

Septembre 2014



numéro 19

Deiuesc

Les Cahiers



ISSN 1775-0458

CYCLE DE CONFÉRENCES PEIRESC
2^e semestre 2014
Centre d'Astronomie Clair-Matin
166, av. Jean Monnet 13090 Aix
Le deuxième jeudi de chaque mois à 19h - Entrée libre

■ Jeudi 11 septembre 2014
Philippe MALBURET
Président de l'APAP
« **Les comètes - Qu'attendre de Rosetta ?** »

■ Jeudi 16 octobre 2014 *
Laurent JORDA
Astronome adjoint au LAM
« **Premiers résultats de la sonde Rosetta
suite à la satellisation** »

■ Jeudi 20 novembre 2014 *
Olivier GROUSSIN
Astronome adjoint au LAM
« **Premiers résultats de la sonde Rosetta
suite à l'atterrissage du module Philae** »

■ Jeudi 11 décembre 2014
Pierre VERNAZZA
Astrophysicien au LAM
« **L'origine des météorites** »

(*) Ces deux conférences seront données exceptionnellement le 3^e jeudi du mois, pour que les conférenciers aient le temps d'analyser les toutes premières données transmises par la sonde et par Philae dont l'atterrissage est prévu le 11 novembre.

L'Univers, qu'il soit fini ou infini, ne peut gonfler dans quoi que ce soit, car il n'y a pas d'espace en dehors de lui même.

Jean-Pierre Luminet
« L'Univers chiffonné »

*La fabrique du monde a son centre partout et sa circonférence nulle part.**

Nicolas de Cuse (1401 - 1464)
« Traité de la docte ignorance »

(*) La formule est généralement attribuée à Pascal, qui l'a reprise dans ses *Pensées*.

Proche du but

Un très long intervalle de temps sépare la parution du numéro 18 de celle-ci (19). Le planétarium vient de traverser une très forte zone de turbulence dont il faut bien dire quelques mots.

Un projet, soutenu par la Communauté d'Agglomération du Pays d'Aix (CPA) a fortement perturbé le fonctionnement de notre petite association. D'un montant supérieur à 110 000 €, ce projet avait pour objectif de faire l'acquisition d'un grand planétarium mobile (7 m de diamètre), venant en complément de la petite structure (4,5 m) que nous possédons depuis plusieurs années. Un aussi grand planétarium mobile avait un double objectif : d'une part (et c'était la raison du soutien proposé par la CPA) pouvoir accueillir dans de meilleures conditions de confort (le public sera assis sur des chaises et non couché à même le sol) un effectif plus nombreux (50 spectateurs, contre 25) ; d'autre part, pendant la période de transition du nouveau planétarium fixe, nous avions besoin d'un projecteur de ciel capable d'être utilisé sous la coupole de 8 m. Le projecteur proposé dans ce projet permet de répondre au mieux à ce double objectif.

Cependant tout n'a pas été simple : divers financements adjacents à celui de la CPA n'ont pas été au rendez-vous au bon moment. Nous avons donc été dans l'obligation de vider notre réserve de trésorerie pour pouvoir honorer notre commande ; sans marge financière possible, notre trésorerie s'est trouvée en porte-à-faux, car nous devons, malgré tout, honorer les salaires et les charges sociales. Désormais, il semble que le plus difficile soit derrière nous.

Nous disposons à l'heure actuelle du projecteur de ciel (numérique), d'un fourgon de transport pour déplacer ce nouvel équipement plus lourd et volumineux que le précédent, des chaises devant aller sous la nouvelle coupole gonflable. Mais qu'en est-il de cette dernière ? Par deux fois nous avons été dans l'obligation de refuser la coupole qui nous était envoyée par le fournisseur : la première était lardée par ce qui ressemble à des coups de cutter, la seconde n'est manifestement pas neuve (le revêtement opaque se décolle par endroits des réparations ont été faites en plusieurs

autres). Nous avons donc protesté officiellement auprès de la société qui nous a livré cette coupole et attendons maintenant que cette triste affaire soit close.

Quelques mots encore du projet de grand planétarium. Divers retards, absolument indépendants de notre volonté, ont fait que l'ensemble du dossier a pris beaucoup de retard : des oublis néfastes n'ont pas permis à la nouvelle équipe municipale (toujours dirigée par Madame Maryse Joissains Masini) de voter en temps opportun les décisions budgétaires nécessaires à la conclusion des marchés publics pour la coupole, les fauteuils, le système de sonorisation et les équipements de projection (autour d'un simulateur optomécanique).

Il semble aussi, à l'heure actuelle, que les étapes les plus difficiles soient derrière nous. La pose de la coupole (en staff) sera faite au cours de la seconde quinzaine d'août, puis ce sera celle des fauteuils et, enfin, du système de sonorisation. Il faudra encore quelques mois supplémentaires pour que les projecteurs (simulateur de ciel et projecteurs vidéo associés) puissent être fabriqués et installés. Dans l'intervalle (sans doute après la mi-octobre) nous fonctionnerons dans nos nouveaux locaux (le bâtiment est prêt depuis deux ans), si toutefois le calendrier que nous a remis le service municipal gérant l'ensemble du dossier est respecté.

Notre projet de planétarium aixois (qui sera le plus grand de la région PACA au moment où il ouvrira) a suivi un très long chemin : l'APAP a été fondée en novembre 1989, mais il fallut attendre avril 2002 pour que la première version fixe (mais provisoire) ouvre au parc St Mitre. Nous espérons que l'entité définitive verra le jour dans sa forme complète au printemps 2015 : que tous ceux qui, depuis toutes ces années, en ont soutenu l'idée, ne se lassent pas. Après 25 ans, nous sommes proches du but...

Merci à tous, sans qui rien n'aurait été possible.

Aix-en-Provence, le 16 août 2014
Philippe Malburet

SOMMAIRE

CYCLE DE CONFÉRENCES PEIRESC	2
ÉDITO	4
ALFRED WEGENER (2E PARTIE) DE LE DÉRIVE DES CONTINENTS À LA TECTONIQUE DES PLAQUES	7
LA SONDE ROSETTA	14
CARNET DE VOYAGE AUSTRALIE 2012 (1E PARTIE)	23
VOUS AVEZ DIT « ÉQUINOXE » ?	29
CYCLE « ROSETTA ET LES COMÈTES »	30

ALFRED WEGENER

DE LA DÉRIVE DES CONTINENTS À LA TECTONIQUE DES PLAQUES

par **Daniel BRACHET**

Professeur honoraire de SVT

DEUXIÈME PARTIE¹

Dans les années 1960, grâce aux découvertes liées aux recherches océanographiques utilisant des techniques d'investigation performantes (sonar, sismique réflexion,...), la connaissance du milieu sous-marin a progressé de façon remarquable.

LA TOPOGRAPHIE DU FOND DES OCÉANS

On sait maintenant que le milieu océanique recèle de vastes structures, les dorsales, véritables chaînes sous-marines, dont la longueur cumulée est de l'ordre de 65 000 Km..



Fig. 17 – Les reliefs sous-marins (dorsales, fosses océaniques, plaines abyssales).

1. La première partie a été publiée dans le bulletin n°18 de janvier 2014

L'axe de ces dorsales est parcouru par un fossé d'effondrement, le *rift*, pouvant atteindre plusieurs kilomètres de largeur. Cette gigantesque fracture est le siège d'épanchements volcaniques importants.

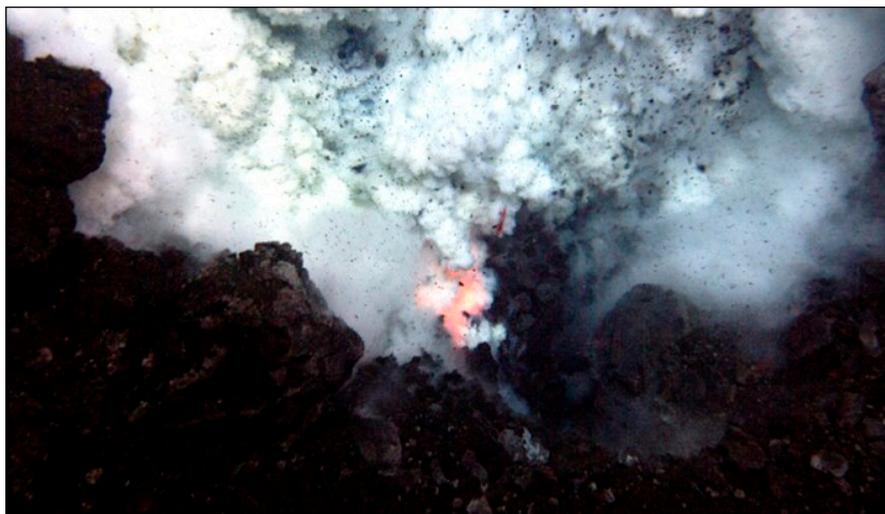


Fig. 18 - Volcanisme dans le rift.

En d'autres lieux, comme au large de la Côte-Ouest de l'Amérique du Sud par exemple, ce sont des fosses très profondes qui affectent les fonds océaniques.

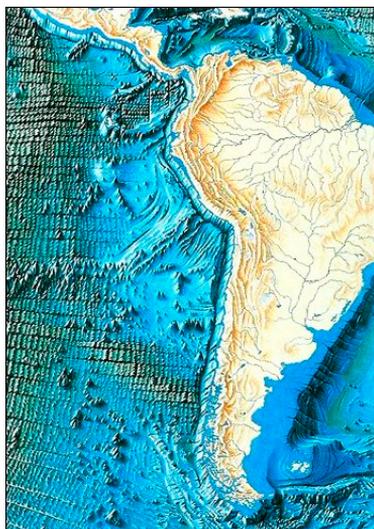


Fig. 19 – Fosse andine.

Les laves émises au niveau du *rift* refroidissent au contact de l'eau, se solidifient et donnent naissance à des roches sombres, les *basaltes*. Ceux-ci renferment, entre autres, des cristaux d'un oxyde de fer, la *magnétite* (Fe_3O_4), dont une des propriétés est d'enregistrer les caractéristiques du champ magnétique terrestre qui règne au moment de la mise en place.

Les *basaltes* sont donc de véritables chrono-boussoles géologiques.



Fig. 20 – Microphotographie d'une lame mince de basalte.

Fig. 21- Les dernières inversions du champ magnétique terrestre

LE GÉOMAGNÉTISME

La Terre peut être assimilée à un dipôle SN.

Périodiquement, son champ magnétique s'inverse. Ce phénomène s'est produit à de nombreuses reprises au cours des temps géologiques. Actuellement, le pôle magnétique sud avoisine le pôle nord géographique..

Dans le cas de l'Atlantique par exemple, la disposition symétrique des roches du plancher océanique par rapport au rift dont elles sont issues, établit de façon incontestable l'éloignement progressif de deux unités géologiques majeures, ou *plaques lithosphériques* :

- l'une migrant vers l'Ouest (et portant le continent américain),
- l'autre migrant vers l'Est (et portant les continents africain et européen).

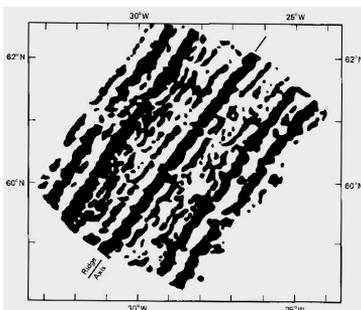
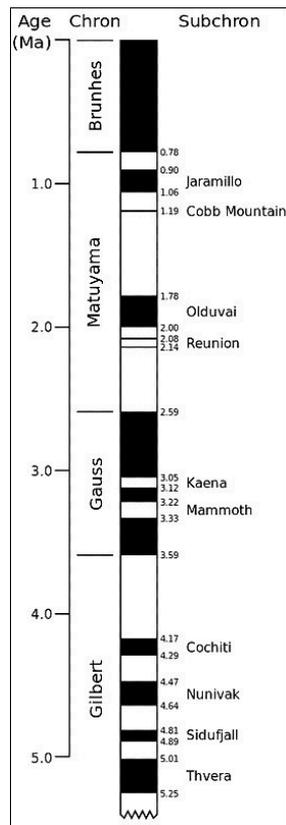


Fig. 22 Inversions du champ magnétique terrestre enregistrées au sud de l'Islande.



Ces deux unités se développent par accrétion, c'est-à-dire par adjonction de nouveaux matériaux en provenance du *rift*. Elles se résorbent à l'opposé par subduction, processus au cours duquel elles s'infléchissent et plongent pour disparaître peu à peu dans le manteau.

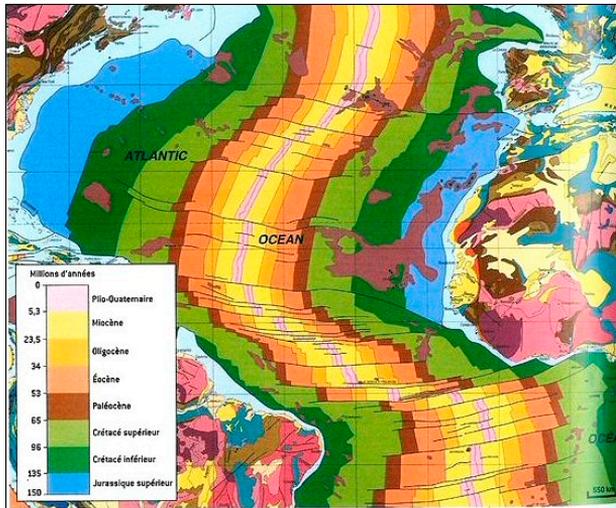


Fig. 23 – Les âges du plancher océanique dans l'Atlantique Nord.

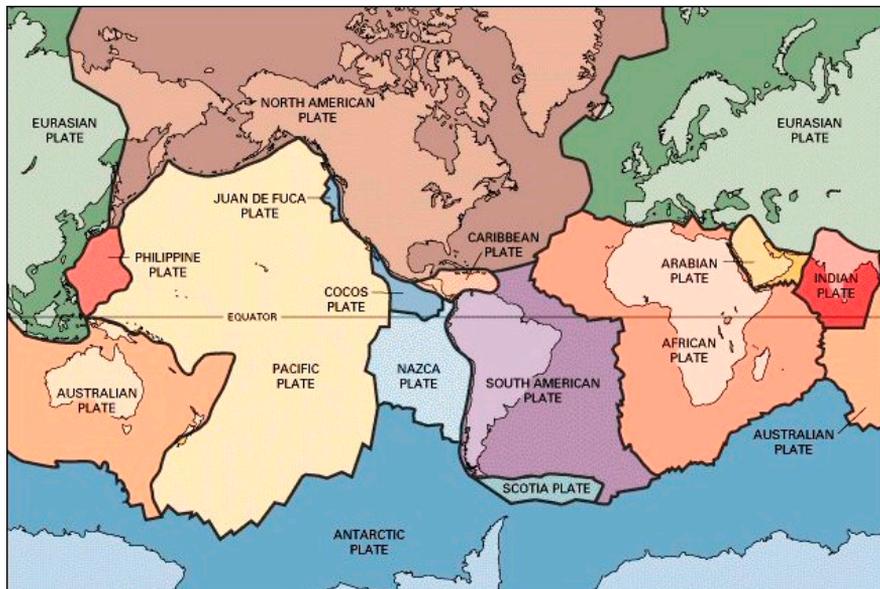


Fig. 24 – Les plaques lithosphériques.

Ainsi, ce ne sont pas à proprement parler les continents qui se déplacent. Ils sont en réalité transportés par les *plaques* dont ils suivent passivement le lent

mouvement de glissement sur la phase ductile sous-jacente..

De part et d'autre du *rift*, les *plaques* fonctionnent comme un double tapis roulant.

LE MOTEUR DE LA TECTONIQUE DES PLAQUES

Pour Wegener, l'attraction lunaire et dans une proportion plus faible le mouvement de la Terre, devaient être la cause de la dérive des continents. On sait aujourd'hui que cette hypothèse n'est pas valable.

La cause de la mobilité des *plaques* doit être recherchée au niveau du *gradient géothermique* interne de la planète. Celui-ci tire sa source de deux phénomènes :

- l'accrétion initiale, au cours de laquelle les chocs des météorites ont été à l'origine d'une importante accumulation d'énergie thermique,
- la radioactivité de certains éléments entrant dans la composition des roches tels que ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K , dont la désintégration constitue la principale source d'énergie thermique responsable des mouvements qui se déroulent dans le manteau et dans le noyau externe sous forme de *cellules de convection*. Au cours de ces phénomènes, des mouvements ascensionnels provoquent des remontées de magma et alimentent l'accrétion à partir du *rift*.

Dans le même temps, les mouvements descendants des *courants de convection* entraînent la plongée compensatoire des plaques, avec formation de fosses océaniques. C'est à leur niveau et en profondeur que le matériel lithosphérique enfoui est progressivement recyclé.

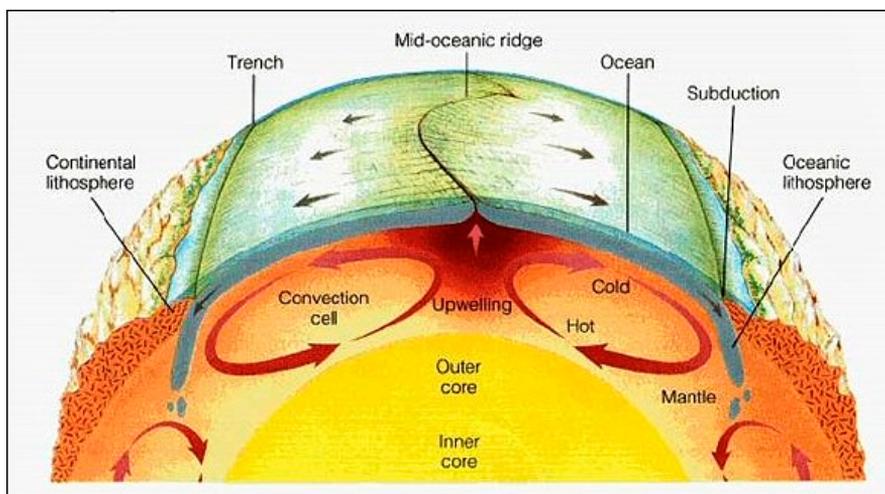


Fig. 25 – La tectonique globale.

Ce système dynamique fonctionne depuis environ 250 millions d'années. À partir de la *Pangée initiale*, les mouvements des plaques ont peu à peu conduit à la répartition des continents telle que nous la connaissons aujourd'hui.

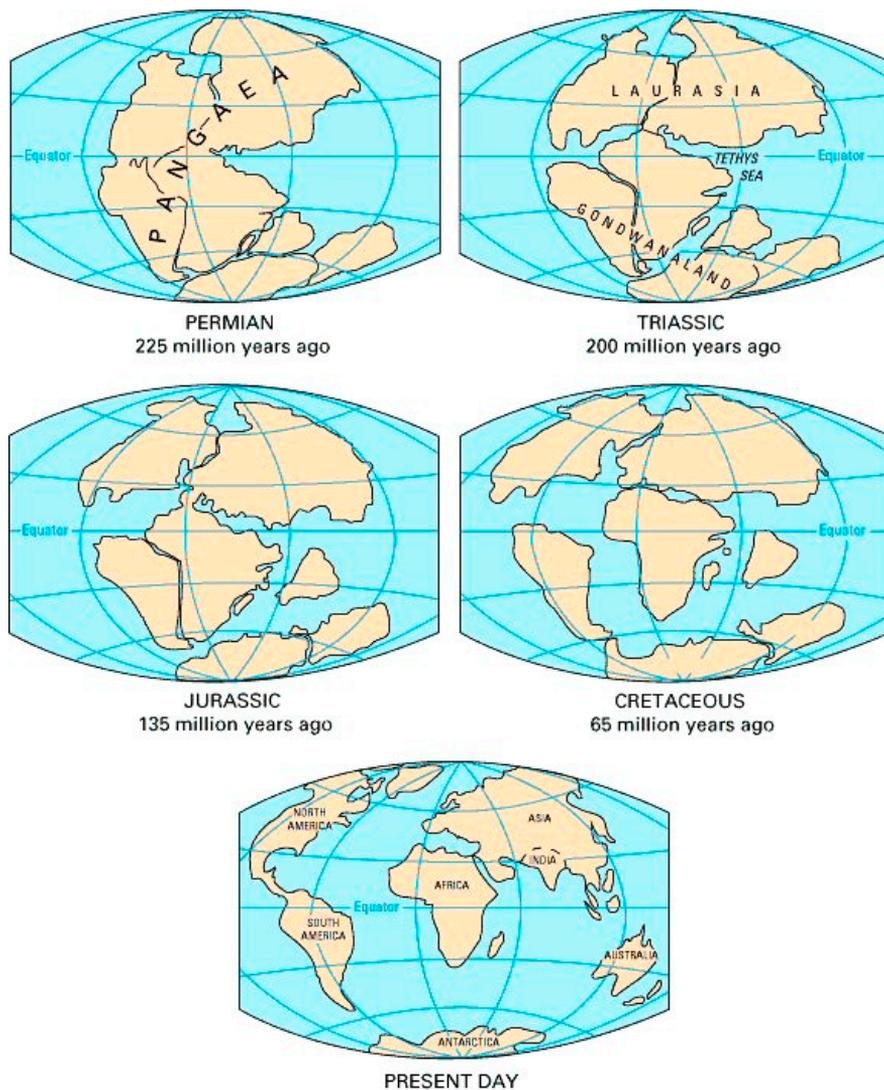


Fig. 26 – L'évolution de la Pangée depuis le début du Secondaire.

Le processus perdure. Il constitue ce que l'on appelle un *Cycle de Wilson*. Sa durée est estimée à 500Ma. Une dizaine de cycles comparables (*Pannotia*, *Rodinia*, *Columbia*...) se sont succédés depuis le début des temps géologiques. L'évolution de la *Pangée* est le dernier des *Cycles de Wilson*. Chacun d'eux, au cours de son développement, efface en partie les traces de ceux qui l'ont précédé de sorte qu'il est difficile d'en retracer l'histoire.

Quoi qu'il en soit, et en intégrant tous les paramètres dont on dispose dans l'état actuel des connaissances, on peut chercher à imaginer ce à quoi devrait ressembler la Planète-Terre en fin d'évolution du cycle en cours. Les spécialistes optent pour la formation d'un nouveau supercontinent issu de la réunion des continents actuels, auquel ils donnent le nom de *Pangée ultime*.

Ce devrait être dans 250 millions d'années...

Daniel BRACHET

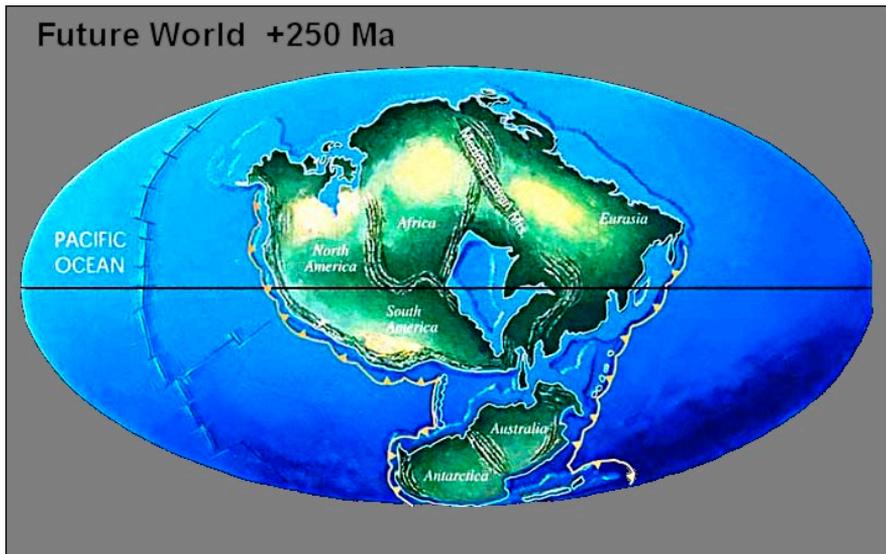


Fig. 27 – Fin du cycle de la *Pangée*.

LA SONDE ROSETTA

par PHILIPPE MALBURET

Une expérience spatiale sans précédent va se dérouler tout au long de l'année 2014 et de 2015.

Depuis plusieurs années, les astronomes du spatial concoctaient une mission inédite : faire atterrir un module automatique sur un noyau de comète. Jusqu'alors, à aucun moment, il n'avait été possible de prélever in situ de la matière cométaire aux fins d'analyse. Tous les phantasmes les plus extravagants continuent à défrayer la presse au sujet de ces voyageuses qui conservent encore bien des mystères : les résultats de la mission Rosetta permettront-ils de les résoudre ?

POURQUOI ÉTUDIER AINSI UN NOYAU DE COMÈTE ?

Selon les théories actuellement très largement admises, un noyau cométaire pourrait dater des « instants » au cours desquels notre Système solaire s'est formé ; mieux connaître leur composition chimique devrait donner des renseignements précis sur la matière existant à cette époque reculée. Et pourquoi une comète ? Le mouvement très spécifique de ces astres fait qu'ils sont périodiques et qu'ils restent pendant plusieurs années voire milliers d'années (ou plus), dans des zones très froides du notre Système solaire, autorisant la conservation des molécules dans un état voisin de celui qui existait au moment de leur formation.

BREF HISTORIQUE DE LA MISSION ROSETTA

C'est à propos de la comète de Halley, en mars 1986, que la première mission spatiale dédiée à une comète a été mise en œuvre – par l'Europe (grâce à l'ESA¹), qui plus est ! La sonde Giotto, lancée par une fusée Ariane le 2 juillet 1985, avait pour objectif de s'approcher au plus près (500 km était l'objectif recherché) du noyau de la célèbre comète. Le risque était important : on savait que la chevelure à traverser comportait des petits grains de poussière, certes de petite taille, mais dont l'impact avec la sonde pouvait détruire ou simplement déstabiliser celle-ci, rendait la mission très délicate. Parmi les objectifs de la mission figuraient notamment : prendre des clichés du noyau, analyser les molécules venant de quitter le noyau, donner une première idée de la composition d'un noyau cométaire. Le succès de la mission fut presque total. Malheureusement, à 596 km de la surface du noyau, un impact déstabilisa la sonde : pendant les quelques minutes qui suivirent, l'antenne de retransmission des données n'a plus été dirigée vers la Terre et les dernières images comme les dernières mesures furent diffusées ailleurs, sans possibilité de jamais les retrouver. Cependant la gravité de l'impact n'avait pas

¹ - ESA : Agence Spatiale Européenne.

été décisive : le temps que les centrales inertielles de la sonde rétablissent celle-ci dans sa bonne direction, la sonde était passée au plus près du noyau sans être détruite. Elle pouvait avoir une seconde vie. Il fut alors décidé de la diriger vers une autre comète : 26P/Grigg-Skjellerup qui fut rencontrée le 9 juillet 1992 après quelques mois de mise en hibernation.

Ce succès (car les enseignements retirés de la mission étaient là) incita les astronomes du spatial à procéder à une nouvelle mission, encore plus hardie : mettre en orbite une sonde spatiale autour d'un noyau cométaire et faire atterrir un module pour pouvoir analyser le sol sur place. Dès 1991 le projet commença à être étudié ; cette nouvelle mission fut approuvée en 1994 et les équipes de plusieurs laboratoires (dont le Laboratoire d'Astronomie Spatiale – maintenant devenu Laboratoire d'Astrophysique de Marseille ou LAM) commencèrent à plancher sur le projet qui, à bien des égards, semblait encore plus fou que Giotto.

À l'occasion de ce retour de la comète de Halley, d'autres missions spatiales ont aussi été lancées :

- deux soviétiques : Vega 1 et Vega 2 ;
- deux japonaises : Sakigate et Suisei.

CHOIX D'UNE COMÈTE

C'est la comète 46P/Wirtanen qui fut initialement retenue pour devenir l'objectif à atteindre par Rosetta. Il s'agit d'une comète de la famille de Jupiter (son aphélie est à 5,13 UA² du Soleil) découverte en 1948, dont la période est de 5,44 ans) et d'un diamètre estimé de 1,2 km.

Les déboires de jeunesse de la fusée européenne Ariane 5 (échec d'un lancement le 11 décembre 2002) obligent à différer le départ de la sonde Rosetta. Mais là, tout se complique : il n'était plus question de conserver l'objectif Wirtanen ! Le lancement est quasiment décalé d'un an, donc il était nécessaire de « trouver » une comète pouvant être atteinte avec la nouvelle fenêtre de tir.

Ce sera la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko (en français : Chourioumov-Guélassimenko) qui sera finalement retenue.

Cette comète a été découverte le 11 septembre 1969 par deux observateurs ukrainiens : Klim Churyumov et Svetlana Gerasimenko. Il s'agit encore d'une comète de la famille de Jupiter (aphélie à 5,722 UA) dont le prochain retour au périhélie se produira le 13 août 2015. Ses éléments orbitaux sont les suivants :

- période : 6,568 ans (6 ans et 7 mois) ;
- orbite inclinée à 7,1205° sur l'écliptique ;
- périhélie à 1,2923 UA ;

² Rappelons que l'UA (Unité Astronomique) est la distance moyenne de la Terre au Soleil ; elle vaut, très exactement, 149,597 871 millions de km.

- demi-grand axe de 3,5073 UA ;
- excentricité de 0,6315.

La forme de son noyau n'est pas encore parfaitement connue mais a été obtenue grâce à des observations faites avec le télescope spatial Hubble, par une équipe du LAM dirigée par Philippe Lamy (un des membres fondateurs du Planétarium Peiresc).

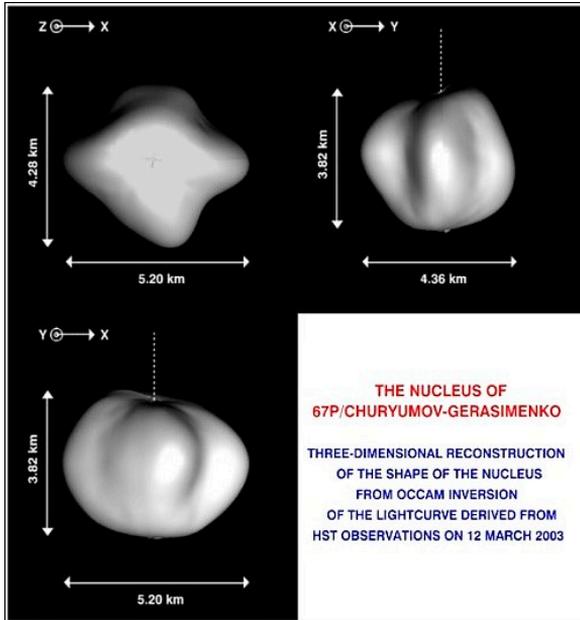


Fig.1 Modélisation 3D du noyau de la comète Churyumov-Gerasimenko réalisée par Philippe Lamy et Laurent Jorda (LAM-CNRS – Institut Pythéas), Imre Toth (Konkoly Obs. Hongrie) et Harold Weaver (Lab. Hopkins, EU).

On distingue trois aspects du noyau : le pôle (en haut à droite) et deux vues du côté. Ses dimensions sont approximativement les suivantes : 5 km sur 3 km. Ce noyau est nettement plus grand que celui de Wirtanen (diamètre estimé à 1,2 km).

Ce modèle a été construit à partir de 61 images prises par Hubble réparties en 21 h les 11 et 12 mars 2003.

LA MISSION

La sonde Rosetta est partie le 2 mars 2004, lancée par une fusée Ariane 5G depuis le centre spatial de Kourou. Elle devait voyager pendant 10 ans avant d'atteindre son objectif. De manière à réduire sa consommation de carburant, la sonde va subir plusieurs assistances gravitationnelles :

1. le 4 mars 2005, grâce à un passage à proximité de la Terre. La trajectoire de Rosetta doit subir une légère correction ;
2. le 25 février 2007, grâce à un passage près de Mars ;
3. le 13 novembre 2007, du fait d'un nouveau passage près de la Terre ;
4. le 13 novembre 2009 par un passage près de la Terre.

Ces assistances gravitationnelles ont pour but de redonner de l'accélération (et éventuellement de corriger la trajectoire) à la sonde, sans avoir à utiliser les moteurs embarqués, gros consommateurs de carburant.

Au cours de son voyage, la sonde Rosetta est passée auprès de deux astéroïdes encore jamais étudiés : les astéroïdes de la ceinture principale Steins (le 5 septembre 2008) et Lutetia (le 10 juillet 2010). Des images remarquables de ces deux objets ont permis de tester en vraie grandeur les caméras embarquées sur Rosetta³.

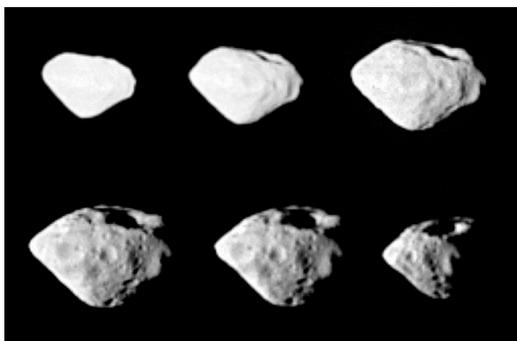


Fig.2 Steins © ESA

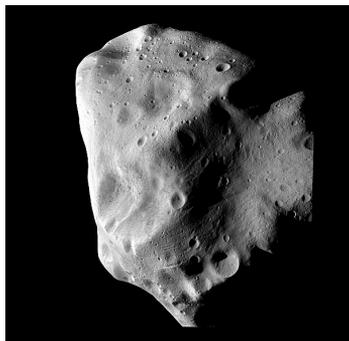


Fig.3 Lutetia © ESA

En plus de ces tests des caméras, des renseignements de première main ont été obtenus sur ces deux astéroïdes très différents.

STEINS

Il s'agit d'un petit astéroïde découvert en 1969 par l'astronome Nikolai Tchernykh ; son nom est celui d'un autre astronome soviétique : Karlis Steins (1911-1983). Ses dimensions sont : 5,9 x 4 km. Il orbite sur une ellipse dont le grand-axe mesure 2,36 UA, dont l'excentricité est de 1,1463 et l'inclinaison de 9,944° sur le plan de l'écliptique. Sa période de révolution est de 3,63 ans. Il s'agit d'un astéroïde de type E, constitué d'énstatite (Fe₂Si₂O₆). On y a découverts pas moins de 23 cratères de plus de 200 mètres de diamètre.

LUTETIA

Cet astéroïde a été découvert en novembre 1852 par l'astronome amateur Hermann Goldschmidt, à Paris, d'où son nom de Lutetia. Ses dimensions sont de 132 x 101 x 76 km : il est nettement plus gros que Steins. Il orbite sur une ellipse dont le grand-axe mesure 2,435 UA, dont l'excentricité est de 0,164 et l'inclinaison de 3,064° sur l'écliptique. Sa période de révolution est de 3,80 ans. Il s'agit d'un astéroïde de type M composés de nickel-fer. Lutetia comporterait des minéraux hydratés, de silicates et pas de composés métalliques. Il possède de nombreux cratères d'impact, dont certains montrent des éboulis remarquables.

De manière à économiser l'énergie embarquée ou obtenue par le Soleil (par deux panneaux solaires de 5 éléments chacun), la sonde est mise en sommeil le 8

³ Des maquettes de ces deux astéroïdes, réalisées par le CNES, sont visibles au Planétarium Peiresc.

juin 2011 pour une durée de 31 mois. C'est le 20 janvier 2014 qu'elle fut réveillée avec succès : il est désormais possible d'intervenir sur le contrôle de la trajectoire de la sonde. Par contre, il faudra encore attendre le mois d'avril 2014 pour que le réveil des appareils scientifiques soit complet : ceux-ci vont à leur tour progressivement être réveillés et testés. Désormais des images du noyau commenceront à être prises par Rosetta et seront analysées par différentes équipes, dont celle du LAM composée de Philippe Lamy, Laurent Jorda et Olivier Groussin.

La suite de la mission devrait se dérouler selon le programme suivant :

- Arrivée à proximité du noyau de la comète C-G (6 août 2014) qu'elle abordera à une vitesse relative de 25 m/s. Rosetta se rapprochera ensuite très progressivement du noyau, tout en évitant le plus possible le contact avec la poussière issue de l'activité cométaire (encore faible puisque la comète se situera à environ 3,5 UA du Soleil).

- Désormais la sonde suivra la comète sur sa propre orbite, tout en ayant été satellisée autour du noyau ; d'éventuelles collisions entre la sonde et des poussières ne risqueront plus de déstabiliser cette dernière, la vitesse d'éjection des grains de poussière par rapport à la sonde étant très faible.

- Le 11 novembre 2014, le module atterrisseur Philae se détachera de Rosetta pour se poser en douceur sur le noyau.

LA SONDE

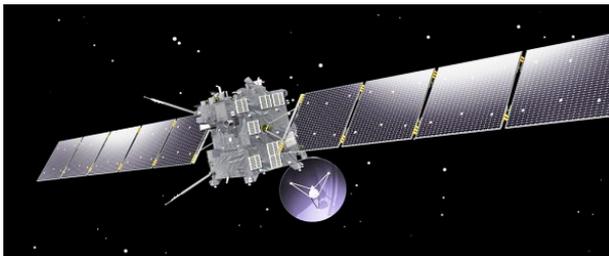
La sonde elle-même, d'une masse de 3 000 kg, est principalement composée de deux parties :

- l'orbiteur ;
- l'atterrisseur Philae.

L'ORBITEUR (DESCRIPTION SOMMAIRE)

Deux principaux rôles lui sont dévolus :

- placer l'ensemble Rosetta en orbite autour du noyau de la comète C-G ;
- cartographier le noyau de manière à pouvoir choisir le site d'atterrissage de Philae.



Sa masse totale est de 2 970 kg dont 1 670 kg de carburant. Il a été réalisé par EADS et ALCATEL pour le compte de l'ESA. Sa charge utile comprend 11 instruments scientifiques :

- un spectromètre Ultra-Violet (ALICE) destiné à analyser la composition de la chevelure ;
- un sondeur radiofréquence pour étudier la structure interne du noyau (CONSERT) ;
- un spectromètre destiné à analyser les grains de poussière émis par le noyau (COSIMA) ;
- un analyseur (GIADA) destiné à connaître le nombre, la masse la vitesse des grains de poussière ;
- un analyseur (MIDAS) pour étudier la taille, la forme et le volume des grains de poussière ;
- un radiotélescope (MIRO) chargé de mesurer la température de surface du noyau et de distinguer les parties de la surface recouvertes de poussière ou de glace ;
- un système optique (OSIRIS) permettant de réaliser des relevés topographiques du noyau ;
- un spectromètre de gaz (ROSINA) destiné à déterminer la composition de l'atmosphère cométaire ;
- une série d'analyseurs (RPC) dont le rôle sera d'étudier la structure de la chevelure interne et son interaction avec le vent solaire ;
- un appareil destiné à mesurer la masse, la densité et la gravité du noyau (RSI) ;
- un spectromètre imageur (VIRTIS) chargé d'établir la carte de la nature des solides et la température à la surface. C'est cet instrument qui permettra de localiser les sites d'atterrissage de Philae.

La propulsion de la sonde est assurée par 24 moteurs-verniers assurant les corrections orbitales tout au long du trajet, puis de placer la sonde en orbite autour du noyau de C-G. La stabilisation est assurée grâce à 2 senseurs d'étoiles, un senseur solaire, 3 gyrolasers et des caméras de navigation.

L'alimentation électrique est assurée par deux panneaux solaires de 15m de long chacun, fournissant entre 8 700 et 450 watts (selon leur position par rapport au Soleil). Rosetta sera la première sonde interplanétaire à être alimentée par l'énergie solaire au-delà de la ceinture principale d'astéroïdes.

Pour communiquer avec la Terre, Rosetta utilise une antenne parabolique de 2,2 m de diamètre orientable. Ce sera la station de New Norcia (Australie) construite pas l'ESA qui assurera les retransmissions des différentes données.

PHILAE

L'atterrisseur Philae, dont la masse est de 100 kg, est réalisé en fibre de carbone revêtu d'aluminium. Des batteries et des panneaux solaires assureront la

production d'énergie dont il a besoin pour fonctionner. Il sera largué à quelques kilomètres d'altitude. Trois pieds seront déployés, munis de raquettes permettant à l'atterrisseur de ne pas s'enfoncer dans le cas d'un sol trop mou.



L'atterrissage sera l'un des moments les plus critiques de la mission : la très faible gravité du noyau (encore très mal connue à ce jour, mais mieux évaluée au moment de l'événement) imposera un contrôle permanent de cette phase, qui ne pourra pas être dirigée depuis la terre en raison de la

distance : les signaux mettront environ 80 minutes pour effectuer l'aller-retour. Ce sera donc un logiciel de pilotage autonome qui sera chargé d'assurer le bon déroulement de l'opération. Afin d'éviter tout risque de rebond au moment de l'atterrissage, Philae est équipée d'une petite rétrofusée qui se mettra en marche au moment où l'un des pieds entrera en contact avec le sol.

Comme l'orbiteur lui-même, Philae dispose de sa propre instrumentation scientifique (10 au total) :

- un spectromètre X (APXS) destiné à déterminer la composition du noyau ;
- un groupe de 5 caméras panoramiques, un couple de caméras stéréoscopiques (CIVA) ;
- un sondeur radar (CONSERT) qui travaillera en parallèle avec le même appareil de l'orbiteur ;
- un pyrolyseur et analyseur (COSAC) permettant d'analyser les gaz et les molécules organiques prélevés sur le sol ;
- un appareil de mesures isotopiques (PTOLEMY),
- un ensemble de détecteurs (MUPUS) pour déterminer certaines propriétés physiques de la surface ;
- une caméra CCD à haute résolution (ROLIS) ;
- un magnétomètre (ROMAP) destiné à mesurer l'intensité du champ magnétique ;
- une tarière (SD2) permettant de réaliser des trous de 20 cm de profondeur ;
- un groupe de 3 instruments (SESAME) destinés à étudier la propagation des ondes sonores à la surface.

LES PREMIERS CLICHÉS DU NOYAU DE LA COMÈTE

Fin juillet, début août 2014, la caméra de Rosetta (Osiris) prit les premières images du noyau. Quel ne fut pas l'étonnement des spécialistes en constatant que

ce noyau était en fait double, les deux parties étant reliées par une sorte de col.

Où faire atterrir Philae ? Quel est la nature du champ gravitationnel autour du noyau ? Autant de questions auxquelles il va falloir répondre avant le 11 novembre.

Philippe MALBURET

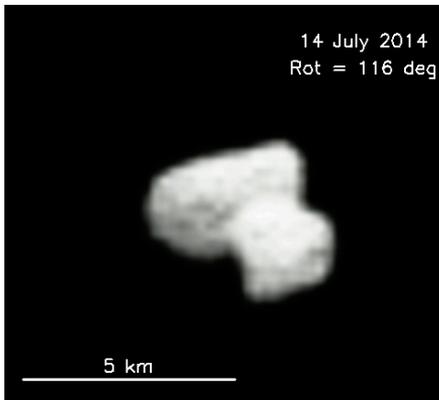


Fig.4 Cliché du 14 juillet © ESA

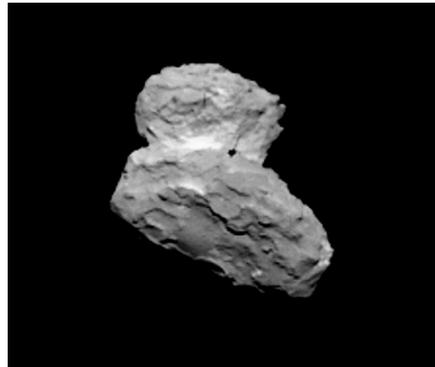


Fig.5 Cliché du 1er août. © ESA (Rosetta est à 1000 km de la comète)

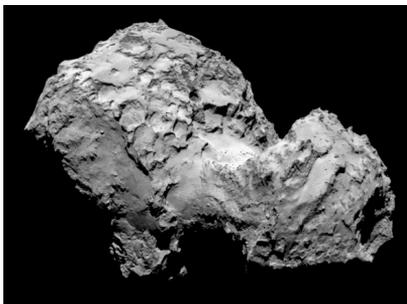


Fig.6 Cliché du 5 août © ESA (distance : 145 km)

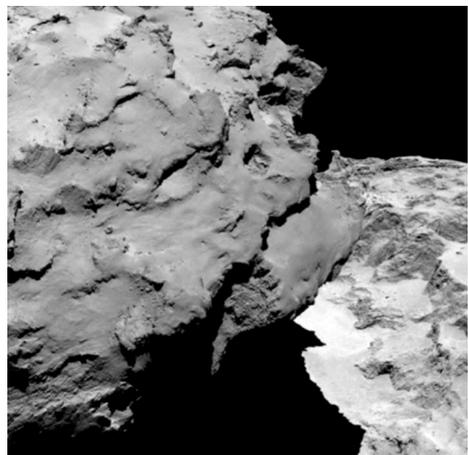
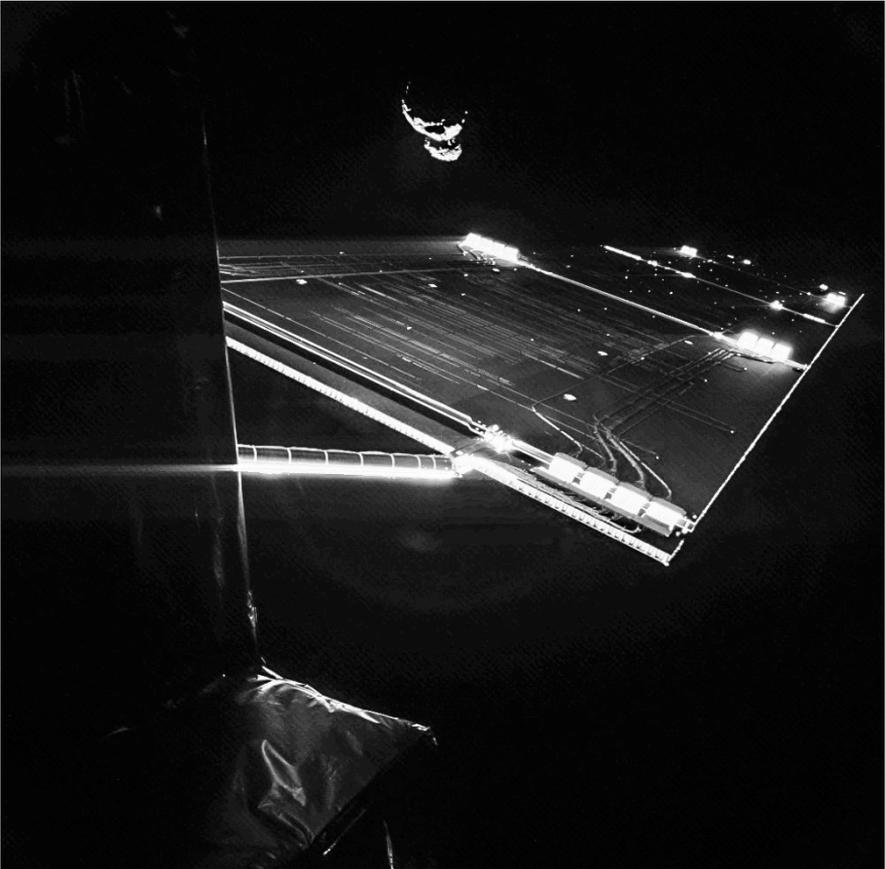


Fig.7 Détail de la surface du noyau © ESA

Le « selfie » de Rosetta devant sa comète



Rosetta se photographie avec sa comète en toile de fond. © ESA/Rosetta/Philae/CIVA

La sonde européenne s'est photographiée le 7 septembre dernier avec sa comète en toile de fond, à seulement 50 kilomètres de distance de celle-ci. C'est grâce à la caméra Civa de son module Philae que le cliché a été réalisé. On y voit le côté de la sonde ainsi que l'un de ses grands panneaux solaires de 14 mètres de long. Au loin, en haut de l'image, l'étrange double noyau de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko, alias Chury, se dessine nettement.

CARNET DE VOYAGE

AUSTRALIE 2012

PREMIÈRE PARTIE¹

LA ROUTE DES OBSERVATOIRES

par Stéphane THOMAS

Ma quête des éclipses totales m'amène en novembre 2012, en Australie, le pays-continent. Après avoir récupéré mon petit camping-car de location, je quitte la ville de Sydney et sa grande banlieue en direction de l'ouest et je traverse les Blue Mountains et leurs forêts d'eucalyptus. Je parviens sur la Newell Highway, le long de laquelle se trouvent disséminés plusieurs observatoires.

LE RADIOTÉLESCOPE DE PARKES

Mercredi 7 novembre, kilomètre 505. J'arrive à l'Observatoire de Parkes, situé en Nouvelle Galles du Sud, à une vingtaine de kilomètres au nord de Parkes, une petite ville de 10 000 habitants. Cet observatoire dépend de l'Australia Telescope National Facility (ATNF), une branche du Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation ou CSIRO qui est l'organisme gouvernemental australien pour la recherche scientifique.

L'instrument principal de l'Observatoire de Parkes est un grand radiotélescope possédant une antenne parabolique mobile de 64 mètres de diamètre familièrement appelée "The Dish". Il a été inauguré le 31 octobre 1961, deux ans et demi après le début de sa construction. L'antenne collecte les ondes radio venant de l'espace et les concentre sur le foyer de la parabole où se trouve une cabine contenant les instruments de mesure, maintenue par trois bras à 26 mètres. L'antenne et la cabine ont une masse totale de 300 tonnes et sont équilibrées par un contrepoids de 350 tonnes. L'ensemble peut faire une rotation de 360° en 15 minutes sur un rail situé au sommet de la tour qui abrite la salle de contrôle. L'instrument peut observer les ondes radio de 7 mm à 4 m de longueur d'onde.

Une antenne de 18 mètres a été transférée en 1963 à Parkes depuis la station de radioastronomie de Fleurs près de Badgerys Creek dans les faubourgs de Sydney. Cette antenne appartenait à la croix de Mills qui y existait jadis. Elle est utilisée en combinaison avec celle de 64 mètres pour tester la technologie pour l'Australia Telescope Compact Array (voir plus loin).

¹ La deuxième partie de ce carnet de voyage sera publiée dans le prochain bulletin.

Une antenne de 12 mètres de diamètre est également utilisée pour faire des essais pour le Australian Square Kilometre Array Pathfinder (ASKAP) situé en Australie Occidentale.



Le radiotélescope de Parkes

Entre 1997 et 2003, le radiotélescope de Parkes a été utilisé pour découvrir plus de 700 pulsars, et même un système de deux pulsars en orbite l'un autour de l'autre. The Dish est surtout célèbre aussi pour avoir retransmis les images du premier homme sur la Lune en 1969 lors de la mission Apollo 11. Auparavant, il avait servi à recevoir les signaux de Mariner II (survol de Vénus) en 1962 et Mariner IV (Mars). Puis il a retransmis les images des missions Apollo 12, 14 à 17 ; son aide à été capitale lors du sauvetage de la mission Apollo 13. The Dish a également reçus les signaux des sondes Giotto en 1986 (comète de Halley), Voyager 2 en 1986 (Uranus) et 1989 (Neptune), Galileo en 1996-1997(Jupiter), ainsi que les signaux du module Huygens qui s'est posé sur Titan en 2005.

L'OBSERVATOIRE DE SIDING SPRING

Jeudi 8 novembre, kilomètre 830. Je gare le van devant le centre d'accueil de l'Observatoire de Siding Spring situé à 1134 mètres d'altitude au sommet du mont Woorut dans le parc national de Warrumbungle Mountains. Le site de Siding Springs a été retenu en 1962 quand il fut décidé de construire un nouvel observatoire afin de pallier la pollution lumineuse qui commençait à envahir le

Carnet de voyage

ciel de l'Observatoire du Mont Stromlo près de Canberra, la capitale australienne. Le site de Siding Spring dépend de l'Australian National University (ANU).

L'instrument le plus important de l'observatoire est le télescope Anglo-Australien (AAT) d'un diamètre de 3,9 m. Inauguré le 16 octobre 1974, il est le fruit de la collaboration entre les autorités scientifiques australiennes et britanniques mais est géré depuis le 1er juillet 2010 par l'Australian Astronomical Observatory (AAO). C'est le plus grand télescope optique d'Australie et grâce à ces équipements performants, il est à la pointe dans le domaine de la recherche de planètes extrasolaires par exemple. Une baie vitrée à l'intérieur du bâtiment permet d'admirer l'instrument avec sa monture en fer à cheval.

Parmi les instruments encore en activité à Siding Spring, citons :

- le télescope de 2,3 m de l'ANU appelé aussi ATT pour Advanced Technology Telescope ; il est opérationnel depuis 1984 et abrité sous un dôme cubique rotatif ;

- le Skymapper, un télescope Cassegrain modifié de 1,35 m de diamètre; sous sa coupole de 6,25 m, il est chargé de numériser le ciel austral avec sa CCD de 268 millions de pixels ;

- le Uppsala Schmidt Telescope qui a été délocalisé du Mont Stromlo en 1982; il a été fabriqué en 1956 à l'atelier de l'Observatoire d'Uppsala en Suède et son miroir sphérique de 0,5 m est complété par une lame correctrice ; il est utilisé pour découvrir et suivre les astéroïdes géocroiseurs et c'est avec lui que Robert McNaught a découvert la belle comète C / 2006 P1;

- le UKST pour United Kingdom Schmidt Telescope d'un diamètre de 1,2 m ; il est lui aussi géré par l'AAO maintenant; il a été construit pour compléter l'AAT grâce à son champ optique plus large.

Historiquement, les trois premiers instruments de l'observatoire sont les télescopes de l'ANU de 40 pouces (1964), de 16 pouces et de 24 pouces de diamètre et ont été déclassés.



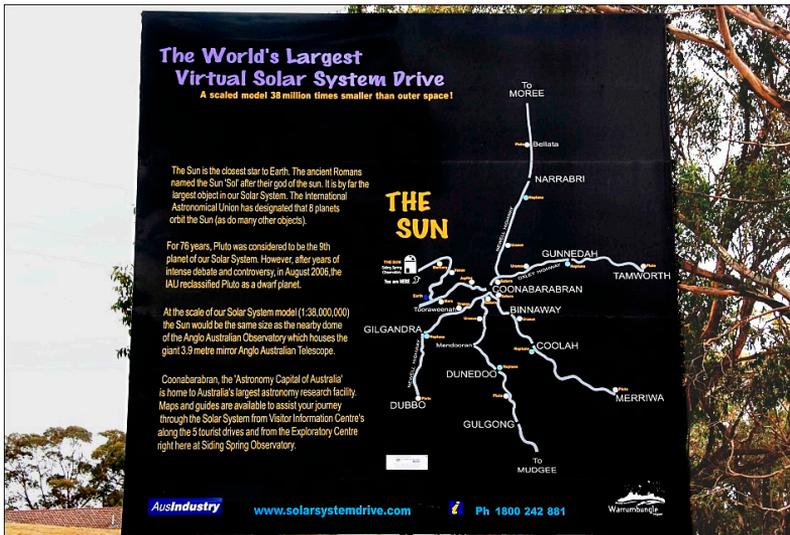
*Observatoire de Siding Spring.
La coupole de l'AAT*



Monture en fer à cheval de l'AAT

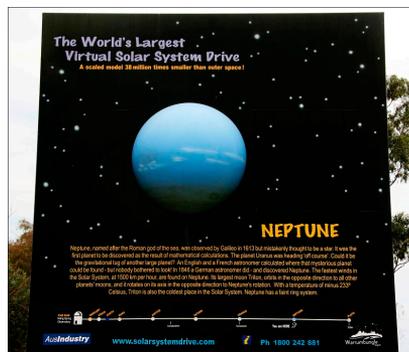
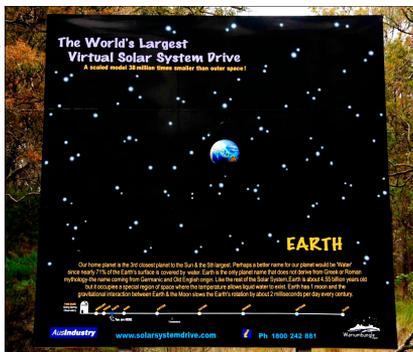
LE « WORLD'S LARGEST VIRTUAL SOLAR SYSTEM DRIVE »

Cinq routes passant par la ville de Coonabarabran (2600 habitants) partent de l'Observatoire de Siding Spring. Elles matérialisent le système solaire à l'échelle 1:38 millions. Le Soleil est représenté par la coupole de 37 m de diamètre de l'AAT. Des panneaux en 3D marquent l'emplacement des planètes. Ainsi la Terre se trouve à 4,1 km de distance de l'AAT et Neptune à 119 km sur la Newell Highway en direction de Dubbo vers le sud et en direction de Moree vers le nord. C'est l'astronome australien John Shobbrook qui a eu l'idée de réaliser ce grand système solaire virtuel en 1997 et une décennie plus tard, le projet



Carte du « Système solaire virtuel »

e
st
d



evenu réalité. La Terre et Neptune dans le « système solaire » réalisé autour de Siding Spring

L'« AUSTRALIA TELESCOPE COMPACT ARRAY »

Jeudi 8 novembre, kilomètre 1000. En continuant vers le nord sur la Newell Highway, je suis arrivé à l'Australia Telescope Compact Array (ATCA) sur le site de l'Observatoire Paul Wild à environ 25 kilomètres à l'ouest de la ville de Narrabri peuplée de 7250 habitants. L'ATCA a été inauguré en 1988 et est géré par l'ATNF. Il consiste en une série de six antennes de 22 m de diamètres et de 270 tonnes sensibles aux ondes radio de 3 mm à 20 cm de longueur d'onde. Cinq de ces antennes sont mobiles (vitesse de 4 km/h) sur un rail de 3 km orienté est-ouest et un rail nord-sud de 214 m. La sixième antenne est située sur un site fixe à 3 km à l'ouest. Les signaux combinés des six antennes donnent une image de la source et permettent de remplacer une antenne de très grande dimension qui se-



Le site de l'« Australia telescope compact array »



L'antenne n°1 ra
it

difficile à mettre en œuvre.

Pour former une base plus importante, l'ATCA peut être utilisé en association avec l'antenne de 22 m de Mopra, située entre Coonabarabran et Siding Spring, et avec le radiotélescope de Parkes.

L'Observatoire Paul Wild, ouvert en 1967, abrite d'autres instruments moins spectaculaires comme l'interféromètre stellaire de l'Université de Sydney (SU-SI), l'observatoire solaire de Culgoora de l'IPS Space Services, un télescope du Birmingham Solar Oscillation Network (BiSON).

À suivre
Stéphane THOMAS

Cartes postales d'Australie



The Three Sisters dans les Blue Mountains



Panneau dans les Blue Mountains



Concrétions aux Jenolan Caves



Kangourous dans le Warrumbungle National Park



Tropique du Capricorne à Emerald



Route dans l'outback



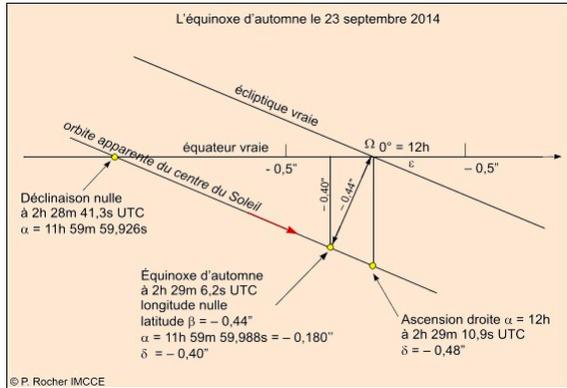
Carnet de voyage
Photos : Stéphane Thomas

VOUS AVEZ DIT ÉQUINOXE ?

PASSAGE DU CENTRE DU SOLEIL À L'ÉQUINOXE D'AUTOMNE

Cette année, la date de l'équinoxe d'automne est le 23 septembre, très précisément à 2h 29m 6,2s UTC.

Par définition, l'instant de l'équinoxe d'automne dans l'hémisphère nord correspond au moment où la longitude géocentrique apparente du centre du Soleil est égale à 180 degrés. À cet instant, l'ascension droite n'est pas exactement égale à 12h et la déclinaison du centre du Soleil n'est pas nulle car la latitude apparente du centre du Soleil n'est pas nulle, mais ces deux dernières valeurs sont proches de zéro. La direction du centre du Soleil est alors très proche de la direction opposée au point gamma, intersection de l'écliptique et de l'équateur céleste (voir schéma).



En compensant le mouvement de précession, notre calendrier (le calendrier grégorien) est construit de manière à éviter la dérive des dates des changements de saisons : il donne ainsi une date quasi fixe pour le début de chaque saison, cependant, l'introduction des années bissextiles fait osciller l'instant des saisons sur trois et, exceptionnellement, quatre jours : l'équinoxe d'automne peut tomber le 21, 22, 23 ou 24 septembre. Il tombe en général le 22 ou le 23 septembre. Il tombera le 21 septembre en 2092 et ce sera la première fois depuis la création du calendrier grégorien. Cela se reproduira en 2096, puis en 2464, 2468, 2472, 2476, 2480, 2484, 2488, 2492, 2493, 2496 et 2497. Il est tombé un 24 septembre en 1803, 1807, 1903, 1907, 1911, 1915, 1919, 1923, 1927 et 1931, il tombera de nouveau à cette date en 2303.

L'introduction du calendrier grégorien commença le vendredi 15 octobre 1582, qui fut le lendemain du jeudi 4 octobre 1582, dans les États pontificaux et certains pays catholiques. Il fut adopté en France en décembre 1582. Cependant, plusieurs pays ont tardé à appliquer l'ajustement grégorien des années séculaires, et ont donc compté l'année 1700 comme bissextile (selon l'ancien calendrier julien non réformé), ce qui a accru le décalage de date à 11 jours. Johannes Kepler s'amusait à dire que les protestants préféraient être en désaccord avec le soleil plutôt que d'être d'accord avec le pape.

Pierre FERNANDEZ
d'après données IMCCE

Cycle "Rosetta et les comètes"

Rosetta, une mission de l'Agence spatiale européenne

Phase 1 (août) mise en orbite autour du noyau d'une comète

Phase 2 (novembre) : pose d'un atterrisseur sur le noyau

Objectifs : étudier la genèse du Système solaire et l'origine de la vie !



La comète Hale-Bopp en 1997

Séances (dès 8 ans)

"Rosetta et les comètes" :

- vendredi 12 et 26 septembre (20h)
- vendredi 31 octobre (18h)
- samedi 15 et 29 novembre (18h)

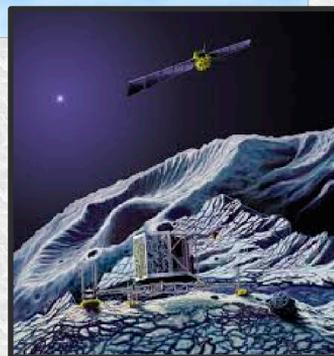
"Comètes, étoiles filantes et météorites"

- samedi 18 et 25 octobre (17h)
- samedi 8 et 22 novembre (18h)

Tarif des séances* :
- Adultes 6 €
- Enfants 4 €

Conférences sur Rosetta (entrée libre) :
Jeudi 11 septembre, jeudi 16 octobre et
jeudi 20 novembre (19h)

Renseignements et réservations
04 42 20 43 66



La sonde Rosetta et l'atterrisseur Philae

Programme complet www.aix-planetarium.fr

(Onglets "grand public" / "séances")

* au tarif de 5€ pour les enfants et 10€ pour les adultes, cumulez deux séances le même jour (voir programme complet)

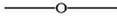


L'association des Amis du Planétarium d'Aix en Provence,
(A.P.A.P.),
a été fondée en novembre 1989 avec pour objectif :

**« 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 20 43 66 ou 06 88 46 29 99
E-mail : contact@aix-planetarium.fr



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

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

dont le siège est :
MJC La Belle Étoile
rue Dom de Pothier
88000 ÉPINAL
Tél : 03 29 35 08 02

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



Association des Planétariums
de Langue Française

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

avec le soutien de :



et la participation de :



Le planétarium Peiresc est partenaire de :



Directeur de la publication : Philippe Malburet
Planétarium Peiresc - Centre d'Astronomie « Villa Clair-Matin »
166, avenue Jean Monnet 13090 Aix-en-Provence

Tél. 04 42 20 43 66 - E-mail : contact@aix-planetarium.fr
<http://www.aix-planetarium.fr>

