

## « Sur les pas d'Archimède à Syracuse : entre Sciences et Légendes » - Aurore Fauré –

Colori d'Italia- Vendredi 28 mars 2025

En mai 2013, à l'Université de New York, un colloque a été organisé pour le 2300<sup>ème</sup> anniversaire de la naissance d'Archimède (287 av J.-C., 212 av J.-C.). Les thèmes des conférences illustrent le panel de ses compétences : « **Archimède : Le mathématicien, Le géomètre, L'ingénieur pragmatique, L'ingénieur militaire et La vis d'Archimède** » ; on pourrait ajouter **Archimède L'astronome**.

Sans doute Archimède préférerait-il son nom attaché à la médaille Fields qui récompense les mathématiciens prestigieux (médaille avec son portrait, sur laquelle est gravée : « *S'élever au-dessus de soi-même et conquérir le monde* ») plutôt qu'à l'engagement éthique de l'ingénieur et du technicien (Serment d'Archimède\*). En effet nous savons, par Plutarque, qu'«il tenait la mécanique pratique et toute technique utilitaire pour indignes et artisanales, et **ne consacrait son ambition qu'aux objets dont la beauté et l'excellence étaient pures de tout souci de nécessité** ». \*Voir document complet (1)

Peu d'éléments de la vie d'Archimède nous sont parvenus. Une analyse fine des écrits retrouvés (avec quelques extrapolations !) permet de déduire que son grand-père était un artiste-artisan, que son père s'appelait Phidias et était astronome. L'étymologie du nom Archimède pourrait signifier « Esprit premier » ou s'apparenter à Diomède « Esprit de Zeus », en cohérence avec son père Phidias astronome louant la beauté et l'ordre du cosmos. On dit, mais ce n'est vraiment pas attesté, qu'Archimède aurait suivi les enseignements d'Euclide en Egypte. Il a rencontré, à Alexandrie, Eratosthène (276 av J.-C., 194 av J.-C.), mathématicien, astronome et géographe grec, puis a correspondu avec lui à son retour à Syracuse\*. \*Voir « La Méthode ».

Les différents épisodes de la vie d'Archimède ont été relatés par des auteurs qui ont vécu entre le II<sup>ème</sup> siècle avant notre ère et le II<sup>ème</sup> siècle de notre ère (Polybe - *Histoire universelle* ; Cicéron - *Tusculanae* ; Diodore de Sicile - *La bibliothèque historique* ; Vitruve - *De Architectura* ; Tite-Live - *Histoire de Rome depuis sa fondation* ; Pline l'Ancien - *Géométrie et Architecture*; Plutarque – *Vies parallèles: Marcellus*). Aucun de ces auteurs n'a donc été le contemporain d'Archimède. **Les épisodes les plus connus relèvent souvent de la légende.**

**Mais le caractère exceptionnel de l'œuvre scientifique d'Archimède est attesté par les écrits qui nous sont parvenus\***. On peut citer en particulier l'ouvrage du Français David Rivault de Fleurance\*, précepteur de Louis XIII, paru en **1615, dont Newton se servit** :

« Toutes les œuvres d'Archimède conservées qui existent, **Eclairées de nouvelles démonstrations et commentaires**. Par David Rivault de Fleurance, canoniste de la cour sacrée du roi, conseiller [...] de Louis XIII.

« *O grand homme, gloire première des mathématiques,  
Très illustre Archimède, créateur et maître souverain,*

***La sphère et le cylindre te reconnaissent comme leur créateur et excellent représentant\*\****,

***Le sable te reconnaît comme le connaisseur de son nombre\*\*\****,

***Le courage romain a cédé devant ton génie\*\*\*\*. [...] »***

\*\* Inscription gravée sur la tombe d'Archimède \*\*\* L'Arénaire \*\*\*\* Le siège de Syracuse

**Des textes inédits ont été découverts ces dernières années** après la vente chez Christie's d'un **palimpseste (appelé codex C)\*** du X<sup>ème</sup> siècle (vendu 2 millions de dollars en 1998 !). Ces découvertes, grâce aux techniques d'imagerie scientifique de dernière génération, ont révélé qu'Archimède était le précurseur de l'analyse combinatoire (probabilités, que l'on attribuait à Fermat et Pascal au XVII<sup>ème</sup> siècle) et le précurseur du calcul des intégrales (discipline que l'on croyait avoir été inventée par Newton et Leibnitz au début du XVIII<sup>ème</sup> siècle !). \* Voir document complet (2)

### **Les Textes d'Archimède contenus dans le palimpseste vendu en 1998**

« De l'équilibre des figures planes »\*

« Des spirales »

« De la mesure du cercle » - **Détermination du nombre  $\pi$**

« De la sphère et du cylindre »

« **De la méthode** » **Texte inédit** (Lettre à Eratosthène expliquant le calcul intégral)

« **Le Stomachion\*\*** » **Texte inédit**

« **Des Corps Flottants** » **Seule copie en grec - Principe d'Archimède**

**\*Archimède est le premier à appliquer des modèles mathématiques au monde physique.**

**\*\*Puzzle à 14 pièces : 17 152 combinaisons possibles pour les agencer sous forme d'un carré !**

Archimède fait de l'analyse combinatoire qui fonde la science des probabilités.

Le Stomachion d'Archimède « revisité » par l'artiste Adalberto Mecarelli – 2015

« *Une sculpture qu'il me fallait inscrire dans un lieu, entre le Soleil et la Terre, à l'intention des hommes. Au Nord, sur une falaise devant la mer, face à l'île d'Ortigia se dresse une composition chaotique des 14 pièces du Stomachion d'Archimède.* » Un miroir fait face à la sculpture dans une position telle que, une fois par an, le 13 décembre, un rayon de soleil se reflète sur le miroir et se dirige vers l'église **Sainte-Lucie, patronne de Syracuse.**

### **Autres Œuvres**

« La quadrature de la parabole » - « Sur les conoïdes et les sphéroïdes » - L'Arénaire

**Léonard de Vinci** a connu l'œuvre d'Archimède (bien sûr à l'exception des textes inédits contenus dans le codex C) à travers un ouvrage de Giorgio Valla publié en 1501, aujourd'hui disparu (mais qui a inspiré David Rivault de Fleurance). Léonard de Vinci s'est inspiré des machines de guerre d'Archimède (L'Architronito (canon à vapeur)) : « *Une machine de cuivre fin, une invention d'Archimède, et elle lance des boules de fer avec beaucoup de bruit et de fureur.* » Léonard de Vinci. Ce canon aurait été employé lors du siège de Syracuse, et en 49 av. J.-C. lors du siège de Marseille, selon Jules César. Pétrarque (XIV<sup>ème</sup> siècle) attribue à Archimède l'invention des armes à feu. Il y a un musée Archimède/Leonardo à Syracuse !

« *Archimède, homme sans rival dans l'art d'observer les cieux et les astres, mais plus merveilleux encore par son habileté à inventer, à construire des machines de guerre.* » Tite-Live. **Galilée** a construit la balance hydrostatique en s'inspirant des travaux d' « *Archimède, le divin, le surhumain Archimède, dont je ne prononce jamais le nom sans un sentiment de respect* ».

**Copernic** s'est inspiré d'Archimède pour faire publier (après sa mort en 1542) la théorie héliocentrique qui vaudra le fameux procès à Galilée\*. **Archimède dans l'Arénaire, relate la théorie héliocentrique d'Aristarque de Samos** (310 av.J.-c., 230 av. J.-C) : « *Vous n'êtes pas sans savoir que*

par l'Univers, la plupart des Astronomes signifient une sphère ayant son centre au centre de la Terre (...). Toutefois, Aristarque de Samos a publié des écrits sur les hypothèses astronomiques. Les présuppositions qu'on trouve dans ses écrits suggèrent un univers beaucoup plus grand que celui mentionné plus haut. **Il commence en fait avec l'hypothèse que les étoiles fixes et le Soleil sont immobiles. Quant à la Terre, elle se déplace autour du Soleil sur la circonférence d'un cercle ayant son centre dans le Soleil.** » Archimède - Préface de l'arénaire. \*David Rivault de Fleurance commente la théorie héliocentrique en 1615 – 17 ans avant le procès de Galilée ! – Mais il meurt en 1616...

### L'Arénaire

L'arénaire peut être considéré comme la première publication scientifique de l'histoire ! C'est l'estimation du nombre de grains de sable qui pourraient remplir l'Univers. Il utilise les théories de ses contemporains : Le système héliocentrique d'Aristarque de Samos ainsi que les distances Terre-Lune et Terre-Soleil de ce dernier ; le calcul de la circonférence de la Terre d'Eratosthène. Il utilise le concept d'estimation à partir d'hypothèses et invente les grands nombres. Avant Archimède, le plus grand nombre était la myriade qui correspondait à 10 000. En écriture d'aujourd'hui, il estime le nombre de grains de sable qui pourraient remplir l'univers à  $10^{63}$  !

### Archimède et les taureaux d'Hélios \*Voir document complet (3)

Echange entre Archimède et Eratosthène à Alexandrie (Lettre retrouvée en 1769 en Allemagne) : le problème est de déterminer la taille du troupeau des bœufs du Soleil, sachant que celui-ci doit satisfaire à certaines conditions...qui conduisent à résoudre un système de sept équations à 8 inconnues. Première solution en 1880 par le Mathématicien allemand A. Amthor : Environ  $7,76 \times 10^{206\ 544}$  (nombre à plus de 200 000 chiffres !!!)

Détermination du nombre  $\pi$  : à partir de deux polygones à 96 côtés, l'un dessiné à l'intérieur d'un cercle et l'autre à l'extérieur : La valeur de  $\pi$  se situe entre les longueurs du périmètre de chaque polygone :  $223/71 < \pi < 22/7$  c'est-à-dire  $3,1408 < \pi < 3,1428$

La lettre  $\pi$  a été choisie en 1647 par le mathématicien anglais William Oughtred d'après le nom grec περίμετρος, qui signifie périmètre.

Un moyen mnémotechnique pour apprendre les décimales de  $\pi$  : nombre de lettres correspondant à chaque mot du poème d'**Alphonse Rebière** - 1898 - "**Mathématiques et mathématiciens**"

« *Que j'aime à faire apprendre un nombre utile aux sages !* **3,1415926535**

\*Voir document complet (4)

On connaît aujourd'hui 13 mille milliards de décimales

Le 14 mars est déclaré  $\pi$  day (date du 14 mars en format anglosaxon : 3/14)

### La sphère et le cylindre – Le tombeau d'Archimède

Archimède est le premier à décrire comment calculer la surface et le volume d'une sphère et d'un cylindre. Il montre que le volume de la sphère est égal aux deux tiers du volume du cylindre circonscrit à la sphère. Il fait graver ces figures sur sa tombe.

\*Voir document complet (5) – Citations de Plutarque et Cicéron

### La sphère armillaire (planétaire) et le principe de la roue dentée

\*Voir document complet (6) – Citations de Cicéron et de Claudien

## De l'équilibre des figures planes : principe du levier- centre de gravité- Balance

Il n'est pas certain qu'Archimède ait dit « *Donnez-moi un levier et un point fixe, et je soulèverai le Monde* » ni « *Donnez-moi où je peux me tenir ferme et j'ébranlerai la Terre* » mais il a bien inventé le principe du levier et de la balance.

## La vis d'Archimède (le tire-bouchon !)

\*Voir document complet (7) – Citations de Diodore de Sicile et Galilée

## Des corps flottants : Théorème d'Archimède – « **Euréka** »

« *Tout corps plongé dans un fluide subit, de la part de celui-ci, une force (**poussée**) dirigée vers le haut et égale au poids du volume de fluide déplacé.* » En fonction de leur densité par rapport au liquide dans lequel ils sont plongés, les corps flottent ou coulent.

\*Voir document complet (8) – « Eureka ! » raconté par Plutarque et Vitruve

## Le siège de Syracuse et les miroirs ardents

Syracuse s'était alliée à Carthage. Le siège de Syracuse (qui a duré 2 ans) par les Romains se termine par la victoire du général romain Marcellus en 212 av.J.-C, le sac de Syracuse et la mort d'Archimède. Rome prend possession du territoire carthaginois en dehors de l'Afrique. Ce siège fournit l'occasion à Archimède de faire la démonstration de son talent d'ingénieur : invention de la "**main de fer**", de la catapulte.

\*Voir document complet (9) – Récits de Tite-Live et Polybe

## Les miroirs ardents

Aucun des auteurs cités précédemment ne relate l'épisode des miroirs ardents capables de concentrer les rayons du soleil pour enflammer les bateaux romains. Les seules sources de l'épisode du miroir sont deux compilateurs byzantins du XII<sup>ème</sup> siècle, Jean Zonaras et Jean Tzétzès, cités par *L'Encyclopédie* de Diderot. En 1747, Georges de Buffon, Intendant du Jardin du Roi prouve au château de la Muette, en présence du roi Louis XV, lors d'une véritable exhibition, la réalité des miroirs ardents d'Archimède....sauf qu'il utilise des glaces qui ne seront inventées que des siècles après Archimède qui ne disposait que de miroirs métalliques polis ! En 2005, la reconstitution de l'expérience par les étudiants du MIT (Massachusetts Institute of Technology) conduit à un échec : **les miroirs ardents sont une légende.**

Il est amusant de voir que deux films mettent en scène cet épisode: **Cabiria** (film muet de 1914 de Giovanni Pastrone) et **L'assedio di Siracusa - Archimede** (Le siège de Syracuse) de Pietro Francisci en 1960.

## Le sac de Syracuse et la mort d'Archimède

\*Voir document complet (10) – Récits de Plutarque, Tite-Live, Valère Maxime, Pline l'Ancien

## Conclusion : une citation des Pensées de Pascal (1670)

« Les saints ont leur empire, leur éclat, leur victoire, leur lustre, et n'ont nul besoin des grandeurs charnelles ou spirituelles, où elles n'ont nul rapport, car elles n'y ajoutent ni ôtent. Ils sont vus de Dieu et des anges, et non des corps ni des esprits curieux, Dieu leur suffit.

Archimède, sans éclat, serait en même vénération. Il n'a pas donné des batailles pour les yeux, mais il a fourni à tous les esprits ses inventions. Oh! qu'il a éclaté aux esprits! »

## Compléments

### 1. Serment d'Archimède- L'engagement éthique de l'ingénieur et du technicien - Ecole Polytechnique – Lausanne – 1990

« Je promets de tenir intégralement, selon mes capacités et mon jugement, les engagements suivants :

- J'utiliserai mes connaissances au profit des hommes.
- Je ne mettrai pas mes capacités à disposition de personnes ne respectant pas les droits de l'homme.
- Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nationalité, de race, de sexe, de niveau social ou de politique portent préjudice à des personnes concernées par mes actions.
- Je prendrai toute la responsabilité de mes actes et ne m'en déchargerai en aucune manière sur autrui.
- Je pratiquerai ma profession dans le respect de l'environnement.
- Je n'utiliserai pas mes connaissances à des fins destructrices.
- Je pratiquerai ma profession en toute honnêteté intellectuelle, avec conscience et dignité.

Je fais ces promesses solennellement, librement et sur mon honneur. »

### 2. Du papyrus au parchemin et au palimpseste\*

Le changement de medium qu'a été le passage du rouleau de papyrus au codex (format livre) en parchemin s'est opéré entre le I<sup>er</sup> siècle et le IV<sup>ème</sup> siècle après J.-C. Des codex furent constitués avec les traités d'Archimède au VI<sup>ème</sup> siècle grâce à Isidore de Milet (architecte de la basilique Sainte Sophie à Constantinople (en 532) sous l'Empereur Justinien - il se serait inspiré des travaux d'Archimède pour les plans) et son contemporain Eutocius (qui s'était rendu à Alexandrie). **Au X<sup>ème</sup> siècle, les diverses lettres d'Archimède, réunies en trois codex, désignés par les lettres A, B et C, ont été recopiées en minuscules sur des parchemins.** (Archimède écrivait en majuscules sans espace entre les mots et sans ponctuation). Deux de ces codex (A et B) furent **traduits en 1269 du grec au latin** pour le Vatican. On perd la trace du codex B dès 1311. Encore propriété du pape Nicolas V en 1450, le codex A se retrouve à Venise dans la bibliothèque de l'écrivain et mathématicien Giorgio Valla puis appartient au chambellan de François I<sup>er</sup>, Albert Pie de Carpi. Auparavant, il est copié à la demande de Laurent le Magnifique (1449-1492). Le codex A disparaît en 1564, à la mort de l'héritier d'Albert Pie. Des traductions latines subsistent. **Le Codex C, copié à Constantinople au X<sup>ème</sup> siècle (en 970), est transformé en livre de prières.** Il devient donc un **palimpseste\***. (Les techniques d'imagerie les plus récentes ont permis de déchiffrer en 2002 la date de la copie : 14 avril 1229, et même le nom du scribe Ioannes Myronas !) Les doubles pages sont détachées, grattées, décapées, poncées, puis coupées en deux et tournées de 90 degrés (pour

ne pas être gêné par les reliefs de l'ancienne écriture) pour constituer les folios d'un palimpseste deux fois plus petit, de cent soixante-dix-sept pages.

Le palimpseste contient également dix pages inédites de l'orateur attique du IV<sup>ème</sup> siècle av. J.-C., **Hypéride**. Hypéride, contemporain d'Aristote, vivait à Athènes et était un politicien adversaire du roi de Macédoine, père d'Alexandre le Grand.

Le livre de prières, l'Euchologion, a été conservé au monastère orthodoxe de Mar Saba (Saint-Sabas) près de Bethléem depuis au moins le XVI<sup>ème</sup> siècle jusqu'au XIX<sup>ème</sup> siècle. Il se retrouve ensuite dans la bibliothèque du Métochion du Saint Sépulcre à Constantinople où on retrouve sa trace vers 1840. En 1899, lors de l'établissement du catalogue des ouvrages, sont découvertes et publiées quelques lignes de sous-textes qui retiennent l'attention du **philologue danois Johan Heiberg**, spécialiste d'Archimède. En 1906, Heiberg visite le Métochion et photographie le manuscrit. **Heiberg réédite, en 1915, l'œuvre complète d'Archimède, en combinant les Codex A, B et C, publiant pour la première fois la Méthode et le Stomachion, dont seul le Codex C a gardé la trace.** Heiberg a réussi à déchiffrer 80% du manuscrit mais les parties cachées par la reliure restent inexplorées. **Après maintes péripéties au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, qui lui causeront plus de dégâts que tous les siècles précédents\***, le Codex C retrouvé est mis aux enchères en 1998, dans un piteux état, par le petit fils d'un Français, Louis Siriex, qui l'avait acquis pendant la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale dans des conditions tout à fait particulières. En effet, aux alentours de 1938, les manuscrits du Métochion de Constantinople avaient été mis en sécurité à la bibliothèque d'Athènes et le palimpseste avait été acheté par un marchand de livres anciens Salomon Guerson. Il proposa le manuscrit à son ami résistant, Louis Siriex, car il ne pouvait pas le vendre lui-même. Auparavant, il avait fait réaliser des illustrations pour le valoriser. La lettre d'Archimède à Eratosthène\*\* (*La Méthode*) fut donc recouverte de miniatures contrefaites : l'analyse des pigments atteste que ceux-ci n'ont été commercialisés qu'après 1938 ! Et Louis Siriex entreposa le palimpseste dans sa cave humide\*...

\*« *Le corps d'Archimède a péri par la lame d'un soldat romain au III<sup>ème</sup> siècle avant notre ère et son génie a été dévoré par la moisissure deux mille ans plus tard* ». William Noël- « Le codex d'Archimède »

\*\*La Méthode commence ainsi :« *Vous êtes un mathématicien si brillant que vous serez capable de porter un réel jugement sur ma méthode [concernant le calcul des intégrales].* »

Après la vente chez Christie's en octobre 1998, l'acheteur (qui a voulu rester anonyme) confie le palimpseste au Walters Art Museum de Baltimore (grand musée américain dessiné selon le modèle d'un palais de la Renaissance génois). William Noël, Conservateur des manuscrits et livres rares de ce musée devient le directeur du projet Archimède coordonnant les meilleurs spécialistes (scientifiques et philologues) pour déchiffrer le codex en utilisant les techniques scientifiques le plus pointues. William Noël et Reviel Netz, professeur de sciences anciennes

à Stanford et spécialiste d'Archimède, publie en 2008 l'ouvrage « Le codex d'Archimède – les secrets du manuscrit le plus célèbre de la science ». Editions J.C. Lattès

Un travail titanesque : le démantèlement du manuscrit a commencé le 3 avril 2000 et les derniers folios ont été détachés le 4 novembre 2004 !

Les techniques d'analyse scientifique les plus pointues ont été utilisées : l'étude sous rayonnement ultraviolet met en évidence de nouveaux textes en 2005. En 2006, l'analyse par rayons X avec le synchrotron de l'université de Stanford montre les traces du fer contenu dans l'encre d'origine et **permet de lire le texte sous l'or des dessins de contrefaçon** du XX<sup>ème</sup> siècle.

Les spécialistes mondiaux de grec ancien ont été mis à contribution. Le financement des analyses a été fait par l'acquéreur du palimpseste mais il faut aussi saluer le bénévolat de tous ces spécialistes passionnés.

Un clin d'œil de l'histoire : pour déchiffrer le palimpseste, les techniques d'imagerie de dernière génération ont dû être mises en œuvre : **la science de l'imagerie est faite de probabilités et de calculs**. Et le fondement de la science des probabilités avait été faite par Archimède ! Toutefois il a fallu que la science des probabilités soit **réinventée** par Fermat et Pascal puisque les écrits d'Archimède sur ce thème (« Le stomaion ») n'étaient contenus que dans le Codex C disparu au XIII<sup>ème</sup> siècle !

De la même façon, Leibnitz et Newton ont **réinventé le calcul intégral**, puisque « La Méthode » qui traite de ce domaine n'était contenu que dans ce codex C disparu.

En revanche, l'idée du « **monde physique décrit par les mathématiques** » développée par Galilée et Newton a été inspirée par Archimède – tous deux avaient connaissance des travaux d'Archimède dans ce domaine (Ecrits à partir des codex A et B).

### **3. Décimales du nombre $\pi$**

Un moyen mnémotechnique pour apprendre les décimales de  $\pi$  : nombre de lettres correspondant à chaque mot du poème d'**Alphonse Rebière** - 1898 - "**Mathématiques et mathématiciens**"

*« Que j'aime à faire apprendre un nombre utile aux sages ! **3,1415926535***

*Glorieux **Archimède**, artiste ingénieux,*

*Toi de qui **Syracuse** aime encore la gloire,*

*Soit ton nom conservé par de savants grimoires !*

*Jadis, mystérieux, un problème bloquait*

*Tout l'admirable procédé, l'œuvre grandiose*

*Que Pythagore découvrit aux anciens Grecs.*

*O, quadrature ! Vieux tourment du philosophe !*

*Insoluble rondeur, trop longtemps vous avez*

*Défié Pythagore et ses imitateurs. »*

#### 4. Archimède et les taureaux d'Hélios

Echange entre Archimède et Eratosthène à Alexandrie (Lettre retrouvée en 1769 en Allemagne)

Dans le livre XII de l'Odyssée, l'équipage d'Ulysse débarque sur l'île de Thrinacie, gouvernée par le dieu Hélios. Au mépris du conseil d'Ulysse, les membres de l'équipage ne résistent pas à l'envie d'abattre le bétail, grâce auquel ils festoient pendant sept jours. Après cela ils sont punis pour cette transgression. D'après Diodore de Sicile, l'île de Thrinacie est la Sicile et le lieu où paissent les taureaux est Taormina ! Cette histoire fut interprétée comme un avertissement pour tous ceux qui seraient tentés d'envahir la Sicile ! Archimède utilise ce récit pour inventer une énigme qu'il propose à Eratosthène : « *Dénombrer, cher ami, les troupeaux du Soleil qui couvraient jadis les plaines de la Sicile, divisés en quatre groupes selon les couleurs : les blancs, les noirs, les pies et les jaunes. Il y avait plus de taureaux que de vaches, et le nombre de taureaux blancs étaient de moitié augmenté du tiers des taureaux noirs plus les taureaux jaunes. [...]\* Si tu peux donner, ami, le nombre de chaque sorte de vaches et de taureaux, tu n'es pas un novice en matière de nombres, mais on ne peut pas te considérer comme ayant un talent supérieur... » . [...]\* La mise en équation moderne des conditions énoncées par Archimède conduit à écrire un système de 7 équations à 8 inconnues. Solution du problème : 50 389 082 taureaux !*

« *Apprends cependant qu'il y avait aussi les relations suivantes entre les taureaux du Soleil : la somme des taureaux blancs et des taureaux noirs est un carré parfait »*

Solution : 224 571 490 814 418 taureaux !

« *Apprends cependant qu'il y avait aussi les relations suivantes entre les taureaux du Soleil : La somme des taureaux pie et des taureaux jaunes est un triangle parfait. **Si tu peux calculer également ces nombres, Ami, et trouver ainsi la taille totale du troupeau, exulte, car par la conquête, tu as montré que tu as atteint le degré suprême dans la science des nombres** » Première solution trouvée en 1880 par le Mathématicien allemand A. Amthor : Environ  $7,76 \times 10^{206\,544}$  (nombre à plus de 200 000 chiffres !!!)*

#### 5. La sphère et le cylindre – le tombeau d'Archimède

Archimède est le premier à décrire comment calculer la surface et le volume d'une sphère et d'un cylindre. Il montre que le volume de la sphère est égal aux deux tiers du volume du cylindre circonscrit à la sphère. « *Mais, quoiqu'il [Archimède] eût fait plusieurs inventions très belles, il pria, dit-on ses parents et ses amis de ne mettre, après sa mort, sur son tombeau, qu'une sphère inscrite dans un cylindre, et de marquer, dans l'inscription, de quelle quantité, dans ces deux solides, le contenant surpasse le contenu. » Plutarque - Vies parallèles : Marcellus*

« *Quand j'étais questeur, j'ai découvert son tombeau, inconnu des Syracusains, entouré de toutes parts d'une haie et couvert de ronces et d'épines [...] Je tournai mon attention vers une petite colonne peu saillante de quelques buissons, sur laquelle se trouvait **la figure d'une sphère et d'un cylindre.** » Cicéron - Tusculanae Disputationes - 45 av. J.-C.*

## **6. La sphère armillaire (planétaire) et le principe de la roue dentée**

« Faire, comme Archimède, une sphère qui représente le cours de la lune, du soleil, des cinq planètes ; et par un seul mouvement orbiculaire, régler divers mouvements, les uns plus lents, les autres plus vite ; c'est avoir exécuté le plan de ce Dieu, par qui Platon dans le Timée fait construire le monde. Autant que les révolutions célestes sont l'ouvrage d'un Dieu, autant la sphère d'Archimède est l'ouvrage d'un esprit divin. » Cicéron – Tusculanes

« Jupiter voyant le ciel figuré en un petit globe de verre, sourit, et s'adressant aux dieux leur dit : « Que de progrès a fait l'ingéniosité des mortels ! Voici mon œuvre immense représentée dans un globe fragile. **Un vieillard de Syracuse, grâce à sa science, a transposé sur terre l'ordre du monde, l'harmonie de la création, les lois des dieux** ». » Claudien – IV<sup>ème</sup> siècle après J.-C.

## **7. La vis d'Archimède**

« Il ne me semble pas qu'il faille ici passer sous silence l'invention d'Archimède consistant à faire monter l'eau avec la vis : ce qui est non seulement merveilleux, mais miraculeux ; puisque nous constaterons que l'eau monte dans la vis en descendant continuellement » Galilée - Mécanique

« Les mineurs épuisent entièrement les eaux au moyen des vis **égyptiennes qu'Archimède, de Syracuse, inventa pendant son voyage en Égypte**. Ils les élèvent ainsi successivement jusqu'à l'ouverture de la mine, et ayant desséché les galeries, ils y travaillent à leur aise. [...] » Diodore de Sicile

## **8. Des corps flottants : Théorème d'Archimède – « Euréka »**

Pour honorer les dieux immortels, le Roi Hiéron avait confié la confection d'une couronne en or à un artisan. Il soupçonnait ce dernier d'avoir substitué une partie de l'or par de l'argent. Il avait confié à Archimède la mission de trouver le moyen de confondre l'escroc. L'argent étant moins dense que l'or, les poussées d'Archimède sur deux couronnes, l'une en or pur, l'autre en mélange or/argent de mêmes poids, ne sont pas identiques car leurs volumes sont différents.

« Eureka ! » raconté par Plutarque

« Un jour, en entrant dans le bain, l'eau qu'il déplaça lui ayant fait découvrir le problème de la couronne que Hiéron lui avait proposé, saisi d'une sorte d'enthousiasme, il s'élança du bain en criant : "Je l'ai trouvé" [Eureka], et il courut dans la ville en répétant plusieurs fois ces mots. [...] Nous partageons l'enthousiasme d'Archimède, et nous pensons avec Platon, que les mathématiques, quoique négligées par des hommes grossiers et ignorants, font toujours des progrès, à cause du plaisir qu'elles procurent à l'esprit. » Plutarque - Œuvres morales

« Eureka ! » raconté par Vitruve

« En pensant à son affaire, Archimède arriva par fortune aux bains, ou en entrant dedans une cuve pleine d'eau pour se laver, considéra qu'autant qu'il mettait de son corps dedans la cuve, autant regorgeait-il de liqueur sur la terre. À cette cause, ayant trouvé la raison de ce qu'il cherchait, il ne fit plus long séjour en ces bains, mais en sortit ému de merveilleuse joie: et en

*courant nu devers sa maison, signifiait à haute voix qu'il avait trouvé le secret de sa charge, criant en grec, "Eureka, Eureka", c'est-à-dire, "Je l'ai trouvé, je l'ai trouvé". »*

## **9. Le siège de Syracuse et les miroirs ardents**

Syracuse s'était alliée à Carthage. Le siège de Syracuse (qui a duré 2 ans) par les Romains se termine par la victoire du général romain Marcellus en 212 av.J.-C, le sac de Syracuse et la mort d'Archimède. Rome prend possession du territoire carthaginois en dehors de l'Afrique. Ce siège fournit l'occasion à Archimède de faire la démonstration de son talent d'ingénieur : invention de la "**main de fer**", de la catapulte\*. **\*Archimède a étudié les paraboles, et la chute des corps mise en équation par Galilée est parabolique!**

*« Si quelques vaisseaux s'approchaient pour être en deçà du jet des machines, un levier, établi au-dessus du mur, lançait sur la proue de ces vaisseaux **une main de fer** attachée à une forte chaîne. Un énorme contrepoids en plomb ramenait en arrière la main de fer qui, enlevant ainsi la proue, suspendait le vaisseau droit sur la poupe; puis par une secousse subite le rejetait de telle sorte qu'il paraissait tomber du mur. Le vaisseau, à la grande épouvante des matelots, frappait l'onde avec tant de force que les flots y entraînent toujours même quand il retombait droit. »* Tite-Live

*« Mais Archimède qui avait construit des machines capables d'envoyer des projectiles à n'importe quelle distance, causa d'importants dommages aux bateaux des assaillants (les Romains avaient lancé le premier assaut par la mer), grâce à des catapultes les plus puissantes, ce qui dérouta totalement l'ennemi. Puis, lorsque ses machines envoyaient des rochers à trop longue distance, il en utilisait d'autres, au champ d'action plus restreint, qu'il adaptait toujours à la distance des positions de l'ennemi pour, à terme, briser leur courage et stopper totalement leur progression. »* [Les Romains abandonnèrent l'assaut] *« Cet incroyable exploit fut l'œuvre d'un seul homme. [...] Les Romains, aussi forts sur terre que sur mer, auraient eu toutes les chances de s'emparer de la ville si un seul homme de Syracuse ne s'était dressé contre eux. Mais tant qu'il fut présent, ils ne se risquèrent plus à assiéger la ville. »*  
Polybe

### **9.1. Les miroirs ardents**

Aucun des auteurs cités précédemment ne relate l'épisode des miroirs ardents capables de concentrer les rayons du soleil pour enflammer les bateaux romains. Les seules sources de l'épisode du miroir sont deux compilateurs byzantins du XII<sup>e</sup> siècle, Jean Zonaras et Jean Tzétzès, cités par *L'Encyclopédie* de Diderot:

*« Ce poète [Tzétzès] fait une description fort détaillée de la manière dont Archimède s'y prit pour cela. Il dit que ce grand géomètre disposa les uns auprès des autres plusieurs miroirs plans, dont il forma une espèce de miroir polygone à plusieurs faces; et que par le moyen des charnières qui unissaient ces miroirs, il pouvait leur faire faire tels angles qu'il voulait; qu'il les*

*disposa donc de manière qu'ils renvoyassent tous vers un même lieu l'image du soleil, et que ce fut ainsi qu'il brûla les vaisseaux des Romains. »* (extrait de l'article "Miroir ardent", 1<sup>ère</sup> édition, 1751, volume I). En 1747, Georges de Buffon, Intendant du Jardin du Roi prouve au château de la Muette, en présence du roi Louis XV, lors d'une véritable exhibition, la réalité des miroirs ardents d'Archimède. Le 12 avril 1747, il en fait une présentation à l'Académie des sciences.

*« Je crois avoir porté la théorie et la pratique des miroirs ardents à un bon degré de perfection. J'ai récemment fait exécuter en fer et en cuivre celui d'Archimède dont je n'ai montré qu'un modèle il y a presque 3 ans, C'est un carré de 6 pieds de côté seulement [2 m x 2 m], et il est composé de **360 petites glaces**\*. Il brûle depuis 10 jusqu'à 200 pieds de distance [de 3 à 65 mètres], et à 30 pieds [10 mètres], il donne une chaleur plus que 3 fois supérieure que celle qu'il faut pour fondre le fer. »* Lettre de Buffon adressée au savant anglais Martin Folkes – 6 avril 1750. \* Archimède ne disposait que de miroirs métalliques polis, les miroirs en verre étamé n'avaient pas encore été inventés ! 2005 : Reconstitution de l'expérience par les étudiants du MIT (Massachusetts Institute of Technology) - Echec : **les miroirs ardents sont une légende.**

## **9.2. Les films mettant en scène les miroirs ardents**

**Cabiria** - Film italien réalisé par Giovanni Pastrone – 1914, librement inspiré du roman Carthage en flammes (d'Emilio Salgari – 1908) et de Salambô (Gustave Flaubert – 1862) Gabriele d'Annunzio a réalisé les intertitres de ce film muet. Dans la quatrième partie « Alors qu'Hannibal, le vainqueur de Cannae (en 216 av. J.-C.), connaît un revers de fortune, le proconsul Marcellus assiège Syracuse, alliée de Carthage. **Mais un sage vieillard, sortant de ses méditations, invente des machines invincibles pour défendre les remparts.** » Ce film est en libre accès sur le site <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cabiria>. La quatrième partie qui traite des miroirs ardents se situe entre la 50<sup>ème</sup> minute et la 55<sup>ème</sup> minute du film (durée 2 h)

**L'assedio di siracusa - Archimede (Le siège de Syracuse)** – 1960 – Pietro Francisci – Un péplum qu'on pourrait résumer par « Des feux du miroir aux feux de l'amour » ! Archimède et le Général romain Marcellus sont amoureux de la même danseuse Diane...

## **10. Le sac de Syracuse et la mort d'Archimède**

La chute de Syracuse après un siège de 2 ans racontée par Plutarque:

*« Marcellus observa qu'une des tours, était fort négligemment gardée, et qu'on pourrait y faire entrer secrètement quelques soldats, parce que la muraille de la ville était en cet endroit facile à escalader. Les rendez-vous fréquents qui eurent lieu près de cette tour l'ayant mis à portée d'en juger la hauteur par estimation, il fit préparer des échelles; et, profitant d'une fête de Diane que les Syracusains célébraient au milieu des festins et des plaisirs, dès le matin il se saisit de la tour sans être aperçu, remplit d'hommes armés les murs des environs, et rompit une des portes de l'Hexapyle. Les Syracusains, réveillés par le bruit, commençaient à se mettre en mouvement avec beaucoup de trouble, lorsque Marcellus fit sonner à la fois toutes les*

*trompettes: ce qui jeta une telle frayeur parmi les habitants, qu'ils prirent tous la fuite, persuadés qu'il n'y avait pas un quartier de la ville qui ne fût au pouvoir de l'ennemi. »*

Plutarque

#### Récit de Tite-Live

*« Au milieu de tous les excès que faisaient commettre la fureur, l'avarice et la cruauté, on raconte qu'Archimède, malgré le tumulte d'une ville prise d'assaut et le bruit des soldats qui se dispersaient pour piller, fut trouvé les yeux fixés sur des figures qu'il avait tracées sur le sable, et tué par un soldat qui ne le connaissait pas. Marcellus donna des regrets à cette mort, prit soin de ses funérailles, et fit chercher ses parents, à qui son nom et son souvenir valurent la sûreté et des honneurs. Tels furent les principaux événements de la prise de Syracuse. »*

Tite-Live

#### Récit de Valère Maxime

*« Mais, tandis qu'Archimède traçait des figures en fixant son attention et ses regards sur le sol, un soldat se précipite dans sa maison pour la piller et, l'épée nue au-dessus de sa tête, lui demande qui il est. Le géomètre, trop occupé de trouver la solution qu'il cherchait, ne peut dire son nom. Mais il couvre la terre de ses mains et dit seulement : "De grâce, ne dérange pas cette poussière !" Et, comme si cette réponse avait marqué du mépris pour l'ordre du vainqueur, on lui trancha la tête et son sang vint brouiller ses figures de géométrie. C'est ainsi que son travail tantôt lui valut la vie sauve, tantôt fut cause de sa mort. »* (An de Rome 541)

#### Récit de Plutarque

*« Tout à coup il se présente à lui un soldat qui lui ordonne de le suivre pour aller trouver Marcellus. Il refuse d'y aller jusqu'à ce qu'il ait achevé la démonstration de son problème. Le Romain, irrité, tire son épée et le tue. D'autres disent qu'un soldat étant allé d'abord à lui, l'épée à la main, pour le tuer, Archimède le pria instamment d'attendre un moment, afin qu'il ne laissât pas son problème imparfait; et que le soldat, qui se souciait fort peu de sa démonstration, le perça de son épée. Un troisième récit, c'est qu'Archimède étant allé lui-même porter à Marcellus, dans une caisse, des instruments de mathématiques, tels que des cadrans au soleil, des sphères, et des angles avec lesquels on mesure la grandeur du soleil, des soldats qui le rencontrèrent, croyant que c'était de l'or qu'il portait dans cette caisse, le tuèrent pour s'en emparer. Mais ce qui est avoué de tous les historiens, c'est que Marcellus fut très affligé de sa mort, qu'il eut horreur du meurtrier comme d'un sacrilège, et qu'ayant fait chercher les parents d'Archimède, il les traita de la manière la plus honorable. »* Plutarque

#### L'hommage de Marcellus par Pline l'Ancien

*« Marcus Marcellus rendit un grand témoignage à Archimède pour sa science en géométrie et en mécanique, ordonnant, lors de la prise de Syracuse, de n'épargner que lui ; mais l'ignorance d'un soldat rendit vaine l'intention du général. »* Pline l'Ancien

## 11. L'ouvrage de David Rivault de Fleurance

Consultable sur internet dans son intégralité :

[https://books.google.fr/books?id=6IKmtQisHEAC&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs\\_g\\_e\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.fr/books?id=6IKmtQisHEAC&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_g_e_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

### ARCHIMEDE

Toutes les œuvres d'Archimède conservées qui existent

### Eclairées de nouvelles démonstrations et commentaires

Par David Rivault de Fleurance, canoniste de la cour sacrée du roi, conseiller et maître des requêtes et des écoles chrétiennes du très chrétien roi de Gaule et de Navarre, Louis XIII, toujours-Vénérable Paris, Chez Claude Morel rue Jacob, Près de l'illustre Fontaine An 1615 Par privilège du roi

**A l'homme très illustre / David Rivault de Fleurance, Interprète et illustre commentateur d'Archimède.**

### Epigramme.

*Syracuse dévastée, autrefois île d'Eole, que pouvait-elle apporter à Rivault, si ce n'est un Syracusain ?*

*Par ses connaissances celui-là [Archimède] luttait et mettait la mort en fuite,*

*Par ses écrits celui-ci [Rivault] libère le Syracusain de la mort.*

Pontius Privatus de Tarascon - Amateur et qui aime apprendre.

*A Archimède, de la part d'un homme très illustre, de Fleurance, pour le Roi très chrétien, exposé et illustré par les conseils et explications de Federic Morel, professeur du Roi, en vers sénaires iambiques.*

*Ô grand homme, gloire première des mathématiques,*

*Très illustre Archimède, créateur et maître souverain,*

***La sphère et le cylindre te reconnaissent comme leur créateur et excellent représentant,***

***Le sable te reconnaît comme le connaisseur de son nombre,***

***Le courage romain a cédé devant ton génie.***

*Ne trouves-tu pas merveilleuse l'activité*

*De ce très célèbre homme de Fleurance, en France ?*

*De plus il a imprégné l'esprit du roi de France, Louis [XIII],*

*De préceptes très beaux.*

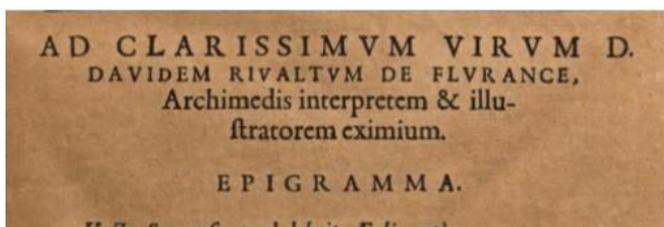
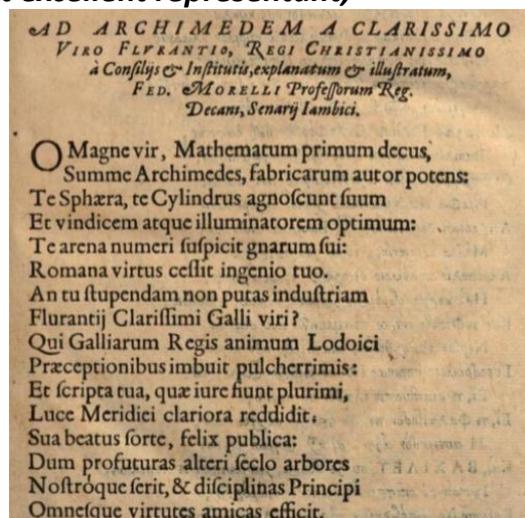
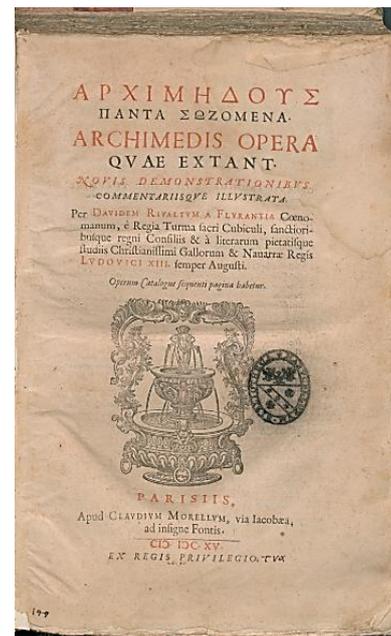
*Et il a rendu à juste titre, tes écrits très nombreux,*

***Brillant pour ses propres écrits, salutaire pour les écrits publics :***

***Puisqu'il sème des graines qui seront utiles au siècle suivant***

***Et au nôtre, et qu'il rend aimables au Prince***

***Tous les enseignements et vertus.***



13

