

Hypatie, femme, grecque, mathématicienne oubliée

Marie-Noëlle RACINE, IREM Dijon,

Résumé : *Hypatie vécut à Alexandrie. Elle y professa les mathématiques et la philosophie. Née à la fin du 4^e siècle, elle fut massacrée en 415. Cet article a pour but de replacer sa vie dans le contexte social, politique, culturel, mathématique de son époque (l'Antiquité grecque), de faire travailler, à partir d'un texte de son père Théon d'Alexandrie, sur des mathématiques qu'elle a pu pratiquer : l'algorithme d'extraction d'une racine carrée.*

Mots clés : *Hypatie, mathématicienne, Théon d'Alexandrie, extraction d'une racine carrée.*

L'histoire n'accorde aux femmes qu'une place minime, même quand elles ont joué un rôle de premier plan, plus particulièrement dans le domaine des mathématiques. Cet article a pour but de replacer Hypatie dans son contexte social, politique, culturel, mathématique, de faire travailler sur des mathématiques qu'elle a pu pratiquer.

Les mathématiques sont nées dans l'Antiquité, commençons notre histoire dès l'Antiquité. Rapprochons-nous de l'Europe, nous arrivons dans la Grèce antique. La période usuellement appelée de cette façon pourrait débiter avec les premiers jeux olympiques vers -776, et se poursuivre jusqu'au milieu du 6^{ème} siècle de notre ère. C'est-à-dire que cette période s'étale sur plus de mille ans, voire presque douze siècles.

Hypatie vécut à la fin de la période que nous considérons.

1. Sur le plan politique et culturel.

Depuis le 8^e siècle avant notre ère, nous pouvons citer Homère, la bataille de Marathon, la construction du Parthénon, Périclès (-460 ; -430), les guerres médiques, Aristophane (-415 ; -399), Socrate, Platon et son Académie (-360), Aristote (-340), Alexandre, la création de la ville d'Alexandrie et de sa bibliothèque (vers -300), puis le développement de Pergame et l'apparition du parchemin alors

qu'à Alexandrie on utilisait toujours le papyrus, la conquête romaine, Cicéron, César, puis l'Égypte qui devient entièrement romaine après la capitulation de la dernière des souverains Ptolémée, Cléopâtre, l'étouffement des sciences pures au profit des applications techniques. Débute alors l'ère chrétienne, c'est le règne de Néron, Trajan, c'est la catastrophe de Pompeï. Vers 300, Byzance, qui s'appellera Constantinople puis actuellement Istanbul, devient la capitale de l'empire romain. Vers 500, on y construira l'église Sainte Sophie.

2. Sur le plan mathématique.

Que s'est-il passé ? On parle de l'émergence d'une pensée abstraite dans l'école ionienne, avec des personnages comme Thalès (-624 ; -548), puis Pythagore et son école dans laquelle les femmes étaient admises à travailler, sans doute comme leurs condisciples hommes, après plusieurs années en tant qu'acousmaticiens (qui recevaient seulement les résultats) avant de faire partie des initiés (qui recevaient aussi les démonstrations). Après ce premier foyer mathématique, se développe un deuxième foyer autour de la bibliothèque d'Alexandrie, à partir de -300 environ, dont les plus célèbres représentants furent Euclide, Aristarque (-290), Archimède (-287 ; -212), Eratosthène (-250), Apollonius (-230). Citons ensuite, au premier siècle avant notre ère, l'architecte romain Vitruve, puis dès le premier siècle de notre ère, Nicomaque, Claude Ptolémée (100 ; 170), Diophante (vers 200), Pappus (320), Théon d'Alexandrie et Proclus de Lycie. Hypatie, fille de Théon, pratiqua les mathématiques à ce moment-là.

3. Sa vie.

Hypatie serait tombée dans l'oubli si un auteur anglais du 18^{ème} siècle, Gibbon, qui effectuait des recherches au Vatican sur la décadence de l'empire romain, n'avait pas retrouvé sa trace dans les écrits de Socrate le scolastique, l'un des contemporains d'Hypatie. On fixe généralement sa naissance vers 355, ou 370, voire 380 selon les auteurs. Comme elle a travaillé avec son père décédé en 377, elle est donc plus probablement née bien avant 370. A la fin du 4^{ème} siècle, Alexandrie est gouvernée par les Romains. Ils veulent imposer leur religion, le christianisme. Hypatie, platonicienne, parle grec, serait sans doute athée, professe la philosophie et les mathématiques non seulement au museum à la suite de son père, mais aussi dans la rue. Son influence est grandissante même auprès des autorités romaines comme le préfet Oreste, ou ecclésiastiques comme l'évêque Synésius de Cyrène. Sa beauté est légendaire, mais il ne subsiste aucun portrait de son vivant. Cette influence grandissante a pu générer des jalousies et contrarier l'évêque romain Cyrille, successeur de Synésius, catholique convaincu qui a

développé une communauté de moines fanatiques, qui s'occupaient des pauvres et des handicapés, des malades contagieux et profitaient de toutes occasions pour embrigader la population qui se laissait aveugler par leurs manières sournoises. Jalousies, fanatisme religieux ? On ne saura sans doute jamais exactement ce qui incita la foule furieuse à tuer Hypatie à coups de pierres, à brûler tous ses écrits. Cette mathématicienne philosophe connut une fin tragique. Cyrille fut sanctifié, Hypatie rejetée dans l'oubli. Théon et Hypatie furent les derniers mathématiciens connus de l'antiquité. Le museum fut fermé, la bibliothèque désertée quelques 100 ans plus tard puis incendiée et détruite. Ces événements sont aussi associés au déclin de l'empire romain.

4. Comment considérait-on les femmes à son époque ?

Dans la tradition grecque, reprenons les écrits d'Aristophane. Dans la Grèce antique, les femmes n'ont pas la parole, elles n'ont même pas le droit de siéger aux assemblées (d'ailleurs en France, le vote des femmes n'a été acquis qu'après la deuxième guerre mondiale). Dans sa pièce *l'assemblée des femmes*, Aristophane (-415 ; -399) décrit une situation où les femmes tentent de faire entendre leur voix. Elles ont pris les habits de leurs maris et s'en sont vêtues pour pouvoir entrer à l'assemblée. C'est Praxagora qui est à la tête du mouvement. Voici quelques extraits de ce que Aristophane lui fait dire dans une harangue :

« Elles se font des petits plats comme avant ; Elles aiment le vin pur comme avant ; Elles ont plaisir à être baisées comme avant. A elles donc, ô hommes, confions l'état sans ergoter ; et ne nous demandons pas ce qu'elles vont faire, mais laissons-les tout bonnement gouverner. Considérons seulement ceci : d'abord qu'étant mères elles auront à cœur de sauver les soldats. Ensuite, pour ce qui est des vivres, qui mieux qu'une mère pressera l'envoi ? Pour se procurer de l'argent rien de plus ingénieux qu'une femme ; au pouvoir, elle ne sera jamais dupée ; car elles-mêmes sont habituées à tromper. »

Voilà des propos bien moqueurs, nuancés toutefois par le fait que les femmes sauront permettre de trouver des compromis pour faire cesser les guerres médiques ravageuses.

Dans la tradition romaine, que dire sinon que la femme est réduite à son rôle de mère et à une totale soumission à la vie familiale.

5. Son œuvre et les mathématiques qu'elle a pu pratiquer.

On ne connaît les travaux d'Hypatie qu'à travers les lettres de ses amis. Elle aurait imaginé un planisphère, serait à l'origine de l'aréomètre (ou pèse-liqueur), aurait

commenté les *Coniques* d'Appollonius, ainsi que les livres d'arithmétique de Diophante. Elle aurait, avec son père Théon, commenté les travaux d'Euclide et aurait participé à l'élaboration des tables d'astronomie accompagnant le commentaire de l'*Almageste* de Ptolémée. Pour connaître le genre de mathématiques ou de calculs pratiqués par Hypatie, reprenons un texte de son père Théon d'Alexandrie : dans l'*Almageste*, Ptolémée donnait comme valeur approchée de la racine carrée de 4500, $67^{\circ}4'55''$, sans explications. Théon détaille le calcul. Extrait du commentaire sur le premier livre de la syntaxe mathématique de Ptolémée.

Texte grec in Commentaires de Pappus et de Théon d'Alexandrie sur l'*Almageste*, ed. A. Rome, Biblioteca Apostolica Vaticana, 1936 (t.II, p.471-473). Trad M. Crubellier. Et paru dans « Histoires d'algorithmes » édité par Belin, auteurs Chabert, Barbin, Guillemot, Michel-Pajus, Borowczyk, Djebbar, Martzloff, à Paris en 1994, pages 233 et 234.

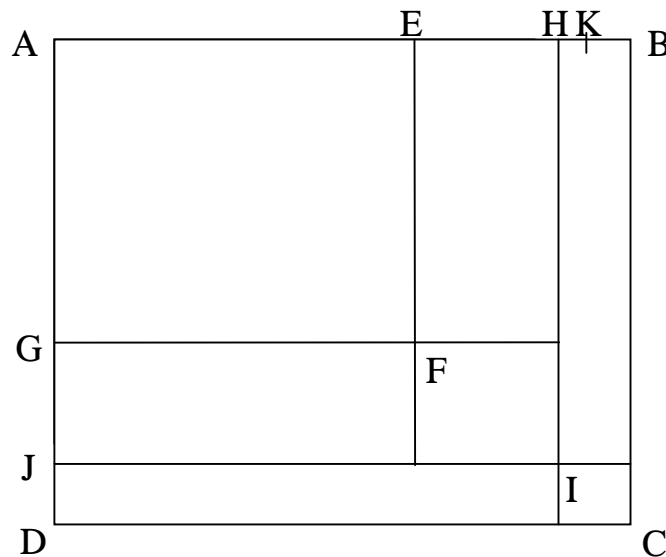
« Soit une surface carrée ABCD, exprimable en puissance seulement, dont l'aire est de 4500 degrés ; on demande de calculer le côté du carré le plus proche. Puisque donc le nombre carré le plus proche de 4500 qui ait un carré fait d'unités entières est 4489 unités, dont le côté est de 67, retranchons du carré ABCD le carré AF qui vaut 4489 unités, dont le côté est de 67 unités. Le reste, le gnomon BFFD vaut donc 11 unités, que nous exprimons en les réduisant en minutes, soit 660'. Ensuite nous doublerons le segment EF, parce que le rectangle de côté EF [est pris] deux fois, comme si l'on posait que EF est sur la droite FG, puis nous diviserons 660 minutes par le résultat 134, et le résultat de la division, 4 minutes, nous donnera les deux [segments] EH et GJ. Et en complétant les parallélogrammes HF, FJ, nous trouverons que ceux-ci valent 536 minutes, chacun des deux valant 268. Ensuite, nous réduirons à leur tour les 124 minutes restantes en 7440 secondes et nous soustrairons le carré FI construit sur [un côté égal à] 4 minutes, qui vaut 16 secondes, afin que, ayant placé un gnomon autour du carré initial AF, nous obtenions le carré AI de côté $67^{\circ}4'$, constitué de 4497 degrés $56'16''$, et comme reste, cette fois le gnomon BIID qui vaut 2 degrés $3'44''$, c'est-à-dire 7424 secondes. Nous doublerons cette fois HI, comme si HI se trouvait sur la droite IJ, et, ayant divisé les 7424 secondes par le résultat $134'8''$, le résultat de la division 55 secondes à peu près, nous donne une approximation des deux [segments] HB, JD. Et en complétant les parallélogrammes BI, ID, nous trouverons que ceux-ci valent 7370 secondes et 440 tierces, chacun des deux valant d'une part 3685 secondes et 220 tierces. Et il est resté comme différence 46 secondes et 40 tierces, ce qui fait à peu près le carré IC dont le côté se trouve être de 55 secondes, et nous avons trouvé que le côté du carré ABCD qui se compose de 4500 degrés, est à peu près de $67^{\circ}4'55''$.

De sorte qu'en général, si nous cherchons à calculer la racine carrée d'un nombre, nous prenons d'abord le côté du nombre carré le plus proche. Puis nous le doublons et nous divisons par le résultat le nombre restant, après avoir réduit en minutes, et du résultat de la division nous retranchons un carré, puis ayant réduit à

son tour le reste en secondes, en le divisant par le double des degrés, minutes et secondes, nous obtiendrons à peu près le nombre que nous cherchons, celui du côté de la surface carrée [donnée]. »

Nous pouvons de suite faire une remarque : sous domination romaine, Théon, et Hypatie, parlaient et écrivaient en grec, mais pour les calculs, ils n'utilisaient ni le système de numération grec, ni le système de numération romain peu pratiques pour les opérations. Le système sexagésimal babylonien était plus courant pour eux.

Suivons ces calculs pas à pas avec la figure ci-dessous :



L'aire du carré ABCD est 4500. L'unité annoncée dans le texte est le degré. Comme l'unité qui mesure le côté est aussi le degré, l'unité qui mesure l'aire serait, pour nous, le degré carré. L'aire de AEFG est 4489 degrés (degrés carrés). Une première valeur approchée de la racine carrée de 4500 est 67 car 67^2 est égal à 4489, plus grand carré entier contenu dans 4500. « retranchons du carré ABCD le carré AF » signifie « retranchons de l'aire du carré ABCD, l'aire du carré AEFG », l'aire du carré AEFG étant désignée par « le carré AF » : il est courant, dans les textes de cette époque, de nommer l'aire d'un carré simplement par la nomination d'une diagonale dudit carré, ce que nous nous permettrons aussi dans la suite du commentaire. « retranchons du carré ABCD le carré AF qui vaut 4489 unités, dont le côté est de 67 unités » on retrouve la confusion entre les unités (de mesure de longueur) et les unités carrées (de mesure d'aire). « Le reste, le gnomon BFFD » : un gnomon est ce qui reste lorsqu'on enlève à une figure, depuis un sommet, une figure semblable. Ici, au carré ABCD, on enlève une figure semblable, c'est-à-dire un autre carré, en l'occurrence AEFG, depuis le sommet A. La figure restante que nous nommerions aujourd'hui par tous ses sommets est l'hexagone BCDGFE. Ce gnomon est formé de deux rectangles, de diagonales respectives BF et FD, et d'un carré de diagonale FC. Il est désigné par le raccourci « BFFD ». L'aire de ce gnomon « vaut donc 11 unités, que nous exprimons en les réduisant en minutes, soit

660' », nous avons bien compris que $4500 - 67^2 = 4500 - 4489 = 11$, le mot « unité » désignant ici le degré carré. En multipliant 11 par 60, on obtient bien 660, mais l'unité n'est pas tout à fait la minute comme il est annoncé dans le texte, il s'agit d'une unité qui est le degré $\times$ minute, si l'on veut l'homogénéité. Ensuite, cherchons quelle largeur, en minutes, donner à EH, pour que l'aire des deux « rectangles HF et JF » soit contenue dans le « gnomon BFFD ». On double la longueur EF, car il y a deux rectangles ($EF + FG = 2 EF$, soit 134, en degrés). On obtiendra bien une aire des deux rectangles en degré $\times$ minute, qui sera une approximation de l'aire du gnomon BFFD. Pour chercher la longueur de EG, on néglige l'aire du petit carré FI, et dans un premier temps, le reste, c'est-à-dire $660 - 4 * 134$, soit 124, est transformé en secondes (on l'a bien compris, il s'agit là encore d'une unité spéciale degré $\times$ seconde), soit $124 * 60 = 7440$. Mais ce 7440 ne servira jamais par la suite car on rétablit le fait que du gnomon BFFD, on n'enlève pas seulement deux rectangles, mais on retire deux rectangles et un carré. Le côté du carré FI mesure 4 minutes. L'aire de ce carré est donc 16 minutes carrées, et le carré AI a bien un côté de $67^\circ 4'$. L'aire correspondante est $(67 + 4/60)^2$ et sera ainsi exprimée en degrés carrés. Ce qui donne $67^2 + 67*4/60 + 4^2/60^2$. Les soixantièmes de degrés carrés sont des degrés $\times$ minutes, et sont notés comme des minutes, les trois-mille-six-centièmes de degrés carrés sont des degrés $\times$ secondes, notés comme des secondes. Avec ces notations, on obtient bien l'aire du carré AI égale à $4497^\circ 56' 16''$. L'aire du gnomon BIID vaut $2^\circ 3' 44''$, c'est-à-dire $7424''$ car $4500 - (67^\circ 4')^2 = 2^\circ 3' 44''$, $2*60^2 + 3*60 + 44$. l'unité est appelée dans le texte la seconde, rappelons qu'il s'agit de degrés $\times$ secondes. De même que l'on a cherché une longueur EH telle que le double de l'aire du rectangle HF soit contenu dans le gnomon BFFD, on cherchera maintenant une longueur HK, exprimée en secondes, telle que le double de l'aire du rectangle KI soit contenu dans le gnomon BIID. Les calculs sont similaires aux précédents, précisons juste que la tierce est un sous multiple de la seconde :

1 degré = 60 minutes ; 1 minute = 60 secondes ; 1 seconde = 60 tierces.

Théon proposait d'approximer EH en cherchant combien de fois le double de l'aire du rectangle HF est contenu dans le gnomon BFFD, puis il rajoutait l'aire du carré FI. C'est à peu près la méthode actuelle puisqu'aujourd'hui, nous cherchons directement combien de fois le gnomon HFFJ est contenu dans le gnomon BFFD.

Voilà donc le genre de calculs que pouvait pratiquer Hypatie lorsqu'elle avait à approcher la racine carrée d'un nombre.

6. Références

- A. Rebière, « les femmes dans la science », librairie Nony, Paris 1897
- Chabert Jean-Luc, Barbin Evelyne, Guillemot Michel, Michel-Pajus Anne, Borowczyk Jacques, Djebbar Ahmed, Martzloff Jean-Claude, « Histoires d'algorithmes » Paris, Belin, 1994.
- Hypatia – Arnulf Zitelmann - Editeur : L'Ecole des loisirs (1 janvier 1990) - Collection : Médium
- Thèse philosophie rédigée en latin de B. Ligier – 1879 – De Hypatia Philosopha et Eclectismi Alexandrini Fine. Il s'agit d'un complément d'une thèse de lettres rédigée en latin en 1879. Cote 71210 BU Dijon – Consultable à la BU Lettres de Dijon.
- Mathématiciennes : des inconnues parmi d'autres – Eliane EYCHENNE – IREM de Besançon – novembre 1993.
- "L'Assemblée des femmes", pièce d'Aristophane, texte établi par Victor Coulon, traduit par Hilaire Van Daele, éditeur les Belles Lettres, Paris 1930, pages 24 et 25.

Je remercie très sincèrement Michelle Jeannin, avec qui j'ai préparé l'intervention "Femmes et Math" en janvier 2005.

Merci à Michel Lafond pour sa relecture attentive et pour les explications complémentaires que nous vous livrerons dans un prochain numéro.