



Les inventions des Grecs de l'Antiquité

I. Introduction

II. Technologie et loisirs

- 2.1 Automates, robots et curiosités
- 2.2 Technologies dans le monde du spectacle antique
- 2.3 Instruments de musique, jeux et jouets
- 2.4 La technologie du sport dans la Grèce antique

III. La technologie au quotidien

- 3.1 Les engins de levage et de construction
- 3.2 La technologie hydraulique
- 3.3 Outils et machines
- 3.4 Technologie militaire, télécommunications et construction navale
- 3.5 Matériel textile, agricole et médical
- 3.6 La mesure de longueurs et distances
- 3.7 La mesure du temps et autres grandeurs physiques

IV. La technologie au secours de la Science

- 4.1 L'étude géométrique
- 4.2 Matériels astronomiques

I. Introduction

Quand on évoque le monde grec, on pense aussitôt à ses sculptures et à ses temples, et en deux mots presque inséparables, à l'art grec. On évoquera ensuite les grands philosophes, puis la démocratie athénienne. Le théâtre antique sans doute, la poésie, peut-être.

On sait aussi que la Grèce brilla dans le domaine scientifique. En mathématiques, il nous reste les souvenirs des théorèmes de Pythagore ou de Thalès, de la géométrie d'Euclide, en arithmétique du « crible d'Eratosthène ». Et puis en physique bien sûr, le principe d'Archimède. En astronomie, le nom des planètes à lui seul nous rappellera quelque chose.

Avec mille ans d'avance, les Grecs avaient découvert que la Terre était ronde, avaient calculé son diamètre et la distance qui la sépare de la Lune. Mais que sait-on de la technologie des Grecs de l'Antiquité, des machines, des instruments qu'ils utilisaient ? D'immenses surprises nous attendent dans ce domaine, car la Grèce antique fourmillait également d'ingénieurs et d'inventeurs, moins connus certes mais tout aussi créatifs que Léonard de Vinci, à ceci près que leurs réalisations fonctionnaient réellement et fonctionnent parfois encore aujourd'hui.

Il semble évident de nos jours que la science et la technologie avancent ensemble, l'une bénéficiant des progrès de l'autre. Bien évidemment, il en était déjà de même à l'époque, et pour construire leurs instruments de recherche, les Grecs utilisaient déjà, comme nous le faisons aujourd'hui, des vis, des

écrous, des cylindres hydrauliques, des pompes, des machines-outils, des engrenages. Ils connaissaient l'électricité statique, quelques principes de l'informatique (les lettres des messages furent codés en deux bits et le mécanisme d'Anticythère, qui nous est parvenu, mérite le nom de premier ordinateur analogique).

On sera bien surpris de savoir que Platon et Aristote avaient un réveil, que Héron d'Alexandrie avait créé, outre la turbine à vapeur, des automates et des spectacles d'animation, que Philon se faisait servir du vin par un robot, qu'Archytas fit voler une colombe à réaction, que la porte des temples pouvait être munie d'un système d'alarme et que son ouverture pouvait être automatique, qu'on y trouvait une machine de vente automatique d'eau sacrée, qu'on jouait de l'orgue, que l'armée disposait d'armes à répétition, etc.

Et l'on se met à rêver : que serait le monde aujourd'hui si, à la chute du monde grec puis de l'empire romain, tous ces savoirs n'avaient pas été quasiment oubliés pendant un millénaire ? Où en serions-nous ? La révolution industrielle aurait-elle pu avoir lieu mille ans plus tôt ?



L'éolipyle, la turbine à vapeur de Héron d'Alexandrie

Peut-être. Pas sûr. Pour les Grecs, la science et la technologie n'avaient pas pour but de créer des produits de grande diffusion. Sauf exception (par exemple quand Archimède construisait des machines pour défendre Syracuse assiégée par les Romains) la recherche scientifique n'avait même pas pour but de créer des applications pratiques, et moins encore commerciales. Personne n'aurait pensé à revendiquer la propriété industrielle sur ses inventions, ni à les produire en usine. D'ailleurs la notion même d'usine n'existait pas et un atelier qui, à l'époque, comptait une quarantaine d'ouvriers était déjà une grosse entreprise. On ne tenait pas la production répétitive en haute estime, et avait-on vraiment besoin de machines alors que les esclaves et les métèques étaient infiniment disponibles ? Quoi qu'il en soit, on ne peut que s'émerveiller devant la créativité d'un Héron d'Alexandrie, d'un Philon de Byzance, d'un Ctésibios, d'un Hipparque, d'un Archimède et de tant d'autres, quand bien même leur principal but était souvent, précisément, d'émerveiller leurs contemporains.



Notre choix des inventions technologiques présentées ici repose sur le travail de Kostas Kotsanas, qui se consacre depuis plus de vingt ans à les faire revivre. Il a reconstruit plusieurs centaines de machines et d'instruments qui sont réunis au « Musée des Technologies des Grecs de l'Antiquité » et au « Musée des instruments de musique, jeux et jouets de la Grèce antique » à Katakolon, le petit port qui dessert le site archéologique d'Olympie. Visitez son site internet www.kotsanas.com, il est accessible en version française.

II. Technologie et loisirs

Les Grecs aiment les arts, la beauté, la musique, le théâtre, la poésie. Leurs ingénieurs ont inventé la technologie du spectacle, créant des automates dont l'utilité n'était évidemment pas la qualité première, mais qui laissaient leurs interlocuteurs stupéfaits. Pour la mise en scène théâtrale, ils ont créé des machines de scène, mais aussi des petits spectacles automatiques animés, programmés, sonorisés, où ils mettaient toute leur ingéniosité.

Ils ont étudié les lois physiques qui régissent la musique, recherchant ce qui faisait la beauté d'un son et des harmonies. Enfin, dans le domaine du sport, c'est leur sens de l'équité qui s'exerce : comment contrôler le bon déroulement d'une course en évitant toute contestation ?

2.1 Automates, robots et curiosités

On peut dire sans risquer de se tromper que Héron d'Alexandrie et Philon de Byzance, ingénieurs de génie, avaient aussi une âme d'illusionniste. Philon réalise un automate où des oiseaux chantent près d'un hibou, mais cessent dès que le hibou, périodiquement, se tourne vers eux. Dans un autre, c'est un animal qui boit lorsque Pan se détourne, un dragon qui siffle quand Hercule lui décoche une flèche, un cheval qui continue à boire quand on lui tranche la tête.



Tous deux sont inspirés par les « récipients truqués » qui versent au choix du vin ou de l'eau, qui transforment l'eau en vin ou qui remplissent un cratère à mesure qu'il se vide. Le plus bel exemple est sans doute la servante-robot qui verse d'abord du vin, puis de l'eau, et cesse quand on lui retire son gobelet. Ou le gobelet de Pythagore, qui se vide complètement si un buveur trop avide tente de le remplir au delà de la mesure.

Héron d'Alexandrie décrit aussi un système qui ouvre automatiquement les portes d'un temple - ci-contre - lorsqu'un sacrifice y a lieu (c'est la chaleur du feu sacré qui actionne le mécanisme), un dispositif antieffraction qui sonne lorsqu'on ouvre une porte, un distributeur automatique qui donne au visiteur une mesure d'eau sacrée quand celui-ci y introduit une pièce de monnaie. Le premier distributeur automatique est né.



Il utilise aussi la force de la vapeur d'eau pour faire tourner son « Eolipyle » (la première turbine à vapeur de l'Histoire), ou faire léviter une sphère en suspension au dessus d'un jet de vapeur. Une curiosité particulièrement étrange est la colombe d'Archytas, un oiseau en bois léger contenant une vessie d'animal, que l'on gonflait à la vapeur ou à l'air comprimé. Une fois libéré, cet oiseau s'élançait dans les airs et avançait par réaction. C'est le premier appareil volant autopropulsé, pour ne pas dire le premier avion à réaction !

2.2 Technologies dans le monde du spectacle antique



Le théâtre inspire les ingénieurs antiques de deux manières. D'une part, ils créent des petits théâtres automatiques dont les portes s'ouvrent, présentent une quinzaine de scènes successives avec changements de décors, personnages mobiles, effets spéciaux et illustrations sonores, dénotant d'un talent exceptionnel en matière d'animation et de programmation (ci-contre). Certains de ces spectacles sont mobiles, montés sur roues, et arrivent devant le spectateur par leurs propres moyens.



D'autre part, ils font évoluer l'architecture du théâtre en tant que bâtiment, et l'équipent de machines de scène qui ajoutent des effets « à grand spectacle » : l'arrivée de personnages par le ciel (*deus ex machina*), des changements de décor instantanés, des plateaux mobiles, des scènes tournantes.

2.3 Instruments de musique, jeux et jouets

Chez les Grecs, la musique était un art majeur. Ils connaissaient l'orgue (hydraule). Celui de Ctésibios exigeait que le musicien soit accompagné de deux aides qui pompaient, comme sur les harmoniums d'antan.

Ils disposaient d'instruments à vent, à cordes, à percussion, qui évoluèrent au fil du temps. Parmi les plus connus, la lyre, la cithare et la harpe dont on pinçait les cordes, l'aulos (proche du hautbois) et la diaule (double flûte), une sorte de cornemuse (l'ascaule), la flûte de Pan, la trompette (salpinx), le tambourin, les cymbales, le sistre, le xylophone, des « claquettes » (ou crotales, sortes de castagnettes), des carillons, etc.

Leur fonctionnement avait été étudié de manière scientifique, notamment par Pythagore et Claude Ptolémée qui définirent les règles de l'harmonie musicale, les degrés entre les notes, l'effet de la longueur des cordes et de leur tension.



La lyre,



la cithare,

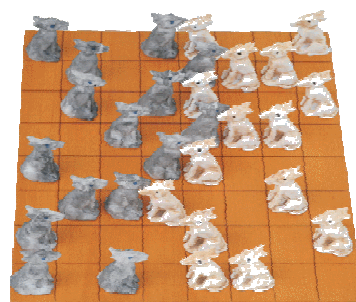


la diaule,



l'orgue de Ctésibios

Les enfants grecs jouaient bien sûr, ils avaient des poupées, des animaux à roulettes, des osselets, des toupies, des cerceaux. Les adultes jouaient aussi. Il existait des jeux de balle, des jeux sportifs bien entendus, des jeux de dés (certains trichaient même !), et aussi des jeux de réflexion comme la Polis (un jeu de stratégie sur damier, ci-contre) et des jeux géométriques qui ressemblaient à des puzzles, comme l'*ostomachion* où il fallait construire des formes diverses à partir des fragments d'un carré.



2.4 La technologie du sport dans la Grèce antique



Le sport tenait une grande place dans la vie antique, avec bien sûr les jeux olympiques et delphiques, les jeux néméens, les jeux isthmiques à Corinthe pour ne citer que les principaux. Afin que les coureurs respectent bien les règles, ils s'alignaient derrière l'hysplex, une barrière qui s'abaissait quand le départ était donné. De même, pour les courses de chevaux et de chars, un système de départ proche de celui des courses de trot actuelles était mis en place, avec des lignes de départ décalées pour que tous les concurrents aient des chances égales.

III. La technologie au quotidien

3.1 Les engins de levage et de construction

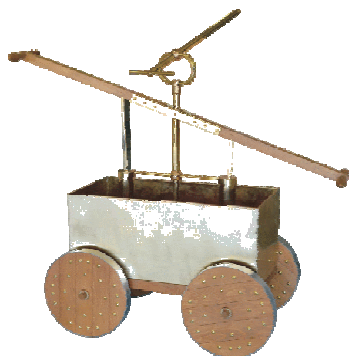
Les Grecs disposaient d'un ensemble de technologies fort avancées pour bâtir leurs monuments. Ils possédaient différents modèles de grues utilisant généralement le principe de la « chèvre de levage », des poulies, des treuils à cabestan et des palans qui permettaient de déplacer d'énormes pierres avec un effort minimal, différentes techniques pour les soulever sans danger et sans risquer de voir les cordes prises dessous quand on les déposait. Archimède mit au point un treuil constitué d'une boîte d'engrenages avec lequel il put déplacer d'une seule main les plus lourdes charges. La manière de construire des jetées (ci-dessous) était particulièrement habile.



Une grue transbordeuse

Cette grue-portique était installée sur une plateforme mobile. Des treuils à cabestan permettaient de l'incliner vers l'avant ou vers l'arrière et de lever la charge. La charge était saisie d'un côté, soulevée, basculée de l'autre côté, et déposée. S'il s'agissait de construire une jetée, la grue avançait pour déposer la pierre suivante. Pour construire un quai, deux machines pouvaient réaliser des jetées parallèles, l'espace entre les deux étant ensuite remblayé.

3.2 La technologie hydraulique

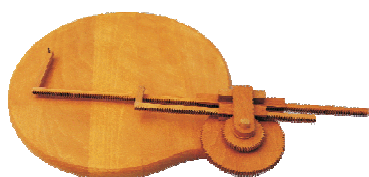


Les Grecs connaissaient le moulin à eau et en utilisaient un modèle à turbine horizontale bien adapté aux courants rapides à faible débit. Ils utilisaient l'eau pour actionner le soufflet des « hydraules » (des orgues munis, comme aujourd'hui, d'un clavier et de tuyaux) mais surtout, ils inventèrent une grande variété de systèmes de pompage pour amener l'eau dans les cités ou dans les champs.

La pompe à vis d'Archimède est bien connue, d'autres utilisaient des roues (norias) perfectionnées, des chaînes à godets et même des pompes à pistons. La pompe à incendie de Héron (ci-contre) n'est-elle pas fort proche des modèles utilisés 2 000 ans plus tard ?

3.3 Outils et machines

Pour construire leurs machines, les Grecs avaient besoin de composants élémentaires. Eh bien, c'étaient les mêmes que les nôtres : vis, écrous, leviers, roues dentées, cylindres et pistons, pompes, etc.



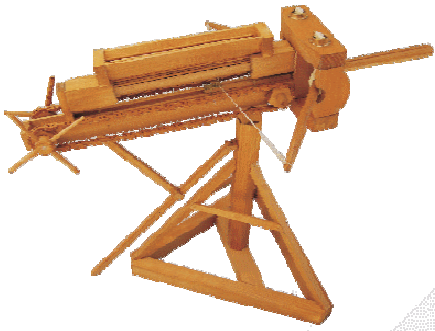
Pour les fabriquer, ils avaient mis au point des perceuses, des tours, des taraudeuses, etc.

Il faut remarquer l'outil de dessin qu'utilisait Héron d'Alexandrie (ci-contre) pour dupliquer ses schémas, et même les agrandir ou les réduire : on n'est pas loin de la reprographie !

3.4 Technologie militaire, télécommunications et construction navale

Les Grecs ont vite compris que la valeur des soldats est une chose, la technicité en est une autre. Les armes doivent avoir une portée plus longue que celles de l'adversaire, les messages doivent circuler très rapidement, les navires doivent être plus rapides et plus maniables, et les machines de siège plus fortes et plus hautes que les murailles ennemies.

S'il était difficile de réaliser des armes de jet portatives beaucoup plus puissantes que les arcs et les frondes, les Grecs inventèrent une grande variété d'armes de siège qui lançaient des flèches (les catapultes) et des boulets (les balistes) qui n'avaient rien à envier à ceux du moyen-âge. Dionysios d'Alexandrie créa même une arbalète à répétition qui préfigurait la mitrailleuse !



Cette « polybole » était une catapulte (le mot désigne à l'origine des armes lançant des flèches et fonctionnant selon le principe de l'arbalète) capable de propulser des flèches lourdes sur une trajectoire rectiligne à la manière d'une arme automatique. Elle était munie d'un magasin de flèches. Une simple rotation d'un treuil ou d'une manivelle permettait d'armer l'arbalète et d'y faire tomber, dans le même temps, une flèche du magasin.

Les Grecs utilisaient différents type de béliers pour détruire les murailles (rappelons qu'à l'époque, les pierre étaient superposées sans mortier), un lance-flammes fort efficace contre les défenses en bois, des « véhicules blindés » à l'abri desquels les soldats pouvaient manier le bélier, combler les fossés et saper les fondations des murs, et d'impressionnantes tours de siège dont celle d'Epimachos qui comptait 9 étages !

Sur le plan défensif, Archimède créa tout un arsenal de moyens pour détruire les bateaux qui assiégeaient Syracuse. Il conçut aussi un canon à vapeur, qui était bien le premier de l'Histoire.

Pour communiquer, les Grecs utilisaient des messages chiffrés astucieux, mais aussi des relais de fanaux (signaux de torches allumées, ci-contre) où chaque lettre était codifiée par une combinaison utilisant un minimum de torches (un informaticien dirait que chaque lettre était représentée par 2 bits dans un système à base 5). Enée le Tacticien, ingénieur d'Alexandre le Grand mit aussi au point un curieux télégraphe hydraulique fort astucieux.



Enfin, les Grecs, depuis toujours marins et commerçants, eurent tôt fait de transformer les lourds navires marchands en galères fines et rapides, faisant évoluer la triacontère (galère à 30 rames citée dans l'Iliade) jusqu'aux birèmes (deux rangs de rames de chaque côté du navire) et surtout aux trières (3 rangs de rames) qui assurèrent le triomphe des Grecs à la bataille de Salamine



3.5 Matériel textile, agricole et médical



Restant dans un monde artisanal et agricole, les Grecs utilisèrent de tous temps le métier à tisser horizontal ou vertical, l'araire, les moulins à eau ou à traction animale, et créèrent des pressoirs à vis pour produire leur précieuse huile d'olive.



Dans le domaine médical, ils utilisaient des pinces, des scalpels, et même cette seringue.

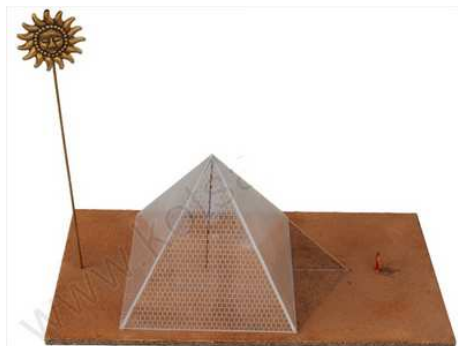


3.6 La mesure de longueurs et distances



Ayant inventé le réducteur à engrenages (pignons, roues dentées et vis sans fin) les Grecs s'en servaient pour mesurer les distances routière. Leur odomètre, tiré par une charrette, comptait les tours de roue. Il est aussi l'ancêtre du taximètre, car il sonnait régulièrement les unités de distance parcourues.

Certaines mesures exigeaient quelques talents. Comment mesurer la hauteur d'un arbre, la distance d'un bateau à la côte ? Comment estimer la distance et la hauteur de la muraille ennemie sans s'en approcher avant d'employer les catapultes ? Les Grecs étaient passés maîtres dans l'art de résoudre les problèmes par la géométrie, et si possible « à la règle et au compas ». Tous ne furent pas résolus aussi simplement, mais malgré tout les moyens dont nous disposons aujourd'hui, certaines solutions nous étonnent encore.



Comment mesurer la hauteur de la Grande Pyramide ?

A un moment de la journée, le soleil se trouve juste dans son axe nord-sud. Il faut simplement se placer du côté nord avec un bâton et mesurer la longueur de son ombre. Le triangle formé par le bâton et son ombre étant semblable à celui que fait la pyramide avec la sienne, il suffit de mesurer la longueur de l'ombre de la pyramide...

3.7 La mesure du temps et autres grandeurs physiques

Dans l'Antiquité, les heures n'étaient pas les mêmes qu'aujourd'hui. On utilisait le système des « heures temporaires » dont la durée varie avec les saisons. Le jour (défini comme la période comprise entre le lever et le coucher du soleil) comprenait toujours 12 heures, été comme hiver. La durée des heures variait donc aussi, s'allongeant jusqu'en été, raccourcissant ensuite. Et inversement pour les 12 heures de la nuit.

Pour mesurer le temps, les Grecs utilisaient principalement deux principes : les cadrans solaires et le débit régulier d'un écoulement de liquide (les clepsydes, ou horloges à eau).

Les cadrans solaires

Les Grecs connaissaient bien évidemment le cadran solaire. Ils l'étudièrent dans ses moindres détails et en développèrent une infinité de variantes : c'est l'ombre d'un point (le gnomon) ou un rayon de soleil passant par une ouverture qui indiquait l'heure sur une surface sphérique, conique, cylindrique ou plane. Ces surfaces pouvaient être horizontales ou verticales. Bien sûr, c'est le cadran à surface plane verticale qui est le plus visible de loin, pour les passants. Les Grecs firent les calculs nécessaires pour qu'il puisse être orienté non seulement face au sud, mais également posé sur un mur quelconque. La « Tour des vents » que l'on peut voir à Athènes, une construction octogonale, porte un cadran solaire vertical sur chacune de ses faces.

Lorsqu'ils voyageaient, les Grecs pouvaient emporter des cadrans solaires portatifs peu encombrants. Celui de Parménion fonctionne sous 4 latitudes (pour 4 villes différentes), et est si décoratif qu'on en fabrique toujours.



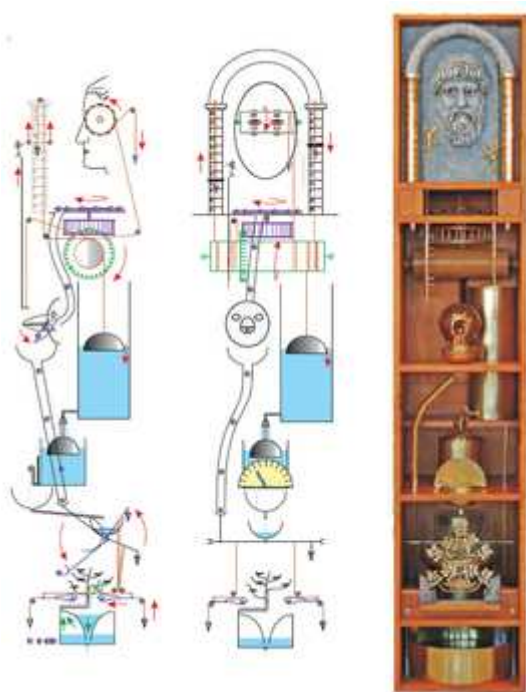
La clepsydre

Indépendante du soleil, cette horloge fonctionnait en mesurant le débit d'eau dans un récipient qui se vidait à une vitesse constante – bien qu'il y ait ici un problème technique à résoudre, car un seau dont le fond est percé se vide de moins en moins vite, puisque la pression exercée baisse à mesure que la hauteur d'eau diminue.

Les ingénieurs grecs s'en sortirent fort bien, inventant le clapet régulateur de niveau (celui qui fonctionne encore dans nos chasses d'eau !). Ils connaissaient aussi le principe du siphon, qui permet de mettre en œuvre des mécanismes complexes : les horloges pouvaient sonner les heures, prendre en compte la variation de la durée des heures au fil des saisons, et servir de réveil.

Le réveil d'Aristote était tout simple. Celui de Platon (ci-contre), plus bucolique, imitait le gazouillis d'un oiseau pour le réveiller en douceur...

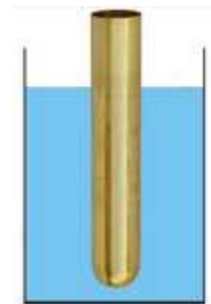




Archimède atteint un sommet de l'automatisme qui n'est pas sans évoquer les horloges astronomiques du moyen-âge (à gauche).

En haut de cette clepsydre, sur les deux petites colonnes deux statuettes indiquaient les heures passées et les heures restantes du jour. Toutes les heures, les iris des yeux du masque changeaient de couleur et le bec d'un corbeau lâchait une bille qui tombait avec bruit. En bas, deux petits serpents se glissaient alors vers les oiseaux qui émettaient un piépiement craintif.

Par ailleurs, Archimède inventa cet aréomètre (à droite), encore utilisé de nos jours par les viticulteurs notamment ! Selon son célèbre principe, plus le liquide est dense, moins le flotteur s'enfonce : il ne reste qu'à lire sa densité sur l'échelle graduée



IV. La technologie au secours de la Science

4.1 L'étude géométrique

Lorsque les géomètres grecs butaient sur un problème, ils tentaient de le résoudre à l'aide de la règle et du compas, ce qui ne fonctionnait pas toujours. Ils construisaient alors des appareils pour simuler les énoncés et trouver des solutions par approximations successives.

Proclus réalisa un appareil pour dessiner les ellipses, Platon et Eratosthène trouvèrent ainsi des solutions au problème de Délos (quel est le côté d'un cube ayant un volume double de celui d'un cube donné ?) et Nicomède à celui de la trisection de l'angle.



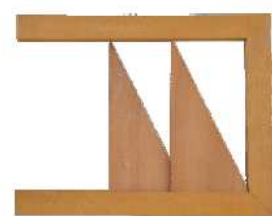
L'ellipsographe de Proclus,



le "cubiste" de Platon,



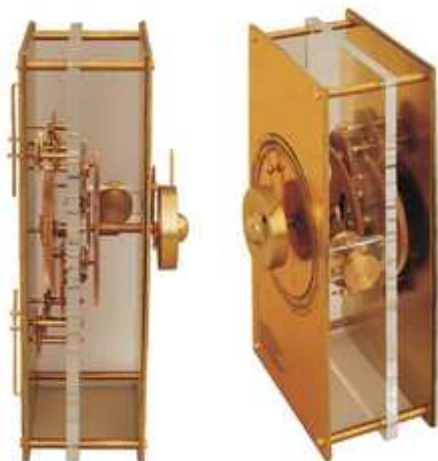
le trisecteur de Nicomède



le mésolabe d'Eratosthène

4.2 Matériels astronomiques

Un sommet dans ce domaine fut atteint par le « mécanisme d'Anticythère », qui stupéfia ses découvreurs. Il fallut longtemps pour comprendre son usage et son fonctionnement, qui faisait appel à des dizaines d'engrenages... On n'a pu le reconstituer que très récemment, et il s'agit bel et bien du premier calculateur analogique au monde.

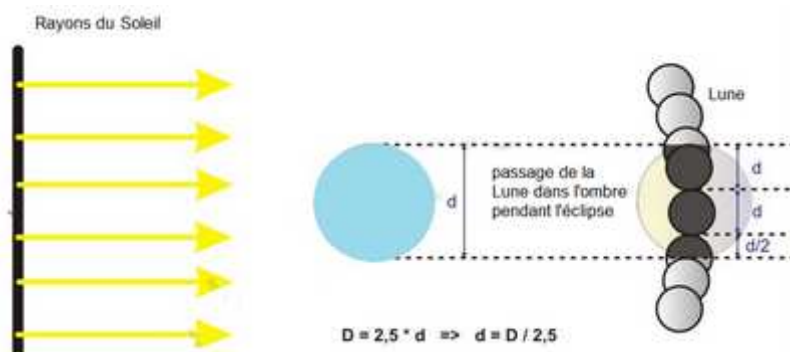


La machine d'Anticythère (à gauche) était destinée à déterminer ou à prévoir les événements importants du calendrier astronomique, et même les éclipses.

Pour étudier les astres, Héron d'Alexandrie et Claude Ptolémée créèrent des appareils d'observation permettant de noter leur position précise en relevant leurs coordonnées angulaires.

Hipparque – sachant que la Terre est sphérique – mesurait la latitude en tout lieu à l'aide d'un quadrant (un quart de cercle gradué en degrés) muni d'un fil à plomb.

Eratosthène calcula la circonférence de la Terre avec moins de 2% d'erreur. Christophe Colomb, 1 700 ans plus tard, était loin d'en savoir autant que lui ! Archimède, lui, mesura l'angle apparent des astres. Lors d'une éclipse de Lune, il constata que celle-ci reste dans l'ombre de la Terre alors qu'elle effectue un trajet de 2,5 fois son diamètre. Si la zone d'ombre cachée par la Terre était cylindrique, le diamètre de la Terre était donc 2,5 fois celui de la Lune.



Mais Hipparque découvrit que le Soleil étant beaucoup plus grand que la Terre, la zone d'ombre est conique, donc que la Lune est bien plus petite. Il calcula qu'elle était en fait 4 fois plus petite que la Terre, ce qui n'est pas loin de la vérité. Connaissant son angle apparent et son diamètre, il calcula facilement à quelle distance elle se trouvait.

Les Grecs voulaient aussi comprendre comment l'univers fonctionne : pour cela, Claude Ptolémée et Eudoxe réalisèrent différents mécanismes qui simulaient le mouvement des planètes. Même si Ptolémée croyait encore que le Soleil tourne autour de la Terre, son modèle (à droite) ne se contentait pas de faire tourner les astres sur des cercles autour de la Terre : il donnait à chacun une excentricité sur son orbite, simulant fort bien leur trajectoire apparente autour de la Terre, qui elle-même n'était pas tout à fait au centre du système. L'approximation que donnait son système fut assez précise pour qu'il reste incontesté pendant 1 500 ans, jusqu'aux travaux de Copernic. N'est-ce pas déjà un superbe résultat ?



Toute reproduction partielle ou totale est interdite sans notre autorisation écrite. Les images figurant ici sont reproduites avec l'autorisation de Kostas Kotsanas, fondateur du *Musée des Technologies des Grecs de l'Antiquité* et du *Musée des instruments de musique, jeux et jouets de la Grèce antique*. Les textes sont aussi largement inspirés de ses travaux.

Pour en savoir plus sur tous les objets évoqués dans ces pages, nous vous conseillons de vous reporter au site internet

www.kotsanas.com

dont la partie française a été rédigée par nos soins.