

SAL

Société Astronomique de Lyon



**«J'ai assisté au lancement de
la 200^{ème} Ariane»**

par Denis PETIT

Bulletin N°72 Janvier 2012

Société Astronomique de Lyon

Bulletin N° 72 Janvier 2012

SOMMAIRE

PAGE 3
ÉDITORIAL

Le mot du Président
Alain Brémont



page 4 :
Le mécanisme
d'Anticythère



Raymond Rouméas

page 7 :

«J'ai assisté au lancement de la
200^{ème} Ariane»

Denis Petit



page 10 :

«C'est la faute aux quanta»
nouvelle d'Alain Brémont



page 18 :
Petite histoire d'heures

page 20 :
Les calendriers incas

Alain Brémont

page 15 :

La photographie lunaire et
planétaire avec un Dobson

Christophe Gros



page 12 :

Le douloureux problème du
viseur polaire



page 19 :

La Lune est une fille capricieuse

Louis Saïs

page 26 :
Apex

Jean-Yves Roger



Sortie d'observation aux
« Guions »
pages 27 et 28

**SOCIÉTÉ
ASTRONOMIQUE DE
LYON**



A succédé en 1931 à la Société
Astronomique du Rhône, fondée en 1881
Siège Social :

Observatoire, avenue Charles André
F 69230 Saint Genis-Laval

Tél. e-mail : info@SoAsLyon.org

Internet : <http://soasLyon.org>

Trésorerie : C.C.P. Lyon 1822-69 5

Ont participé à la réalisation de ce
bulletin :

Alain BRÉMOND
Bernard DELLA NAVE
Christophe GROS
Denis PETIT
Jean-Yves ROGER
Raymond ROUMÉAS
Louis SAÏS

Cotisation 2011/2012 :

37 €
Scolaire : 25 €
Famille : 52 €

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

Réunions :

le vendredi, accueil de 21 h à 21 30

- Observations
- Bibliothèque
(prêt de livres et de vidéos)
- Discussions et activités

- Bulletin : destiné aux adhérents
Les articles que vous désirez faire
paraître dans le bulletin sont
à envoyer au siège de la Société
ou par e-mail Sal@astrosurf.com.

ISSN 1258-5378
Impression CADEC
04 78 56 20 62

Le mot du Président

Alain Brémond



Editorial

Cette année 2011 s'achève. Une autre année va commencer et, malgré les astrologues de mauvais augure, gageons qu'elle nous apportera son lot d'activités astronomiques de natures très diverses. Le cycle « Tout sur les galaxies » a déjà commencé. Il se poursuivra par plusieurs conférences données par des astronomes éminents de l'Observatoire : Georges Paturel, Philippe Prugnel, Roland Bacon et Bruno Guiderdoni. Nous le poursuivrons l'année prochaine.

Au plan des activités d'observation, le week-end au Casage se déroulera en mars. Activité plus intellectuelle, le séminaire à La Neylière se tiendra en avril. Une nouvelle activité en spectroscopie se tiendra régulièrement les vendredis et parfois, pour les courageux à d'autres périodes, en fonction du temps.

Ce nouveau numéro de notre bulletin témoigne encore de la diversité des centres d'intérêt de nos membres. Mais il faut pouvoir continuer : aussi n'hésitez pas à nous envoyer des articles, des notes, des remarques, des photos, bref, tout ce qui peut marquer votre intérêt pour notre discipline.

Je terminerai en vous souhaitant, ainsi qu'à ceux qui vous sont chers, une très heureuse année 2012.

LE MÉCANISME D'ANTICYTHÈRE

par Raymond ROUMÉAS



Peu avant Pâques 1900, des pêcheurs d'éponges grecs, fuyant la tempête, se réfugient près de l'île d'Anticythère située entre la Crète et le Péloponnèse. C'est là qu'ils découvrent, par 60 m de fond, l'épave d'un navire antique de plus de 50 m de longueur.



Figure 1 - Carte de situation



Le gouvernement grec ayant dépêché sur les lieux des navires de sa marine de guerre, les difficiles opérations de renflouage mettent à jour une très riche cargaison composée d'amphores en provenance de Rhodes, de statues et de statuettes de bronze ou de marbre, d'instruments chirurgicaux et d'une lyre en bronze et de bijoux en or.

Figure 2 - L'éphèbe d'Anticythère

Un siècle d'enquête

Ce n'est que deux ans plus tard qu'un bloc de pierre attire l'attention d'un conservateur du musée d'Athènes car il semble receler des inscriptions et des engrenages incrustés. L'objet est composé de trois morceaux principaux et de 82 fragments plus petits.



Figure 3 - Les fragments du mécanisme

Vers 1905, le philologue Albert Rehm est le premier à comprendre qu'il s'agit d'un calculateur astronomique mais il faut attendre cinquante ans pour qu'un autre scientifique, Derek J. de Solla Price, physicien et historien des sciences à l'université Yale, reprenne l'étude de l'objet et confirme l'hypothèse de Rehm.

Combinant des radiographies et le procédé de désoxydation électrolytique, il étudie le disque et fait apparaître un dispositif extrêmement complexe, comprenant, outre la vingtaine de roues dentées déjà répertoriées,

des axes, des tambours, des aiguilles mobiles et trois cadrans gravés d'inscriptions et de signes astronomiques.



Figure 4 - Radiographie du fragment principal

En 1959, Solla Price publie un article préliminaire dans *Scientific American*, puis en 1973 la somme de ses recherches dans un livre *Gears From The Greeks: The Antikythera Mechanism, A Calendar Computer from Circa 80 BC*. En étudiant les rapports des engrenages Solla Price a mis en évidence que le mécanisme devait être entraîné par une manivelle et que le rapport de réduction d'un des engrenages correspondait à un cycle lunaire ancien utilisé à Babylone.

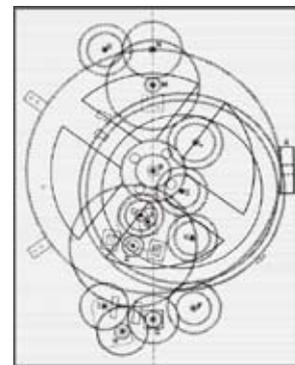


Figure 5 - La reconstitution du mécanisme

Par la suite, Allan George Bromley, professeur à l'Université de Sydney et spécialiste de l'histoire des ordinateurs, et Michael Wright approfondissent l'étude de la machine, ils corrigent certaines erreurs de la reconstruction de Solla Price.

En 1976, l'équipe du Commandant Cousteau, plongeant sur le site du naufrage découvre un lot de pièces de monnaie provenant de la mise à sac de la ville de Pergame par les Romains victorieux de Mithridate VI en 86 avant J.C. Le navire, chargé du butin et pris dans une tempête aurait sombré peu après.

En 2000, l'astronome Mike Edmunds de l'université de Cardiff et le mathématicien Tony Freeth proposent d'utiliser un scanner à rayons X. Un tomographe (appareil permettant de reconstituer un volume à partir de coupes successives) est alors construit spécialement car il doit être à la fois de très haute résolution et exiger un faisceau de 450 kilovolts afin de traverser l'objet dans le sens de la longueur.

En 2005, à la suite de cette dernière expertise scientifique, Edmunds rassemble une équipe pluridisciplinaire associant des physiciens, des mathématiciens et des paléographes et les départements d'astrophysique des trois universités les plus concernées, l'Université de Cardiff, l'Université d'Athènes et l'Université Aristote de

Thessalonique. Les résultats de ces recherches ont fait l'objet d'une conférence internationale tenue à Athènes fin 2006 et une publication en a été faite par le journal scientifique Nature.

Il est désormais certain qu'il s'agissait d'une machine à calculer les mouvements solaire et lunaire, sans que l'on puisse à proprement parler d'horloge astronomique car le mécanisme était actionné par une manivelle. Elle servait également à prévoir les éclipses et aurait pu aussi servir à prédire les mouvements de certaines planètes.

Description du mécanisme

Cette machine de bronze, de forme circulaire, occupe le volume d'un petit boîtier de 21x16x5 cm.

Elle comporte une trentaine de roues dentées et était actionnée à la main au moyen d'une manivelle. La manivelle actionnait une roue principale qui entraînait l'ensemble des engrenages. Son fonctionnement se base sur les mouvements différentiels des engrenages permettant de "calculer" la position des astres à un moment donné.

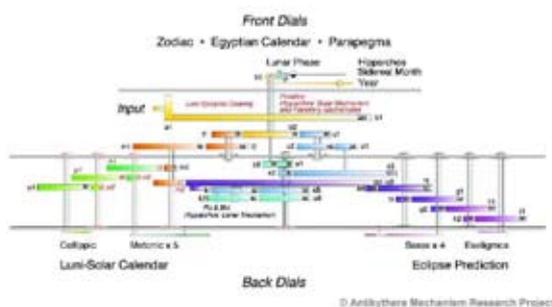


Figure 6 - Le train d'engrenages

La face avant possédait des aiguilles indiquant les positions de la Lune et du Soleil par rapport au Zodiaque, ainsi qu'un cadran correspondant au calendrier égyptien de 365 jours.

Des aiguilles indiquaient la position de la Lune et du Soleil au fil des jours, tandis que la rotation d'une petite sphère (en ivoire ?) mi-noire mi-blanche, montée sur l'aiguille de la Lune, en indiquait les phases. Un mécanisme à épicycles, presque entièrement perdu, montrait le mouvement irrégulier d'au moins une planète (Mercure ou Venus).

La face arrière comportait deux cadrans principaux, avec des échelles étendues de 5 tours en spirale. Le cadran supérieur correspond à un calendrier grec selon le cycle astronomique de Méton. Le cadran inférieur représentant une période de Saros, cycle de 223 lunaisons permettait de prédire des éclipses. La disposition des engrenages montre que le cadran des éclipses est actionné par les mouvements "vrais" de la Lune et du Soleil - un solution que seuls les plus hardis horlogers modernes sauraient réaliser.

Un petit cadran auxiliaire montre les dates des jeux panhelléniques, utilisés aussi dans la chronologie grecque. Un deuxième cadran auxiliaire, est lié à la période de Callippe, quatre cycles de Méton, soit 76 ans, comme indiqué sur un fragment.

L'article de Wikipedia indique le mode d'emploi : "On

tournait la manivelle pour régler le mois et l'année sur le calendrier métonique, le calendrier égyptien sur l'autre face permettant de régler le jour. Pour prédire une éclipse, on faisait tourner la manivelle jusqu'à ce que l'aiguille du cadran du Saros tombe sur une inscription correspondant à une éclipse.

Le cadran métonique indiquait alors le mois et l'année de cette éclipse. Pour calculer le jour précis de l'éclipse, on se reportait sur la face avant et on tournait la manivelle pour mettre les aiguilles indiquant les positions de la Lune et du Soleil en phase (position de la Nouvelle Lune pour une éclipse solaire) ou en opposition de phase (position de la Pleine Lune pour une éclipse lunaire), l'aiguille du calendrier égyptien indiquant le jour précis de l'éclipse.

Cette méthode est relativement fiable pour les éclipses lunaires, visibles de toute la Terre, mais seulement probable pour les éclipses solaires, celles-ci n'étant visibles que sur un étroite bande de la Terre."

Les inscriptions

Toutes les parties en bronze, y compris les plaques qui fermaient la boîte, étaient recouvertes d'inscriptions. Il reste plus de 2200 caractères qui ont pu être déchiffrés à 95%. Ces lettres gravées de très petite taille composaient, à l'avant du mécanisme, un texte astronomique où apparaissent les mots Hermès, Vénus et le Zodiaque alors qu'à l'arrière figurait un "mode d'emploi" combinant les indications sur les roues dentées et les phénomènes astronomiques.

La nature des inscriptions suggère une origine sicilienne, et leur forme indique les alentours de 100 av. J.C. Il apparaît sur le cadran supérieur les noms de six villes accueillant des jeux panhelléniques, cinq noms ont d'ores et déjà pu être déchiffrés, dont celui d'Olympie. Ce cercle divisé en quatre secteurs tournait d'un quart de tour pour une année, décrivant ainsi le cycle d'une olympiade.

Des questions en suspens

L'étude de cette machine étonnante qui a remis complètement en cause notre perception de la technologie de la Grèce antique et l'équipe du Musée d'Athènes et les Universités associées continue ses investigations car il semble que la machine d'Anticythère n'a pas fini d'intriguer les chercheurs.

Cette machine semble condenser les connaissances astronomiques de son époque, elle décrivait avec une grande précision les mouvements apparents du Soleil et de la Lune et permettait de prévoir les éclipses. Mais les inscriptions mentionnant les planètes suggèrent, sans que l'on puisse en être certain, qu'il pourrait s'agir aussi d'un planétaire décrivant les mouvements des planètes alors connues.

Cicéron évoque deux machines semblables, l'une, construite par Archimède, fut ramenée à Rome par le général Marcus Claudius Marcellus après le siège de Syracuse où Archimède fut tué en 212 avant JC, ainsi qu'un objet analogue construit par son ami Posidonios

(Cicero, De Natura Deorum II, 34 (88)). Posidonios était un philosophe et astronome qui avait fondé une école à Rhodes, alors centre culturel important rivalisant avec Alexandrie.

Les deux machines mentionnées par Cicéron étant présentes à Rome 50 ans après le naufrage, il y a donc eu au moins trois exemplaires de ce genre de mécanismes. D'autre part il est peu probable qu'une machine aussi complexe aie été unique.

La technologie de cette machine, plus complexe que prévu, laisse songeur. Les textes parlent de mécanismes antiques mais la machine d'Anticythère est le seul à nous être parvenu et il est d'une telle sophistication qu'il faudra attendre la Renaissance italienne, 1500 ans plus tard, pour voir apparaître en occident, des mécanismes d'horlogerie d'une complexité comparable.

Mais qui a pu concevoir un tel instrument ? Hipparque qui vivait à Rhodes entre 147 et 127 av. J.C. a décrit les mouvements de la Lune. Il aurait pu, ou l'un de ses disciples, jouer un rôle dans la conception de cet appareil.

A qui et à quoi pouvait-il servir ? Aux philosophes et astronomes pour les aider dans leur enseignement ? A des prêtres et astrologues pour établir leurs oracles ?

Toujours est-il que ce mécanisme fascine aussi les horlogers contemporains et la société horlogère. Hublot a décidé d'en fabriquer une réplique miniaturisée.

Références :

Le caractère exceptionnel de cette découverte excitant l'imagination des amateurs d'ésotérisme, de paranormal et d'extraterrestres, une recherche sur le web fournit une multitude de liens. Voici néanmoins quelques pages qui paraissent fiables et qui ont servi à la rédaction de cet article.

Site de l'équipe du projet :

<http://www.antikythera-mechanism.gr/>
(anglais)

L'équipement de tomographie :

http://www.xtekxray.com/applications/antikythera_fr.html (français)

La page HP Labs sur l'imagerie numérique employée pour lire les écritures :

<http://tinyurl.com/6athyr>

Des documents plus généraux :

Wikipedia : <http://tinyurl.com/3f3cab> (français)

<http://tinyurl.com/6kr53> (anglais mais beaucoup plus détaillé que le précédent)

Magazine "Pour la Science" :

<http://tinyurl.com/7wgn495> (français mais payant)

L'exposition au Musée des Arts et Métiers (jusqu'au 1er juillet 2012):

<http://tinyurl.com/7lmbgp> (avec vidéo)

Dossier de l'Institute for Mathematical Science :

<http://tinyurl.com/6o27au> (anglais mais avec animations Java du mécanisme)

Des vidéos :

La vidéo du groupe de recherche :

<http://www.youtube.com/watch?v=gLzHIA33rqw>

L'examen tomographique du mécanisme :

<http://tinyurl.com/cz5rg99>

Le modèle de Michael Wright :

<http://tinyurl.com/6o27au>

Annexe : les cycles astronomiques de l'Antiquité

Le cycle sothiaque

L'année civile du calendrier de l'Égypte ancienne n'ayant que 365 jours, le lever de Sirius retardait de 1 jour tous les 4 ans, de sorte que l'accord ne se trouvait rétabli qu'au bout de 1 461 années vagues ; ce cycle prit le nom de période sothiaque (de Sothis, Sirius en Égypte) ou caniculaire.

Après ce temps, l'année vague recommençait d'accord avec l'année solaire.

Le saros

Le saros est une durée correspondant à 223 lunaisons, soit environ 18 ans, 11 jours et 8 heures. En ajoutant la durée d'un saros à la date et l'heure d'aujourd'hui, la configuration des astres Terre, Lune et Soleil à cette date sera alors pratiquement identique. En connaissant la date d'une éclipse, il devient alors aisé de prévoir la date d'une prochaine éclipse.

Le cycle de Méton (métonique)

Méton d'Athènes était géomètre au siècle de Périclès (Vème siècle av. J.-C). Bien qu'aucun de ses écrits n'ait été retrouvé, la découverte de ce cycle lui est attribuée. C'est lui qui l'introduisit à Athènes en 433 av. J.C. Cependant il semble que ce cycle était connu chez les Babyloniens et chez les Chinois bien avant cette date.

L'objet de ce cycle est de concilier dans un minimum de temps année tropique et lunaison. C'est un cycle de 19 ans soit 6940 jours, qui correspond à 235 lunaisons, soit 12 années communes de 12 mois et 7 années embolismiques de 13 mois ((12X19)+7 = 235).

Dans ce cycle, 110 mois sont creux et 125 sont pleins. Ce cycle n'était pas parfait, à son terme, il retardait de 10 heures sur le soleil et de 8 heures sur la Lune.

Le cycle de Callippe (callippique)

Callippe (ou Callippe de Cyzique) fut élève à Athènes d'Eudoxe et d'Aristote. Il invente, vers 331 av. JC, un cycle lunaire-solaire de 76 ans, qu'il substitue au cycle de 19 ans imaginé par Méton, afin de ramener avec plus d'exactitude les mêmes positions du soleil et de la lune.

En fait il s'agit du cycle de Méton multiplié par 4 auquel on enlève un jour tous les 76 ans. Le nouveau cycle était donc constitué de 27 759 jours soit une année de: $27\,759/76 = 365,25$ jours.

J'AI ASSISTÉ AU LANCEMENT DE LA 200^{ème} ARIANE

par Denis PETIT



Je n'avais encore jamais vu de lancement de fusées sur site. Pourtant je m'intéresse à l'astronautique depuis l'enfance. J'ai suivi la course à la Lune dans les années 60 en écoutant ou en lisant Albert Ducrocq. Bien sûr, j'ai assisté en direct à la télévision au premier pas de l'homme sur la Lune, le 21 juillet 1969, à partir de 4 heures du matin. Je voulais en faire mon métier. J'ai choisi d'intégrer l'INSA de Lyon, parce qu'il prévoyait de créer un département « Génie spatial ». Je suis bien rentré à L'INSA et sorti 5 ans plus tard, mais cette option n'a jamais été créée. Je n'ai donc pas fait carrière dans le spatial.

Mais mon cothurne à l'INSA, Jean-François, que j'avais connu alors que nous étions tous les deux stagiaires sur les télescopes de l'Observatoire de Haute Provence, a été embauché par le CNES à Evry. Plus de trente ans plus tard, il a été muté au Centre Spatial Guyanais, à Kourou en Guyane Française. Depuis son arrivée, il a invité tous ses amis à passer quelques jours en Guyane.

De mon côté, je me suis toujours intéressé à un autre domaine de l'espace, l'astronomie. Parmi les astronomes historiques, il y en a un que je place au-dessus de tous les autres, c'est Jean (ou Johannes) Kepler. J'avais lu quand j'étais jeune « Les somnambules » d'Arthur Koestler. Quand j'ai passé mon certificat d'astronomie à l'université et à l'observatoire de Lyon, j'ai eu comme mémoire en mécanique céleste, de détailler la méthode de la découverte des deux premières lois de Kepler, à partir des observations de Tycho Brahé. En avril 2010, profitant d'un voyage professionnel en Allemagne, je suis allé sur les lieux de son enfance, dans le Wurtemberg, depuis sa ville natale en 1571, Weil-der-Stadt, en passant par l'école de Leonberg, l'auberge de ses parents à Ellmendingen (maintenant Keltern), le prieuré d'Adelberg, le monastère de Maulbronn et l'université luthérienne de Tübingen. Je fais aussi collection des pièces de monnaie à l'effigie de Kepler.



Maquette de l'ATV Kepler en salle Jupiter

Quand j'ai appris qu'un cargo spatial européen a été nommé en l'honneur de Kepler et serait lancé depuis Kourou, j'ai envisagé d'assister à ce lancement. Au début, on annonçait un lancement en novembre ou décembre 2010. Cela ne m'arrangeait pas. J'avais déjà fait un long voyage cette année en allant observer une éclipse totale sur l'île d'Hao en Polynésie Française. Mais le programme Kepler a pris du retard.

Le lancement était maintenant programmé au 15 février 2011. J'ai pris mon billet d'avion début décembre 2010, en espérant que le programme ne prendrait plus de retard. Le 199^{ème} lancement d'Ariane fin décembre 2010 a été une réussite. Un échec aurait entraîné un retard de plusieurs mois sur tous les lancements suivants. Toutes les semaines, Jean-François m'envoyait l'état opérationnel de la campagne, et je constatais que la date initiale restait inchangée. Deux à trois semaines

avant, il m'annonça que je verrai le lancement depuis la salle Jupiter, salle normalement réservée aux VIP.

Je pars depuis Lyon-Saint-Exupéry via Orly le vendredi 11 février pour 17 jours en Guyane. L'arrivée sur Cayenne-Rochambeau n'a pas été de tout repos. L'aéroport était sous un orage tropical, et depuis mon hublot, je ne voyais qu'à quelques mètres. Alors que nous étions en descente finale, le pilote de l'A340 a remis les gaz juste au-dessus de l'aéroport. Nous avons alors fait un survol de la forêt guyanaise dans la brume, et nous avons atterri un quart d'heure plus tard. La sensation que l'on ressent est particulière : atmosphère chaude et humide. Après avoir pris ma voiture de location, j'essayai de gagner Kourou sous la pluie en suivant la voiture de mon ami. Alors qu'à Lyon, on est habitué à avoir de la buée sur les vitres par temps froid, il est plus surprenant d'en avoir sous les tropiques. En tant que thermicien, je devais être capable de résoudre ce problème. Bien qu'il fasse 25°C, il est nécessaire d'envoyer de l'air chaud sur le pare-brise pour éviter la condensation de l'air humide sur le vitrage.



Vue du Centre Spatial Guyanais. Photo CNES

Le samedi, mon ami m'emmène en repérage sur la route de l'Espace qui longe les différents bâtiments du centre spatial. Du point d'observation le plus à l'ouest, je vois sur la gauche les bâtiments d'assemblage de la fusée et de ses composants. Sur la droite, je vois le site de lancement sans la fusée, mais avec ses quatre tours parafoudres. Au centre, on peut voir la tour de lancement d'Ariane 4, qui va être bientôt détruite. A côté de ce point d'observation est couché un exemplaire de test sol de la partie centrale d'Ariane 5. Jean-François m'explique le fonctionnement des éléments composant cet étage. Sur la route du retour, nous nous détournons pour visiter le site de la fusée-sonde Véronique qui a été la première expérience spatiale sur Kourou dans les années 60. Nous revenons ensuite sur la place centrale qui comprend l'accueil CNES, le musée de l'Espace, la salle Jupiter et une maquette grandeur nature d'Ariane 5. Là encore, Jean-François m'explique les différences existant entre cette maquette et l'Ariane 5 de la 200^{ème} mission.

Le lundi, c'est le transfert d'Ariane 5 depuis son bâtiment d'assemblage vers son site de lancement. A mon grand désespoir, je ne peux assister à cette opération, n'étant pas membre des entreprises spatiales. Jean-François a la chance de participer à une photo représentant 200 employés du spatial formant le nombre 200 devant l'Ariane 5 en mouvement.



Transfert de la fusée Ariane 5. Photo prise par Julien

Cette photo est parue dans le « Paris-Match » du jeudi suivant. Quant à moi, j'essaye d'observer le transfert depuis la Montagne des Singes, située à une quinzaine de kilomètres du site. Bien que cette colline ne fasse que 160 mètres d'altitude, la grimpe n'est pas si facile que cela. Je mets une heure pour atteindre le sommet. Je suis un peu déçu du paysage : la végétation luxuriante empêche de bien voir en contrebas, l'atmosphère humide diminue la transparence de l'air. J'installe néanmoins mon matériel photo, pied photo, appareil numérique, zoom de 400 mm. Je photographie entre les arbres le site et les bâtiments d'Ariane. Je verrais en retravaillant les photos le résultat. Je photographie aussi les antennes de la Montagne des Pères. La descente a été longue, car j'ai pris un circuit dénommé boucle, que j'espère plus simple que la montée.

Le lendemain, le lancement est prévu à 19 heures 13 minutes et quelques secondes. C'est aussi jour de marché à Kourou. J'en profite pour photographier la place Johannes Kepler avoisinante de la place où se tient le marché. Je m'imagine déjà la légende de cette photo « Place Johannes Kepler à Kourou prise le jour du lancement de l'ATV Johannes Kepler depuis la base de Kourou ».

L'après-midi, je me présente au PC Jupiter vers 16 heures 30. Il y a déjà beaucoup de monde. Je retrouve Julien, le successeur de Jean-François à Évry, qui est venu à Kourou en formation. Une file d'attente est en cours. On m'indique que c'est pour les personnes se rendant à « Toucan ». Le point « Toucan », du nom de l'oiseau symbole du tourisme guyanais, est une zone d'observation le plus près du lancement, de l'ordre de 6 kilomètres. Comme pour Jupiter, il faut réserver sa place. Les personnes prioritaires sont les photographes de presse. Justement, un homme voyant mon matériel photographique se dirige vers nous. En discutant, j'apprends que c'est le photographe de « Paris-Match » qui a fait la photo du « 200 » la veille. Il nous explique le making-off de cette photo, utilisation d'une nacelle au lieu d'un hélicoptère prévu à l'origine, décalage de plusieurs heures du bouclage du numéro de Paris-Match à cause de cette photo, et beaucoup d'autres choses.



Décollage d'Ariane 5-200 depuis « Toucan »

Les spectateurs de « Toucan » partent dans quatre cars. Les invités en salle Jupiter peuvent se mettre en file pour recevoir leur badge. Après le contrôle de sécurité, quasiment comme dans un aéroport, nous grimons un premier étage, parcourons un couloir, puis montons un escalier. Nous sommes accueillis par des hôtes. Je m'aperçois rapidement, qu'il existe deux sortes de VIP, les VIP à place réservée et les autres à place libre. Les places libres sont sur les côtés et au fond de l'amphithéâtre. Nous nous installons pas trop loin des portes de sortie. Je peux maintenant observer en détail la salle Jupiter. Elle est découpée en deux, un amphithéâtre d'environ 200 places et comme scène, une enceinte vitrée, sorte de bocal à facettes, où se trouvent



Vue du PC Jupiter 1h41 avant le lancement prévu

les postes des responsables des sous-systèmes et des patrons du lancement, comme le PDG d'Arianespace et le directeur du CSG. Chacune de ces personnes peut émettre un veto au lancement, le dernier mot est attribué au directeur du CSG qui est le représentant de la République française et de ce fait doit assurer la sécurité des personnes et des biens autour du centre spatial.

La salle était pleine. On pouvait apercevoir des généraux, un amiral et des colonels, tout de blanc vêtus, chaussures, pantalon, chemisette. Devant nous, un groupe de lycéens accompagnés d'un professeur et de leur proviseur, d'un lycée de Cayenne. Ces lycéens ont montés une expérience scientifique qui sera placée dans l'avion Zéro-G, un Airbus qui simule les phénomènes d'apesanteur.

Trente cinq minutes avant le lancement, entre dans la salle, Valérie Pécresse, ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche, et qui est, à ce titre, en charge de la tutelle des activités spatiales françaises. Bousculade autour du ministre, photographes et courtisans. Vingt minutes avant le lancement commence la retransmission officielle, qui sera vue en direct dans les principales villes de Guyane, dans les centres du CNES et d'Arianespace et aussi sur internet. Deux commentateurs nous décrivent les principales opérations, l'un d'eux a la voix de Michel Field, j'ai cru un moment que c'était lui. Pendant une quinzaine de minutes, tout se déroule normalement. Les différents sous-systèmes sont visualisés par des rectangles, qui sont normalement sur fond vert. À quatre minutes et une seconde, un des rectangles passe en rouge, le décompte s'arrête. Les commentateurs changent de ton et commencent à annoncer que le lancement va être reporté, car pour ce type de lancement, il n'y a pas de fenêtre de tir. Quelques instants plus tard, un responsable nous confirme le report et nous invite à revenir le lendemain un quart d'heure plus tôt. Stupeur dans la salle. J'échange quelques mots avec mon voisin, un haut fonctionnaire du ministère des Finances, en mission en Guyane et qui doit repartir le lendemain ; il ne verra donc pas le lancement. Je m'approche ensuite auprès de la ministre. Je l'entends parler à son entourage : elle ne sait pas si elle pourra assister au lancement le lendemain, mais elle va essayer de décaler ses rendez-vous. Nous sortons de la salle. En bas, nous attend un buffet, mais il n'y aura pas de champagne.



Lancement d'Ariane 5-200 vu depuis l'ISS. Photo ISS

Le soir, Jean-François nous explique que cet incident est dû à une vanne d'alimentation du carburant qui n'a pas réagi assez vite. Les possibilités de report sont limitées : J+1 (le lendemain) puis J+3. Ensuite, le lancement pourrait être reporté en mai, et cette Ariane devra retourner dans le bâtiment d'assemblage, avec inversion avec l'autre Ariane en cours de montage qui devrait partir fin mars.

Le lendemain, je vais visiter Cayenne et son remarquable marché aux fruits. Au retour, la radio locale annonce l'arrivée de Valérie Pécresse en Guadeloupe venue visiter l'université. Je pense donc qu'elle ne sera pas présente le soir même. Cette après-midi, il pleut énormément. Est-ce que l'on pourra lancer cette fusée ?

Je me présente à l'accueil à peu près à la même heure que la veille. La foule est moins nombreuse. Les officiers généraux sont remplacés par des officiers supérieurs et par des aumôniers militaires. Les officiers brésiliens présents la veille ne sont pas là. Les russes sont remplacés par d'autres russes. Nous recevons un autre badge marqué « Report 1 ». Avec Julien, nous nous installons en salle Jupiter près d'une sortie. Devant les portes quelques gendarmes. Nous leur demandons si la ministre sera présente. Ils refusent de nous répondre. Je suis intrigué par l'écusson d'un gendarme. Il m'indique que son unité, représenté par cet insigne, est la seule de la gendarmerie française à exercer ses missions en jet ski. J'en verrai plus tard à Saint-Laurent-du-Maroni.

Quarante et une minutes avant le lancement se présente la ministre avec sa cour. Elle n'était donc pas en Guadeloupe. Comme la veille, le même déroulement, photographes autour de la ministre, premiers discours, commentaires de nos deux commentateurs. Le décompte se passe normalement.



Quelques secondes après le lancement depuis les terrasses de Jupiter

À une minute du lancement, les portes s'ouvrent. Nous pouvons aller sur les terrasses observer le départ d'Ariane à l'œil nu.

Je m'installe au premier rang. Je déploie mon matériel photo : trépied, téléobjectif de 400 mm. Premiers réglages. À ma gauche vient se placer la ministre. Je me dis que je ne vais pas pouvoir effectuer mes photos tranquillement. Je me déplace donc vers la droite. La place libérée est aussitôt remplie par quelques courtisans. Il fait nuit et il est difficile de repérer le site de lancement. Les hauts-parleurs annoncent le décompte final. Tout d'un coup je vois apparaître une grande lueur orange au loin. Je positionne mon appareil photo et je commence à mitrailler. Au début la lueur ne bouge presque pas, puis elle commence à s'élever puis à prendre de la vitesse. Au bout d'une dizaine de secondes, elle rentre dans les nuages. Vingt secondes plus tard nous apercevons une petite lueur dans un trou nuageux, puis plus rien. C'est à ce moment, une quarantaine de secondes après le lancement, que nous entendons le bruit caractéristique de la fusée.

Nous rentrons dans la salle Jupiter. Nous attendons la fin des opérations sous la responsabilité du CSG. Pour un lancement de satellites de télécommunications, cela se termine avec la mise en orbite des charges utiles, à peu près trente minutes après le lancement. Pour Kepler, il faudra attendre pendant plus d'une heure. Nous entendons les discours de la ministre félicitant les différents acteurs de ce lancement, puis des présidents d'Arianespace responsable d'Ariane, du CNES responsable du lancement et de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) responsable de Kepler. Jean-François Clervoy, spationaute français, nous décrit en anglais la mission du cargo Kepler. Au bout d'une heure le lancement est pleinement réussi. Kepler passe sous la responsabilité de l'ESA et dans quelques jours, il va s'amarrer à la station spatiale internationale (ISS). Applaudissements dans la salle, et au buffet qui va

suivre nous aurons le droit au champagne.

Il n'y a pas de visites du CSG la veille, le jour et le lendemain d'un lancement. J'avais réservé pour le jeudi, mais du fait du report, cette visite a été annulée. J'ai pu programmer une visite au lundi suivant.

En attendant, le samedi et le dimanche, nous sommes allés du côté de Saint-Laurent-du-Maroni visiter le bagne, la vieille ville coloniale et voir quelques amérindiens dans les environs. Au retour nous sommes passés par le site de lancement en construction du Soyouz. Le premier lancement était prévu à l'époque pour fin août 2011.



Vue du site de lancement de Soyouz en Guyane



Au premier plan, site ancien d'Ariane 4
Au fond, site d'Ariane 5

Le lundi, à huit heures du matin, retour au hall devant la salle Jupiter, pour le début de visite du CSG. Cette visite est gratuite, mais uniquement sur réservation.

Nous nous rendons tout d'abord sur

le site de l'ancienne Ariane 4. La tour de lancement est en mauvais état, et on nous apprend qu'elle doit être détruite. Ensuite nous nous rendons à CDL 3, centre de contrôle technique de lancement d'Ariane 5. C'est de là, qu'est parti le veto de la première tentative de lancement ; le centre Jupiter étant le contrôle supérieur. Pendant cette visite une alarme indique une interdiction de circuler sur tout le CSG. Nous nous retrouvons dans cette salle pendant une demi-heure jusqu'à la fin de l'alerte. Des opérations de maintenance impliquant des gaz dangereux sont en cours autour du site Ariane 5. De ce fait, nous ne pouvons aller sur ce site, à mon grand désespoir. Nous allons directement en salle Jupiter où on nous présente quelques films, qui vont clôturer cette visite. Je reviendrais dans cette salle le lendemain soir, pour assister à une conférence sur les expériences en impesanteur embarquées à bord de l'Airbus Zéro G. J'aurais pu y revenir le jeudi pour voir le « docking » de l'ATV avec l'ISS, mais j'ai préféré faire du tourisme et bien m'en a pris car d'après Jean-François, c'était plutôt ennuyeux.

Pendant que je tape une partie de ces lignes, j'observe une procession de plusieurs milliers de fourmis manioc transportant chacune un morceau de feuille d'un arbre du voisin. Elles traversent ainsi le jardin de mon ami le long d'une piste que sûrement des millions ou des milliards de leurs congénères ont créée.

Je remercie encore Jean-François de m'avoir accueilli pendant 17 jours et de m'avoir piloté pendant les 3 week-ends passés en Guyane française. ■



Le 1^{er} mars au matin, rapprochement serré de la Lune et Vénus, au large du Portugal

C'EST LA FAUTE AUX QUANTA OU DE L'INTÉRÊT DE L'HISTOIRE DES SCIENCES par Alain BRÉMOND



Me voilà à la prison Saint-Joseph. La lourde porte de ma geôle vient de se refermer pour trente ans.

- C'est la faute aux quanta, me déclara madame la juge, non sans perspicacité et avec un humour que j'avais toutefois du mal à apprécier.

Qu'est-ce qui me pousse aujourd'hui à écrire ces lignes ? Sûrement pas le souhait que mes amis les lisent. C'est plutôt la conscience de ma bêtise et de mon ignorance mais aussi dans doute le besoin de calmer la fureur qui m'envahit lorsque je repense à cette histoire. Cette tâche l'apaise en effet, au moins momentanément.

Et pourtant, tout avait si bien commencé ! Au sortir de ce long week-end du quatorze juillet, je me sentais enfin libéré. Après trente-sept ans de calvaire auprès d'une moitié qui en valait bien une entière pour la méchanceté, la mesquinerie et les exploits sexuels extra-conjugaux, voilà que tombait enfin ma chaîne de galérien.

- Elle est enfin partie, disaient mes bons amis de toujours.

- Comment as-tu pu la supporter si longtemps ?

- Par habitude, et avec la peur du changement, répondis-je. Et puis, vous le savez, je me diluais dans le travail, j'allongeais mes missions lointaines, je disparaissais en quelque sorte.

Ce qu'ils ne savaient évidemment pas, c'est que je venais tout simplement de l'assassiner. Depuis plusieurs mois, je n'y tenais plus, je tentais sans fin d'échafauder une entreprise qui devrait être sans faille et la solution me vint lorsqu'un collègue me montra de vieux documents exhumés d'un local poussiéreux qu'il venait juste de déblayer. Mon plan s'élabora : il respirait la perfection. Avec un projet si soigneusement et si longuement mûri, personne ne découvrirait jamais le corps et mes amis, interrogés, évoqueraient un départ motivé par notre mésentente, nos disputes et ses notoires infidélités.

J'avais le bonheur de travailler dans un immense et magnifique parc où les vieux arbres voisinaient paisiblement avec d'antiques bâtisses autrefois dévolues à la recherche. Des locaux plus neufs les avaient supplantés pour le confort et l'efficacité, sans nuire à la paix de ce lieu magique. Si certains avaient continué de servir fidèlement, de vénérables bâtiments gisaient abandonnés. Je savais en particulier, qu'au sous-sol de l'un d'entre eux, une lourde porte donnait accès à un très long souterrain. Plus de cent ans auparavant, dans ce lieu obscur et mystérieux, des expériences de physique sur la lumière battaient leur plein. Un brillant et néanmoins jeune physicien venu de Paris poursuivait des expériences menées, pour sa thèse, dans les sous-sols du laboratoire de chimie de l'École Normale Supérieure. Lui parti, personne n'avait plus utilisé cette longue pièce voûtée, sauf pour y entreposer quelques vieux mobilier usagé devenu inutile. Le temps avait en grande partie épargné cette galerie,

mais à une de ses extrémités les parois s'écroulaient. Les lourdes pierres qui la fermaient gisaient éparées, laissant la terre s'affaisser au gré des intempéries.

Je savais qu'en ce long week-end de fête nationale et avec l'aide d'une météo particulièrement favorable, le parc serait désert. Le directeur, en mission lointaine, observait le ciel austral. Le gardien même, avait emmené femme et enfants dans une lointaine campagne familiale. Je disposais ainsi de trois longues journées pour réaliser mon dessin.

Le passage de vie à trépas de ma dite moitié fut plus facile que je ne le craignais : inutile que je vous dépeigne des détails si peu élégants et, somme toute, assez banals pour les lecteurs, assidus comme vous, de romans policiers. Je transportai le corps dans mon break et, de là, au fond de la longue salle voûtée. Mes amis disent que j'ai une robuste constitution et c'est vrai que la descente ne s'avéra pas trop difficile. Plusieurs voyages furent nécessaires pour amener les outils, le sable et le ciment. Je creusais assez facilement un large trou dans la terre meuble du fond du souterrain. Sans aucun remord, j'y déposai le corps, le recouvrit de terre puis démarrai la reconstruction. Il me fallut bien deux jours pour rebâtir, pierre après pierre, le mur du fond de la galerie. Le travail me sembla parfait. Je pris même le temps d'admirer mon oeuvre. Même un architecte des monuments historiques n'y trouverait rien à redire : nulle différence n'apparaissait entre ma reconstruction et les parois latérales.

Le lundi suivant, je repris mon travail en toute sérénité. Personne n'avait remarqué ma présence sur le site pendant le week-end. Je manifestais tout juste ce qu'il faut de fébrilité pour quelqu'un dont l'épouse a disparu, mais pas trop car personne n'ignorait nos relations pour le moins tendues. Quelques jours plus tard, je signalais sa disparition à un gendarme qui me demanda, non sans délicatesse, si elle avait un amant.

- C'est possible, déclarais-je, mais j'ignore tout de lui. Il est vrai que c'est toujours le cocu le dernier informé ! Ma déclaration était en partie vraie : mon épouse avait eu tellement d'aventures que je m'étonnais en moi-même que les gendarmes ne les connaissent pas mais, c'est vrai, j'ignorais tout du dernier. Peut être même y en avait-il eu un parmi les membres de cette corporation mais il est vrai que, par le jeu des mutations, le personnel se renouvelait assez vite.

La maréchaussée me tint informé de ses recherches, bien entendu infructueuses, me rassura en me disant que les disparitions d'adultes étaient fréquentes et que la gendarmerie ne pouvait pousser plus loin les recherches. A cet âge, les disparitions sont très souvent volontaires et il disparaît plus de cent mille personnes par an, me dirent les pandores, alors la votre...

Je leur fis part de mon inquiétude, ils me rassurèrent. Je leur témoignai de ma compréhension. Nous décidâmes de nous tenir au courant d'éventuels faits nouveaux et tout fut dit.

Mes activités professionnelles, ma nouvelle vie et de nouveaux loisirs m'accaparèrent sereinement. Les amis fidèles et quelques rencontres féminines emplissaient d'une douce chaleur mon esprit et mon cœur. Le temps s'écoulait avec la douceur des petits bonheurs quotidiens.

J'eus bien un léger pincement au cœur lorsque, deux ans plus tard, une commission du patrimoine se constitua et décida d'examiner en détails tous les bâtiments du site. Au cours de sa visite, elle inspecta naturellement le souterrain, prit des photos: elle n'y découvrit rien d'anormal. Le mur du fond n'attira même pas les regards des plus minutieux de ses membres.

Ma vie reprit son cours habituel, mon inquiétude disparut rapidement et cette visite contribua même à me rassurer quant au succès de mon entreprise puisque personne n'avait rien décelé. Et pourtant, c'est bien de ce jour funeste que datent mes ennuis. Le ver était dans le fruit. Comment et pourquoi me direz-vous ? Par la faute de l'Histoire et de la Science réunies.

En effet, parmi les membres de la commission, un tout jeune historien des sciences, Max P., se prit de passion, après sa visite, pour l'étude de la lumière. Lors d'un séminaire, un de ses collègues historien l'avait persuadé de l'intérêt de la réplique des grandes expériences de physique pour en connaître, mieux que par les articles scientifiques, les présupposés théoriques et les aléas de leurs mises en pratique autant que les incertitudes de leurs interprétations. Le souterrain lui parut convenir parfaitement à un projet sur la mesure de la vitesse de la lumière qui lui tenait tout particulièrement à cœur. Il prit connaissance des travaux à l'origine de la construction du souterrain et décida de les reconstituer dans leur intégralité. Les plans, produits par un architecte lors de la demande de classement du site, lui permirent d'étayer son projet. En consultant l'inventaire des instruments patrimoniaux, il reconnut avec bonheur, que tout ce dont il avait besoin était disponible. Max vérifia leur état de marche : ils avaient traversé les siècles sans encombre. Tout fut mis à sa disposition par une direction heureuse de voir revivre cet antique lieu de sciences.

C'est avec d'infinies précautions qu'il transporta tout l'attirail nécessaire au fond du souterrain. Après de longues semaines passées dans cet univers sombre et humide pour installer et tester le matériel, vint le jour de la première expérience. Une petite assistance fort curieuse, délaissant ses travaux quotidiens, scrutait, non sans un certain sourire de condescendance, les appareils que notre historien manipulait avec fièvre. Il flottait comme un air de fête dans ce lieu sinistre. Tout fonctionnait aussi bien qu'un siècle plus tôt et il obtint assez vite plusieurs séries de mesures soigneusement recopiées dans un carnet à spirales. La dextérité et la sûreté du geste de l'apprenti physicien convainquit l'assistance qui regretta même la trop grande rapidité de ses travaux. Elle en redemandait. Elle fut servie ! La semaine suivante, Max se consacra fébrilement à l'analyse des résultats. Hélas la déception fut au rendez-vous car

ils s'avérèrent très éloignés de ceux obtenus par son lointain précurseur. Néanmoins aucun découragement ne l'arrêta car il se remémorait en effet les péripéties de la réplique des expériences de Coulomb sur la mesure des charges électriques. Au cours de ce travail, de nombreux échecs s'étaient succédés pendant plus de six mois et il avait fallu beaucoup de perspicacité et d'inventivité pour déterminer les sources des déboires des chercheurs de l'équipe. Instruit par cette expérience, il vérifia son matériel, l'étalonna de nouveau et refit plus de vingt fois de nouvelles mesures. Aucun de ses résultats ne concordait avec les publications de son auteur préféré. Mais, assez curieusement, les valeurs qu'il obtenait, toutes proches les unes des autres, témoignaient d'une certaine cohérence. La dispersion des mesures était très petite, mais il s'estimait incapable de comprendre le résultat final de ses calculs. Accablé par ce mauvais sort, il fit alors appel à un de ses amis physicien et statisticien de génie qu'il convainquit de venir à son secours. Albert, c'était son nom, entra les données dans son ordinateur, traça courbes et graphiques, multiplia les tests statistiques les plus sophistiqués. Sa conclusion fut sans appel :

- Max, tu es impardonnable lui déclara son collègue Albert ! Tu t'es, tout simplement, trompé sur la valeur de la distance entre ta source et le miroir que tu as placé au fond du tunnel. Quel étourdi tu fais !

- C'est impossible. J'ai pris la valeur donnée sur les plans dressés par le géomètre expert et ses mesures sont précises au millimètre ! Ce sont d'ailleurs celles qu'avait utilisé le physicien qui, ici même, il y a cent ans avait, avec succès conduit son expérience. J'ai mesuré la distance entre le mur proche et mon émetteur, je l'ai déduite de la longueur totale du souterrain et j'obtiens donc la distance que tu réfute. Qu'as-tu à redire à ce procédé ?

-Je suis sûr de ton erreur. Allons vérifier ensemble.

Max et Albert réunis pour cette entreprise et munis d'un de ces appareils de précision qui utilisent le laser, durent se rendre à l'évidence : il manquait pas moins de dix centimètres. Le géomètre, consulté par l'expérimentateur ulcéré par cette erreur, jura que c'était impossible : jamais il n'aurait pu commettre une telle méprise. Il se déplaça sur le site, refit des mesures mais ne put que confirmer la longueur estimée par Albert. Il inspecta avec soin les murs du souterrain et attribua la différence à quelques travaux sacrilèges susceptibles, sans aucun doute, de dénaturer ce bâtiment historique.

- Cela ne se passera pas comme ça déclara-t-il, furieux. Vous aurez de mes nouvelles ! Déclara-t-il devant Max et Albert qui n'y pouvaient rien.

Moi j'en eus, en effet, des nouvelles. Le directeur de l'observatoire informé par ses soins s'offusqua de ce que quelqu'un eut pu modifier, sans son accord, un tel monument historique en voie de classement. Les ouvriers de l'établissement, d'abord soupçonnés d'avoir voulu consolider l'édifice, nièrent farouchement avoir touché à la galerie. Une plainte fut déposée, des experts convoqués, le mur du fond sondé, le corps découvert puis identifié. Et voilà pourquoi aujourd'hui, par la faute de Planck, je me trouve au fond de ce cachot. Avoir ainsi négligé l'Histoire des Sciences : quelle déplorable erreur pour un physicien ! ■

LE DOULOUREUX PROBLÈME DU VISEUR POLAIRE

par Louis SAÏS

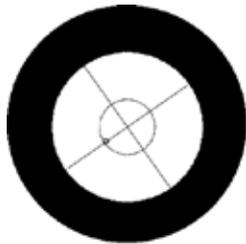


Les possesseurs d'une monture équatoriale savent qu'il n'est pas facile de faire une mise en station précise en utilisant un viseur polaire, et surtout d'en comprendre le mécanisme. Deux problèmes se posent alors :

Le premier est de savoir comment régler le viseur polaire pour que son axe optique soit confondu avec l'axe horaire de la monture.

Le second est de positionner l'étoile polaire, que l'on voit dans le champ du viseur, par rapport au réticule, puisque l'étoile polaire n'est pas placée exactement au pôle nord céleste.

Suivant les modèles l'image du réticule peut varier, voici sans doute l'exemple le plus simple de ce que l'on voit dans le viseur.



Bague de mise au point à votre vue

Rappelons qu'un viseur polaire est une simple petite lunette comportant, comme toutes les lunettes, un objectif et un oculaire. Elle est munie d'un réticule placé au foyer de l'oculaire.

Normalement, le viseur polaire (et bien entendu son réticule) sont solidaires de la partie mobile de la monture et tournent avec elle autour de l'axe horaire. Suivant l'heure de l'observation, le réticule peut donc avoir ses axes obliques mais pour une position de l'angle horaire donnée l'un des axes est horizontal et l'autre vertical comme l'indique la figure ci-dessous.



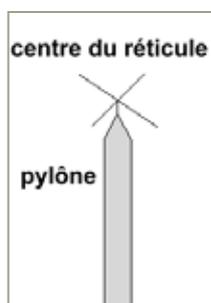
Cependant quand on regarde dans un viseur optique, (c'est valable pour tous les instruments d'optique) la notion de verticale est difficile à appréhender. Il faut donc se placer bien en face du viseur et maintenir la tête dans la position normale pour repérer la direction verticale dans le viseur. Ne regardez pas en biais sinon tout sera faux ! Le viseur n'a pas d'horizon artificiel !

Alignement de l'axe du viseur polaire avec l'axe horaire

C'est l'opération qui devrait être la plus facile car on peut la faire tranquillement en plein jour. Cependant c'est certainement la plus difficile compte tenu du système indigent de réglage du viseur par trois vis situées dans un même plan. Ici on ne s'intéresse qu'au centre du réticule qui par construction se trouve sur l'axe optique du viseur.

Sans s'occuper de l'orientation du trépied et sans aucun réglage préalable, on vise un objet lointain comme par exemple le sommet d'un poteau électrique ou le sommet du clocher d'une église. Pourquoi un objet lointain ? Parce que le viseur est conçu pour observer des objets à l'infini et que si vous visiez un objet proche, il paraîtra flou.

Au départ, il n'y a pas de raison pour que l'une des branches du réticule apparaisse verticale et l'autre horizontale. Généralement on a la disposition de la figure ci-contre :



Faites coïncider le sommet du pylône avec le centre du réticule puis tournez la partie mobile de la monture autour de l'axe horaire.

On constate alors que le centre du réticule reste fixe au milieu du champ mais l'objet initialement bien aligné se déplace et décrit un cercle (non matérialisé).

Il faut que le centre du réticule soit confondu avec le centre de ce cercle. Pour cela on joue sur les trois vis de réglage du viseur.

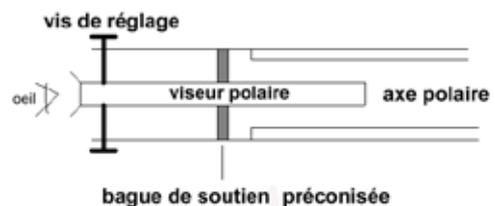
À mesure que le réglage s'affine, le cercle devient de plus en plus petit pour se réduire à un point.

La solution la plus logique serait de fixer l'une des vis à une position moyenne, ne plus la toucher, et agir sur les deux autres. C'est ainsi que l'on règle les instruments d'optique qui ne sont pas des jouets. En pratique on fera comme on pourra.

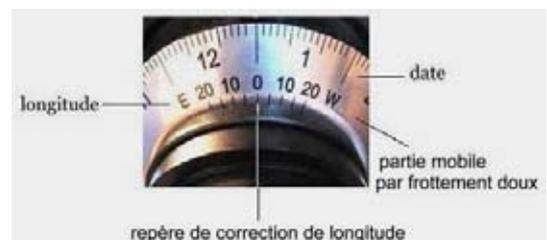
L'opération se fait par tâtonnements en faisant tourner la partie mobile de monture autour de l'axe horaire après chaque modification des vis.



Remarque : Le système de réglage du viseur par trois vis placées dans le même plan sur lesquelles le viseur s'appuie est extrêmement rudimentaire et contrairement à ce qu'on lit souvent, le réglage n'est pas définitif, la moindre secousse le dérègle et il faut le vérifier souvent. En outre, si vous serrez les vis « à mort » vous allez perforer le viseur. Vous remarquerez que sur les télescopes ou les lunettes qui ne sont pas des jouets, le chercheur est tenu par deux anneaux, l'un à l'avant et l'autre à l'arrière ce qui garantit sa stabilité. Il serait souhaitable d'introduire une bague entourant le viseur polaire à l'intérieur du support pour améliorer la tenue du système. C'est ce que j'ai fait et l'amélioration est sensible.



Description des cercles gradués du viseur polaire



Comme on le voit sur les figures ci-dessus, le cercle tronconique qui porte le calendrier ainsi que la correction en longitude est solidaire du viseur polaire mais peut tourner à la main par frottement doux. Cette rotation manuelle sert uniquement à afficher la longitude du lieu d'observation en face du curseur matérialisé par un trait blanc gravé sur la bague noire de soutien.

Le deuxième cercle, gradué en heures, est mobile lui aussi autour de l'axe horaire indépendamment de l'autre cercle gradué. On peut le bloquer à l'aide d'une vis. Ce cercle gradué ne comporte pas d'index.

Dans le cas où il en comporterait un, sachez qu'il est là à titre purement décoratif.



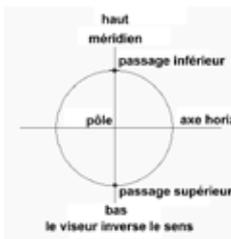
Cercle mobile gradué en heures

L'étoile polaire : étoile de référence

Le pôle nord céleste n'est pas matérialisé par une étoile, on ne peut donc pas pointer un viseur directement sur le pôle.

L'étoile la plus proche du pôle est l'étoile α de la constellation de la petite Ourse appelée aussi étoile polaire et qui se trouve actuellement à 40' d'angle du pôle. Elle est définie par sa déclinaison (89°15') et par son ascension droite (2h 31min). Ses coordonnées varient lentement au cours du temps à cause de la précession des équinoxes mais compte tenu de la précision de nos instruments, on peut les considérer comme constantes pendant plusieurs années.

L'étoile polaire, sous nos latitudes, est circumpolaire c'est à dire qu'elle ne passe jamais au-dessous de l'horizon et comme toutes les étoiles circumpolaires elle passe deux fois par jour au méridien du lieu d'observation. Lorsque sa hauteur au-dessus de l'horizon est maximale on dit qu'elle est à son passage supérieur au méridien et lorsque sa hauteur est minimale on dit qu'elle est à son passage inférieur au méridien.



Les heures des passages au méridien dépendent de deux facteurs :

- la longitude du lieu d'observation
- la date d'observation

Exemple 1 : observation à Lyon (longitude 5°E) le 11 avril 2011

Le passage inférieur a lieu à 3 h heure locale d'été
Le passage supérieur a lieu à 15 h heure locale d'été

Exemple 2 : Observation à Greenwich (longitude 0°) le 11 avril 2011

Le passage inférieur a lieu à 3 h 20 heure locale d'été
Le passage supérieur a lieu à 15 h 20 heure locale d'été

Remarque : On constate en prenant d'autres dates que l'année d'observation intervient très peu dans l'heure de passage. C'est pour cela que sur les montures, on trouve les graduations en heures, les graduations en longitude et les jours de l'année mais pas l'année elle-même.

Pourquoi les graduations de date et de longitude sont-elles solidaires ?

Si on prolonge le trait marqué 20° W on arrive à passer presque sur le trait 21 jours de la graduation des dates. Cela signifie que le décalage produit par 20° de longitude lors de la rotation journalière de la Terre est le même que le décalage de 21 jours lors de la rotation annuelle de la Terre autour du Soleil.

En effet 360/20 est très peu différent de 365/21 compte

tenu de la précision simpliste des cercles gradués.

Exemple : Si l'observation a lieu à Lyon le 11 avril

(longitude 5° E) le passage de la polaire au méridien est décalé de 20 min par rapport à Greenwich le même jour comme on l'a vu plus haut.

Si l'observation à Lyon a lieu le 6 avril, c'est à dire 5 jours plus tôt, les passages de la polaire au méridien ont lieu à 3 h 20 et à 15 h 20. On retrouve les 20 minutes de décalage.

Donc, compte tenu de la faible précision des repères et des graduations on peut dire qu'un décalage de 1° en longitude est sensiblement équivalent à un décalage de 1 jour en date.

Une longitude Est correspond à un retard sur le calendrier.

Une longitude Ouest correspond à une avance.

Positionnement de l'étoile polaire

Il s'agit maintenant de pointer la polaire pour faire la mise en station. Vous voyez sur la figure N° 1 que le réticule est complété par un cercle qui comporte une petite « bulle » à sa périphérie. Sur les viseurs polaires de qualité l'axe du réticule qui passe par la petite « bulle » est gradué en minutes d'angle par exemple de 40 à 50'. Le cercle que l'on voit, centré sur le réticule, représente un écart d'environ 40' d'angle par rapport au centre du réticule. La mise en station consiste à orienter correctement le réticule et à placer l'étoile polaire dans la petite « bulle ». Si on admet que le viseur n'est pas de construction trop ancienne.

Cela nécessite 4 manipulations bien distinctes :

Remarque préliminaire : L'axe de déclinaison est un tube évidé qui ne permet la vision polaire que dans une certaine position. Vérifiez après avoir enlevé le bouchon supérieur que l'on voit bien le viseur au fond de l'axe horaire, sinon tourner l'axe de déclinaison d'un quart de tour.

- 1) A l'aide d'une boussole on oriente le trépied de telle sorte que le côté qui porte l'indication « Nord » soit autant que possible orientée vers le nord géographique. La précision de cette orientation ne dépassera probablement un degré mais cela n'a pas d'importance, une erreur de 2 degrés ne changerait rien, on fera un réglage précis plus tard.
- 2) Il est souhaitable, pour des raisons de stabilité de l'ensemble monture + télescope que la base de la monture soit à peu près horizontale. On y parvient en modifiant la longueur de deux des trois pieds supportant la monture. Il y a parfois un niveau à bulle qui facilite le réglage mais une pente de quelques degrés est sans conséquence.
- 3) Il faut alors faire apparaître l'étoile polaire dans le champ du viseur. On agit sur les deux vis de réglage de la latitude qui incline l'ensemble de la monture suivant la latitude du lieu d'observation. Il faut aussi faire tourner un peu l'ensemble de la monture autour de l'axe du trépied car le réglage à l'aide de la boussole était approximatif. C'est à dire trouver le bon azimut pour voir l'étoile polaire.

4)



- 5) Dès que l'on voit l'étoile polaire dans le champ du viseur, on peut dire que l'axe horaire de la monture est « presque » parallèle à l'axe de la Terre et qu'il se trouve « presque » dans le plan du méridien du lieu. La précision est alors de 1 ou 2 degrés
- 6) Il faut maintenant affiner le réglage pour que l'axe horaire de la monture soit rigoureusement (autant que possible !) parallèle à l'axe de la Terre, il sera alors automatiquement dans le plan méridien.

Réglage du réticule

Les logiciels d'astronomie donnent, pour chaque jour, l'heure des passages au méridien du lieu pour l'étoile polaire. Lorsqu'un seul passage est indiqué il s'agit du passage supérieur. Le logiciel le plus pratique à utiliser est le logiciel PolarFinder que l'on trouve gratuitement sur Internet. Ce logiciel utilise par défaut l'heure de l'horloge de l'ordinateur c'est à dire l'heure locale.

On constate en particulier que le 1^{er} novembre à 1 h du matin, heure locale d'hiver, l'étoile polaire fait son passage supérieur au méridien de Greenwich. (longitude 0°) C'est une date et une heure faciles à retenir.

Il est cependant plus classique de travailler en TU. Le passage aura donc lieu à 0 h TU

Le réglage du réticule consiste à le placer dans le champ du viseur dans la position indiquée par le dessin ci-dessus.

Pour cela on tourne la partie mobile de la monture autour de l'axe horaire. Puis on indique à la monture la date et l'heure ci-dessus en tournant le cercle gradué en heures de telle sorte que la graduation 24 (0 h TU) de ce cercle coïncide avec la date du 1 novembre du cercle des jours.

On constate que ces deux cercles n'ont pas d'index et que la bonne position correspond à la coïncidence des graduations comme l'indique la figure ci-dessous. On bloque alors le cercle des heures avec sa vis et on n'y touche plus. A partir de là, le cercle des heures devient solidaire de la carcasse de la monture et ne tourne plus autour d'elle.



Réglage en temps TU

Mise en station le jour de l'observation

Si on faisait l'observation le 1 novembre au méridien de Greenwich, la mise en station serait faite. Comment faire la mise en station quand on n'est pas au méridien de Greenwich à une date différente ?

C'est très simple : on commence par tourner à la main le cercle tronconique pour afficher la longitude devant le curseur. Puis, dès que l'étoile polaire apparaît dans le viseur polaire, on tourne la partie mobile de la platine autour de l'axe horaire jusqu'à ce que les graduations de la date et de l'heure coïncident.

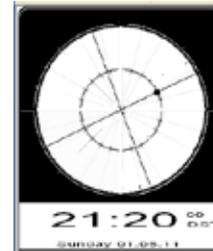
On voit alors les axes du réticule obliques et on place l'étoile polaire dans la bulle. La mise en station est terminée.

Exemple



La mise en station est faite le 1 mai à 19 h 20 TU

Voici ce que l'on voit dans le viseur le 1 mai à 19 h 20 TU c'est à dire à 21 h 20 heure locale.



Autres remarques :

Les montures équatoriales de type EQ5 sont également munies de 2 autres cercles gradués. Ce sont :

- le cercle de latitude
- le cercle de déclinaison

Le cercle de latitude est collé à la carcasse de la monture. Il est gradué de 0° à 90° Il permet de repérer approximativement l'inclinaison du viseur polaire par rapport au plan horizontal du lieu à condition d'avoir initialement réglé l'horizontalité de la platine à l'aide du niveau à bulle. Compte tenu de son index rudimentaire son utilité est très faible. Si vous ne voulez pas utiliser ce cercle gradué, il est inutile de tenir compte de l'indication du niveau à bulle. La platine du trépied n'a pas besoin d'être parfaitement horizontale.

cercle de latitude



Le cercle de déclinaison peut être tourné à la main par frottement doux. Il faut donc placer son index à 90° quand on vise la polaire. Il permet alors de repérer la position d'un astre avec une précision de l'ordre d'un demi-degré.

cercle de déclinaison



Mise en station à l'aide d'un ordinateur

Si vous disposez d'un ordinateur sur place, la méthode de loin la plus pratique consiste à activer le logiciel **PolarFinder** qui vous donne en temps réel la position de la polaire dans le champ du viseur. Plus besoin de cercles gradués, plus besoin de rien (à condition que l'alignement du viseur soit correct). ■

LA PHOTOGRAPHIE LUNAIRE ET PLANÉTAIRE AVEC UN DOBSON par Christophe GROS



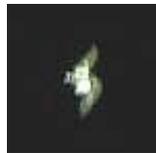
Préambule :

Le but de cet article est de montrer qu'il est possible de réaliser facilement des images de la lune et des planètes avec un petit appareil numérique (APN) de poche, cela derrière l'oculaire d'un télescope de type Dobson, c'est à dire sans motorisation. Toute personne pourra le faire simplement. La seule contrainte étant d'avoir un ordinateur. Bien sûr, on trouvera de plus belles images réalisées avec des équatoriaux équipés de webcam ou de ccd, mais ce n'est pas l'objectif poursuivi ici.

Saturne



La Station Spatiale Internationale



Le matériel nécessaire :

- Un petit appareil numérique, en l'occurrence ici, un apn de poche à 100 euros (Olympus X790)
- Un support pour fixer l'appareil derrière l'oculaire (on en trouve à 40 euros chez les vendeurs astro, mais il peut se fabriquer en bois)
- Un télescope simple mais avec son chercheur parfaitement aligné !
- Un ordinateur de base

La technique de prise de vue :

La technique consiste à utiliser l'apn en mode film puis à en extraire les meilleures images.

Il faut avant tout chercher la planète à photographier dans l'oculaire. Immédiatement, s'assurer que le chercheur est parfaitement aligné.

On installe le support sur l'oculaire, puis l'appareil photo bien en face de celui-ci. Attention à ne pas le fixer trop près, car le zoom peut venir buter contre la lentille d'œil.

Ensuite, et c'est la phase la plus délicate, il faut cadrer l'image sur l'écran de l'apn ! Là, c'est du sport ! En effet, le champ y est minuscule, et la moindre vibration fait sortir l'objet du cadre. Ne pas s'énerver, être patient et recommencer un certain nombre de fois ! Cette opération est parfois décourageante ! L'éviter s'il y a du vent !

Ne pas hésiter à zoomer un peu sinon l'appareil filme l'oculaire et non l'image qui est à l'intérieur.

Une fois dans le capteur, Ô malheur, l'objet traverse le champ à une vitesse déconcertante et disparaît ! C'est pourquoi, il est impossible d'appuyer sur le déclencheur

pour faire l'image, ni d'utiliser le retardateur.

La solution trouvée est donc de filmer. Il suffit de cadrer l'image sur le bord droit, de faire le plus vite possible la mise au point au porte oculaire et de déclencher le film. L'autofocus fera le reste. On lâche tout, les vibrations cessent et on laisse l'objet traverser le champ.

J'ai remarqué que les images filmées étaient strictement identiques à celles vues à l'oculaire. Ce qui signifie que



s'il y a beaucoup de turbulence à l'oculaire, inutile de perdre son temps ! Remettre ça au lendemain !

Extraire les photos du film :

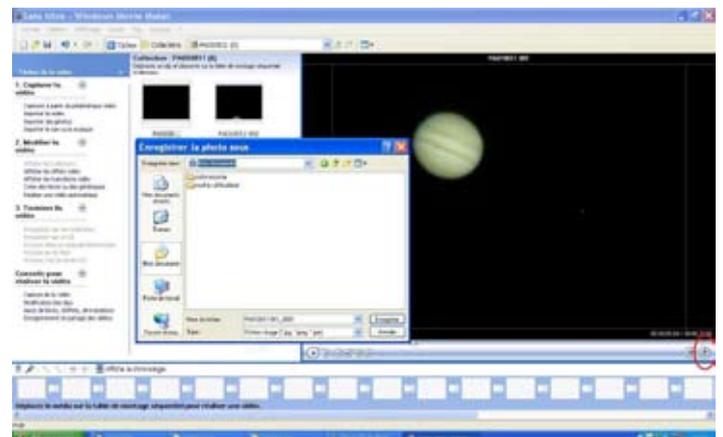
Nous voici en présence d'un film qu'il faut maintenant exploiter : deux solutions :

- extraire simplement des images choisies dans le film (images dites « brutes »)
- traiter avec un logiciel spécifique le film tout entier

1) Extraire des images :

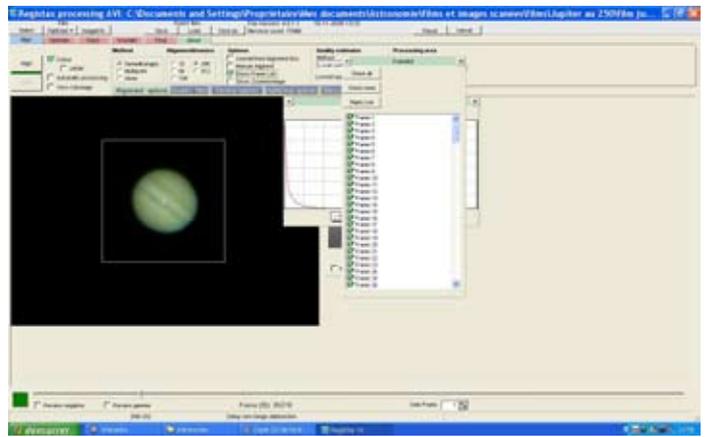
Dans la plupart des PC actuels, sous Windows, il existe un petit programme nommé « Movie Maker »

Il suffit de l'ouvrir, puis d'importer la vidéo réalisée. Ensuite, il est possible de faire avancer le film « image par image » et d'enregistrer les meilleures vues (il y a un icône pour « réaliser une photo » ou un « instantané »)



On peut toujours ensuite, avec Photoshop ou d'autres logiciels modifier le contraste et la luminosité, ou affiner l'image.

La Lune au Dobson 250



on lui demande de les aligner et de les additionner (ça se fait tout seul). A noter qu'on peut enlever les premières images (il suffit de décocher dans une fenêtre prévue à cet effet), car lors de la mise au point, les vibrations sont telles que le logiciel est incapable de se fixer sur l'image en mouvement.

Enfin, et c'est là que cela devient intéressant, apparaît une fenêtre dite « des vaguelettes » : il s'agit de toute une série de curseurs qu'on va pouvoir faire varier et qui vont faire apparaître les détails.

Jupiter et l'ombre d'un satellite (T 250)



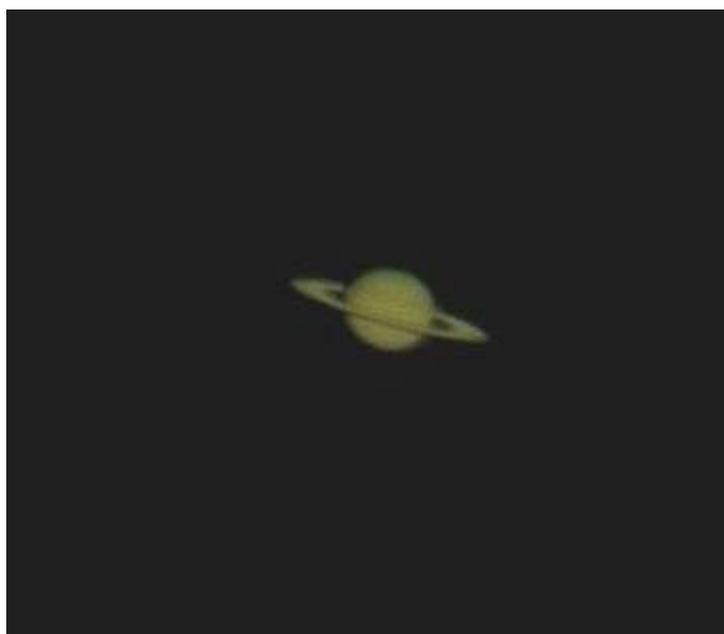
2) Traiter un film :

Avec le logiciel Registax 4 (il existe des versions plus récentes) on peut aussi traiter le film. On pourra alors réaliser une vue à partir de l'addition de plusieurs dizaines d'images. Le logiciel va en quelque sorte prendre des détails dans chacune d'elles puis les additionner pour former une image finale unique. C'est le compositage. La difficulté est que le logiciel a parfois du mal à suivre l'objet en mouvement, puisque le télescope n'est pas équipé d'un entraînement.

Procédure : on importe le film (format AVI), on lui demande de garder un certain pourcentage de bonnes images, puis



La Lune et les planètes : photos de Christophe Gros





PETITE HISTOIRE D'HEURES

par Alain BRÉMOND



Avant 1891 : chaque ville a son heure de temps moyen (avec la correction de l'équation du temps). Elle est donnée soit à midi par un cadran solaire ou une méridienne qui donne le midi solaire vrai. Il est corrigé par l'équation du temps ; soit par les astronomes à l'aide d'observations méridiennes des étoiles. Celle-ci est diffusée électriquement à des horloges implantées dans la ville. Mais, avec ce système, lorsqu'il est 12 heures 00 minute 00 seconde à Paris, il est 12 heures 19 minutes 46 secondes à Nice, et 11 heures 42 minutes 00 seconde à Brest.

Le 15 mars 1891, l'heure légale est celle du méridien de Paris. Par ailleurs l'heure intérieure des gares retarde de 5 minutes sur l'heure extérieure.

Le 9 mars 1911, l'heure légale devient l'heure du temps moyen à Paris moins 9 min 21s ; c'est aussi le temps UTC (Greenwich). Les heures des gares sont uniformisées.

Le 14 juin 1916, l'heure d'hiver est UTC et l'heure d'été UTC + 1

Le 19 mars 1917, les heures sont fixées par la loi.

Le 4 mai 1941, l'heure d'hiver est UTC + 1 et l'heure d'été UTC + 2

Entre 1941 et 1942, la France est coupée en deux : le décalage est de deux heures en zone occupée et de une heure en zone libre.

En 1946, l'heure légale devient UTC + 1, été comme hiver.

Le 28 mars 1976, l'heure d'hiver reste à UTC + 1 et l'heure d'été passe à UTC + 2. Chaque année l'Etat fixe le début et la fin des heures d'été et d'hiver.

LA LUNE EST UNE FILLE CAPRICIEUSE

par Louis SAÏS



Certains jours elle refuse de se lever et d'autres jours elle refuse de se coucher.

Nous sommes tellement habitués à voir la Lune se lever et se coucher qu'il nous paraît invraisemblable qu'il puisse en être autrement, comme si elle était la fille de la maison, l'adolescente dont on surveille discrètement les allées et venues.

Et pourtant, si on regarde cela de plus près, on a des surprises.

Cet article suppose un observateur situé à l'observatoire de Lyon.

Rappelons d'abord qu'on appelle **jour lunaire vrai** le temps qui s'écoule entre deux passages consécutifs de la Lune au méridien du lieu d'observation.

Le **jour lunaire vrai**, tout comme le **jour solaire vrai**, n'est pas une constante au cours de l'année. La différence peut atteindre une vingtaine de minutes.

Rappelons que dans le cas de la Lune, cette différence atteint 50 minutes.

On peut ainsi définir un jour lunaire moyen qui vaut 24 h 50 min, c'est à dire 50 minutes plus long que le jour solaire moyen qui est comme chacun le sait, de 24 heures.

Ce qui fait dire, qu'en moyenne, mais en moyenne seulement, la Lune passe au méridien 50 minutes plus tard du jour au suivant. On dit aussi, mais c'est une approximation grossière, que la Lune se lève 50 minutes plus tard chaque jour.

Le jour lunaire vrai est donc régi par la combinaison de trois mouvements de rotation :

-Le mouvement de rotation de la Lune autour de la Terre.

-Le mouvement de rotation de la Terre autour de son axe.

-Le mouvement de rotation de la Terre autour du Soleil.

Il en est de même de l'heure du lever de la Lune et de l'heure de son coucher.

L'écoulement des jours de notre calendrier civil est une œuvre humaine régie par des horloges qui obéissent aux lois de la physique et en continuel décalage par rapport aux mouvements astronomiques.

C'est pour cela que les heures de lever et de coucher des astres varient continuellement.

On comprend après cela, qu'à certaines dates, la Lune peut se lever quelques minutes avant minuit (donc la veille) et qu'à certaines dates elle peut se coucher quelques minutes après minuit (donc le lendemain). Certains jours la lune ne se lève pas et parfois elle ne se couche que le lendemain !

Mais il y a encore plus fort ! Certains jours la Lune ne passe pas au méridien !

Cela se produit lorsqu'elle est passée au méridien la veille peu avant minuit et qu'elle repasse au méridien le lendemain juste après minuit.

Exemple : année 2011 à Lyon

| Date | lever heure locale | coucher heure locale | remarque |
|------------|-------------------------|----------------------|------------------|
| 10 janvier | 10 h 47 (heure d'hiver) | 23 h 51 | lever et coucher |
| 11 janvier | 11 h 07 (heure d'hiver) | après 24 h | pas de coucher |
| 21 juin | avant 0 h (heure d'été) | 11 h 53 | pas de lever |

Le 18 janvier le passage au méridien a eu lieu à 23 h 56 (heure locale d'hiver) et le passage suivant a eu lieu le 20 janvier à 0h 54 (heure locale d'hiver) donc le 19 janvier, la Lune n'est pas passée au méridien. ■

LES CALENDRIERS INCAS

par Alain BRÉMOND



Après la conquête de l'Empire Inca par Francisco Pizarro (1516-1544) et la mort du dernier empereur Manco Capac II en 1545, la destruction des documents et même de certains monuments fut systématique. Ce qui nous reste de la culture Inca provient soit de fouilles archéologiques soit de reconstitutions par des descendants cultivés comme Garcilaso de la Vega (1539-1616) et Felipe Guaman Poma de Ayala (1536-1616) ou par quelques lettrés espagnols défenseurs de cette culture, tel Blas Valera (1545-1597), Martin de Muria (1525-1618) et Bernabé Cobo (1582-1687). Parmi les travaux récents, il faut citer ceux de Anthony Aveni, Laura Laurencich-Minelli, Giulio Magli ou de R. Tom Zuidema.

Les Incas apparaissent sur la scène historique au XIII^e siècle. Ils s'imposent aux peuples pré-existants tout en adoptant un certain nombre d'éléments de leur culture. Il faut citer en particulier les cultures Chancay, Chomu, Ica et Huari pour les plus récentes.

Pour comprendre les différents calendriers des Incas, il faut rappeler quelques notions astronomiques simples :

Le mois synodique (retour de la nouvelle Lune ou lunaison) est approximativement de 29,5 jours. Ce qui implique que deux mois synodiques font 59 jours et que 12 lunaisons comprennent 354 jours. Le mois sidéral, calculé à partir du retour d'une même position de la Lune par rapport aux étoiles est de 27,3 jours. Il y a un peu plus de 13 mois lunaires sidéraux dans une année solaire de 365 jours.

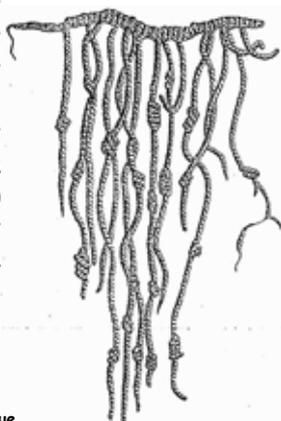
L'année tropique est de 365,25 jours et l'année « usuelle » est de 365 jours. Il manque donc onze jours pour adapter une année lunaire synodique à l'année solaire. Il faut aussi la corriger tous les quatre ans en rajoutant un jour ($4 \times 0,25$), en analogie avec nos années bissextiles.

Les Incas essayèrent différentes solutions pour résoudre ces difficultés.

Les quipus

Parmi la documentation sur les calendriers, les *quipus* (6) occupent une place particulière. Le mot de *quipu*¹ est la traduction du mot quechua signifiant « nœud ». Ils sont en effet formés de cordelettes attachées à une corde maîtresse et souvent regroupées en séries d'un nombre variable. Les cordelettes sont nouées pour former une suite de nœuds de formes et de nombre variables (figure 1) Le code est constitué de plusieurs couleurs différentes qui teintent les cordelettes et y déterminent des zones différentes et par les nœuds échelonnés sur les cordelettes. Des cordelettes secondaires pouvaient être attachées sur la cordelette principale (figure 1) et porter soit des nœuds soit des indications sous forme de dessins.

Figure 1 : Un quipu type



Quelques uns des 600 quipus conservés semblent correspondre à des calendriers (3). L'un d'eux compte 730 cordelettes rassemblées en 24 groupes de 30 petites cordes. Il pourrait s'agir d'un calendrier courant sur deux années de 365 jours avec 12 mois de trente jours. Trois *quipu-calendriers* ont été particulièrement étudiés. Le *Ica quipu* date de la période pré-Inca, celui des Chachapuyas est plus tardif, élaboré au début de la période coloniale, il a subi l'influence espagnole avec une tendance à rapprocher les connaissances anciennes avec le calendrier catholique. Pour cette raison, nous ne développerons pas ce calendrier. Un autre calendrier date de la civilisation Huari, pré-Inca (V. 700 - v. 1200). Il n'a pas encore été étudié en détail. Les historiens ont bien montré que la culture Inca a hérité des cultures pré-Incas et que cela s'applique aussi à l'élaboration des calendriers.

- Le calendrier quipu de la culture Ica (9)

Il comporte une série de six cordelettes portant respectivement 60, 54, 60, 61, 60 et 70 nœuds soit au total 365 nœuds. Les cinq premiers totalisent 295 jours soit dix mois synodiques. Ils correspondent en moyenne à des mois doubles de 59 jours lunaires où les jours surnuméraires, respectivement de 1, 1, 2, 1 soit 5, sont rattrapés par le mois de 54 jours. Par contre rien ne permet d'expliquer l'utilisation du mois de 70 jours pour compenser à la fois la différence avec 12 mois lunaires soit 354 jours et le reste pour atteindre 365 jours. Ce nombre de 70 pourrait se décomposer de 59 jours (soit deux mois lunaires) et de 11 jours pour rattraper l'année solaire.

- Le pachaquipu de Blas Valera (5,8)

Il s'agit d'un dessin sur deux pages représentant un *quipu* qui date du début des années 1600. Il a été bien étudié par plusieurs archéologues dont Laura Laurencich-Minelli, Giulio Magli et R. Tom Zuidema.

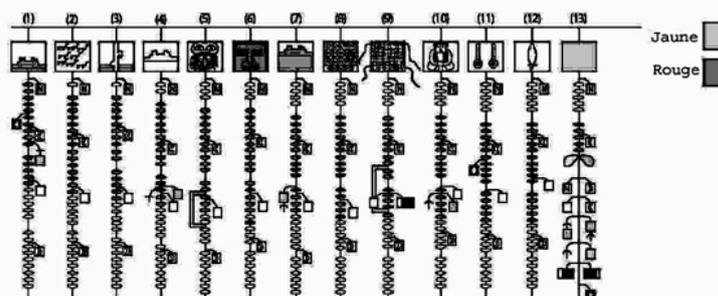


Figure 2 : représentation schématique du pachaquipu. Dessiné par Blas Valera. Crédit L. Laurencich-Minelli

¹ Les mots en italique seront expliqués dans le lexique

Les écrits des lettrés proches ou parents des Incas

Inca Garcilosa de la Vega (4) est le fils d'un espagnol contemporain de Pizarro et d'une princesse Inca Chimpu Occlo, descendante de l'Inca Huallpa Tupac. Il avait appris la langue *quechua* et la lecture des *quipus*. Dans deux chapitres, il nous livre ce qu'il sait des calendriers Incas.

Des observatoires étaient construits dans leur capitale Cuzco pour observer les événements remarquables touchant le Soleil. Des colonnes de pierre, sorte de portes, repéraient les lever et coucher du Soleil aux solstices et aux équinoxes tandis que des colonnes formant des gnomons permettaient de repérer le midi solaire et le passage, deux fois l'an, du Soleil au zénith. D'autres systèmes existaient aussi dans d'autres villes, notamment au Machu Pichu. Voici ce que décrit Garcilaso :

« Les prêtres, quand ils prévoyaient que le jour de l'équinoxe approchait notaient avec soin la longueur de l'ombre qu'elles faisaient [les colonnes]. Les colonnes étaient au centre d'un très grand cercle, partagé par une grande ligne qui allait d'orient en occident qu'ils avaient tracé grâce à leur longue expérience. Par l'ombre que la colonne faisait sur la ligne, ils voyaient que l'équinoxe approchait et quand l'ombre parcourait la ligne d'un bout à l'autre : c'était l'équinoxe. » Les solstices étaient matérialisés par des tours. Ces tours se confondaient avec celles qui matérialisaient les *ceques*². Tous ces édifices ont été détruits en 156 par les espagnols comme impies.

Les mois commençaient à la Nouvelle Lune et d'ailleurs le mot mois était le même que celui de la Lune : *quilla*. Il n'y avait pas de nom pour les jours. La division de l'année semble avoir été double : lunaire en raison de sa simplicité d'observation, mais adapté au cycle solaire pour les besoins des prêtres et de l'Inca et pour que la correspondance du calendrier avec les saisons persiste d'une année sur l'autre. C'est d'ailleurs l'état centralisé qui fixait les dates des semailles, basées sur le calendrier solaire. Garcilosa réfute l'idée d'un ajustement des deux cycles lunaire et solaire sous forme d'un calendrier luni-solaire mais précise que les deux calendriers n'étaient que superposés, comme le montre d'ailleurs le *pacha quipu*.

Le système des Ceques

Les *ceques* représentent un système de repères de direction partant de la ville de Cuzco. Ils sont matérialisés dans le paysage par des constructions diverses correspondant à des zones considérées comme sacrées : les *huacas* (6). On distingue 41 *ceques* et 42 directions (une est prolongée dans la direction opposée en pointillés sur la figure 4.) Il y avait 328 *huacas* situés sur 41 *ceques*. Ainsi, chaque *ceque* correspondait à huit jours : $41 \times 8 = 328$ jours. Il y avait donc huit *huacas* par *ceque*. Les *huacas* étaient groupés par 3 comme le montre la figure 4. Sur chaque *ceque*, les jours étaient comptés depuis le *huaca* le plus proche du centre jusqu'au plus périphérique. Il reste 37 jours sans *ceque* ni *huaca* (figure 5) dans une zone située entre le 3 mai et le 9 juin appelée *Aymuray raymi*. Cette période correspondrait à l'invisibilité des Pléiades à Cuzco. Elle ne comprenait aucune manifestation en lien avec l'agriculture.

Quant à la matérialisation des *ceques* : seulement 2 étaient sûrement en lien avec des repères astronomiques attestés : les directions des solstices. C'est plus une

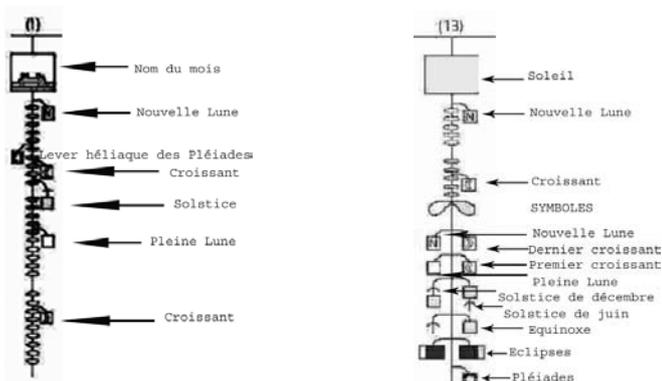


Figure 3 : A gauche le premier mois. Noter les deux couleurs qui séparent le mois en deux parties de 15 jours et les trois semaines de 10, 10 et 9 jours. A droite, la partie haute représente le treizième mois et la partie inférieure est un dictionnaire des symboles employés

Ce *quipu* comporte treize cordelettes. Les douze premières sont surmontées de cartouches qui représentent les mois. Le premier mois comprend trois groupes respectivement de dix, dix et neuf nœuds séparés par un espace. Un dixième nœud (le dixième jour de la semaine de dix jours) est reporté sur la cordelette suivante. Les deux mois suivants sont identiques mais le quatrième et le cinquième portent deux nœuds additionnels en haut de la cordelette. Ainsi chaque mois comporte vingt-neuf jours ou trente jours et des semaines de dix jours. Des couleurs différentes (rouge et jaunes) permettent de diviser le mois lunaire en deux périodes de quinze jours. Au total il y a 365 jours. Les douze premiers mois comptent 355 jours soit la durée de douze périodes synodiques de la Lune. Les dix jours supplémentaires ne suffisent pas, dans ce *quipu*, à faire correspondre exactement le calendrier lunaire avec la durée de l'année solaire de 365 jours.

La treizième corde compte cinq nœuds jaunes et cinq nœuds rouges pour faire douze mois synodiques de 29,53 jours. L'étude des symboles permet de remarquer que chaque mois commence à la Nouvelle Lune. Le solstice de juin apparaît entre le huitième et le neuvième jour du mois 1, celui de décembre entre les jours 14 et 15 du mois 7. Les équinoxes sont présents les mois 4 et 10. On note une éclipse de Lune entre les jours 15 et 16 du mois 9. Quant au symbole des Pléiades, ils sont présents au mois 1 et au mois 11. Les autres symboles marquent les phases de la Lune.

Un certain nombre de repères permettent de dater ce calendrier. Un nœud noir (figure 3, mois 6) correspond à la bataille de Cajamarca qui s'est déroulée le 16 novembre 1532. Avec ce repère, le début du calendrier correspond donc au 3 juin 1532 et se termine le 2 juin 1533. Cette chronologie est confirmée par les observations des solstices et des équinoxes. Aucun symbole d'éclipse de Soleil n'est retrouvé sur le *quipu*. On a pu vérifier qu'il n'y en avait effectivement pas eu dans cette période. Par contre une éclipse de Lune est notée, correspondant au neuvième mois : il y en a bien eu un ce jour là, qui avait culminé à 7 heures 10. Les marques en forme de « [« , aux mois 5 et 9, encadrent les moments des passages du Soleil au zénith dans la région de Cuzco.

hypothèse pour les autres: passages du Soleil au zénith, équinoxes... Comment la division en *ceques* a-t-elle été construite, on ne le sait pas précisément mais sa réalité n'est pas discutée.

L'orientation des figures n'est pas précisées mais on sait que le territoire Antisuyu était au NO et Chinchaysuyu au NE. Le Nord devait être dans ce dernier secteur de la vallée de Cuzco.

Les populations connaissaient bien les *huacas* et pouvaient donc facilement, dans la région de Cuzco au moins mais, on le sait aussi, en Bolivie, repérer les jours de l'année et savoir ainsi ce qu'ils avaient à faire sur le plan agricole. Ces hypothèses sont étayées par des considérations locales et par plusieurs chroniques qui les confirment.

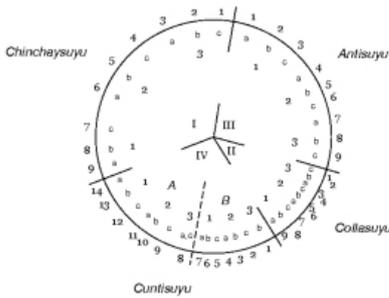


Figure 4 : Division des ceques (le terme de suyu caractérise des divisions territoriales de la région de Cuzco, au nombre de quatre). La direction du Nord correspond au chiffre 1. Crédit Zuidema.

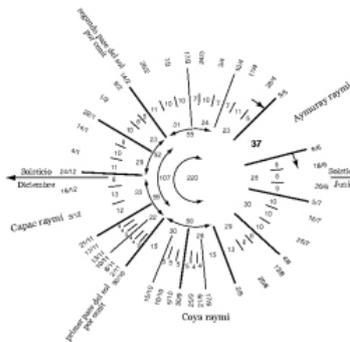


Figure 5 : Les ceques comme calendrier. (d'après Zuidema: 8). Certains mois importants sont indiqués : Coya rayni, Capac rayni, Aymura rayni et Inti rayni (voir plus loin). Les directions des solstices et des passages du Soleil au zénith sont indiqués. Crédit Zuidema.

Deux de ces *ceques* correspondent aux directions des solstices et, probablement, deux autres aux passages du Soleil au zénith. Les *ceques* ne correspondraient pas à une division du cercle en degrés mais à une division de l'année en périodes inégales (figure 5). À partir de textes d'érudits espagnols et en se basant sur plusieurs divisions territoriales au Pérou et en Bolivie, Zuidema attribue à cette sorte de cartographie très sophistiquée des Incas une valeur de calendrier. Il serait basé sur la révolution sidérale de la Lune de 27,33 jours et sur les événements solaires remarquables que sont les solstices et équinoxes ainsi que les passages au zénith du Soleil.

La subdivision territoriale, calquée sur la division en *suyus*, correspond à une division du temps en mois et en saisons de durées inégales. Son adéquation avec les fêtes religieuses, les services dus à l'inca et au protocole de la cour montrent, s'il en était besoin, l'utilisation de la maîtrise du temps dans le gouvernement des peuples.

Au total : deux calendriers

En effet les Incas possédaient deux calendriers. L'un solaire de 365 jours et l'autre lunaire de 328 jours. Ceux-ci étaient attribués au dieu solaire Viracocha. L'inca

Pachacuti qui régna de 1438 à 1471, soit une soixantaine d'années avant l'arrivée des espagnols, l'aurait modifié et certains pensent que ce calendrier n'était pas totalement fixé lors de l'arrivée des espagnols au Pérou.

Le calendrier solaire

Comportant douze mois de trente jours, et cinq jours de fêtes. Il manquait un quart de jour chaque année. Les Incas recalaien leur calendrier au moment du solstice d'été (en décembre dans leur hémisphère). Pour cela ils disposaient de systèmes gnomoniques pour repérer solstices et équinoxes.

Ce calendrier solaire était utilisé pour garder un temps asservi aux saisons d'une année sur l'autre et pour définir les fêtes religieuses liées au dieu Soleil.

Le calendrier lunaire

Les mois de vingt-neuf et de trente jours étaient divisés en trois périodes de dix jours. Tous les trois ans l'année comptait treize lunes. Un cycle lunaire complet comptait ainsi 37 lunes. Vingt de ces cycles formaient une période de soixante années elle-même divisée en quatre parties de quinze ans.

Il était utilisé pour rythmer la vie des cités, définir le moment des activités agricoles et les fêtes civiles et religieuses. Sur ce calendrier lunaire "naturel" les savants incas reportaient les dates des fêtes civiles et religieuses.

Plusieurs types de calendriers lunaires ont été décrits. Celui du *pachaquipu* comportait douze mois lunaires soit 354 jours mais un autre calendrier purement lunaire et plus hypothétique, commencerait au lever héliaque des Pléiades, soit le huit septembre. Il se terminerait à la première Pleine Lune suivant le solstice d'hiver (en juin). Comme il manquait trente-sept jours et quart par rapport à l'année solaire, les Incas introduisaient des jours intercalaires. Ces jours représentaient des jours d'inactivité relative au niveau agricole.

Les douze mois lunaires selon Guaman Poma (2)

L'auteur commence ainsi sa description : « Chapitre premier des années, mois des Incas. Mois et années et dimanches que comptaient les Incas dans ce règne, que les philosophes et astrologues anciens comptaient la semaine de dix jours et le mois de trente jours. »

A priori, rien n'indique qu'ils avaient séparé le jour et la nuit en périodes. Ils repéraient le lever et le coucher du Soleil ainsi que son passage au méridien et cela suffisait pour leurs activités (1, 11).

La suite des jours était marquée par les phases de la Lune. Il dit aussi qu'il existait des calendriers sous forme de *quipus* : « Les dits douze mois formaient une année et pour définir cet ordre ils faisaient des quipus de tous ce qui s'était passé dans ce royaume pendant cette année. » Ainsi, le *quipu* aurait été, selon lui, plus une chronique qu'un calendrier.

Dans son ouvrage, les noms des mois sont rapprochés des mois grégoriens, mais le premier mois était celui de décembre. Poma donne ensuite une description des douze mois de l'année en fonction des activités agricoles (tableau 1 et figures 6 et 7).

| Numéro du mois Inca | Nom | Fête | Travaux | Durée du mois lunaire | Correspondance approximative |
|---------------------|---|--|---|-----------------------|------------------------------|
| 2 | Capac Raymi, La grande fête | samay killa Mois du repos | Mais, temps des pluies et de creuser la terre | 30 | janvier |
| 3 | Hatun Pucuy Grande maturité | Pawqar Waray Killa Mois où il faut se vêtir d'habits précieux | Temps de surveillance du maïs la nuit | 29 | février |
| 4 | Pacha Puqay Killa Mois de la maturité de la terre | | Temps où il faut chasser les perroquets des champs de maïs | 30 | mars |
| 5 | | Inca Raymi Killa Fête de l'Inca | Maturité du maïs, à protéger des voleurs | 29 | avril |
| 6 | | Hatun Kuski Mois de la recherche | aymuray killa Mois des moissons | 30 | mai |
| 7 | | Inti Raymi Petite fête du Soleil | Hawkay Kuski Repos de la récolte ; ramassage des pommes de terre | 29 | juin |
| 8 | Chakra rikuy, chakra qunakuy chawa warkum killa Mois de l'inspection et de la répartition des terres | walla wisa Sacrifices Sacrifices de 100 lamas noirs | Cueillette des fruits | 30 | juillet |
| 9 | | Hayllinmi Ynca L'Inca danse le haylli (chant de triomphe) | Chakra Yapuy Killa Mois des labours | 30 | août |
| 10 | Quya Raymi Killa Mois de la fête de la reine | | On sème le maïs | 29 | Septembre |
| 11 | Uma Raymi Killa Mois de la fête principale des origine | | Fête de l'eau, tonte des lamas | 30 | octobre |
| 12 | Aya Marçay Killa Mois où il faut porter les défunts en procession | | Arrosage des semences | 29 | novembre |
| 1 | Capac Inti Raymi Grande fête du Soleil | Quya Raymi Fête de la Lune | Plantation des pommes de terre et autres tubercules | 30 | décembre |

*Tableau 1 : mois de l'année d'après Guaman Poma de Ayla.
Les mots en quechua ont des orthographes variables (voir lexique).*



1 : décembre



2 : janvier



3 : février



4 : mars



5 : avril



6 : mai



7 : juin



8 : juillet



9 : août



10 : septembre



11 : octobre

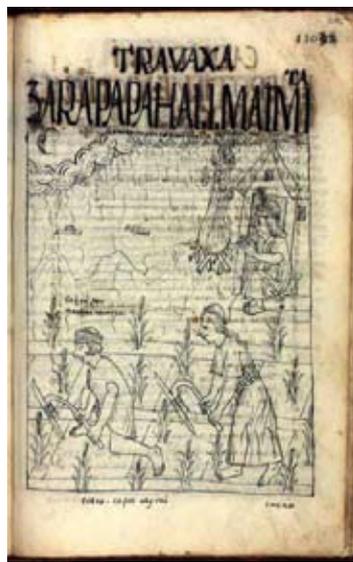


12 : novembre

Figure 6 : illustrations des mois du calendrier des fêtes selon Guaman.



1 : décembre



2 : janvier



3 : février



4 : mars



5 : avril



6 : mai



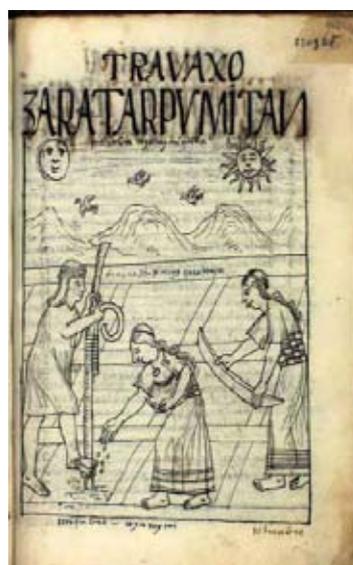
7 : juin



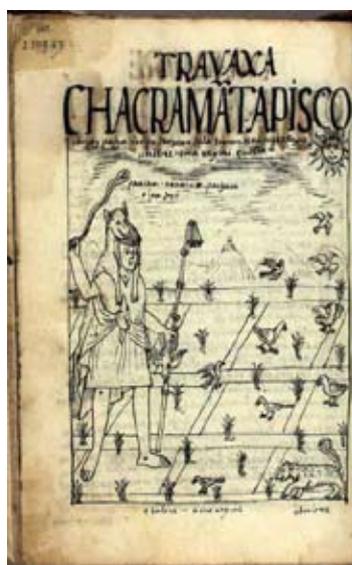
8 : juillet



9 : août



10 : septembre



11 : octobre



12 : novembre

Figure 7 : les mois et les travaux des champs selon Guaman.

Conclusions

Il existe des discordances entre les différentes sources et beaucoup de lacunes. Malgré cela, il est possible de tirer quelques notions assez fiables. Les calendriers ne sont pas apparus avec les Incas, leurs prédécesseurs (Ica, Chachapuyas) les utilisaient déjà. Dans leurs processus de centralisation de toutes les activités, les Incas ont utilisé les calendriers comme élément fédérateur des populations andines. Cet élément fédérateur et centralisateur est bien illustré par le système des ceques qui ancre le temps dans l'espace andin. Leur division de l'année était double : lunaire pour sa facilité d'utilisation et solaire pour la permanence de l'évolution des saisons. Ces deux calendriers se sont simplement superposés, sans qu'au moment de la conquête espagnole une unification ait été réalisée. Certains chercheurs pensent que ce calendrier était encore largement évolutif lorsque cette culture a été détruite par les européens.

Pour en savoir plus

1-Giulio Magli. On the astronomical content of the sacred landscape of Cusco in Inka times. Nexus Network Journal. Architecture and mathematics. 2005; 5: 22-32

2-Guaman Poma de Ayla Felipe. Nueva corónica y buen gobierno (1615). <http://www.kb.dk/permalink/2006/poma>

3-Harvard University, Khipu database project : <http://khipukamayuq.fas.harvard.edu>

4- Inca Garcilaso de la Vega. Comentarios reales de los Incas. Romulo Duenas Cabezas, Lima, 2008 [1609].

5-Laurencich-Minelli Laura, Magli Giulio. A calendar Quipu of the early 17th century and its relationship with the Inca astronomy.

6-McKim Malville J.. Cosmology in the Inca Empire: Huaca Sanctuaries, State-Supported Pilgrimage, and Astronomy. Journal of Cosmology, 2010, Vol 9, 2106-2120.

7-Urton Gary. Signs of the inka khipu. University of Texas press, Austin, 2003

8-Zuidema R. Tom. The Inca calendar, the Ceque system and their representation in Exsul Immeritus.. In <http://amsacta.cib.unibo.it/2350/7/Cap2.pdf>

9-Zuidema R. Tom. A quipu calendar from Ica, Peru, with a comparison to the ceque calendar from Cuzco. Oxford International Conference on Archaeoastronomy, p. 341 - 351

10-Zuidema R. Tom. Pilgrimage and ritual movements in Cuzco and the Inca Empire. <http://www.colorado.edu/Conferences/pilgrimage/papers/Zuidema.html>

11-Ziolkowski M. et Sadowski R.. Ed. Time and calendars in the Inca Empire. B.A.R. International series. Oxford 1989.

Petit lexique quechua - français

Allay : labourer

Aya : défunt

Aymuray, aimorai : récolte

Capac, qhapac : grand, roi

Chakra, chacra : la terre (cultivée)

Chawawarkum killa : aujourd'hui mois de juillet (parfois septembre)

Conacuy, qunakuy : distribution

Huaca : lieu ou objet sacré

Hatun, jatun : grand

Hawkay : repos

Inca : le seigneur, la tribu qui a dirigé les pays andins. Par extension les populations andines du nord.

Inti : Soleil

Kamay, camay : commandement, chef, seigneur

Killa, quya, quilha, coya : la Lune, le mois, la reine

Kuski : moisson

Marcaj : porter en procession

Pacha : le monde, la terre, le temps (durée)

Papa : pomme de terre

Pawqar : ornements

Puquy, poquoy : murir, maturité

Pucay : rassasié

Raymi : fête

Ripuy, rikuy : s'en aller, inspection

Samay : se reposer

Sara, zara : mais

Suyu : le pays. Division administrative du territoire

Uma : tête, chef

Walla : guerrier

Waray : abondance

Yapuy : retournement, labour

APEX par Jean-Yves ROGER



▲ Apex.
Le Soleil se dirige à plus de 72000 km/h vers un point de la constellation d'Hercule.
Chaque des planètes du système solaire, par suite de son mouvement orbital autour du Soleil, vient en fait une trajectoire en hélice.

APEX : Encore un mot du glossaire de l'Astronomie, dont le simple énoncé ne permet pas forcément d'en deviner le sens. Alors ...

L'Apex est un point de la sphère céleste vers lequel se dirigent le Soleil et son système planétaire.

On peut mettre en évidence le mouvement du soleil par rapport à un repère local, en étudiant les vitesses radiales des étoiles proches. On détermine ainsi les coordonnées de l'apex.

C'est un point situé dans la constellation d'Hercule, à 18h00 d'ascension droite, et 30° de déclinaison.

Le Soleil et son cortège de planètes se dirigent vers ce point à la vitesse de 72000 km/h.

C'est W. HERSCHEL, en 1783, qui le premier a mis en évidence ce mouvement.

On retrouvera tout ce petit monde à peu près à la même place, dans 220 millions d'années, lorsque la Galaxie aura accompli une nouvelle rotation.

Sortie d'observation du 22 au 28 Septembre 2011

De nouveau cette année, le hameau «les Guions» dans les Hautes Alpes à 1300 m d'altitude au dessus de St Crépin et de la vallée de la Durance nous a accueilli du jeudi 22 au vendredi 28 septembre. Au programme étaient prévues des séances d'observations astronomiques et des randonnées auxquelles sont venues s'adjoindre à l'initiative des participants d'autres activités comme de la musique.



17 personnes ont pu participer en tout ou partie à cette sortie tenue du jeudi 22 au mercredi 28 septembre. A noter au nombre des participants un charmant bambin de 8 mois, Antoine qui nous a égayé de son sourire tout au long de son séjour.



Pour ce qui concerne les observations astronomiques nous eûmes 5 nuits sur 6 pendant lesquelles nous pûmes observer, 3 d'entre elles, les 2 premières et la dernière, présentant une bonne transparence associée à une turbulence faible. Six instruments, du 150 au 450mm, ont permis l'observation d'objets du ciel profond qu'il est impossible d'énumérer

ici et nous ont donné de belles images de Jupiter au méridien au milieu de nuit. Parmi ces observateurs deux personnes se sont consacrées plus particulièrement à l'astrophotographie, technique pleine d'embûches !



A noter également des observations de jour du soleil au travers du Coronado du club grâce auquel nous avons pu assister en direct à 2 éruptions solaires à une époque où l'activité de celui ci bat son plein. Celle en date du samedi 24 en fin de matinée, a été remarquable tant par sa brièveté, environ une heure, que par son intensité avec la présence d'une arche bien visible reliant deux taches solaires sur le globe.

Notre activité ne s'est pas limitée à l'observation mais comportait aussi de belles randonnées au travers du massif avoisinant ou au travers du parc des écrins avec notamment des escapades à Dormillouse, magnifique village devenu emblématique de par sa position dans la zone centrale du parc, le glacier blanc au départ du pré de Mme Carle, joyau touristiques de la Vallouise ou tout simplement le lac Lauzet situé au dessus du hameau des Guions.



Enfin comment ne pas mentionner l'intendance et les repas magnifiquement assurés par Gérard et Monique Truscello, qu'ils en soient ici remerciés, et la soirée guitare assurée par Bernard Carré à l'occasion de la seule soirée pluvieuse; on en viendrait à souhaiter le mauvais temps !

