

*Texte de la conférence donnée le 20 novembre 2009 par G. Fréchet, Conservateur en chef du fonds patrimonial de la médiathèque Ceccano dans le cadre de la fête de la Science 2009 à Avignon.*

### **Oronce Fine (1494 – 1855)**

Il est né au bord de la Durance, dans notre région, à Briançon le 20 décembre 1494. En fait ses parents, le médecin François Fine et Charlotte de la Tour-des-Villars possédaient le fief noble de Champrouet qui se trouve aujourd'hui sur le terroir de la commune de Villar Saint-Pancrace, limitrophe de Briançon, c'est peut être là qu'il est né, et il a certainement fréquenté l'église de Saint Pancrace.

Son nom un peu étrange mérite une explication : son prénom Oronce lui a été donné par son parrain Oronce Emé. Quant au nom de Fine (et non Finé ni Sine), c'est encore aujourd'hui le nom de famille le plus fréquent à Villar saint Pancrace, dont le maire s'appelle Laurence Fine.

Son grand père Michel était médecin et a écrit un traité sur la peste (études en Italie), son père François également et ayant fait ses études à Paris en 1472-73, avait une vaste culture scientifique. Oronce a dû commencer son éducation avec son père, mais après sa mort l'enfant fut envoyé à Paris faire des études. Il fut élève du philosophe Antoine Silvestre au collège de Montaigu, puis à celui de Navarre. Oronce a commencé à enseigner au collège de Navarre à partir de 1516 et y obtient un diplôme médical en 1522. Cependant nous le retrouvons tout à coup en prison vers 1520. On en connaît mal la raison. Le plus probable est que dans des travaux d'astrologie, il avait fait une prédiction qui ne plaisait pas à la cour. Une autre hypothèse est qu'il avait été envoyé en Italie pendant les guerres pour conquérir le Milanais, il aurait été fait prisonnier, pendant qu'il travaillait aux fortifications de Milan pour le compte de François Ier. Dans ce travail, il succédait à Léonard de Vinci. Quoiqu'il en soit, nous savons qu'il a été délivré de sa prison en 1524, sur l'intervention de ses collègues universitaires.

C'est à cette date également qu'il réalise un instrument astronomique pour François Ier, de grande valeur autant scientifique qu'artistique : un cadran solaire en ivoire en forme de navire.

François Ier le nomme premier titulaire de la chaire de mathématique au collège de France (collège des lecteurs royaux) en 1531, sans doute à la suite de sa publication de la carte de France en 1525. Mais cela lui apportait beaucoup de prestige mais peu d'argent, 150 livres par an. Il se rendit célèbre par son enseignement et beaucoup de gens venaient lui rendre visite. Il habitait à Paris rue des Lavandières dans un collège dauphinois dont il était proviseur. Son logis nous dit on était toujours ouvert aux curieux de tout genre, nobles, ambassadeurs, voyageurs étrangers. Voici son portrait et une description de son caractère selon André Thevet : «Joint aussi que pour ses rares vertus il estoit fort bien reçu des grands seigneurs qui se baignoient à ses mœurs qui étaient simples, ouverts, sans dol, fard, hypocrisie, mais d'un cœur franc, libre, joyeux et facétieux ». Il épouse Denise Blanche dont il a 7 enfants. Vers la fin de sa vie il a travaillé pour le cardinal Charles de Lorraine en

1553, qui a été son grand mécène et pour lequel il a réalisé une partie de la célèbre horloge planétaire de la bibliothèque sainte Geneviève.

Je vous présente successivement les sources scientifiques auxquelles il a puisé, l'état de la science au 16<sup>e</sup> s., ses apports en pédagogie, puis je vous présenterai en détail quelques une de ses réalisations, enfin nous verrons ses élèves.

## -- l'homme, sa formation et ses sources

Il est originaire d'une région qui paraît assez reculée, la haute vallée de la Durance, toutefois il ne faut pas en déduire qu'il ne connaissait rien du monde extérieur. En effet sa famille, de petite noblesse, intervenait dans les affaires générales du dauphiné. Les nobles du Briançonnais payaient l'impôt et pouvaient travailler. Briançon avait une certaine importance à cette époque, avec ses foires actives et des monuments de la renaissance. En homme de la Renaissance il couvre tous les savoirs et écrit sur les mathématiques, l'astronomie, l'astrologie, l'alchimie, la musique et la géographie. Il commence ses publications très tôt dès 1515, et se fait connaître par la fabrication d'instruments scientifiques.

Comme mathématicien, on ne lui doit pas de grandes avancées, mais il a contribué à une synthèse intelligente de toutes les connaissances de son temps. Ayant reconnu, dans son *Traicté Touchant la Perfection & Commodité des Arts Liberaux Mathematiques*, épître à François Ier parue en 1531, que la France de son temps n'accordait pas assez d'importance aux études scientifiques, Il fit connaître les travaux des chercheurs étrangers en les republiant avec des commentaires explicatifs, ou même en les traduisant en français pour en faciliter la lecture aux étudiants. C'est ainsi qu'il publie l'ouvrage d'astronomie de l'autrichien Georg von Peurbach « *Theoricarum novarum textus* » en 1515, qu'il traduit aussi en français en 1528, une nouvelle édition de l'encyclopédie du moine strasbourgeois Grégoire Reisch en 1535, les œuvres d'arithmétique de Juan Martinet Silicco en 1519, de Peter Apian mathématicien et astronome en 1551, du géographe Martin Borrhaus en 1551, sans parler de ses rééditions du traité de la Sphère de John of Hollywood en 1517, un éternel best seller de l'astronomie du moyen âge, enfin et surtout un grande édition d'Euclide avec une nouvelle traduction latine et des commentaires parue en 1536.

Pour rendre plus faciles à assimiler ces traités, il les orne de schémas qu'il dessine lui-même. En effet l'imprimerie permettait à cette époque une nouvelle diffusion du savoir et beaucoup d'intellectuels surent s'approprier ce nouveau médium ; il se mit au service d'éditeurs comme Simon de Colines, qui publia ses principales œuvres, mais il lui rendait service comme correcteur et comme illustrateur, fournissant des encadrements de pages et des décorations, aussi bien que des schémas. On peut dire que comme beaucoup de savants anciens, il était très capable de travailler de ses mains et utilisait toutes les techniques disponibles, dessinant des instruments et des cartes. D'autre part il est bon traducteur, car si il publie beaucoup en latin dont il étale sa connaissance classique, il a contribué à la vulgarisation scientifique en exposant plusieurs branches du savoir en dehors des salles de l'université pour les laïcs du 16<sup>e</sup> s. Sa défense de la langue vernaculaire est la suivante, plutôt élitiste : « beaucoup de nobles et d'esprits fins parmi les chevaliers et les bourgeois, tout autant que les artisans, ne connaissent pas bien le latin ».

Inversement ses propres œuvres furent connues et rééditées à Bâle et à Strasbourg en 1535 et 1544, à Valence en Espagne, à Venise en 1587, traduites en italien, en anglais.

## Art

En art on peut lui attribuer le dessin des illustrations de ses ouvrages, c'est d'ailleurs le rôle qu'il s'attribue dans l'inscription du frontispice de la *Protomathesis* : « hanc author proprio pingebat marte figuram » l'auteur a peint lui-même cette figure. Il dessinait sur des blocs de bois qu'un graveur reprenait ensuite, puisqu'une des planches portant son monogramme porte aussi le monogramme d'un graveur. Cette activité est similaire à celle d'autres humanistes de la renaissance qui s'attribuent un rôle dans la décoration Sébastien brans, Geoffroy Tory.

Il était même si apprécié que Charles de Bovelles en 1542, dans son « Art et pratique de Géométrie », dit qu'il a confié son œuvre à un libraire parisien dont le graveur était médiocre, mais qu'il a préféré faire faire ses figures par Oronce Fine.

Il s'est lui-même représenté dans la grande planche gravée de Johannes de Sacrobosco, 1525, comme un astronome. Dans les frontispices internes de la *Protomathesis* 1532, section « Arithmetica », l'astronome à droite de la muse Urania est Oronce Fine lui-même, son nom n'est pas encore dans le phylactère, qu'il osera remplir que dans la 2<sup>ème</sup> édition.

La présence d'un monogramme OF ou de dauphins signale ses œuvres, de même qu'il s'intitule toujours Orontius Finaeus Delphinatus.

Ses célèbres cartes ont certainement été entièrement dessinées par lui-même, avec leur ornementation. La rare projection cordiforme qu'il choisit pour ses deux mappemondes (en double cœur, 1531 ; en cœur simple 1536) reflète peut être des intentions symboliques.

## - L'état de la science au 16<sup>ème</sup> s.

On ne considère généralement pas le XVI<sup>ème</sup> siècle comme une époque d'avancée décisive de la science. Si la soif de découverte amena d'extraordinaires aventures dans la navigation et l'exploration de nouveaux territoires, si le plus grand esprit critique dans l'examen des textes fondateurs de la civilisation occidentale ont permis de retrouver certaines connaissances oubliées depuis l'Antiquité et de chercher une plus grande clarté dans l'exposé des faits, les théories fondamentales, tant métaphysiques que des diverses sciences pures, n'ont évolué que lentement et ce n'est qu'au XVII<sup>ème</sup> siècle que se firent réellement des révolutions dans la pensée et dans la conception du monde, avec Galilée, Kepler, Descartes, Pascal, Leibniz, Harvey, Newton entre autres.

Il faut replacer la science du XVI<sup>ème</sup> siècle dans le contexte de l'humanisme. « Science sans conscience n'est que ruine de l'âme » a dit Rabelais. L'homme de la renaissance ne vise pas à tout savoir, mais à développer au mieux toutes ses facultés humaines pour trouver son équilibre dans le monde, microcosme au sein d'un macrocosme. Il s'agit d'une visée éthique.

Il ne dédaigne pour cela aucune catégorie et se laisse le choix entre l'enseignement traditionnel d'Aristote, celui plus nouveau de Platon, ou celui plus mystérieux d'Hermès. Les sciences occultes sont très en vogue et Fine y succombe aussi puisque il pratique l'astrologie avec assez de conviction pour aller en prison comme je l'ai dit et publie de nombreux almanachs. Les catégories aristotéliennes restent l'outil le plus utilisé pour expliquer le monde.

La visée pédagogique de Fine justifie la diversité de ses intérêts. C'est parce qu'il veut donner un enseignement complet (c'est le sens du mot mathématique « ce qui peut s'enseigner » en grec.)

On explore successivement les différents états d'une question, dans la conviction que chacun éclairera l'autre. Guillaume Budé par exemple (un contemporain de Fine) pense qu'un commentaire n'est pas l'exposé définitif mais une recherche faite en compagnie du lecteur. On peut interpréter ainsi l'ensemble de l'œuvre de Oronce Fine, qui en publiant différents auteurs étrangers, aide à confronter leurs opinions avec les préjugés actuels pour faire avancer la question. D'autre part dans la Protomathesis, son exposé d'une science après l'autre est plus pragmatique que systématique, il va en effet des sciences dures du calcul (arithmétique et géométrie) à des sciences de la nature puis des applications pratiques (les cadrans solaires) sans donner de hiérarchie ce qui me semble assez moderne. Le genre de la « leçon » a été très goûté à la renaissance, consistant à aller d'une chose à une autre par association d'idée. Toutefois Jean Bodin recommande d'y mettre « certo, quodam ordine » pour aider à la mémorisation. Les renaissants se bornaient à rassembler le savoir du monde, et à en tirer de la sagesse par le commentaire. Ils ne cherchent pas encore à augmenter le savoir : Érasme dit « nos vetera instauramus, nova non prodimus », je restaure le passé, je ne produis pas du neuf.

Au moment où Oronce Fine obtient le poste de mathématicien du collège royal, il publie son ouvrage monumental, Protomathesis, difficile à analyser car il comprend 4 parties dont certaines ont plusieurs volumes. Chaque partie a une page de titre propre et certaines sont parues avant le titre de l'ensemble qui date de 1532. Toutefois le tout a certainement été conçu avec cohérence car il y a une progression d'un élément à l'autre. Le premier tome traite de l'arithmétique, en particulier les nombres entiers, les fractions et particulièrement les fractions sexagésimales, qui sont très utilisées en astronomie qui vient plus loin. Le second tome, en 2 volumes, contient la géométrie. Il commence par un exposé axiomatique de la géométrie à la manière euclidienne, puis passe à des applications comme le calcul des longueurs, des hauteurs, des surfaces, des volumes dans la nature. (Bâton à mesurer) C'est dans cette partie que Fine utilise comme valeur de  $\pi$  celle donnée par Archimède  $22/7$ , pour le calcul des circonférences et des surfaces des cercles. Le second volume de la Géométrie traite de trigonométrie, à un niveau élémentaire toutefois. Enfin le reste de la Protomathesis est consacré à l'astronomie et aux instruments astronomiques. Le tome III est une introduction élémentaire à l'astronomie à visée pédagogique. La 4ème partie décrit de nombreux instruments tels que les cadrans solaires de diverses sortes (le dioptré est un astrolabe nautique). Il a réalisé une horloge hydraulique pour François Ier.

Dans un autre ouvrage il développe le quadrant astrolabique, dont on lui attribue l'invention ou le perfectionnement. C'est une sorte d'astrolabe avec boussole.

C'est le pragmatisme aussi qui le conduit à utiliser la langue vulgaire, le français, pour diffuser davantage des sciences qui jusque là étaient réservées aux érudits. Ainsi dans sa « théorique des cieulx et sept planètes », parue dès 1528, et dont nous possédons la réédition de 1558. Il traduit aussi la « sphère du monde », 3<sup>e</sup> partie de sa Protomathesis, en l'améliorant, en 1551.

Une découverte importante eut lieu au XVI<sup>e</sup> siècle, celle de la révolution terrestre, par Copernic, mais celui-ci ne la publia qu'en 1543 alors qu'il était mourant et elle ne commença à être prise en compte sérieusement qu'au début du XVII<sup>e</sup> s. Il ne faut donc pas s'attendre à ce qu'Oronce Fine, contemporain de Copernic, ait adopté son système. Il reste absolument attaché à ce qu'a exposé le grec Claude Ptolémée dans son Almageste, un monde sphérique tournant autour de la terre centrale. Ce système on va le voir était extrêmement complexe, car pour rendre compte des mouvements apparents des planètes, qui sur les orbites elliptiques parallèles à la terre qui se déplace, semblent parfois, vues de la terre, rétrograder et dévier de leur trajectoire, Ptolémée imagina, étant donné qu'il pensait que tous les mouvements étaient basés sur le cercle parfait, des révolutions des planètes compliquées de cercles mouvants autour de leur orbite, les épicycles. Déjà, pour rendre compte de l'inégalité des saisons, Ptolémée avait été amené à imaginer la théorie des excentriques, selon laquelle la Terre n'était pas exactement au centre des orbites circulaires concentriques parcourues par le Soleil et les planètes. Cette position excentrique de la Terre ne suffisait cependant pas à rendre compte du mouvement exact des planètes, et en particulier pour expliquer les variations périodiques d'éclat des planètes

Mars et Jupiter.

Ptolémée supposa alors que ces planètes décrivent leurs orbites à des vitesses variables, mais telles que le mouvement angulaire des planètes soit uniforme par rapport à un point, dit point équant, symétrique de la Terre par rapport au centre des orbites. Enfin toutes ces planètes, ainsi que les étoiles du « firmament » et le soleil tournaient dans le grand mouvement diurne, entraînés dans des sphères emboîtées les unes dans les autres. Tout cela est exposé et recalculé par Fine à la suite de tous les astronomes de son époque.

Je vous cite un extrait du La théorique des cieulx et sept planètes... Paris : chez Guillaume Cavellat, (1<sup>er</sup> éd 1528)

Briève division et description de tout le monde universel, avecques la distinction des orbes célestes.

Pour avoir facile congnoissance des choses qui sont cy après à déclarer, il faut premièrement noter que tout le monde est universellement composé de deux principales parties, c'est à savoir de la région céleste, et de la région élémentaire. Par la région élémentaire nous entendons les quatre simples éléments, qui sont le feu, l'air, l'eau, et la terre. Et avec ce tous les corps parfaits ou imparfaits, vivants ou non vivants, faits et composés matériellement ou virtuellement, par l'altération, corruption, mixtion, union et vertu desdits quatr' éléments. Par la céleste région est entendue la machine des cielz mobiles, comprenant les étoiles tant fixes, comm'erratiques, que nous appelions planètes de laquelle céleste machine est à présent question,

principalement desdits ciels mobiles, desquels le mouvement est congneu et discerné par les étoiles étant en iceux, tellement que l'on est contraint tant par expérience que par raison naturelle, attribuer aux dits ciels quelque naturel et propre mouvement.

Secondement il faut noter que l'ordre, situation et figure des éléments dessus nommés est ainsi comme s'ensuit. La terre est au mylieu de tout le monde, comme centre universel d'iceluy. Environ et par dehors ladite terre est l'eau, rédigée en moindre quantité et plus contrainte que sa naturelle disposition ne requiert : et pour la découverte des parties extérieures de la terre, nécessaires à l'habitation et vie des vivants, tellement que l'eau et lesdites parties découvertes de la terre, sont une même superficie par dehors, tendant par tout endroit comme un même corps à rotondité. L'air environne et circuit rondement ladite superficie extérieure de leau et de la terre découverte.

Lequel air est accidentellement distingué en trois interstices, régions principales. C'est assavoir la plus haute, qui est large environ le milieu, répondant aux deux tropiques, et vers les pôles du monde, étroite. La plus basse auprès de nous, semblablement étroite vers les polos et large environ le milieu. Et la moyenne contraire tant de nature accidentale que de figure et disposition aux deux régions dessus nommées.

Le feu finalement couronne rondement l'air, tellement que lesdits quatre éléments tendent naturellement à rotondité et font une sphère (dont l'extérieure et connexe superficie, est contigue au concave du ciel et orbe de la lune

Tiercement il convient noter que environ la région ou sphère élémentaire, est la céleste région, environnant et cicundant orbiculairement et rondement les dits 4 elements, claire, luisante, et décorée de plusieurs estoiles et de plus parfaite nature que les dessusdits elements dont on la nomme la quinte essence.

Et tout ainsi que la région élémentaire est divisée en plusieurs parties, aussi la céleste machine est séparée réalement en plusieurs ciels et orbes particuliers ; c'est à savoir en sept orbes députés aux sept planètes, et le firmament dit la huitiesme sphère, où sont les étoiles fixes. Et faut imaginer que ces huit orbes sont uniformes, c'est-à-dire d'une égale crassitude

Conséquemment il fault entendre que les 2 orbes différentes ont un mouvement tout conforme à celui du firmament ou des étoiles fixes, c'est à savoir d'occident en orient, faisant sa révoltution selon Ptolémée en trente six mil ans, et selon Albategny en vingt trois mil cent soixante ans, ou selon les canons des tables du roy Alphonse en 49000 ans. Quoy qu'il en soit le mouvement desdits orbes difformes est du tout semblable à celui des étoiles fixes. Et se fait ledict mouvement sur les poles et axe, ou ligne diamétrale, de l'écliptique, c'est-à-dire de la voye du soleil, au long et regard de laquelle sont considérés les mouvements des cieulx. Car l'écliptique n'est autre chose, que la circonférence qu'on imagine être décrite par le bout de la ligne qui procède du centre du monde, par le centre du soleil jusques au firmament, et ce au propre mouvement et complotte révolution du soleil. Laquelle ligne décrit un cercle divisant tout le monde en deux moitiés égales que nous apollons le zodiaque, duquel la circonférence est dite communément l'écliptique, combien que ce soit tout un, le

zodiac et ladite écliptique.

### **- Grandes réalisations, grands échecs**

Voyons maintenant quelques grandes réalisations d'Oronce Fine qui lui ont assuré la célébrité, soit parce qu'on les a admirées, soit au contraire parce qu'elles ont fait scandale.

### **L'horloge planétaire**

C'est ce qui a le plus contribué à rendre célèbre le nom d'Oronce Fine. Une magnifique horloge, disposée dans le bureau du directeur de la Bibliothèque Sainte-Geneviève à Paris. Cet instrument de 1,20 mètres de haut, pentagonal, en laiton doré fonctionne encore et impressionne par ses nombreux cadrans qui, à l'instar des horloges des cathédrales à Besançon et à Strasbourg, donnent l'heure de façon très précise mais aussi indiquent constamment les jours de la semaine, les lunaisons, les fêtes mobiles et indique en 7 cadrans la position des planètes au cours de l'année, ceci selon le système ptolémaïque avec ses déférents et ses épicycles. Un de ces plus beaux cadrans est celui de l'astrolabe qui est très original car il comprend des courbes très complexes dont Oronce donne l'explication dans un de ses ouvrages : les 12 maisons du ciel et les heures inégales qui définit le lieu géométrique des 24 divisions du cercle parcouru par le soleil, comptées depuis l'intersection de ce cercle avec l'horizon oblique de Paris. Or ce cadran porte l'indication du nom d'Oronce Fine. Au dessus se trouvent les heures indiquées par un index porté par un disque mobile intérieur, avec de petits repères pour les quarts d'heure. L'ensemble est surmonté d'un globe céleste portant les étoiles ne figurant pas sur l'astrolabe. Cependant Fine n'a fait que refaire et perfectionner cette horloge dont le mécanisme de base est plus ancien et pas de lui. Il l'a adaptée, et fait une nouvelle décoration pour son mécène, le cardinal Charles de Lorraine en 1553, ce qui en fait la plus ancienne horloge planétaire conservée.

Cette horloge avec ses cadrans des planètes et son astrolabe indiquant les maisons célestes sert avec élégance des buts astrologiques, car comme a dit Léon Paul Fargue : « en art, il faut que la mathématique se mette à l'ordre des fantômes »

### **La navicula**

C'est un cadran portatif de hauteur, c'est-à-dire qu'on lit l'heure d'après la hauteur du soleil et non son orientation. Bien que très petit, 14cm de haut, c'est l'objet le plus prestigieux de la collection de cadrans solaires du beau musée privé Poldi Pezzoli à Milan.

Il n'y a que 4 exemples au monde de ces cadrans en forme de bateau, et celui-ci est le mieux conservé et le seul en ivoire. Le mât est fixé entre les 2 plaques qui composent la quille pour permettre une certaine mobilité, ce qui permet de l'incliner selon la saison. La proue et la poupe présentent des tubes qui servaient de viseur pour orienter l'instrument. L'échelle des latitudes est gravée sur le mât, et on la lisait grâce au curseur auquel était attaché un fil à plomb. La table des heures est inscrite sur la quille, dont la ligne centrale 6 correspond à Midi. S'y trouve aussi deux échelles zodiacales. Sur une ligne horizontale on trouve la signature du fabricant « Opus Orontii F(inei)

1524 » et au revers les signes du zodiaque et la date à laquelle le soleil entre en chacun d'eux. Le petit curseur coulissant en argent sur le mât porte au revers des fleurs de lis de France et devant, la salamandre, emblème de François Ier, il est donc probable qu'il lui appartenait personnellement.

Les plus anciennes réalisations connues de ce type de cadran remontent au XIV<sup>e</sup> siècle et se présentent sous la forme d'un navire auquel on a donné le nom de Navicula de venetiis parce qu'il ressemble à un galion vénitien et servait à s'orienter en bateau. Ce cadran est Universel car il peut être réglé pour fonctionner sous différentes latitudes. D'autre part il est aussi analogue aux fonctions de l'astrolabe et du sextant. En effet on place les deux viseurs dans l'alignement du soleil et le fil à plomb incliné vient se placer en face des graduations de la quille. D'un côté, en fonction de la date, l'appareil permet d'utiliser la hauteur du soleil pour savoir l'heure, de l'autre côté, en fonction de la latitude, on obtient l'heure et réciproquement en fonction de l'heure locale on obtient la latitude. C'est en quelque sorte le GPS du XVI<sup>e</sup> siècle.

### **Le grand échec de Fine : la quadrature du cercle**

Fine a écrit tout un ouvrage sur la quadrature du cercle De Quadrature circuli demonstrata, 1544. Il y résout 100 équations, dont la solution à ce problème classique, pour lequel le grand savant Nicolas de Cuse venait juste d'être réfuté et même Léonard de Vinci s'y était essayé sans succès. Fine se fit aussitôt critiquer dès 1546 par le mathématicien portugais Pedro Nunes, professeur à Coimbra, qui était son grand rival en cartographie, puis même son propre disciple Jean Borrel le réfuta.

On trouve trace d'une quadrature du cercle sur un papyrus égyptien de 1650 avant Jésus Christ écrit par un certain Ahmès, qui indique la méthode pour construire un carré qui ait la même surface qu'un cercle : il faut diminuer le diamètre d'1/9<sup>e</sup> pour trouver le côté du carré. Le calcul n'est pas trop mauvais puisque cela suppose une valeur de pi de 3,1605.

Cependant le problème classique de la quadrature est posé sous la forme d'une construction géométrique à la règle et au compas.

Cet éternel problème est raillé par Aristophane dans les Oiseaux :

Méton « propose de mesurer l'air et de le calculer »

Pisthète : Tu es bien prétentieux, qui crois-tu être ?

Meton : qui je suis ? Meton, le fameux Meton connu dans toute la Grèce, vous avez entendu parler de mon horloge hydraulique à Colone ?

Pisthète : Dis-moi à quoi servent tes instruments ?

Méton : C'est ce qui me sert à mesurer l'air. Vois tu, l'air a la forme, je dirais, d'un four ; donc tout ce que je fais c'est attacher ce bâton flexible à l'extrémité supérieure, je prends le compas, j'insère la pointe ici, et tu vois ce que je veux dire ? P. non. Méton : Bon, j'applique la règle droite, pour avoir un cercle carré, et voilà ! Ainsi je peux dessiner un agora. C'est comme une étoile, sauf que l'étoile est circulaire et rayonne dans toutes les directions »

Pisthétère : Méton, nous avons pris la résolution de balayer tous les charlatans.

En effet dès l'antiquité le problème est posé.

Hippias propose la solution suivante à l'aide d'une machine appelée quadratrix : On fait rouler un cercle d'une demi-rotation le long d'une ligne. Si le rayon de ce cercle est une unité  $r$ , la ligne  $AB$  parcourue à la fin d'une demi-rotation mesure  $\pi$  unités, et on trace un demi-cercle dont le diamètre  $AC$  est la somme  $AB+r$ . On prolonge le rayon du cercle jusque au point d'intersection avec le demi-cercle  $D$ . Sachant que  $AB \times BC = BD^2$ , alors  $AB = \pi$  et  $BC = 1$ , donc  $BD^2 = \pi r^2$ .

Archimède propose une solution plus raffinée dans son effort pour déterminer le nombre  $\pi$ . Dans son traité sur les spirales (ou cochloïdes), qu'il définit comme des courbes engendrées par un point qui se déplace à partir d'un point central de façon uniforme le long d'une droite qui tourne uniformément autour de ce point central  $O$ . Au bout d'un tour complet, on arrive au point  $P$  où on trace la tangente à cette spirale, tangente  $PT$  qui va couper en un point  $T$  la perpendiculaire à  $OP$ . Archimède prouve alors que  $OT$  est égal à la circonférence du cercle de rayon  $OP$ . Dès lors,  $OP \times OT$  nous ramène à la proposition précédente, ce rectangle a pour aire le double de l'aire du cercle, car  $OT = \pi$  et  $OP$  est l'unité.

La quadrature d'Oronce est la suivante : soit un cercle  $E$ , dont  $AC$  et  $BD$  sont 2 diamètres perpendiculaires. On joint par une ligne droite le point  $A$  à  $G$ , milieu de l'arc  $AD$ , on divise cette droite  $AG$  en moyenne et extrême raison (c'est-à-dire le nombre d'or),  $GH$  étant le grand segment. Par  $H$  on mène à  $BD$  une parallèle  $HK$  qui rencontre  $AC$  en  $K$  : la longueur  $EX$  est le demi-côté du carré équivalent au cercle. A noter qu'il s'agit encore d'une approximation, car cela donnerait comme valeur de  $\pi$  3,4.

Pourtant la quadrature du cercle est on ne peut plus simple. Je vous la livre : puisque la surface  $\pi r^2$ , on cherche un carré dont le côté est  $x$  tel que  $x^2 = \pi r^2$ . Donc  $x = r\sqrt{\pi}$  ( $r$  racine de  $\pi$ ). Il ne reste plus qu'à faire le calcul !

L'impossibilité de la quadrature du cercle par construction géométrique a été démontrée seulement par Ferdinand von Lindemann en 1882. Il faudrait pour cela que  $\pi$  soit un nombre constructible, ce qui n'est pas le cas, car seuls les nombres algébriques le sont, à savoir les entiers, les rationnels et les racines d'équation algébriques à coefficient entier. Les nombres qui ne répondent pas à ces conditions sont dits transcendants et  $\pi$  en est un ; en pratique ils s'écrivent avec un nombre indéfini de décimales aléatoires.

Toutefois dans cet ouvrage, Oronce tente d'améliorer l'évaluation de  $\pi$  :

$$22/7 = 3.142857143,$$

$$(22 + 2/9)/7 = 3.174603175,$$

$$47/15 = 3.133333333,$$

$$3 + 11/78 = 3.141025641$$

Les deux intermédiaires  $(22 + 2/9)/7$  et  $47/15$  sont moins bonne que la traditionnelle (archimédienne)  $22/7$ , mais sa proposition finale  $3 + 11/78$  marque un progrès réel.

## Les cartes

### Carte de France

Fine a réalisé en 1525 une carte de France qui est la première dressée et publiée en France même, qui connut cinq éditions entre 1525 et 1557. L'édition de 1553, la mieux connue, est à l'échelle de  $1/2\,440\,000$ e et gravée sur 2 feuilles. Par certains traits, celle-ci se rattache aux cartes issues de la Géographie de Ptolémée (projection trapézoïdale, divisions cri climats), mais le cartographe français en améliore nettement les contours.

Elle est accompagnée d'une légende en français qui indique comment repérer les distances et surtout les coordonnées géographiques (latitude longitude, sans tenir compte, de l'altitude !) et précise des coordonnées de quelques villes, dont il donne une liste plus complète de cent vingt-quatre villes dans sa *Cosmographia*, en 1530, tantôt empruntées à Ptolémée, tantôt corrigées et complétées par ses propres observations. Une des remarquables caractéristiques de cette carte est la présence, sur les bordures, des indications de parallèles et méridiens. Cela peut paraître contradictoire avec le système ptolémaïque de la terre fixe adopté par Fine, car si elles ne bougent pas, ces lignes ne correspondent plus aux pôles, axes de rotation et à l'équateur, lieu de la rotation maximale. Il, faut donc comprendre qu'il s'agit de la projection sur terre des coordonnées célestes, les latitudes et les longitudes ayant été à l'origine les positions apparentes des étoiles qui nous servent de repères pour connaître notre propre globe. En géographe mathématicien, Oronce Fine était préoccupé par le calcul des longitudes et latitudes et il mit au point à cet effet un " méthéroscope géographique ".

Si la forme de la France peut nous paraître un peu étrange, il faut d'abord tenir compte des frontières politiques différentes, et ici il assimile même à la France la rive gauche du Rhin qui faisait partie de la Gaule, et ensuite de renseignements encore insuffisants sur certaines régions, en particulier celles du Nord. Fine lui-même a affirmé avoir parcouru le Dauphiné et les régions voisines, dont la Provence, pour relever les coordonnées et les distances d'un certains nombre de villes, fleuves ou montagnes, et en effet cette région paraît plus exacte et surtout montre plus de noms géographiques. Dans un souci pédagogique, Oronce a placé aussi bien les noms latins de l'Antiquité que les noms modernes en français.

### Mappemonde / planisphère proj cordiforme

Les mappemondes d'Oronce Fine sont tout à fait remarquables par le choix qu'il a fait de la projection pseudoconique dite cordiforme. En cartographie, sa mappemonde en forme de cœur appartient à un groupe de dix-huit cartes en projection cordiforme éditées entre 1511 et 1566. Inspiré de l'une des projections décrites par Ptolémée, ce

système de projection fut codifié par un mathématicien de Nuremberg, Johannes Werner, dans un opuscule daté de 1514.

Dans la *Sphaera*, ou *Cosmographie* 1532, Fine détaille 3 méthodes de projection pour une carte. Il déclare dans un poème à François Ier :

Et toutefois c'est chose très profonde  
Savoir coucher en plat ou forme ronde  
Les bords et lieux tant de mer que de terre  
C'est un plaisir des plus grans de ce monde.

La mappemonde de 1536 représente le monde encadré dans un cœur unique, c'est une projection simple cordiforme (Département des Cartes et Plans, Bibliothèque nationale de France). A la Renaissance, les cartes du monde élaborées par des géographes français étaient rares encore. Le travail d'Oronce Fine n'en est que plus intéressant. Il établit en 1534-1536 cette carte du monde en projection cordiforme, qui dans un décor renaissance porte le titre latin *Recens et Integra Orbis Descriptio*, c'est-à-dire "Nouvelle et Complète Description du monde". On y remarque en particulier la présence d'une vaste terre australe « récemment découverte et pas encore explorée ». Il essaie de tenir compte des découvertes orientales, dans la partie nord de la Carte il indique le nom d'Asie qui se trouve liée à l'Amérique du Nord, alors que le nom d'Amérique est réservé à celle du Sud. La représentation de l'Amérique est remarquable, elle soude pour la première fois l'Amérique du Sud à celle du nord et leur donne des proportions assez justes. Le nord-est du continent en particulier est riche de plusieurs détails au delà du Labrador et revendique sous le nom de Terra Francesca la zone découverte par Verrazzano pour le compte de François Ier en 1524 autour de New York.

Plus tard ce type de projection a été repris par Rigobert Bonne en 1752 qui est parfois encore utilisée aujourd'hui.

Dès 1519 Fine a esquissé une mappemonde avec projection cordiforme ; il n'est pas l'inventeur de cette projection. Elle a aussi été utilisée par Peter Apian dans sa belle carte de 1530. Le principe en est pour la partie la plus large de la carte une projection conique tangente à la latitude de l'Europe dont les parallèles sont des cercles concentriques autour du pôle, équidistants les uns des autres comme la plupart des projections anciennes, cependant qu'un méridien central est choisi qui est droit et perpendiculaire, les autres méridiens se courbent de part et d'autre. Autour de la zone du pôle, le méridien opposé semble se déchirer comme la peau d'une orange. Le pôle sud est un peu sacrifié dans la mesure où les déformations sont maximales, les cercles des parallèles étant incommensurables alors que les méridiens viennent se rejoindre. Cette technique a l'avantage de conserver l'égalité des surfaces. C'est la projection dite Stabius-Werner. Elle est pseudoconique. L'Equateur y est égal au double de la longueur du méridien central. Elle connut ses heures de gloire dans la première moitié du XVI<sup>e</sup> siècle avec les mappemondes de Fine et d'Ortelius, ainsi que celle de Peter Apian dans sa belle carte de 1530, avant d'être délaissée au profit de la projection de Mercator.

Dans sa mappemonde de 1531 (publiée chez Wechel) Fine a donc cherché à corriger ce défaut en créant une double projection qui donne autant d'importance au pôle sud qu'au pôle nord.

Elle est cordiforme double, c'est-à-dire que chaque hémisphère présente cette projection, centrée, respectivement sur le pôle nord et le pôle sud, et ils sont accolés tangentiellement à l'équateur ; on a aussi comparé cette forme à un papillon. Si cette projection déforme considérablement les angles, elle respecte en revanche également les surfaces. Mercator commencera par imiter la carte de Fine, avant d'adopter son propre système de projection.

Il a ainsi été conduit à représenter de manière claire le continent antarctique comme une vaste île centrée autour du pôle. Cependant, malgré le modernisme apparent de cette carte, il faut rabattre un peu de notre enthousiasme. Ce continent était tout à fait inexploré à son époque et n'a été découvert qu'en 1820 par le Russe Bellingshausen. Or Fine a extrapolé à partir de deux hypothèses : celle d'Aristote qui suppose un continent antarctique pour équilibrer les terres émergées de l'hémisphère nord, et d'autre part la découverte de Magellan qui passant en 1520 les détroits qui portent son nom avait pensé que la terre « de Feu » à sa gauche pouvait être une partie de ce continent austral. On figure donc le continent comme un immense développement de cette terre. Cette erreur sera suivie par bien d'autres géographes comme Mercator, Ortelius.

### **Ses élèves, son enseignement : Mizauld, Borrel**

L'enseignement de Fine, au collège de Navarre d'abord, puis au collège des lecteurs royaux, futur collège de France lui assura un grand succès. La préoccupation pédagogique apparaît à travers tous ses ouvrages.

La réputation de Fine se confirme par les nombreux savants qui lui rendent hommage. Par exemple, un grand recueil d'astrologie lui fut dédié en 1549 pour lequel Melancthon et beaucoup de grands esprits de l'époque contribuèrent des articles ...

Fine est mort à Paris le 8 août 1555. Ses enfants Jean et Claude Fine se trouvaient sans ressource ; heureusement ses amis, en particulier Mizauld les aidèrent à publier les œuvres de leur père pour se faire des revenus. Il survécut aussi par ses disciples.

Mizauld, son disciple et admirateur, obtint un doctorat en médecine, mais étudia aussi les mathématiques et l'astrologie sous la direction de Fine et se fit connaître surtout par des publications destinées au grand public, où il divulguait des savoirs utiles, tels la météorologie, ou la médecine par les plantes, et enfin l'agronomie. Il est l'auteur du premier traité de météorologie en français : *Le miroir du temps*, c'est à dire, éphémérides perpétuelles de l'air par lesquelles sont l'ensemble des jours donnez vrais signes de tous changements de temps, uniquement par choses qui à tous apparaissent au ciel, en l'air, sur terre et en l'eau. Paris, 1547. Jusque là la seule synthèse sur le sujet était les "Meteorologica " d'Aristote, utilisé comme manuel dans les universités. Le livre de Mizauld y ajoute une méthodologie liée à l'observation et trace le chemin

vers la météorologie moderne.

Toutefois un disciple de Fine se révéla plus grand mathématicien que lui : Jean Borrel, dont le nom latinisé est Johanes Buteo. Egalement originaire du Dauphiné, il entra comme moine hospitalier à l'abbaye de Saint-Antoine de Viennois. Très apprécié de sa communauté, il put mener à bien ses travaux dans la belle maison de Balan qui appartenait à l'abbaye. On considère que ses travaux préfigurent l'analyse combinatoire, parallèlement à Tartaglia et Michael Stifel.

Son ouvrage principal est Opera Geometrica publié à Lyon en 1554. Il y traite la duplication du cube (autre problème insoluble classique) et démontre que la solution exacte n'existe pas ; il en propose une solution approchée. Dans le chapitre Io Buteonis confutatio quadraturae circuli ab Orontio Fineo facta, de la page 42 à la page 50, Buteo discute la quadrature du cercle, sous la forme d'un dialogue entre lui-même et Oronce Fine, où il ne fait pas grâce à son ancien maître.

La plus grande partie du traité toutefois est consacrée à l'arche de Noé. La présentation de l'arche de Noé par Borel est un prétexte à calculs de contenances, mais de la part d'un religieux, le résultat lui importe au plus au point puisque la providence divine doit s'y manifester. Il respecte scrupuleusement les quelques indications chiffrées qui se trouvent dans le livre de la genèse, mais surtout cherche à calculer la contenance nécessaire pour tous les hommes et animaux que l'on emmènera. Il prévoit 120 couples d'animaux de grandes tailles, 40 de taille moyenne, surtout des carnassiers comme des loups, 40 de petite taille aux quels il ajoute 3650 moutons pour nourrir les carnassiers.

Son Arche est une œuvre étonnante, surtout quand on songe qu'il emploie la coudée plus courte, celle de dix-huit pouces. On découvre, dans tous les recoins de cette Arche à quatre étages, les mécanismes les plus ingénieux : la porte du second étage s'ouvre à la façon d'un pont-levis, et, à l'intérieur, on trouve une galerie qui longe tout le flanc du bateau. Il y a deux escaliers, un à chaque extrémité, menant aux étages supérieurs (commodité à laquelle personne d'autre n'a pensé) et des ouvertures ménagées pour l'aération. Un vivier contient des poissons destinés à nourrir certains mammifères et « oiseaux amphibies ». Les plafonds des stalles sont également percés, pour que la nourriture puisse être simplement versée aux animaux depuis le haut. L'eau y est amenée au moyen de conduits prévus à cet effet. L'étage supérieur, où logent Noé et sa famille, ainsi que les oiseaux, est spacieux et possède une fenêtre ainsi que des magasins pour les denrées à conserver à l'abri de l'humidité.

En conclusion, Oronce Fine et l'école qu'il a fondée est un exemple du bouillonnement qu'a représenté la Renaissance pour des hommes qui voulaient tout découvrir. Son activité dans tous les domaines, sa curiosité, sa vanité aussi sont typiques de son époque. Il nous a laissé de très beaux livres, de très beaux objets et des questions encore non résolues sur la quadrature du cercle, sur la structure du monde sur laquelle nous ne sommes toujours pas fixés, et sur le moyen d'avoir des horloges qui donneraient toujours la bonne heure !

G.Fréchet