

COURS : 1

Cours élémentaire d'astronomie et d'astrophysique: I - premiers temps

Georges Paturel, Observatoire de Lyon

Résumé: *Dans cette introduction, très brève, du cours élémentaire d'astronomie et d'astrophysique, nous décrivons quelques phénomènes observés, essentiellement à l'horizon, par les premiers astronomes. Nous découvrons ainsi comment le temps, qui règle notre vie et garde la mémoire des choses passées, s'est construit autour de ces phénomènes dont il nous faudra comprendre l'origine.*

Mots-clefs : HISTOIRE – PLANÈTE – CALENDRIER

Introduction

J'ai souhaité rédiger ce modeste cours en pensant surtout aux "commençans", comme écrivait Clairaut. En effet, tout ou presque a déjà été dit et écrit dans les Cahiers Clairaut depuis 25 ans. Aussi certains jeunes enseignants pensent qu'ils ont raté le départ du train. Alors il est tentant de refaire partir un train, de temps en temps. Même si les choses déjà vues sont redites et expliquées à nouveau, l'éclairage qu'on y apporte n'est jamais le même.

Il y a deux façons de comprendre un phénomène: "avec les mains", sans équations, ou avec des calculs. Les deux approches sont nécessaires, et les deux réclament une aptitude particulière. Cependant, dans ce cours, nous essaierons de privilégier la première méthode avec simplement un peu d'arithmétique quand cela sera utile pour une description plus quantitative.

J'espère ainsi que nous partagerons ensemble le plaisir qu'il y a à comprendre.

Astronomie et astrophysique

A une époque préhistorique perdue dans la nuit des temps, les premiers hommes ont certainement été frappés par la régularité de certains phénomènes célestes ou ont été intrigués par

d'autres phénomènes se produisant de manière apparemment aléatoire. Ces ancêtres lointains faisaient de l'*astronomie*. Nous pouvons les imaginer contemplant un soleil couchant, repérant les étoiles fixes, les astres vagabonds que sont les planètes, la Lune, visiteuse régulière, le Soleil, source quotidienne de chaleur. Ils ont dû s'inquiéter quand, lors d'une éclipse de Lune, la nuit claire devenait brusquement obscure, ou pire, quand le Soleil disparaissait en pleine journée, lors d'une éclipse totale de Soleil. Ils ont dû admirer les arcs-en-ciel naissant après la pluie, le retour régulier des marées hautes pour les peuplades côtières et peut-être aussi les aurores polaires, visibles parfois à basse latitude. Ces observations ont certainement fait naître la curiosité: pourquoi tel phénomène se produit-il ?

Lentement, la construction logique d'une explication s'est fait jour. Comme toujours dans l'évolution des idées, les hommes ont commencé par y voir la manifestation d'une puissance surnaturelle. Ce n'est qu'avec les progrès de la physique que le lien s'est opéré, donnant naissance à l'*astrophysique*. L'origine est, là aussi, difficile à préciser. Les savants grecs, comme nous le verrons, plusieurs siècles avant le début de notre ère, faisaient déjà de l'astrophysique, en utilisant par exemple l'ombre de la Terre, un phénomène physique connu et expérimenté sur terre, pour

déterminer la distance de la Terre à la Lune. Mais la grande avancée de l'astrophysique est certainement à faire coïncider avec l'analyse spectrale de la lumière. Ce sera l'objet des cours plus avancés.

Premiers vestiges

L'astronomie, qui étymologiquement signifie le classement des astres, se confond avec la science du temps. En effet, la première utilisation des connaissances tirées de l'observation des astres fut bien celle du réglage du rythme de la vie, autrement dit de la définition du temps.

Avant même de construire un calendrier découpant le temps en cycles précis, l'homme préhistorique a enregistré le nombre de retours du Soleil entre deux phénomènes. Après le Soleil, le phénomène qui se reproduit le plus rapidement et le plus régulièrement est le retour de la pleine lune. Tous les 29 ou 30 jours, la Lune apparaissait bien ronde et très lumineuse à l'homme préhistorique.

Des os gravés, vieux de 10 000 ou 30 000 ans et portant des entailles ou des marques régulières, ont été trouvés dans des sites préhistoriques comme celui d'Ishango au bord du lac Edouard en Afrique équatoriale ou celui de la grotte Blanchard (Figure I-1), près d'Argenton-sur-Creuse au nord de Limoges. Était-ce déjà le décompte des jours ou des lunaisons? Difficile à dire.

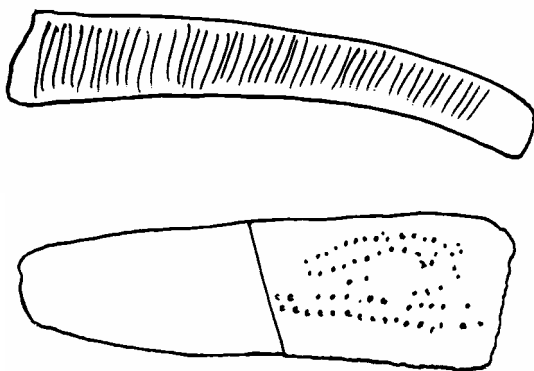


Figure I-1: Os préhistoriques: en haut, os gravé d'Ishango; en bas os de la grotte Blanchard. Était-ce le premier enregistrement des jours qui passent?

La preuve la plus frappante vient peut-être de ce qu'on appelle la pierre de Knowth, en

Irlande. C'est un véritable calendrier lunaire. Il est bien plus récent puisqu'il date vraisemblablement du III^e millénaire avant notre ère. Nous le redessinons à la Figure I-2, d'après le livre de Parisot et Suagher [1].

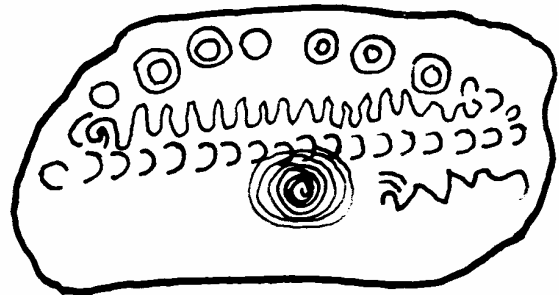


Figure I-2: Le calendrier lunaire de Knowth.

Hormis différents symboles difficiles à interpréter, on y trouve clairement la représentation de différentes phases de la Lune: pleine lune, premier quartier, dernier quartier. Ce qui est remarquable, c'est que le nombre de symboles représentant la Lune est de 29!

Premiers instruments de mesure

Les chercheurs d'aujourd'hui ont recours à des instruments de mesure gigantesques, télescopes, détecteurs ou accélérateurs de particules, qui souvent dépassent ce qu'un individu seul peut réaliser. Mais les premiers instruments de mesures astronomiques étaient eux aussi colossaux, œuvre d'un peuple et non d'un homme seul. Il s'agissait de pierres énormes, les mégalithes, disposées de façon à rendre possible le repérage de directions privilégiées.

Ces observatoires sont par exemple celui de Carnac en Bretagne du Sud, près de la presqu'île de Quiberon en France ou celui de Stonehenge en Angleterre (Figure I-3).

Le menhir dit le Géant de Manio à Carnac servait peut-être de point de mire. Depuis un autre lieu du site, il était possible de viser par exemple un lever du Soleil. Les premiers observateurs durent constater que le Soleil ne se levait pas toujours dans la même direction. L'hiver, quand les jours étaient courts à Carnac, le Soleil se levait au Sud-Est; quand la durée du jour était plus

longue, le Soleil se levait au Nord-Est. L'homme du XXI^{ème} siècle sait-il encore que le Soleil ne se lève pas toujours exactement à l'Est ?



Figure I-3: Les restes du site de Stonehenge en Angleterre.

A Stonehenge (Fig. I-3) c'est encore plus extraordinaire. Les mégalithes disposés en cercle étaient au nombre de 30. L'un d'eux, Heelstone, situé à l'écart, permettait de trouver, depuis le centre du cercle, une direction faisant un angle de 50 degrés par rapport au nord, en direction de l'est (Fig. I-4). Est-ce une direction privilégiée ?

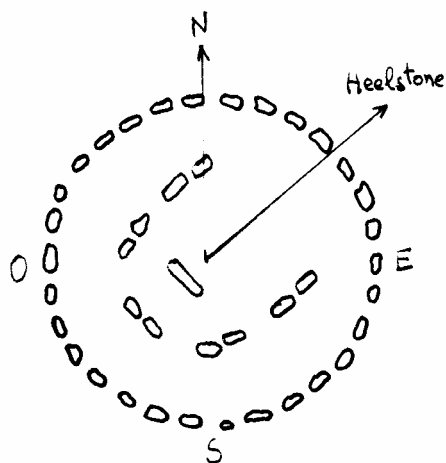


Figure I-4: Carte du site de Stonehenge en Angleterre.

En faisant une simulation avec un logiciel astronomique, on trouve que le 21 juin le Soleil coupe l'horizon du site à 4h46, heure locale, la direction du Soleil étant de 49,6°. Il n'y a pas à se

tromper, cette direction marquait le lever du Soleil le jour dit du solstice d'été, précisément le jour le plus long de l'année.

Les premières mesures astronomiques datent de cette époque, environ trente siècles avant notre ère. L'astronome était aussi un prêtre car science et religion étaient intimement mêlées.

Premières mesures du temps

Les calendriers constituaient les premières mesures du temps qui passe. Presque tous les calendriers anciens sont basés sur les lunaisons, des cycles de 29 jours environ. Ces calendriers avaient pour but de structurer le temps en périodes bien définies. Ils permettaient aussi de prévoir le retour des saisons, des pluies, des crues, de la sécheresse qui revenaient régulièrement après un certain nombre de lunaisons. Cette connaissance était importante à une époque où l'homme vivait en contact direct avec la nature.

Les premières mesures du temps plus précises utilisaient le gnomon, simple bâton planté verticalement dans le sol. La direction et la longueur de l'ombre renseignent à la fois sur le moment de la journée et sur la saison. Ce nouveau moyen permettait de fractionner la journée en unités de temps plus petites, les heures (voir l'article de Ch.H. Eyraud et P. Gagnaire). Les plus anciens cadrans solaires datent de plus d'un millénaire avant notre ère.

Ce temps, défini par la marche du Soleil, avait l'avantage d'être simple à obtenir, du moins quand il faisait beau. Il ne convenait pas pour toutes les situations. Ainsi, par exemple, pour laisser lors d'un procès le même temps de parole aux deux parties, les Grecs avaient perfectionné les clepsydes, sortes d'horloges à eau, qui fonctionnent comme un sablier dans lequel l'eau remplacerait le sable. Le principe était connu depuis des millénaires, mais les Grecs inventèrent un ingénieux système à flotteur pour assurer la régularité du débit. Sur ce principe, des horloges monumentales furent réalisées, comme celle qu'abritait la Tour des Vents, toujours visible à Athènes [2]. L'horloge était un instrument collectif. Elle le restera longtemps.

L'homme a pensé très tôt à utiliser son corps pour fournir les unités de longueur: le pouce, le pied, la coudée. Il en fut de même pour le temps. Galilée prenait son pouls comme

chronomètre de précision. Une bonne mesure demandait une parfaite sérénité!

Cependant, les vrais gardiens du temps étaient les astronomes. Par leurs observations des levers et des couchers du Soleil, de la Lune ou des étoiles, ils pouvaient seuls fournir un temps quasiment absolu, reproductible sur des siècles. Un collègue astronome (P. Teerikorpi) me faisait remarquer que le début de l'observation astronomique fut dominé par l'observation à l'horizon. C'est au sol que l'on pouvait prendre des repères fixes, pour noter par exemple le moment où un astre se levait, ou pour noter les changements par rapport aux jours précédents.

C'est ainsi que les Mésopotamiens prirent conscience du déplacement du Soleil par rapport aux étoiles. Ils avaient repéré des étoiles brillantes, la nuit, tout au long d'une année. Ces étoiles n'étaient pas observables en permanence à cause du Soleil. Quand il fait jour, le ciel est si lumineux qu'on ne voit pas les étoiles. Elles sont pourtant bien présentes. Mais elles ne brillent pas assez pour se détacher sur le ciel. Dès que le Soleil se lève, les étoiles disparaissent. Pourtant, un jour, une étoile brillante, qu'on ne voyait pas encore briller le matin, apparaît un peu avant le lever du Soleil. C'est ce qu'on appelle le lever héliaque d'une étoile. De jour en jour, elle gagnera un peu de temps sur le Soleil, en apparaissant un peu plus tôt encore. Quelques semaines plus tard, ce sera au tour d'une autre étoile brillante d'apparaître, et ainsi de suite. Ces dates de levers héliques jalonnent le temps. Etant basées sur la position du Soleil par rapport au repère fixe des étoiles, elles sont en parfaite concordance avec les saisons.

C'est en effet le point primordial. Un calendrier doit être en accord avec les saisons. Or, en basant le calendrier sur un nombre entier de jours, il se produit une dérive, lente, mais perceptible. Des réajustements étaient nécessaires. Le calendrier julien, mis au point par l'astronome Sosigène et imposé par Jules César, était réajusté tous les quatre ans avec l'introduction d'une année de 366 jours au lieu de 365 jours. C'était une année dite bissextile. La durée moyenne d'une année était ainsi de 365,25 jours (addition moyenne d'un quart de jour par an). Eh! bien, malgré cela, une dérive fut constatée au bout de quelques siècles.

Une nouvelle règle fut mise au point sous les auspices du pape Grégoire XIII. Cette nouvelle règle pour définir les années bissextiles a donné naissance au calendrier grégorien, celui-là même que nous utilisons encore aujourd'hui. La définition des années bissextiles s'est compliquée (voir le CC 104). Ce calendrier n'est pourtant pas parfait, mais il faudra attendre 10 000 ans pour constater une dérive de quelques jours... Nous avons le temps de voir venir. Nous comprenons qu'il ne puisse y avoir de calendrier parfait: les cycles fondamentaux (saisons, lunaisons, jours) n'ont pas des durées dans des proportions entières: il n'y a pas un nombre entier de jours dans une révolution de la Terre autour du Soleil, il n'y a pas un nombre entier de jours dans une révolution de la Lune autour de la Terre.

Premières énigmes

Tout au long de ce premier contact avec l'observation, nous avons rencontré plusieurs phénomènes curieux: l'alternance du jour et de la nuit, le retour des saisons chaudes ou froides sous nos latitudes, le changement au cours de l'année de la direction du lever ou du coucher du Soleil, les disparitions momentanées de la Lune, voire même du Soleil, et par-dessus tout, l'incroyable régularité de cette grande mécanique céleste. Saurions-nous expliquer ces phénomènes?

Dans le prochain cours, nous découvrirons l'origine de ces phénomènes dont la compréhension s'est lentement et péniblement élaborée au cours des siècles passés.

Références:

[1] Parisot J.-P., Suagher F., *Calendriers et chronologie*, 1996, Ed. Masson, (ISBN 2 225 852 251): Un livre très complet et très précis sur les multiples calendriers élaborés par les hommes.

[2] Rochat C., "La mesure du temps: du calendrier égyptien à l'horloge atomique" Ed. La compagnie du Livre (ISBN 284 155 046 X): Un livre surtout destiné aux enfants, mais plaisamment illustré.

Nous renvoyons le lecteur également aux ouvrages généraux de P. Couderc (PUF "Que-sais-je" n°203) et aux articles de M. Toulemonde (CC42; CC45).

■