

<http://www.aplf-planetarium.org>

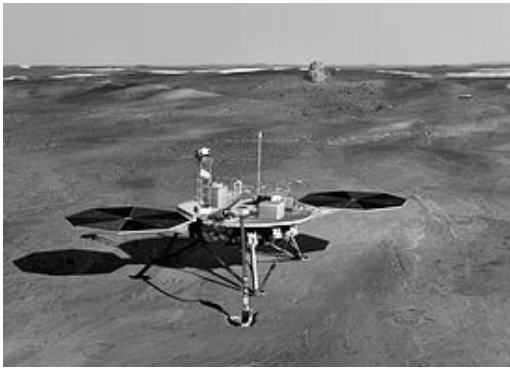


ACTUALITÉS ASTRONOMIQUES

LA SONDE PHOENIX SUR MARS

C'est l'épilogue de près de dix mois de périple : dimanche 25 mai à 23h53 GMT, la sonde américaine Phoenix Mars Lander, lancée le 4 août 2007, s'est posée en douceur sur la Planète rouge, dans la région polaire nord.

Dans la mythologie, le phœnix est un oiseau fabuleux qui renaît de ses



ces cendres. La mission de la NASA ne porte pas ce nom par hasard, puisque la sonde transporte des composants des missions Mars Polar Lander et Mars Surveyor Program 01, dont la première avait échoué et la seconde fut annulée.

Durant les 3 prochains mois, la sonde Phoenix va étudier la composition du sol martien en chauffant lentement les

échantillons jusqu'à une température de 1000 degrés Celsius. Les gaz qui s'évaporent seront analysés par spectrométrie, en particulier pour la présence d'eau et de matière organique. Un autre instrument analysera des échantillons en les mettant en solution dans de l'eau, et des images prises à l'aide de microscopes seront retransmises. Enfin, une station météo permettra d'en connaître davantage sur le climat de la planète.

L'intérêt de cette mission comparée aux précédentes est d'une part la précision accrue des instruments d'analyse, mais surtout le lieu d'atterrissage. En effet, la glace des régions polaires devrait avoir empêché les éléments organiques, s'il y en a, d'être détruits par l'oxydation atmosphérique. La mission permettra d'envisager les conditions d'une éventuelle colonisation de la planète, et peut-être d'en savoir plus sur notre propre climat.

Cette sonde mesure 5 mètres et demi, et pèse 410kg. Contrairement aux deux engins des missions précédentes (Rover), Phoenix ne se déplace pas. Mais elle pourra creuser profondément, jusqu'à atteindre la couche de glace du pôle, et commencer ses analyses. La mission primaire devrait durer 90 jours martiens, soit 92 jours pour nous. ■

Pierre Fernandez

[Source: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona]

Selon les astronomes modernes, l'univers est limité. Voilà une pensée très réconfortante, particulièrement pour les gens qui ne se rappellent jamais où ils ont mis leurs affaires.

Woody Allen
(Destins tordus)

Ce n'est pas dans la science qu'est le bonheur, mais dans l'acquisition de la science.

Edgar Allan Poe
(Le pouvoir des mots)

ÉDITO

« *Après bien des inquiétudes, le Planétarium est reparti !* » C'est par ces paroles confiantes que Philippe Malburet commençait son éditorial dans le précédent numéro... Hélas, les mois qui ont suivi ont encore été chargés d'inquiétudes, et rien ne s'est passé comme prévu, du fait du départ précipité – pour raison familiale – de la personne que nous avions embauchée pour assurer le fonctionnement et la promotion du planétarium auprès du public !

Nous avons pu, malgré ce contretemps, maintenir les animations pour les scolaires, et les séances tout public du samedi. Pour cet été, nous proposons des séances publiques le vendredi à 10h et le samedi à 15h. Parallèlement, des démarches sont en cours auprès des pouvoirs publics, pour obtenir le financement d'un poste de permanent à la rentrée.

* * *

Le présent bulletin vous propose trois sujets spécifiques, rarement traités dans les revues de vulgarisation scientifique.

« *La mesure des distances en astronomie* », vient compléter un premier article paru dans notre précédent numéro. Il décrit les méthodes physiques mises en œuvre pour remplacer la méthode trigonométrique quand celle-ci devient inefficace.

Dans « *Esquisse pour une histoire des planétariums* », Philippe Malburet nous révèle tout ce qui a été imaginé depuis l'Antiquité, avec illustrations et commentaires appropriés.

Enfin, l'article « *Stabilité du Système solaire* »* de Franck Malige, vous fera découvrir le domaine des perturbations dynamiques de trajectoires, avec effets chaotiques probables. Mais rassurez-vous... C'est pour dans très longtemps !

Pierre Fernandez
Juin 2008

* Nous remercions Franck Malige, professeur de mathématiques, de nous avoir autorisés à publier cet article issu de la conférence qu'il a donnée au planétarium le 4 avril 2008.

cure ne peut pas être exclue sur une période d'un milliard d'années (même si elle paraît peu probable). Cependant, pour les planètes extérieures, les mêmes études numériques et les suivantes montrent que peu d'effets chaotiques sont visibles et que leurs trajectoires paraissent relativement stables sur une période de l'ordre du milliard d'années.

AUTRES PROBLÈMES À RÉSOUDRE

Depuis quelques années, parallèlement à l'étude du système solaire entier, des études plus locales (comme celle de la rotation d'Hypérion) mais très nombreuses sont entreprises et les techniques mises en jeu (que ce soit de façon théorique ou numérique) pour essayer de savoir si le système solaire est stable et plus généralement pour résoudre le problème des N corps ont permis et permettent encore de résoudre de nombreuses questions ayant trait à la dynamique des objets spatiaux : formation et évolution des systèmes planétaires ou des anneaux de matière, trajectoires des fusées, satellites ou comètes, rotation et variation des axes des planètes et satellites ... Il reste de nombreux problèmes à comprendre et à résoudre ! ■

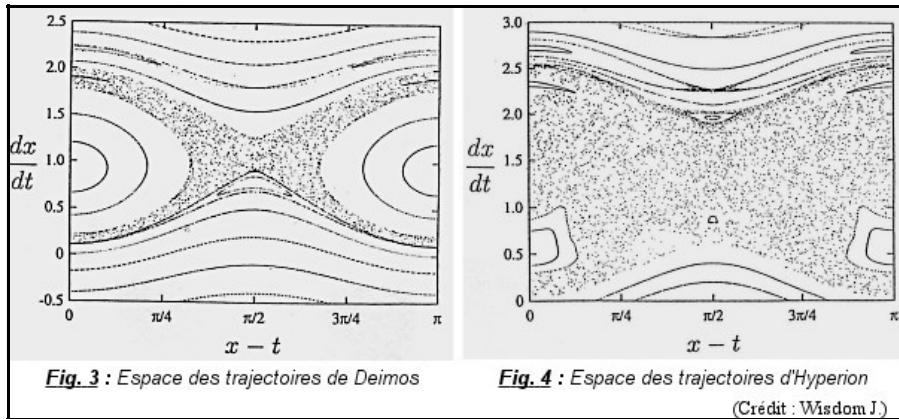
Franck Malige

Bibliographie :

Laskar J. : Large scale chaos and marginal stability in the solar system, *Celestial mechanics and Dynamical Astronomy* N°64, pages 115 à 162, 1996.

Wisdom J. : Chaotic dynamics in the solar system, *Icarus* N°72, page 241 à 275, 1987

vants comparant le comportement de Deimos, satellite de Mars ayant une rotation régulière sur lui-même (figure 3) et Hypériorion (figure 4).



Sur ces figures, on peut voir les trajectoires régulières (zones où les courbes sont jointes) et les zones chaotiques (zones de pointillés où les courbes sont désagrégées). On se rend ainsi compte que dans le cas de Deimos, les zones régulières sont très présentes et occupent quasi tout l'espace. De plus, Deimos est situé dans une zone régulière et ne la quittera plus. Pour Hypériorion, c'est le cas inverse : les trajectoires chaotiques sont majoritaires et celui-ci est piégé dans la partie chaotique de l'espace des trajectoires. En analysant cet espace des trajectoires dans sa totalité (que ce soit de façon très théorique ou comme ici, de façon visuelle et approchée, par informatique), on peut mieux se rendre compte du comportement qualitatif des trajectoires.

PRÉVISIBILITÉ DES TRAJECTOIRES

Finalement, à partir des années 70, l'informatique va être un outil essentiel dans la compréhension des phénomènes car on commence à pouvoir suivre de façon numérique les trajectoires des planètes sur de longues durées (de l'ordre du milliard d'années). Au début des années 90, des études montrent que les trajectoires de Pluton et des planètes intérieures (Mercure, Vénus, Terre et Mars) sont chaotiques. Ainsi, si on change un tout petit peu la trajectoire de la Terre (de quelques mètres), pendant une durée de l'ordre de 10 millions d'années, les changements de sa trajectoire seront très limités mais ceux-ci deviennent prépondérants vers 100 millions d'années. De façon pratique, les trajectoires des planètes ne sont prévisibles que sur une durée maximale de quelques millions d'années. De plus, la déformation des ellipses peut être telle qu'une collision Mercure – Vénus ou qu'une éjection de Mer-

SOMMAIRE

Édito	4
La mesure des distances en astronomie (2 ^{ème} partie)	6
Esquisse pour une histoire des planétariums	12
Stabilité du Système solaire	24
Actualités astronomiques	30

LA MESURE DES DISTANCES EN ASTRONOMIE

Par Philippe Malburet

Cet article fait suite à celui paru dans la précédente livraison des Cahiers Peiresc : la mesure des distances par la méthode des parallaxes. Cette méthode fait appel à des déplacements apparents très légers des objets dont on cherche à évaluer la distances : ces déplacements sont appréciés par rapport aux étoiles lointaines qui, elles, semblent fixes. Comment procéder pour mesurer, par exemple, les distances des étoiles les plus lointaines, ou encore celles des galaxies ? C'est ce que l'on se propose de présenter ici.

INTRODUCTION.

Dans ce qui va suivre le terme de « parallaxe » sera employé pour signifier « méthode d'obtention de distances » ; en effet dans cette seconde partie il ne s'agira plus de parallaxe à proprement dite (celle-ci étant désignée, pour la distinguer des méthodes présentées ici, par parallaxe « trigonométrique »). On sera amené à évoquer des parallaxes séculaires, spectrométriques, photométriques, ou encore des parallaxes dynamiques pour désigner des méthodes qui ne reposent plus sur la géométrie, mais sur des propriétés physiques.

PARALLAXES SÉCULAIRES (OU STATISTIQUES).

La parallaxe séculaire (ou encore appelée statistique) repose sur le fait que le Soleil (et les planètes qui gravitent autour de lui, donc la Terre) n'est pas fixe dans l'espace. On sait, en effet depuis 1783 (c'est Herschel qui l'a mis en évidence), que le Soleil se déplace vers un point appelé *apex* (situé dans la constellation d'Hercule), à une vitesse de 20 km.s^{-1} . Il en résulte que des étoiles situées à des distances du Soleil de même ordre de grandeur vont donner l'impression de modifier la configuration qu'elles avaient à une date donnée. Si l'on réalise des observations séparées dans le temps il sera possible de mesurer ces infimes déplacements et d'en déduire les distances des objets étudiés par des calculs trigonométriques. Cependant il convient d'ajouter que l'on sait également que toutes les étoiles ont un mouvement propre (à l'instar du Soleil) : il sera donc encore nécessaire de corriger les déplacements apparents dus au mouvement du Soleil par les mouvements propres des étoiles. Il s'agit d'une méthode plus statistique que géométrique : on détermine les parallaxes séculaires pour les étoiles appartenant à un même groupe (exemple : les amas).

remise en cause et on comprend que celles-ci sont très emmêlées. Il identifie ainsi des phénomènes de chaos sous la forme de sensibilité aux conditions initiales : si on compare deux problèmes de N corps dans lesquels on change un petit peu un des paramètres (on change un peu la position ou la vitesse initiale ou la masse d'une des planètes), ils vont avoir un comportement quasi identique pendant quelques temps puis au bout d'un moment l'écart de comportement peut exploser. Poincaré développe alors une théorie mathématique nouvelle, la topologie, qui consiste à étudier l'ensemble des trajectoires possibles d'un problème de N corps comme un espace mathématique dont on recherche des propriétés globales. Si on y arrive, on espère pouvoir aussi dire des choses sur les trajectoires qui le composent. Ainsi, avec des idées de cette sorte, des mathématiciens ont permis de démontrer des résultats de stabilité (dans le sens de limitation des effets chaotiques) pour certains systèmes de N corps (théorèmes KAM, dans les années 60). Ce champ de recherches très théorique est encore extrêmement actif. Toutefois, ces idées n'aboutiront qu'à très peu de résultats sur notre système solaire réel, les domaines d'application de ces théorèmes étant très limités.

L'APPORT DE L'INFORMATIQUE

Pour comprendre un peu mieux ces idées, on va prendre un exemple postérieur et étudié dans les années 80, grâce à l'informatique.

Hypériorion (figure 2) est un satellite de Saturne qui a une forme allongée et de très nombreux cratères le faisant ressembler à une éponge. Son comportement (enregistré par la sonde Voyager au début des années 80) est étrange : s'il suit une trajectoire régulière quasi circulaire et uniforme autour de Saturne, il a une rotation sur lui-même qui est chaotique. Tantôt, il oscille comme un pendule autour de la direction de Saturne, tantôt il tourne sur lui-même. Si on construit un modèle mathématique de sa rotation sur lui-même et qu'on suit les trajectoires par informatique, on obtient les schémas sui-

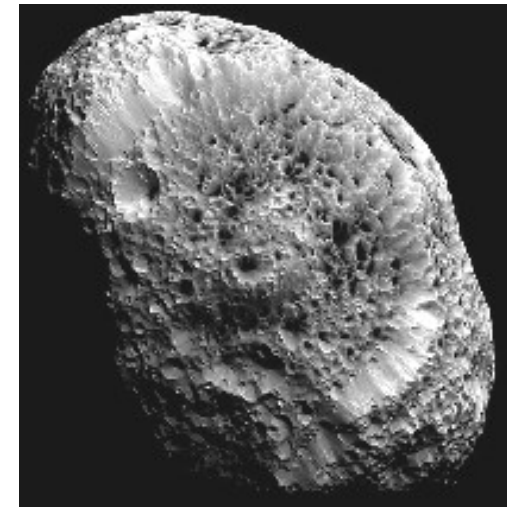


Fig. 2 : Hypériorion, satellite de Saturne
(Crédit : Cassini imaging team, SSI, JPL, ESA, NASA)

questions mathématiques et physiques théoriques, plus de 300 ans après sa formulation.

INTRODUCTION DE L'ANALYSE MATHÉMATIQUE

Les recherches au 18^{ème} et 19^{ème} siècle, vont se baser sur une théorie mathématique alors florissante : l'analyse. Cette théorie se base sur l'idée de décomposer une fonction mathématique compliquée et peu facilement calculable en une somme infinie de fonctions simples. Ainsi, pour notre problème et de façon résumée, on décompose l'attraction Newtonienne en une multitude de parties dont l'intensité est décroissante. La partie la plus importante est la partie " képlérienne ", qui correspond à l'attraction mutuelle de couples " Soleil + une planète " et redonne les trajectoires elliptiques classiques. Les parties suivantes retranscrivent les interactions gravitationnelles entre les planètes. Dans le système solaire, la partie képlérienne est beaucoup plus importante que les autres (environ 1000 fois plus intense) ce qui fait qu'à court terme elle semble la seule à agir. On dit ainsi que le problème de N corps du système solaire est un problème de Kepler perturbé par l'interaction des planètes entre elles. Les techniques de l'analyse mathématique permettent, par changements de variables successifs et adaptés, de réduire la perturbation : c'est ce que l'on appelle les méthodes classiques de la mécanique céleste. Les trajectoires qui apparaissent alors sont des ellipses qui se déforment lentement et de façon périodique sur au moins quelques siècles ou millénaires. Ces études permettent de découvrir la planète Neptune, en 1846, mais aussi de résoudre, à la fin du 18^{ème} siècle, une énigme astronomique classique, " la grande inégalité " : en comparant les observations précises des Chaldéens (228 avant notre ère), Laplace se rend compte que les trajectoires (les ellipses) de Jupiter et Saturne étaient plus proches l'une de l'autre 2000 ans avant. Si on extrapole cette variation dans le passé, les planètes devaient être au même endroit il y a 6 millions d'années. Laplace montre qu'il n'en est rien, qu'en fait ce phénomène est tout à fait explicable et est le témoin d'une variation périodique des ellipses.

NOUVELLE THÉORIE MATHÉMATIQUE : LA TOPOLOGIE

Si, dans un premier temps, les méthodes classiques de réduction de la perturbation donnent de très bons résultats à moyen terme (quelques milliers d'années), il devient évident vers la fin du 19^{ème} siècle, qu'à plus long terme (de l'ordre du million d'années) elles ne permettent pas de prédire les trajectoires. En effet, Poincaré démontre que ces méthodes, de façon générique, ne convergent pas et que si on les pousse loin, la perturbation ne décroît plus et même augmente. Ainsi, la vision simple des trajectoires est drastiquement

PARALLAXES SPECTROMÉTRIQUES.

Notion de magnitude.

La détermination des distances par la méthode photométrique repose sur l'analyse de la lumière reçue des objets observés.

Disons tout d'abord que l'éclat d'un astre est exprimé par une quantité appelée **magnitude**. Les Anciens, en particulier Hipparque au II^e siècle av. J.-C., avaient classé les étoiles en six groupes appelés « grandeurs » : les étoiles les plus brillantes étaient de 1^{ère} grandeur et les plus faibles de 6^e grandeur. On s'est aperçu que la sensibilité de l'œil humain à la lumière était logarithmique : c'est l'astronome américain Norman Pogson (1828-1891) qui, en 1856, définit la classification de l'éclat apparent des étoiles en « magnitudes » (du latin *magnitudo*, grandeur) de manière à ce qu'elle corresponde au mieux à l'ancienne classification en grandeurs. Pour cette raison l'échelle des magnitudes est une échelle inversée : les étoiles les plus brillantes peuvent être de magnitudes négatives, alors que les plus faibles sont de magnitude positives. Les astres visibles à l'œil nu sont répartis entre les magnitudes négatives (pour les plus lumineuses) jusqu'à la valeur 6 (pour les plus faibles). Par ailleurs, ajoutons que la magnitude est définie pour un objet ponctuel, dans une gamme de longueur d'onde déterminée : on parlera de magnitude bleue, ou rouge, ou jaune, ou encore de magnitude « visuelle » qui correspond au domaine de sensibilité de l'œil humain. Ainsi Sirius (l'étoile la plus brillante du ciel) a une magnitude de -1,45 et la Polaire une magnitude de 2.

Pour des objets non ponctuels (Soleil, Lune ou comète) on définira une magnitude « étendue » ; on peut ainsi dire que le Soleil a une magnitude de -26,7, la Lune de -12,7.

Magnitude et distance.

Pour autant, il est d'observation courante que l'éclat d'une bougie n'est pas le même suivant que celle-ci est proche ou au contraire éloignée de l'observateur. Pour cette raison on distingue en astronomie deux types de magnitudes : la magnitude **apparente**, qui est celle que l'on mesure directement, et la magnitude **absolue** qui est la magnitude qu'aurait tout astre s'il était situé à une distance de 10 pc¹ du Soleil.

Il existe une relation qui lie la magnitude apparente m et la magnitude absolue M :

$$m - M = 5 \log D - 5$$

où D est la distance de l'étoile exprimée en parsecs.

¹ Le **parsec** (pc) a été défini dans l'article sur la parallaxe et vaut 3,23 AL, ou encore 1206 265 Unités Astronomiques.

Connaissant m et M , on en déduit D .

La différence $m - M$ s'appelle « module de distance » de l'astre considéré.

La magnitude apparente m se mesure par l'observation, alors que M se détermine en utilisant le diagramme HR (voir ci-après). Connaissant m , on en déduit M , puis D .

Le seul problème qui existe (et il n'est pas mince) consiste à bien évaluer M . L'histoire de l'astronomie a montré qu'à plusieurs reprises, il a fallu modifier les modèles adoptés pour déterminer M , ce qui a conduit, à chaque fois, à corriger les valeurs de distance antérieurement admises.

Le diagramme Hertzsprung-Russel.

Deux astrophysiciens, l'un danois Ejnar Hertzsprung (1873-1967) et l'autre américain Henry Norris Russel (1877-1957), indépendamment l'un de l'autre, eurent l'idée de classer les étoiles suivant deux critères : d'une part leur type spectral (on pourrait dire, leur couleur) d'autre part leur luminosité. Ils placèrent en abscisse le type spectral, et en ordonnée la luminosité. Ils constatèrent que la répartition des points (chacun représentant une étoile) ne se faisait pas au hasard. Le diagramme ainsi obtenu porte le nom de diagramme de Hertzsprung-Russel (ou HR).

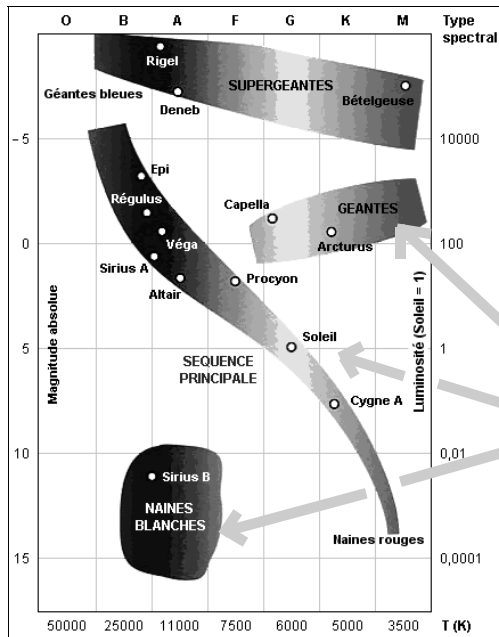


Fig. 1 - Diagramme de Hertzsprung-Russel.

On note que la distribution des étoiles ne se fait pas au hasard. On distingue ainsi plusieurs régions :

- Le groupe des géantes et supergéantes,
- La séquence principale,
- Le groupe des naines blanches.

De gauche à droite, on trouve les étoiles de plus en plus froides ; de bas en haut, les étoiles de plus en plus brillantes.

Les observations ultérieures vont petit à petit contredire ce modèle et, si la stabilité n'est a priori pas remise en cause, le mouvement des planètes devient de moins en moins clair à mesure que les observations du ciel se raffinent. Ces études aboutissent, à la fin de l'antiquité, au système de Ptolémée (les planètes suivent des orbites compliquées, compositions d'une multitude de mouvements circulaires figés). Il faut attendre le début du 17^{ème} siècle pour que cette vision et le modèle peu simple qui va avec, laisse la place à ceux de Kepler où les planètes, dont la Terre, tournent autour du Soleil en suivant des ellipses. C'est la vision globale actuelle du système solaire à la différence radicale que c'est une vision figée et stable et que très peu d'explications physiques sont fournies sur ce qui fait bouger les planètes de cette manière.

LE PROBLÈME DES N CORPS

A peine cinquante ans plus tard, Newton va radicalement remettre en question cette stabilité. En effet, en proposant sa loi de gravitation universelle, il donne un nouveau socle mathématique au mouvement des astres. Le mouvement de ceux-ci est la solution d'une équation différentielle simple à exprimer : celle-ci indique comment les planètes vont se déplacer à court terme, sous l'effet de quelles forces. Or, si Newton constate que pour deux astres (par exemple le Soleil et une planète), cette équation peut se résoudre (ce n'est pas toutefois très évident) et redonne exactement les trajectoires décrites par Kepler, il ne trouve pas de solution dès que l'on envisage le cas de trois astres ou plus. C'est la naissance de ce que l'on appelle le " problème des N corps " : quelles sont les trajectoires de N masses ponctuelles soumises uniquement à la force de gravitation ? La réponse n'est pas du tout évidente. Ainsi, dans le cas du système solaire, si les trajectoires des planètes semblent rester stables sur quelques années ou dizaines d'années et suivent à peu près des ellipses, il se peut que celles-ci, après une période plus longue, se déforment et que les trajectoires changent alors de façon radicale. Newton lui-même semble penser que le système solaire peut changer petit à petit de manière à ce que les planètes dérivent et en viennent à être éjectées ou alors à rentrer en collision : il pense que Dieu doit revenir de temps en temps remettre les planètes en ordre. Durant les décennies et siècles qui suivirent, à travers toute une série d'observations et d'études théoriques (phénomènes de marées, forme de la terre -en mandarine-, découverte de Neptune), les lois de Newton sont confirmées et identifiées comme responsables du comportement à grande échelle des structures du système solaire. Ainsi, le problème des N corps devient central pour l'étude de l'histoire et de la stabilité de notre système solaire. Petit à petit, va émerger l'idée que ce problème est très compliqué. On peut s'en faire une idée en sachant qu'il est encore au centre de

STABILITÉ DU SYSTÈME SOLAIRE

Conférence faite par Franck MALIGE

Professeur agrégé de Mathématiques

La question de la stabilité des objets du ciel est fondamentale et très ancienne. Fondamentale parce que, dès qu'une structure est identifiée (planète, anneaux, système planétaire, nébuleuse, galaxie, amas, etc.) et que les lois physiques donnant son évolution sont connues (même partiellement), se pose la question de son devenir, de sa capacité à conserver la même forme, et, comme une question miroir (et bien sûr reliée), de son âge, de son passé, de sa formation.

Toutes ces questions sont extrêmement présentes à l'heure actuelle en astronomie. Nous allons, dans cet article, voir comment la question plus précise de la stabilité du système solaire a évolué, a trouvé certaines réponses, et a permis de mieux comprendre de nombreux phénomènes astronomiques.

PREMIÈRES OBSERVATIONS

Dès les premières observations connues (Mésopotamie, deuxième millénaire avant notre ère), les êtres humains reconnaissent que certaines "étoiles" du ciel bougent par rapport aux autres qui, elles, semblent fixes entre elles et s'organisent en constellations. Ces astres particuliers sont appelés planètes (mot qui vient de "vagabond" en grec). De plus, ces planètes (qui incluent à l'époque le Soleil) décrivent, en première approximation, un mouvement circulaire, toutes dans le même sens et sur la même ligne. Cette vision donnera, dans l'antiquité grecque, le système géocentrique, représentation du système solaire où les planètes tournent autour de la Terre de façon circulaire et dans un même plan et où la stabilité est érigée en postulat.

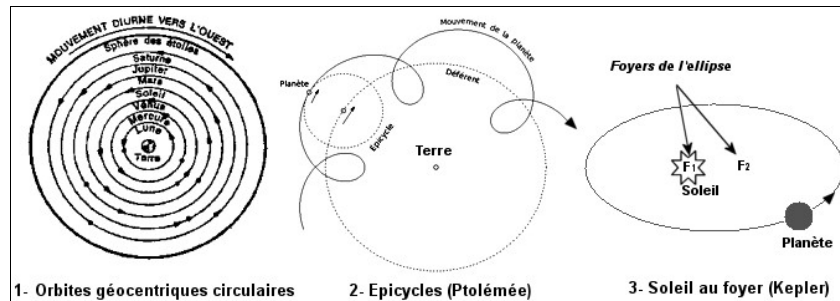


Fig 1 : Représentation du système Solaire de l'Antiquité à Kepler.

La très grande majorité des étoiles se place le long d'une bande étroite occupant une diagonale : c'est la séquence principale, dans laquelle se trouvent des étoiles comme : le Soleil, Procyon, Altaïr, Sirius A, Véga, Régulus.

Puis l'on trouve dans la partie supérieure, le groupe des géantes (Arcturus, Capella) et des supergéantes (Antarès, Bételgeuse, Dénéb, Rigel). Enfin, dans la partie inférieure on remarque le groupe des naines blanches (Sirius B).

Ce diagramme est l'un des outils fondamentaux de l'astrophysique.

Selon cette méthode de détermination des distances, on place une étoile dans le diagramme HR d'après ses caractéristiques physiques connues (classe spectrale) on en déduit sa luminosité, d'où sa distance.

PARALLAXES PHOTOMÉTRIQUES.

Les Céphéides.

Depuis longtemps les astronomes avaient remarqué que certaines étoiles n'avaient pas un éclat constant : celui-ci pouvait présenter des variations subites et non prévisibles (cas des novae ou des supernovae), mais on rencontre également des étoiles dont l'éclat suit une variation régulière dans le temps. On parle alors d'étoiles variables.

Des étoiles variables d'un type bien particulier, les *Céphéides* (du nom de l'étoile δ Céphée qui a été la première étudiée), vont jouer un rôle prépondérant dans la détermination des distances des galaxies. Une céphéide est une étoile variable géante dont le stade de vie est plus avancé que celui du Soleil (l'hélium se transforme en carbone) et dont l'éclat varie selon une période bien définie présentée dans le schéma suivant (fig.2).

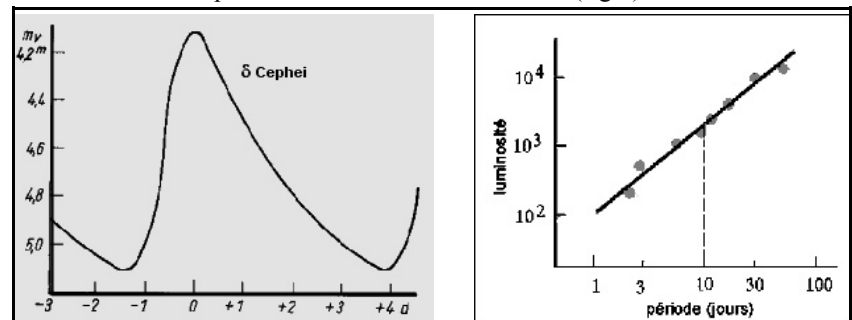


Fig. 2 (à gauche) : Courbe de lumière de δ Céphée

L'éclat apparent de cette étoile varie, de manière régulière, en fonction du temps.

Fig. 3 (à droite) : Relation période-luminosité des céphéides, découverte par Henrietta Leavitt. On constate que la période est reliée à la luminosité moyenne par une relation linéaire. Ainsi, si l'on mesure une période de 10 jours, la luminosité intrinsèque de l'étoile sera légèrement supérieure à 10^3 .

Une astronome américaine, Henrietta Leavitt (1868-1921) remarqua que l'éclat apparent des céphéides situées dans le Petit Nuage de Magellan qu'elle étudiait, était lié à la période suivant laquelle l'étoile pulsait : plus la période était grande et plus la luminosité de l'étoile était forte (fig. 3). Elle venait de découvrir une loi, appelée « relation période-luminosité ». En toute rigueur, cette loi aurait dû porter son nom, mais au début du XX^e siècle, il n'était pas coutumier qu'une femme découvrit un résultat important, aussi son nom fut-il oublié au moment où cette loi devint prépondérante dans l'évaluation des distances galactiques.

Céphéides et distances.

H. Leavitt pensa que l'éclat apparent des céphéides observées était un bon indicateur de distance. Mais, pour que cela fût vrai, encore fallait-il que l'on connaisse des céphéides proches du Soleil et dont la distance était parfaitement déterminée, ce qui n'était pas le cas.

Supposons que l'on observe deux céphéides de même période, l'une située dans la Galaxie, la seconde dans une autre galaxie. La différence d'éclat entre ces deux céphéides ne dépendra que de la différence de distance, puisque, selon la loi découverte par Henrietta Leavitt, elles ont la même magnitude absolue. Il suffit alors de connaître la distance de la céphéide de notre galaxie pour en déduire celle située dans la galaxie lointaine, et donc la distance de celle-ci. Le dernier problème qui se présentait était celui de l'étalement de la courbe d'Henrietta Leavitt. Cela fut fait grâce à l'astronome américain Harlow Shapley (1885-1972). Il utilisa la méthode des parallaxes statistiques pour déterminer la distance d'une céphéide située dans notre Galaxie et put ainsi calibrer la courbe période-luminosité.

Désormais la découverte de céphéides dans une galaxie permet d'en déduire la distance à nous. Cette méthode porte le nom de « parallaxe photométrique ».

PARALLAXES DYNAMIQUES.

La méthode des parallaxes dynamiques s'utilise pour les systèmes d'étoiles doubles dont les paramètres orbitaux sont connus.

A partir de la période de révolution P du couple et du demi grand axe apparent A de leur orbite – corrigé des effets de perspective dans le cas où le plan de l'orbite n'est pas perpendiculaire à la ligne de visée –, on peut utiliser la troisième loi de Kepler pour calculer la distance d du couple, exprimée en parsecs, à l'aide de la formule suivante :

$$d = \frac{(M_1 + M_2)^{1/3} P^{2/3}}{A}$$

où A est exprimé en secondes d'arc, M_1 et M_2 en masses solaires et P en an-

jecteur opto-mécanique. Lorsque cette qualité sera atteinte, les deux systèmes pourront fusionner pour le plus grand plaisir des spectateurs.

LES MODÈLES AMATEURS

Ce qui précède serait incomplet si l'on n'évoquait les nombreux modèles construits par des amateurs, mais la liste serait trop longue et incomplète pour pouvoir la détailler ici. Un véritable engouement s'est emparé de certains bricoleurs de génie et l'on vit fleurir en de nombreux endroits des planétariums aux qualités certaines : aussi bien le projecteur lui-même que bien des coupoles (mobiles ou fixes, souvent installées dans des bâtiments de fortune) pouvaient rivaliser avec les productions industrielles. La tendance à l'informatisation des moyens n'a pas restreint le champ d'action des bricoleurs : nombreux sont les logiciels qui de nos jours permettent aux structures les plus modestes d'accéder au plaisir de montrer le ciel.

La boucle est ainsi fermée : depuis Archimède qui a construit son planétarium jusqu'à tel amateur éclairé et génial qui construit, lui aussi son propre planétarium, en passant par les institutionnels qui ont conçu de véritables machines ultra perfectionnées. Le but recherché, montrer aux autres ce que l'on sait en utilisant les acquis de la science et de la technologie, est resté le même : faire du Planétarium un lieu de culture scientifique par excellence. ■

Philippe Malburet

Bibliographie sommaire

- Voyage en Pologne, Russie, Suède, Danemark, etc, par William Coxe, Genève, 1786
- Revue l'Astronomie, bulletin de la SAF, juillet 1929
- Henri MICHEL, *propos sur le Planétarium*, 1952 (Smithsonian/NASA Astrophysics Data System)
- Henri MICHEL, *les ancêtres du Planétarium*, 1955 (Smithsonian/NASA Astrophysics Data System)
- La Revue d'Iéna, 1984 septembre, Jenoptik editor
- La Revue d'Iéna, 1986/3, Jenoptik editor
- La Revue d'Iéna, 1988/2, Jenoptik editor
- Revue du Palais de la Découverte, numéro spécial 37, *le Planétarium*, juin 1990
- Revue l'Astronomie, bulletin de la SAF, avril 1995
- Revue du Palais de la Découverte, numéro spécial 49, *le Planétarium*, juillet 1997

Crédits photographiques

- Fig 1, 2, 3, 4, 12, 15, 17 : XDR
- Fig. 5 : Museum of Anthropology and Ethnography, St Petersburg
- Fig. 6 : Kwasiak
- Fig. 7 : Eisinga Planetarium
- Fig. 8, 9, 11 : Zeiss
- Fig. 10 : RSA Cosmos
- Fig. 14 : Andreas Schnoll
- Fig. 16 : UCLA

- La firme américaine Evans & Sutherland, du nom de ses deux créateurs, mit sur le marché en 1983 le premier planétarium numérique (Digistar), qui avait été ébauché dès 1980 à Sault Lake City. Le premier planétarium équipé par le Digistar 1 fut celui de Richmond (EU).
- La firme américaine Sky-Skan proposa également des modèles numériques (DigitalSky). Le premier planétarium équipé par cette firme fut le Christa McAuliffe Planetarium, à Concord (EU), en 1990.
- La firme française RSA Cosmos, partant d'un appareil opto-mécanique (SN 88), se lança aussi dans la production d'appareils numériques (InSpace System).



Fig. 17 : Le Digistar

Les planétariums numériques

Un planétarium numérique n'est, ni plus ni moins, qu'un puissant calculateur, dont le moniteur traditionnel est remplacé par une optique genre fish-eye permettant de projeter l'image produite sur toute la surface de la voûte.

Les dernières versions remplacent l'optique unique par un nombre variable de vidéo projecteurs tritubes répartis à la périphérie de la salle.

L'un des avantages majeurs, outre les déplacements dans le Système solaire, est dû à l'absence d'un projecteur central masquant pour une partie du public une portion plus ou moins grande du ciel.

L'un des inconvénients encore non maîtrisés est l'aspect des étoiles qui ne sont pas ponctuelles, mais des taches plus ou moins pixellisées suivant la magnitude recherchée.

Désormais, les constructeurs de planétariums numériques vont proposer, outre un système informatique et le projecteur associé, tout un ensemble de prestations, notamment des spectacles adaptés à leur environnement. La distinction entre ces modèles réside essentiellement dans les plateformes informatiques proposées (notamment leur stabilité) et dans celle de leurs interfaces ainsi que dans la richesse des bases de données disponibles.

À l'heure actuelle, une véritable lutte de domination du marché des grandes structures se déroule entre des géants de l'informatique et les constructeurs d'appareils plus classiques. Le choix se fera en prenant en compte l'un des deux aspects actuellement inconciliables : ou l'on privilégie la qualité du ciel projeté et l'on se tournera plus volontiers vers les appareils opto-mécaniques, ou bien on sera plus sensible aux possibilités liées à la technologie informatique et ce sera un projecteur numérique qui sera retenu.

Il faudra certainement attendre encore de nombreuses années avant que la technologie numérique arrive à la qualité d'un ciel projeté par un pro-

nées terrestres.

En fait seuls P et A sont mesurables directement ; la détermination de M_1 et M_2 sera faite en utilisant d'autres méthodes (par exemple la loi masse-luminosité).

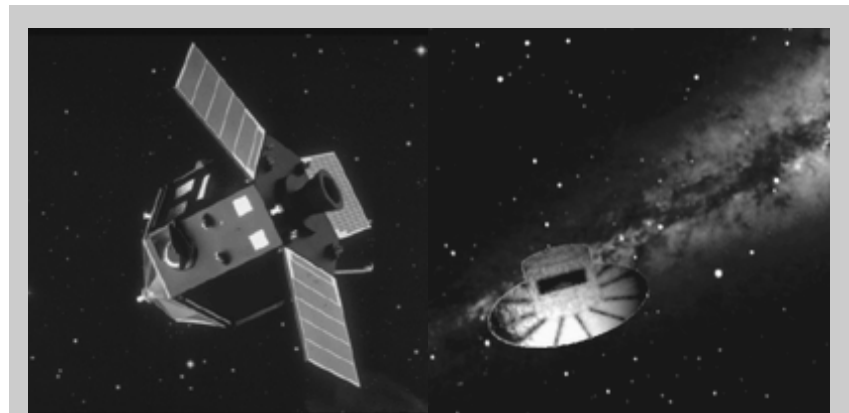
CONCLUSION.

On le voit, seule la méthode des parallaxes « trigonométriques » permet d'avoir une valeur directe correcte des distances en astronomie.

Les dernières mesures de parallaxes trigonométriques ont été faites par le satellite européen Hipparcos (pour HIGH Precision PARallax COLlecting Satellite) qui, entre novembre 1989 et mars 1993, a mesuré avec une précision encore jamais atteinte (inférieure à $0,002''$), les distances de 118 218 étoiles. Des mesures encore plus précises sont en projet (voir encadré).

Les autres méthodes (parallaxes spectrométriques, photométriques, ou dynamiques) sont des méthodes complémentaires, reposant sur plusieurs techniques astrophysiques. On comprend que des progrès réalisés dans telle ou telle technique déterminent des révisions importantes dans l'échelle des distances connues, ce qui s'est produit à plusieurs reprises. ■

Philippe Malburet



Vues d'artiste des satellites Hipparcos (lancé en 1989) et Gaïa (objectif 2011)

L'astrométrie par la méthode « trigonométrique » a encore de beaux jours : basée sur le concept d'Hipparcos qui a fait ses preuves, mais avec une résolution de 7 milliardièmes de seconde d'arc (μas), la mission Gaïa permettra de déterminer la distance de 20 millions d'étoiles avec une précision en distance meilleure que 1%.

Par des moyens photométriques et spectrométriques, Gaïa mesurera avec précision les magnitudes et les distances des étoiles variables Céphéïdes et RR Lyrae, permettant ainsi de recalibrer l'échelle des distances dans l'univers. [Source ESA]

ESQUISSE POUR UNE HISTOIRE DES PLANÉTARIUMS

Par Philippe Malburet

En français, le mot planétarium est ambivalent : tantôt il désigne l'instrument, tantôt il signifie le lieu où cet appareil fonctionne. Nous présentons ici une approche historique de cet outil merveilleux qui nous occupe tous au sein de l'APAP et de l'APLF. Cet essai n'a aucune prétention historique : il se propose de tracer à grands traits l'évolution des planétariums au travers des expériences diverses et de l'évolution des technologies. Une chose, cependant : un planétarium a toujours eu pour ambition d'expliquer ce que l'on voit, de le replacer dans un contexte scientifique et historique. Comprendre et expliquer : ce sont les caractéristiques de ce qui fait la Culture scientifique.

INTRODUCTION

Il semble que les hommes ont depuis longtemps tenté de représenter les phénomènes qui se déroulent avec une permanence déroutante au-dessus de leurs têtes. Comment mieux arriver à les comprendre que d'essayer de les modéliser avec des maquettes plus ou moins sophistiquées ?

Depuis l'Antiquité, diverses tentatives de modélisation ont été entreprises, souvent même avec des dispositifs mécaniques ; pour les plus anciens modèles il ne nous reste que quelques descriptions par des auteurs qui n'ont pas toujours été contemporains de ces appareils. Peut-on se représenter aujourd'hui ce qu'ils ont pu être ?

Dans le mot " planétarium " figure *planète*. La question qui se posait a toujours été précisément celle des planètes, ces mystérieux astres erratiques que l'on a eu bien du mal à modéliser : comment arriver à comprendre les rétrogradations de Mars, les boucles effectuées par les planètes à rebours des étoiles dont le mouvement semble plus mécanique. Les premiers " planétariums " n'ont-ils pas été ces mécanismes plus ou moins subtils qui simulaient les mouvements des planètes ? Les étoiles n'étaient souvent pas présentes : elles ne présentaient pas de parcours mystérieux, elles n'étaient que des points lumineux qui ne délivraient semble-t-il aucune information digne d'être représentée.

D'emblée se pose un premier problème : doit-on représenter le ciel vu de l'intérieur, ou de l'extérieur ? Si on le représente de l'intérieur, comment simuler ce que l'on voit dans le vrai ciel : comment créer des étoiles ? comment faire se déplacer les autres astres : la Lune, le Soleil, les planètes ? Si, au contraire, on choisit une représentation de l'extérieur, la représentation est

les étoiles ; la magnitude des étoiles est simulée par des sténopés de différents diamètres. En ce qui concerne les planètes, celles-ci sont produites par de petites pièces mobiles manuellement et puisant, à l'aide de miroirs, la lumière utilisée pour les étoiles (cf. Fig. 10 page 17 et Fig. 14 ci-contre).



Fig. 14 : Modèle Goto EX3

LES NOUVELLES GÉNÉRATIONS

Le type de projecteur construit par Zeiss, puis reproduit plus ou moins fidèlement par d'autres constructeurs,

tant américains (Spitz) que japonais (Goto, Konica-Minolta) étaient tous de conception identique : il s'agissait de projecteurs opto-mécaniques dont certains s'inspiraient fort des modèles de Zeiss. Citons à ce propos, le modèle A1 produit par l'ingénieur américain Spitz qui avait la particularité de disposer d'un projecteur d'étoiles dodécaédrique, et non sphérique.

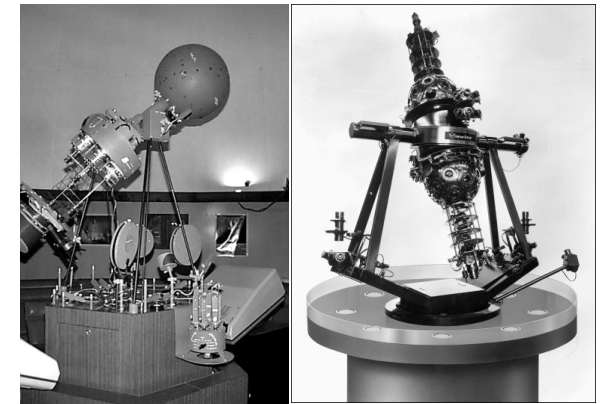


Fig. 15-16 : Modèles de deuxième génération, le Spitz 512 (USA) et le Goto GX10 (Japon). Voir aussi, Fig.12 page 17, le modèle japonais Minolta-Konika MS8.

L'avènement de l'informatique et des technologies qui lui sont liées va déterminer dans le monde des planétariums, ce que l'on peut qualifier de seconde révolution. Désormais (depuis les années 1980) de nouveaux constructeurs vont apparaître, qui proposent des appareils de conception entièrement différente.

Cette nouvelle génération de planétariums repose sur des systèmes informatiques couplés avec des vidéo projecteurs de nature et de conception très diverses. Les possibilités de l'informatique vont désormais prendre le pas sur la qualité du ciel projeté : on va chercher à utiliser la puissance des calculateurs pour simuler des situations telles que des déplacements à l'intérieur du système solaire ou même de la Voie lactée. On citera essentiellement :

installation comportait une coupole de 22,5 m de diamètre qui contenait 370 sièges. Le projecteur était un Zeiss. Il fallut ensuite attendre l'année 1952 pour que ce Planétarium ouvre à nouveau ses portes au public, dans un lieu définitif et mythique : le Palais de la découverte.

L'inauguration du planétarium

Le président de la République² a assisté ce matin, avec un plaisir non dissimulé, sous la voûte céleste artificielle montée dans la rotonde du Palais de la découverte, à une démonstration du planétaire dont le Musée scientifique de l'université de Paris vient d'enrichir ses collections à l'occasion du quinzième anniversaire de sa fondation. C'est le 27 mai 1937, dans le cadre de l'Exposition internationale, que fut inauguré le Palais de la découverte, fruit du travail désintéressé de nombreux savants sous la puissante impulsion de Jean Perrin. Depuis la Libération, son directeur, M. André Lèveillé, utilise de son

mieux les possibilités en organisant des expositions temporaires consacrées à l'œuvre de savants français ou étrangers. Chaque année, des dizaines de milliers de jeunes gens y trouvent un précieux encouragement à l'étude des sciences et le moyen de les comprendre plus parfaitement. Sous la vaste calotte hémisphérique du planétaire, trois cent cinquante visiteurs à la fois pourront désormais, moyennant la somme de 100 francs, assister d'un fauteuil confortable au spectacle du ciel, d'un ciel artificiel certes, mais toujours idéalement pur, dont les 9 000 étoiles ne sont jamais masquées.

Le Monde, 28 juin 1952

LES PLANÉTIUMS MOBILES

Le lancement du premier satellite (Spoutnik 1, en 1957) créa un véritable engouement pour tout ce qui touchait à l'astronomie : des écoles, des musées, des villes voulurent disposer d'un planétaire. Devant le prix et la difficulté à créer une installation de belle taille, une nouvelle dynamique se

Le Starlab

Il fut, en 1977, le premier projecteur de petites dimensions.

Imaginé et construit pour ses élèves par Philip Sadler à Lincoln dans le Massachusetts (EU), ce petit simulateur a la forme d'un cylindre. Les planètes s'obtiennent par de petites optiques que l'on déplace manuellement sur la ligne écliptique, en fonction de leurs positions réelles.

mit en place avec le développement des petits planétariums mobiles. Le dôme devint mobile et gonflable : il suffisait d'un coffre de voiture pour le transporter et une salle de classe non obscure permettait de l'installer. Le projecteur se simplifia à l'extrême : plus d'optique, ou alors exceptionnellement, le projecteur devait, lui aussi devenir transportable. C'est le constructeur japonais Goto (au début des années 1970), suivi par l'américain Starlab (1977), puis par le français RSA Cosmos qui permirent le développement sur une grande échelle de cette nouvelle génération de planétariums.

Ces petits projecteurs disposent généralement d'une sphère projetant

plus délicate : nécessairement les figures célestes ne seront pas reconnaissables, sauf à imaginer que telle constellation bien connue n'a plus la même forme, mais surtout que les directions sont inversées. En anglais on distingue généralement entre deux termes : *orrery* et *planetarium* : le premier (dont le nom est une allusion à Charles Boyle, 4^e comte d'Orrery en Irlande, qui fit réaliser un tel appareil par John Rowley en 1716), est une représentation du ciel vu de l'extérieur et centrée sur le Soleil, alors que le second correspond à notre conception d'un système vu de l'intérieur, centré sur la Terre. En français, ces modélisations portaient plus volontiers le nom de "planétaires".

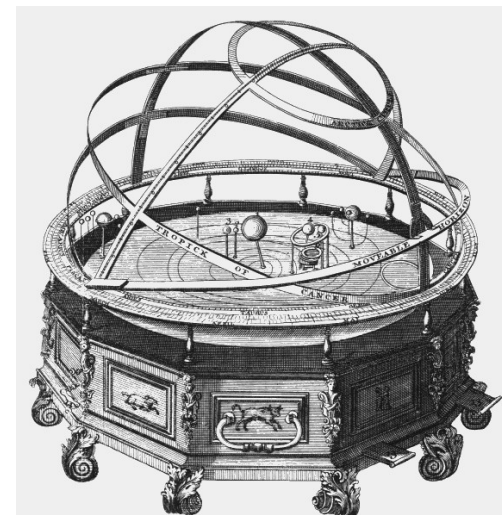


Fig. 1 : Orrery construit par George Graham en 1704

Nous nous proposons dans ce qui suit de présenter un certain nombre de réalisations qui peuvent apparaître comme autant d'ancêtres à nos planétariums modernes. Ainsi qu'on le verra, il s'agissait plus de planétaires, c'est-à-dire d'appareils qui reproduisent la ronde des planètes autour du Soleil que de planétariums. Nous garderons cependant le terme de planétaire, qui correspond à une véritable tradition.

LE PLANÉTIUM D'ARCHIMÈDE

Il semble que l'un des premiers planétariums dont on ait gardé le souvenir a été construit par Archimède (287 – 212 av. JC). Sans doute lui-même fils d'un astronome, Archimède s'est intéressé à tout ce que nous appelons science aujourd'hui. Mais on ne sait, en réalité, que fort peu de choses sur le planétaire d'Archimède : nous devons nous contenter de ce qu'en affirme Cicéron qui a pu voir cet appareil ramené à Rome par Marcellus après la conquête de Syracuse (212 av. JC). Pourtant ce qu'en dit Cicéron est peu susceptible de nous renseigner véritablement : il ne décrit pas les mécanismes (s'il y en avait !) qui le faisaient se mouvoir. La seule indication que nous en ayons provient d'Ovide (43 av. JC – 17 ap. JC) qui affirme que le mouvement des planètes était produit par un mécanisme à eau. Il s'agissait vraisemblablement d'une sphère sur laquelle étaient représentées les étoiles,

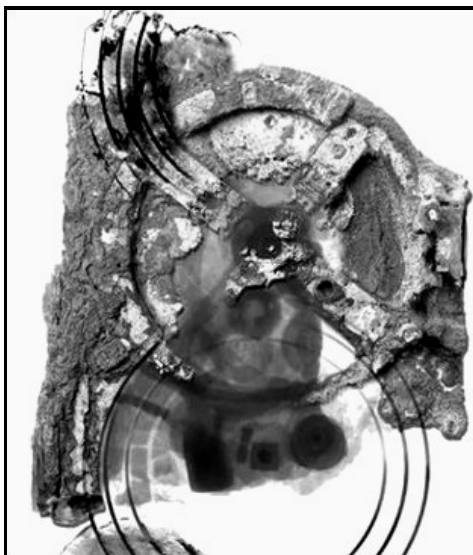
² Vincent Auriol

amenée par Marcellus et conservée par lui. On pense que cet appareil était probablement muni d'une mécanique montrant les mouvements du Soleil, de la Lune et des planètes vus depuis la Terre. Les descriptions qui nous sont parvenues sont cependant contradictoires : Cicéron parle d'une pièce en bronze, alors que Claudien (Ve siècle ap. JC) évoque une sphère de verre.

« Dans la citadelle de Syracuse, il est un globe suspendu au milieu d'un air sans issue : image en petit de l'immense univers. On y voit la terre aussi éloignée des parties inférieures que des parties supérieures ; c'est sa forme ronde qui la fixe dans cette position. »

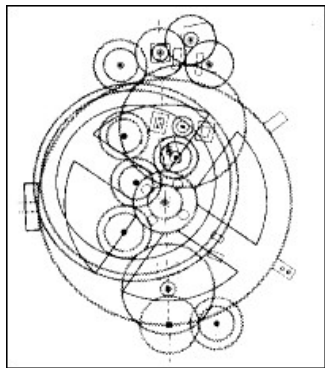
Ovide, extrait des Fastes (livre VI)

La question peut se poser de savoir si ce fameux planétarium d'Archimède était ou non apparenté à l'artefact archéologique d'Anticythère (encore appelé mécanisme d'Anticythère) datant du 1^{er} siècle av. JC, qui a été découvert en avril 1900 et est conservé au Musée National Archéologique d'Athènes. Plusieurs tentatives ont été faites (et encore tout récemment) pour comprendre l'usage et le fonctionnement de cette énigmatique machine comportant des engrenages, sans que le mystère ait jusqu'à présent été réellement éclairci.



◀ **Fig. 2 :** Mécanisme d'Anticythère : pièces retrouvées.

▼ **Fig. 3 :** Mécanisme d'Anticythère : tentative d'explication des engrenages.



Le planétarium d'Archimède ne fut certainement pas le seul parmi les premières tentatives faites pour représenter le ciel : des copies de l'original ont été réalisées par la suite (sans doute la machine planétaire de Néron à la

des arguments avancé par l'ingénieur Fritz PFAU était que « le silence est l'une des premières exigences à satisfaire si l'on veut recréer également dans le planétarium le silence majestueux de la nature.¹ »

Il fut décidé de réunir dans le même appareil deux types de projecteurs : les projecteurs d'étoiles (le ciel avait été divisé en 32 champs) et les projecteurs des planètes, du Soleil et de la Lune. La Voie lactée était également représentée par onze projecteurs spécifiques. Un prototype de ce projecteur fut présenté au public sur le toit du Deutsches Museum, en 1923.

On le voit, la recherche d'une qualité de ciel toujours plus grande fut l'un des moteurs essentiels des perfectionnements successifs des planétariums que l'on qualifie de nos jours d'opto-mécaniques. Au cours de la seconde guerre mondiale, les ingénieurs de la firme Zeiss, de

Planétariums opto-mécaniques

Les étoiles, mais surtout les planètes, sont produites par des systèmes optiques pourvus de " paupières " qui permettent l'arrêt de la lumière lorsque l'astre considéré passe au-dessous de l'horizon. Des moteurs simulent les mouvements diurne et annuel, ce dernier étant complété par des engrenages fort complexes dans le but de recréer le déplacement apparent des planètes parmi les constellations, au fur et à mesure que le Soleil progresse le long de l'écliptique.

peur que leurs brevets et plans ne tombent entre les mains de gens peu scrupuleux, enterrèrent ces précieux documents dans un terrain jouxtant l'usine d'Iéna : ainsi, après la victoire de 1945, ils purent reprendre la production de leurs projecteurs et devenir, par la suite et pendant quelques années, les leaders mondiaux en la matière.

LE PREMIER PLANÉTARIUM FRANÇAIS

Il a été édifié dans le cadre de l'exposition universelle de 1937 à Paris, sur le cours Albert 1^{er}, entre les ponts des Invalides et de l'Alma. À la fermeture de l'exposition, le 11 novembre 1937, il fut démonté et entreposé dans les sous-sols du Conservatoire National des Arts et Métiers. Cette première

¹ Citation extraite de la Revue d'Iéna, 1963/3

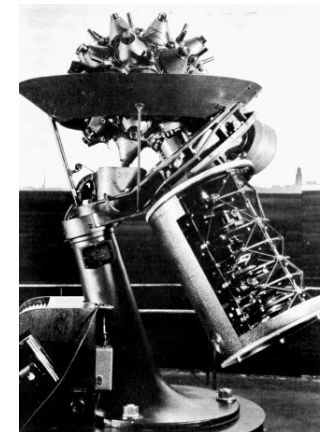


Fig. 8 : Protoplanétarium 1923

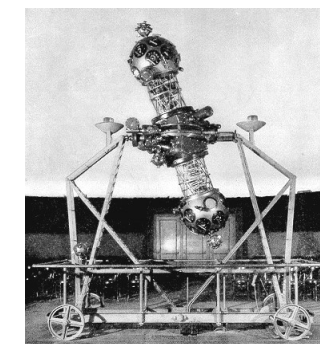


Fig. 9 : Zeiss universel 1926

Une copie du globe de Gottorp, mais de 18 pieds de diamètre et pouvant contenir 30 personnes, fut réalisée en Grande Bretagne pour l'Université de Cambridge.

Une version plus moderne du globe de Gottorp fut construite entre 1912 et 1913 aux États-Unis, à Chicago (musée de l'Académie des Sciences) : il s'agit du globe céleste d'Atwood (cf. **fig. 6** page 16). Cette sphère, à l'intérieur de laquelle on pouvait pénétrer, était mue par un moteur électrique. L'axe de rotation était incliné de 42° (latitude de Chicago). Environ sept cents trous étaient percés dans la sphère, par où pénétrait la lumière, reconstituant ainsi la voûte étoilée. Le long de l'écliptique, une série d'autres petites perforations pouvaient être obturées ou libérées, simulant ainsi les positions de Vénus, Mars, Jupiter et Saturne. Le Soleil et la Lune étaient également représentés par des lampes (celle de la Lune était munie de disques pour simuler les phases).

LE PLANÉTAIRE D'EISINGA

Quelques années plus tard (en 1780), Eise EISINGA (1744 – 1781), cardeur de Franeker (dans les îles de la Frise, aux Pays-Bas), construisit au plafond de l'une des pièces de sa maison un grand planétaire animé (cf. **fig. 7** page 17). C'est parce qu'en mai 1774, se produisit une conjonction de planètes (Mercure, Vénus, Mars, et Jupiter) qui inquiéta le public, que Eisinga, convaincu que cette crainte était infondée, décida de construire, chez lui, un planétaire qui lui permit de prouver que cette peur, déclenchée par un opuscule prédisant la déstabilisation de la Terre à cette occasion, était totalement fausse.

LE PLANÉTAIRE MODERNE

Dès 1913, à l'initiative du professeur Max WOLF, ancien directeur de l'observatoire de Heidelberg, et de Oskar von MILLER, fondateur du Deutsches Museum à Munich, une réflexion fut entreprise pour trouver le meilleur procédé de représentation artificielle du ciel. Une première question de conception générale s'est posée : fallait-il construire un planétaire copernicien (la sphère des étoiles devaient être animée d'un mouvement de rotation), ou un planétaire ptolémaïque (la sphère était immobile, en conséquence il devait y avoir en son centre un projecteur mobile) ?

Deux planétaires furent construits pour le Deutsches Museum de Munich : l'un, copernicien, fut réalisé sous la conduite de Franz MEYER, l'autre ptolémaïque fut confié à Walter Wilhelm Johannes BAUERSFELD (1879-1959). Ce sera finalement, après bien des hésitations, la solution du planétaire ptolémaïque géocentrique qui fut retenue par l'usine Zeiss. L'un

Maison Dorée en était-elle une). Puis les Arabes construisirent des mécanismes s'inspirant aussi de la machine d'Archimède : vers la fin du Moyen Age un planétaire arabe aurait été transporté à Dresde.

Pendant les informations décrivant ces appareils sont très réduites et il est difficile de se faire une idée exacte des outils dont on disposait pour modéliser les phénomènes astronomiques. De toutes manières, ces " ancêtres " de nos planétaires modernes n'avaient que très peu à voir avec les installations actuelles : à aucun moment il n'était question qu'un public pénètre à l'intérieur. Ces modèles étaient faits pour être contemplés de l'extérieur.

D'autres modèles ont vraisemblablement existé : c'est ainsi que certains auteurs ont parlé du globe céleste de Ptolémée (150), dont on n'a jamais retrouvé aucun élément. Plus tard, en 1584, ce fut le célèbre Tycho Brahé (1546 – 1601) qui construisit un globe céleste en bois et en cuivre, lequel fut détruit par un incendie en 1728.

LE GLOBE DE GOTTORP

Vers le milieu de XVII^e siècle (en 1654) l'allemand Andreas BUSCH en collaboration avec le hollandais Adam OLEARIUS construisit un globe de 4 m de diamètre, à l'intérieur duquel il était possible de pénétrer. Cet appareil, que l'on peut véritablement considérer comme l'ancêtre de nos planétaires modernes, fut présenté au tsar Pierre le Grand en 1713.

Ce célèbre globe comportait deux faces : sur la face externe était représentée une mappemonde. La face interne portait une reproduction du ciel étoilé : les planètes n'étaient pas reproduites ; des dispositifs particuliers permettaient d'indiquer approximativement leur position. Détruit en 1747, ce globe fut reconstitué entre 1748 et 1752 (cf. **Fig. 5** page 16).



Fig. 4 : Représentation du globe de Gottorp (Gravure ancienne)

« Avant que de terminer cet article, je dois parler de la sphère céleste, connue sous le nom de globe de Gottorp, qui est à présent dans un bâtiment séparé, afin de la garantir du feu. C'est une grande sphère concave qui a 11 pieds de diamètre & qui contient une table & des chaises pour douze personnes ; l'intérieur représente la voûte du ciel, telle que nous la voyons, les étoiles & les constellations y sont marquées par des clous dorés, elle est sur le méridien de Pétersbourg & étant tournée au moyen d'un mécanisme curieux, elle représente la vraie position des étoiles ; l'extérieur est un globe terrestre [...] Elle fut brûlée par accident en 1747. au moyen des fers qui avaient échappé au feu on y construisit la sphère actuelle. On y fit des additions considérables. »

in Voyage en Pologne, Russie, Suède, Danemarck

Histoire des planétariums : les « globes »



◀ **Fig. 5 :**
Reconstitution du globe
de Gottorp
(St-Petersbourg 1752)



Fig. 6 : Globe céleste d'Atwood, version moderne du globe de Gottorp, construit à Chicago en 1913.

Histoire des Planétariums : les « planétaires »

Fig. 7 : ▶
Le planétaire d'El-
singa (1780)
Ce célèbre plané-
taire, qui fonctionne
toujours, comporte
un mécanisme com-
posé de cerceaux et
de disques en
chêne, dans lequel
sont implantés
10 000 clous forgés
à la main. Ce méca-
nisme est actionné
par des poids et
régulé par une pen-
dule frissonne à ba-
lancier.



Fig. 10, 11, 12 : ▼
Ci-dessous, de gau-
che à droite, trois
planétaires moder-
nes :
- Cosmodyssée II
(RSA Cosmos,
France)
- Starmaster
(Zeiss, Allemagne)
- MSS (Minolta-
Konica - Japon)

