

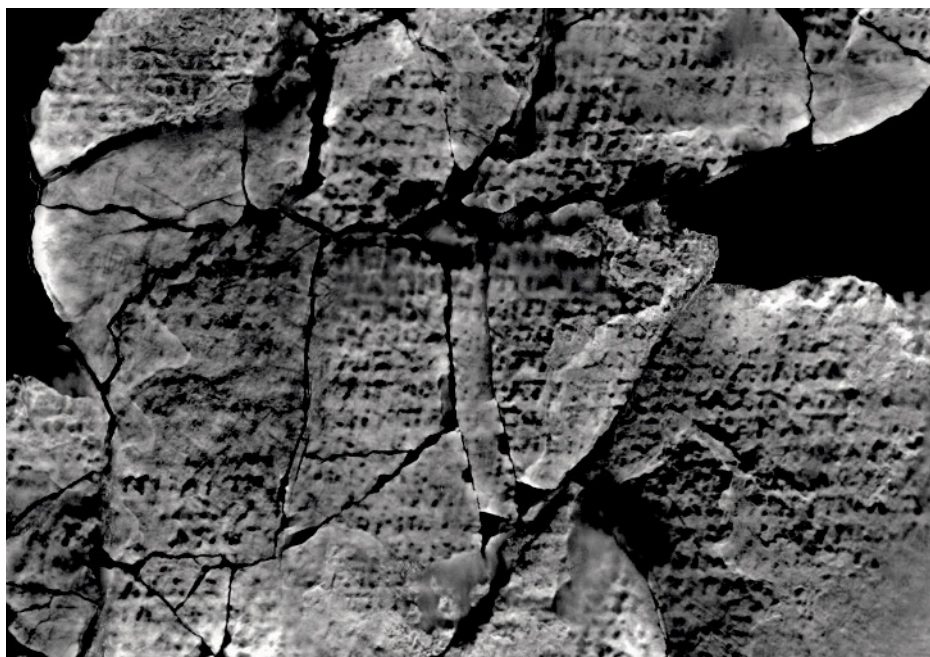
figurés les mouvements du Soleil, de la Lune et des cinq étoiles que nous nommons vagabondes [...]. Archimède [...] avait su combiner dans un seul système et effectuer par une seule rotation tous les mouvements dissemblables et les révolutions inégales des différents astres.» Ce passage de Cicéron suggère qu'Archimède pourrait avoir fondé la tradition ayant conduit à la machine d'Anticythère, même si, selon nous, il a vécu avant sa réalisation. Se pourrait-il même qu'elle dérive d'une conception du mathématicien de Syracuse ?

DES ENGRENAGES COMPLEXES

Le mystère de ses origines n'a pas empêché des scientifiques, des décennies durant, de chercher à deviner le fonctionnement du mécanisme, en observant la surface des fragments issus de la désintégration de l'amas remonté du fond. Au début des années 1970, ils ont enfin pu en observer l'intérieur. Price et le physicien nucléaire Charalambos Karakalos produisirent alors les premières radiographies. Les deux chercheurs, stupéfaits, mirent en évidence pas moins de trente roues dentées différentes. Vingt-sept d'entre elles sont contenues dans le plus grand fragment et trois dans trois autres. Karakalos et sa femme Emilia estimèrent pour la première fois le nombre des dents présentes sur les roues dentées, étape essentielle pour comprendre les calculs effectués par le mécanisme, qui semblait bien plus compliqué que tout ce que l'on avait imaginé...

Les radiographies étant en deux dimensions, la structure des trains d'engrenages apparaissait à plat, ce qui ne révélait que des parties de la plupart des roues dentées. Déterminer le nombre de dents s'avéra impossible pour de nombreuses roues. Malgré ces lacunes, Price identifia un train d'engrenages calculant la position moyenne de la Lune à une date donnée en utilisant la correspondance périodique de 254 lunaïsons en dix-neuf ans. Mis en mouvement par la roue motrice principale – une grande roue elle-même entraînée par une manivelle – située vers l'avant du mécanisme, ce train d'engrenages commence par une roue de 38 dents – deux fois 19, car une roue de 19 dents seulement aurait été trop petite. Cette roue dentée à 38 dents entraîne par l'intermédiaire d'autres roues dentées une roue de 127 dents, soit la moitié de 254 – une roue dentée de 254 dents aurait été trop grande (voir pages 32 et 33).

Le concepteur de la machine d'Anticythère l'a certainement calibrée à partir des positions connues du Soleil, de la Lune et des cinq planètes



Des tomographies X réalisées en 2005 ont révélé des inscriptions inédites sur le mécanisme d'Anticythère, notamment, sur la façade avant, une liste de cycles planétaires (ci-dessus) et, sur la façade arrière, un « mode d'emploi ».

observées dans l'Antiquité, de sorte qu'elle pouvait être utilisée pour prédire les positions de ces astres n'importe quel jour du passé ou du futur. Un utilisateur n'avait qu'à tourner la manivelle se trouvant sur le côté pour la régler sur la période recherchée et lire les prédictions astronomiques correspondantes. La machine affichait par exemple les positions des astres sur le « cadran zodiacal » visible sur sa façade avant. Le plan de l'écliptique y était divisé en douze secteurs de 30 degrés représentant les constellations du zodiaque. Cette ceinture de la sphère terrestre, dont la largeur est d'environ 17 degrés et divisée en deux parties égales par l'écliptique, contient les courses apparentes de toutes les planètes. La première reconstitution du mécanisme capable de remplir les fonctions identifiables sur les cadrans de la machine fut celle de Price, qui la proposa à partir de ce que révélaient les radiographies des fragments subsistants.

Cette reconstitution ne m'a pas convaincu : mon premier article sur le mécanisme d'Anticythère, publié en 2002, propose une réfutation de la plupart des propositions de Price. Le physicien britannique ne nous en a pas moins fait franchir des étapes essentielles : c'est lui qui a le premier déterminé les positions relatives des principaux fragments, dont il a pu déduire l'architecture globale du mécanisme. Nous savons ainsi que des cadrans donnant la date et représentant le zodiaque se trouvaient sur la façade avant de la machine et que deux grands systèmes de cadrans se trouvaient sur sa façade arrière. De significatifs pas en avant !



Révélee par la tomographie, une inscription présente sur la façade arrière semble avoir été le mode d'emploi du dispositif

Le troisième acteur clé de la recherche sur la machine d'Anticythère est Michael Wright, un ancien conservateur du génie mécanique au musée de la Science de Londres. En 1990, il mena avec l'informaticien australien Allan Bromley un nouvel examen de l'intérieur des fragments du mécanisme, mais cette fois par tomographie, donc en trois dimensions. Bromley décéda avant que ce travail ne porte ses fruits, mais Michael Wright s'acharna et réussit plusieurs percées, déterminant par exemple les nombres exacts de dents des roues et le sens du cadran supérieur situé à l'arrière du dispositif.

En 2000, j'ai proposé une nouvelle étude tomographique, qui fut menée en 2005 par le Projet de recherche sur le mécanisme d'Anticythère (*Antikythera mechanism research project*), une équipe anglo-grecque d'universitaires en collaboration avec le Musée archéologique national d'Athènes. La société X-Tek Systems – aujourd'hui une filiale de Nikon – mit spécialement au point un scanner doté d'une source de rayons X à microfoyer apte à fournir des images tridimensionnelles de très haute résolution. La société Hewlett-Packard nous aida en les exploitant par PTM (*polynomial texture mapping*), c'est-à-dire par une méthode d'analyse de texture fondée sur l'utilisation d'une base de fonctions polynomiales. La PTM rend encore plus visibles les détails de surface, ce qui ne pouvait que nous être utile.

De fait, les nouvelles données nous surprirent au plus haut point en nous révélant qu'en plus des mouvements astraux, le mécanisme

prédissait aussi les éclipses. Cette percée est liée à l'inscription que Rehm avait trouvée, qui mentionnait le saros. Les nouvelles images révélaient en effet à l'arrière du mécanisme la présence d'une grande roue à 223 dents, laquelle faisait tourner un indicateur sur un cadran en forme de spirale, de sorte que quatre tours couvraient 223 sections successives représentant 223 lunaisons successives. Ce « cadran saros » servait à prédire les mois à éclipses de Soleil et de Lune, dont les caractéristiques étaient décrites sur le mécanisme par des inscriptions. Cette découverte nous a donc révélé une nouvelle fonction de la machine, mais en posant un problème énorme : un jeu de quatre roues dentées situé à l'intérieur de la circonférence de la roue motrice principale semblait sans fonction.

Des mois m'ont été nécessaires pour résoudre cette énigme, mais quel n'a pas été mon étonnement quand j'y suis enfin parvenu : ce train d'engrenages calculait très joliment les variations du mouvement de la Lune ! La vélocité de la Lune varie en effet dans le temps à cause du caractère elliptique de l'orbite lunaire, de sorte que, par rapport aux étoiles, elle est plus lente loin de la Terre et plus rapide proche d'elle. L'orbite lunaire n'est en outre pas fixe : elle accomplit une rotation complète autour de la Terre en un peu moins de neuf ans. Les Grecs anciens ignoraient les orbites elliptiques, mais décrivaient les mouvements subtils de la Lune par la théorie des épicycles, c'est-à-dire par la combinaison de deux mouvements circulaires. J'ai réalisé de quelle façon le mécanisme traduisait la théorie épicyclique en m'appuyant sur une remarquable observation de Michael Wright faite pendant son étude de l'énigmatique train de quatre roues dentées. Il avait observé deux des quatre mystérieuses roues situées à l'arrière du mécanisme et remarqué qu'une aiguille solidaire de sa face s'engageait dans une fente sur une autre roue dentée. On aurait pu penser ce dispositif inutile, étant donné que les roues avaient le même axe, mais Michael Wright s'est justement rendu compte qu'en fait, elles tournaient sur deux axes différents séparés d'un peu plus d'un millimètre. Ces détails de construction étaient apparus à la tomographie : les axes des deux roues dentées ne sont pas fixes, mais engendrent un mouvement circulaire non uniforme en formant un train épicycloïdal – une roue tourne sur l'autre de sorte que leurs axes tournent l'un autour de l'autre – monté sur la grande roue dentée à 223 dents.

Michael Wright avait écarté l'idée que ce train épicycloïdal reproduisait le mouvement variable de la Lune parce que, dans sa