

des sauropodes. Le cou de *Sauroposeidon*, par exemple, un immense sauropode nord-américain, aurait été constitué de plus de 75 pour cent d'air... Il est également possible que, comme chez les oiseaux, les vertèbres pneumatisées des sauropodes aient renfermé un système de sacs aériens permettant de ventiler les poumons et augmenter l'efficacité de la respiration, afin d'assurer un métabolisme élevé et stable, nécessaire à une croissance rapide et, plus généralement, à la physiologie d'un animal de masse importante.

Comme c'est le cas pour les animaux géants d'aujourd'hui, tels que les grandes baleines ou les éléphants, la taille des sauropodes les avantageait réellement. Bien avant l'âge adulte, de nombreux sauropodes dépassaient la taille d'un éléphant, animal qui, à part l'homme, n'a pratiquement pas de prédateur. Il semble dès lors que les sauropodes adultes n'avaient pas grand-chose à craindre, même des plus grands prédateurs, tel *Allosaurus*.

Indestructibles... ou presque

Certes, leur grande taille les rendait très vulnérables en cas de pénurie de nourriture et d'eau. Cependant, certains auraient développé des solutions à ce problème aussi. Certaines espèces, par exemple *Stegosaurus*, portent sur leur peau des ostéodermes, d'étranges plaques osseuses dotées de piquants, qui constituent le même genre d'armure osseuse que celles couvrant les crocodiliens, certains lézards ou encore les tatous. Cependant, comme il n'a guère été possible de déterminer les endroits où se situaient les ostéodermes sur le corps de ces dinosaures, il est difficile d'être certain de leur fonction.

La solution de ce problème pourrait être proche : nous avons récemment décrit deux ostéodermes découverts à Madagascar dans un squelette juvénile et un squelette adulte de *Rapetosaurus*, une espèce de titanosaure. D'une longueur de 57 centimètres, d'une épaisseur de plus de 27 centimètres et de volume supérieur à dix litres, le spécimen adulte est l'ostéoderme le plus massif jamais découvert chez un animal vertébré. Des tomodensitométries par rayons X et des carottages indiquent que les ostéodermes de *Rapetosaurus* se sont creusés au cours de la vie de cet animal, et qu'à des tailles très grandes, environ cinq litres d'os interne



4. CE FOSSILE DE CAMARASAURUS trouvé au Wyoming (États-Unis) est celui d'une espèce typique du Jurassique supérieur américain. La façon dynamique dont il a été disposé au musée d'Aathal, en Suisse, illustre l'évolution de la représentation des sauropodes : on a cessé de disposer les fossiles de sauropodes dans des positions évoquant l'immobilisme.

ont été remplacés, probablement par du tissu mou. Contrairement au revêtement en « pavés » des ostéodermes que l'on trouve chez les animaux actuels, *Rapetosaurus* (et probablement certains autres titanosaures) ne possédait que quelques grandes plaques.

Les caractéristiques des ostéodermes de *Rapetosaurus* nous ont permis d'écarter plusieurs hypothèses concurrentes sur la fonction des ostéodermes chez les titanosaures. De tels éléments creux n'avaient pas une grande efficacité de blindage, car ils pouvaient se briser sous la force des mâchoires d'un prédateur. De même, le faible rapport surface sur volume de ces éléments et leur répartition clairsemée dans la peau devaient les rendre inutiles pour la thermorégulation.

Nous pensons plutôt que les ostéodermes des titanosaures servaient de réserve minérale afin de leur permettre de maintenir les vitesses de croissance et leur capacité de ponte même pendant les temps les plus durs, tout comme ils le font chez certains animaux actuels, telles les femelles de crocodiles. Chez tous les vertébrés vivants, y compris les humains, les minéraux de l'os sont « sacrifiés » afin de maintenir les niveaux de calcium dans le sang. Ce remodelage s'accroît souvent de façon saisonnière, quand les ressources sont rares, au cours de la ponte des œufs, et avec le vieillissement – ce qui chez l'homme conduit à l'ostéoporose.

Les ostéodermes étaient manifestement très irrigués par des vaisseaux sanguins

qui conduisaient probablement les cellules effectuant le remodelage nécessaire à la libération de minéraux, à commencer par le calcium. Cette hypothèse a du sens s'agissant d'un énorme sauropode vivant à Madagascar à la fin du Crétacé, époque à laquelle de très fortes sécheresses affectaient l'île, au point que certains carnivores, tel *Majungasaurus*, dévoraient les membres de leur propre espèce. Ce manque d'eau a conduit à l'extinction de très nombreuses espèces, depuis les grenouilles et les oiseaux jusqu'aux sauropodes. Les ostéodermes qu'avaient certains d'entre eux pourraient toutefois leur avoir permis de survivre plus facilement aux variations de l'environnement, notamment à des sécheresses prononcées et fréquentes.

Pendant des dizaines de millions d'années, les sauropodes ont non seulement occupé presque tous les recoins de la Terre, mais ils sont aussi allés aux limites des lois biologiques. Leurs vitesses de croissance et les tailles qu'ils atteignaient sont extraordinaires dans le règne animal, mais ces étonnants attributs n'impliquent en rien qu'ils étaient mal adaptés. Du reste, si les sauropodes ont disparu, ce n'est pas à cause de leur prétendue inadaptation, mais à cause d'une crise biotique majeure, durant laquelle la chute d'une grande météorite sur Terre a joué un rôle essentiel. Que des sauropodes aient vécu et se soient diversifiés sur la planète pendant 150 millions d'années représente un énorme succès évolutif, et leur disparition n'y change rien. ■

HISTOIRE DES SCIENCES

Les coniques selon Dürer

Dans sa quête des secrets de la beauté, l'artiste de la Renaissance Albrecht Dürer s'est intéressé à la géométrie des Grecs anciens. Sa méthode de construction des sections coniques a été source d'inspiration tant dans les arts que dans les sciences.

Daniel SILVER

Peintre et graveur de la Renaissance allemande, Albrecht Dürer (1471-1528) ne s'est jamais considéré comme un mathématicien. Néanmoins, il a utilisé la géométrie pour découvrir les secrets de la beauté. Dürer s'est notamment intéressé aux coniques, ces courbes obtenues lorsque l'on coupe un cône par un plan, et à leur représentation. S'il a commis quelques erreurs d'interprétation, il a contribué à diffuser la géométrie des Grecs anciens et, par d'ingénieuses analyses et méthodes de construction, a influencé nombre de savants de son temps, parmi lesquels l'astronome allemand Johannes Kepler. D'où lui est venu cet intérêt pour la géométrie ? En quoi consistait sa méthode pour tracer les coniques et comment l'a-t-il élaborée ? C'est ce que nous allons voir ici.

On loue Léonard de Vinci et d'autres figures de la Renaissance pour avoir embrassé l'art et la science comme un tout. Mais pour des artistes comme de Vinci et Dürer, il y avait peu de science à embrasser. Dessiner et peindre à partir de la nature nécessitait une compréhension de la physiologie et de l'optique plus fine que celle offerte par l'œuvre la plus fiable de l'époque, de l'Arabe Alhazen, diffusée en Occident au XIII^e siècle par le Polonais Witelo. Si Dürer et les artistes de son temps ont entrepris des recherches scientifiques, c'est autant par nécessité que par curiosité.

L'intérêt de Dürer pour les jeunes artistes l'a incité à écrire un manuel ambitieux destiné à donner de bonnes bases mathématiques à tous les artistes débutants. Imprimé à Nuremberg en 1525, trois ans avant la mort de l'artiste, ce manuel intitulé *Instructions*

pour la mesure, à la règle et au compas, des lignes, plans et corps solides a été le premier ouvrage de mathématiques consacré rédigé en allemand.

Dürer commence son manuel par un clin d'œil à la légende concernant l'inscription qui, à l'entrée de l'Académie de Platon, avertissait « Que nul n'entre ici s'il n'est géomètre » : « Le très perspicace Euclide a rassemblé les fondations de la géométrie. Celui qui les entend bien n'a guère besoin de ce qui suit, car ces choses s'adressent uniquement aux jeunes et à ceux qui n'ont personne pour fidèlement les instruire. »

Un manuel de géométrie pour jeunes artistes

Réparti en quatre livres, le manuel s'ouvre sur la définition d'une droite et se conclut par une discussion de dispositifs mécaniques complexes conçus pour faciliter le dessin de perspectives précises. Entre les deux, on trouve des descriptions de spirales, conchoïdes et autres courbes « exotiques ». Les constructions des polygones réguliers sont données, de même que des modèles de polyèdres « ouverts » (des patrons pour les fabriquer en papier). Une partie importante est consacrée à la typographie, avec une construction modulaire de l'alphabet gothique. Un artiste qui souhaite dessiner une crosse d'évêque apprend comment le faire avec un compas et une règle...

Si Dürer a écrit son ouvrage dans sa langue maternelle, c'est certes pour le rendre accessible à tous, même à ceux qui ont eu une éducation limitée, mais aussi parce que sa

connaissance du latin — utilisé dans les livres savants — était rudimentaire. Fils d'orfèvre, il aurait pu ne jamais aller à l'école si son père, ayant remarqué son intelligence, ne l'avait envoyé apprendre à lire et à écrire dans une école voisine. L'imprimerie n'avait été inventée que 40 ans auparavant. Les livres étaient encore un luxe et l'apprentissage, un long processus oral à partir d'ardoises ou de tablettes d'écriture en cire.

À 13 ans révolus, Dürer dut quitter l'école et apprendre le métier de son père. Un autoportrait dessiné à l'époque témoigne déjà de son talent artistique. Pourquoi ce fils de commerçant a-t-il alors commencé à étudier les travaux d'anciens géomètres grecs tels qu'Euclide et Apollonius ? Une partie de la réponse réside dans l'atmosphère intellectuelle de Nuremberg à cette époque. En 1470, Anton Koberger avait fondé la première imprimerie de la ville. Un an plus tard, il était devenu le parrain de Dürer. Les sciences et les techniques étaient si appréciées à Nuremberg que l'astronome Johannes Müller — aussi nommé Regiomontanus — s'était établi dans la ville et y avait installé un observatoire dans sa maison.

Le reste de la réponse est apporté par la dédicace des *Instructions pour la mesure* : « À mon très cher maître et ami, Monsieur Wilbolden Pirckheimer je souhaite moi, Albrecht Dürer, salut et prospérité. » Descendant de l'une des familles les plus riches et puissantes de Nuremberg, Pirckheimer était un humaniste cultivé et possédait une bibliothèque inestimable. Sa maison était un lieu de réunions pour les esprits brillants de Nuremberg. Malgré leur différence de rang social, Dürer

et Pirckheimer étaient devenus amis pour la vie. Au cours de ses voyages, Dürer repérait et achetait, au nom de Pirckheimer, des pierres précieuses et autres objets de valeur pour ses collections; Pirckheimer, quant à lui, ouvrait à Dürer sa bibliothèque, lui donnant accès à des livres rares et à des traductions d'ouvrages en grec et en latin.

L'ouvrage de Dürer traite de « mesure », mais le terme harmonie serait plus proche de ce qu'il recherchait. À 23 ans, Dürer s'était émerveillé devant un dessin d'hommes et de femmes, fondé sur la géométrie, de l'artiste vénitien Jacopo de' Barbari. En dépit du fait que de' Barbari ne voulait pas partager ses méthodes – ou peut-être à cause de cela –, le jeune homme avait acquis la conviction que les mathématiques le conduiraient aux secrets de la beauté. Il avait alors consacré le reste de sa vie à cette quête.

Voyages en Italie

Avide d'en apprendre plus sur la nouvelle science de la perspective, et aussi pour échapper à des épidémies de peste chez lui, il avait fait deux voyages en Italie. À son retour du premier, sa productivité avait monté en flèche. Au cours du second, il avait rencontré des collègues artistes, dont le maître Giovanni Bellini, qui appréciait son travail. Dürer en avait conclu que les artistes allemands pouvaient atteindre le niveau des Italiens s'ils apprenaient les fondations de leur art, notamment la géométrie. Ces connaissances leur éviteraient nombre d'erreurs. Il était revenu avec une édition des *Éléments* d'Euclide, sur laquelle il avait noté: « J'ai acheté ce livre à Venise pour un ducat l'année 1507. »

À son retour, Dürer avait acheté une maison à Nuremberg et s'était plongé dans l'étude des mathématiques. Il avait commencé à travailler sur *Quatre livres des proportions du corps humain*, avant de se rendre compte qu'il demandait trop de prérequis mathématiques aux jeunes lecteurs à qui il destinait l'ouvrage. Un livre introductif était nécessaire – *Instructions pour la mesure*.

Il interrompit ses travaux en 1523, quand il fit l'acquisition de dix livres provenant de la bibliothèque de Bernhard

Walther (1430-1504), mathématicien à Nuremberg. Walther avait été un étudiant de Regiomontanus et avait reçu de lui plusieurs ouvrages et documents importants. Toutefois, il avait toujours refusé de les montrer à d'autres. À sa mort, sa bibliothèque était restée la propriété de ses exécuteurs testamentaires jusqu'à sa mise en vente... deux décennies plus tard. Dürer a alors pris deux ans pour étudier les idées contenues dans les livres que Pirckheimer avait sélectionnés pour lui.

Dans les mêmes années, en outre, la santé de Dürer faiblit. En décembre 1520, il

L'AUTEUR

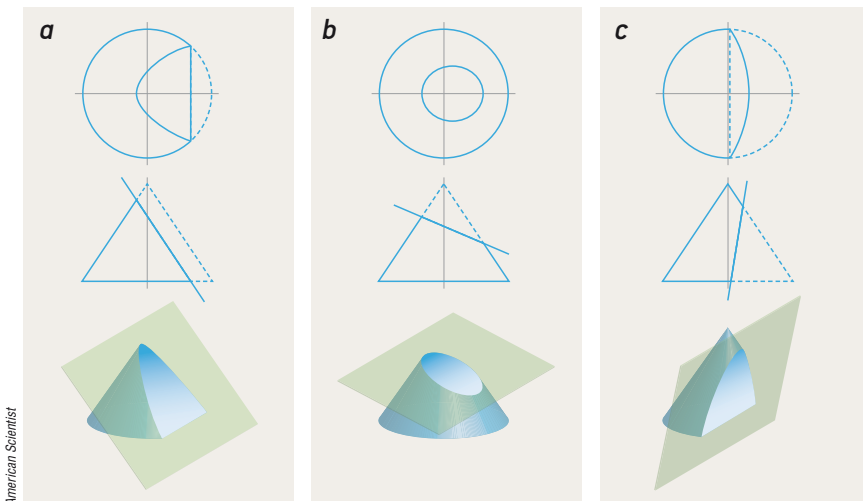


Daniel SILVER est professeur de mathématiques à l'Université de l'Alabama du Sud, aux États-Unis.

Article publié avec l'aimable autorisation de *American Scientist*.



1. SUR CETTE GRAVURE CÉLÈBRE de Dürer, *Melencolia I* (1514), une erreur rappelle ses réflexions sur les coniques : la base de la cloche, en haut à droite, a une forme ovoïde. Dürer pensait en effet que les ellipses avaient la forme d'un œuf.



American Scientist

avait fait un voyage pénible jusqu'aux marais de Zeeland au Sud-Ouest des Pays-Bas, espérant observer une baleine qui s'était échouée. Hélas, non seulement la baleine avait été emportée par la mer, mais l'endroit n'était pas sain, et Dürer y avait contracté une maladie chronique qui l'emporta après huit années douloureuses – trois ans après la publication de ses *Instructions pour la mesure*.

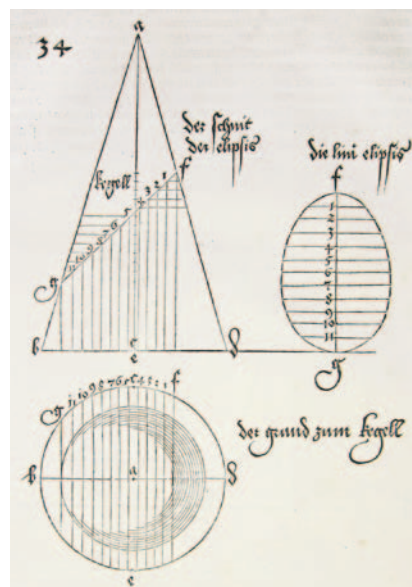
L'art de couper un cône

Parmi les nombreuses questions géométriques traitées par Dürer dans son manuel, la représentation qu'il propose des sections coniques est intéressante à plus d'un titre. D'une part, les techniques qu'il a mises au point pour les dessiner préfigurent la géométrie descriptive développée à l'aube du XIX^e siècle par le mathématicien français Gaspard Monge (1746-1818) – une technique de représentation de l'espace dans le plan au moyen de projections. D'autre part, les courbes obtenues par Dürer ont nourri les réflexions de ses contemporains en astronomie.

« Les Anciens ont montré que l'on peut couper un cône de trois façons et obtenir ainsi trois sections différentes, qui ne sont pas circulaires comme la base du cône » écrit Dürer vers la fin du Livre I, en ajoutant qu'il souhaite enseigner comment les tracer.

On attribue à Ménechme la découverte des coniques au IV^e siècle avant notre ère. Il

2. UN PLAN COUPANT UN CÔNE engendre diverses courbes, nommées sections coniques (ou coniques). Des vues de dessus et de côté du cône montrent comment la modification de l'angle du plan sécant avec une génératrice engendre une parabole (a), une ellipse (b) ou une hyperbole (c). Le manuel d'*Instructions* de Dürer avait pour objectif de montrer aux artistes comment dessiner ces formes.



3. POUR CONSTRUIRE UNE ELLIPSE, Dürer utilisait une méthode dite de projections parallèles : un cône droit coupé par un plan oblique est observé de côté et de dessus (à gauche). Il est aussi coupé par 11 plans horizontaux dont les projections sur les deux vues donnent la position de 22 points de l'ellipse par rapport à son axe de symétrie (à droite). Malgré un raisonnement correct, l'ellipse de Dürer est ovoïde.

les aurait trouvées alors qu'il essayait de résoudre le célèbre problème de la « duplication du cube ». Selon la légende, un oracle aurait assuré aux citoyens terrifiés de l'île de Délos, en Grèce, que l'épidémie de peste cesserait s'ils doublaient la taille de l'autel cubique d'Apollon. Si la légende est douteuse, le problème, qui revenait à construire, à la règle et au compas, un cube dont l'arête a pour longueur la racine cubique de 2 (le cube initial ayant pour arête l'unité), était bien connu à l'époque de Ménechme.

Bien plus tard, en 1837, le mathématicien français Pierre Wantzel montrera que la duplication du cube à la règle et au compas est impossible. Ménechme, cependant, a apporté une solution en changeant les règles du jeu. En coupant respectivement un cône rectangle (dont l'angle au sommet est droit) et un cône obtus (plus ouvert) avec un plan perpendiculaire à l'une de leurs génératrices (les droites qui, partant du sommet, constituent le cône), il a produit deux courbes, plus tard nommées parabole et hyperbole. Et par l'intersection d'une parabole et d'une hyperbole particulières, il a formé un segment de droite ayant pour longueur la racine cubique de 2.

Il a aussi construit une troisième courbe, l'ellipse, en coupant cette fois un cône plus pointu par un plan perpendiculaire à une génératrice. Un siècle plus tard, Apollonius de Perge nomma ces trois courbes *parabolê*, *ellipsis* et *hyperbolê* (respectivement application simple, manque et excès en grec). Apollonius a généralisé de façon élégante la théorie des coniques. Au lieu d'utiliser trois types de cônes, comme Ménechme, il n'en a considéré qu'un seul, et c'est en le coupant par un plan selon différents angles qu'il a produit les trois coniques.

Pour dessiner les coniques, Dürer introduit une méthode féconde dite de projection parallèle. Cette technique était familière à tous les architectes et charpentiers, mais n'avait jamais été appliquée auparavant pour la résolution d'un problème purement mathématique, explique l'historien de l'art Erwin Panofsky en 1943 dans *La vie et l'œuvre d'Albrecht Dürer*. La méthode de Dürer est simple : il considère un cône coupé vu de dessus et vu de côté, puis en

déduit la projection verticale du plan de section du cône – c'est-à-dire la conique. Son astuce consiste à combiner les deux vues et à reporter à l'aide d'un compas, sur le plan de coupe, les distances mesurées sur les deux vues (voir les figures 3 à 5).

L'erreur de Dürer

La méthode de Dürer est correcte, mais, concernant l'ellipse, le maître dessinateur a commis une erreur en transférant les mesures. Il croyait à tort que l'ellipse était plus large à la base du cône qu'en son sommet et cette interprétation erronée a influencé sa main. Dürer nomme d'ailleurs cette courbe « ligne en œuf », car elle « ressemble à un œuf bien fait ». On repère ainsi plusieurs ellipses ovoïdes dans ses œuvres, tel l'ovale de la cloche de *Melancolia I* (voir la figure 1). Dürer ne connaissait pas de terme allemand équivalent au mot grec *ellipsis*. L'appellation qu'il a imaginée attira l'attention sur son erreur, mais la courbe en œuf persista dans les travaux allemands pendant presque un siècle.

À l'aube du XVII^e siècle, notamment, l'astronome allemand Johannes Kepler a lu la description de l'ellipse faite par Dürer, comme le révèle sa lettre à l'astronome David Fabricius datée du 11 octobre 1606 : « Donc, Fabricius, j'ai déjà ceci : que la trajectoire la plus vraie de cette planète [Mars] est une ellipse, que Dürer appelle aussi un ovale, ou certainement si proche d'une ellipse que la différence est insensible. » En 1600 en effet, Kepler s'était lancé dans la compréhension d'un grand mystère de l'astronomie : la trajectoire de Mars. Défenseur du système héliocentrique de Copernic, il avait d'abord pensé que l'orbite de Mars autour du Soleil était une sorte d'ovale, dont il avait essayé de préciser la forme grâce aux observations des positions de la planète.

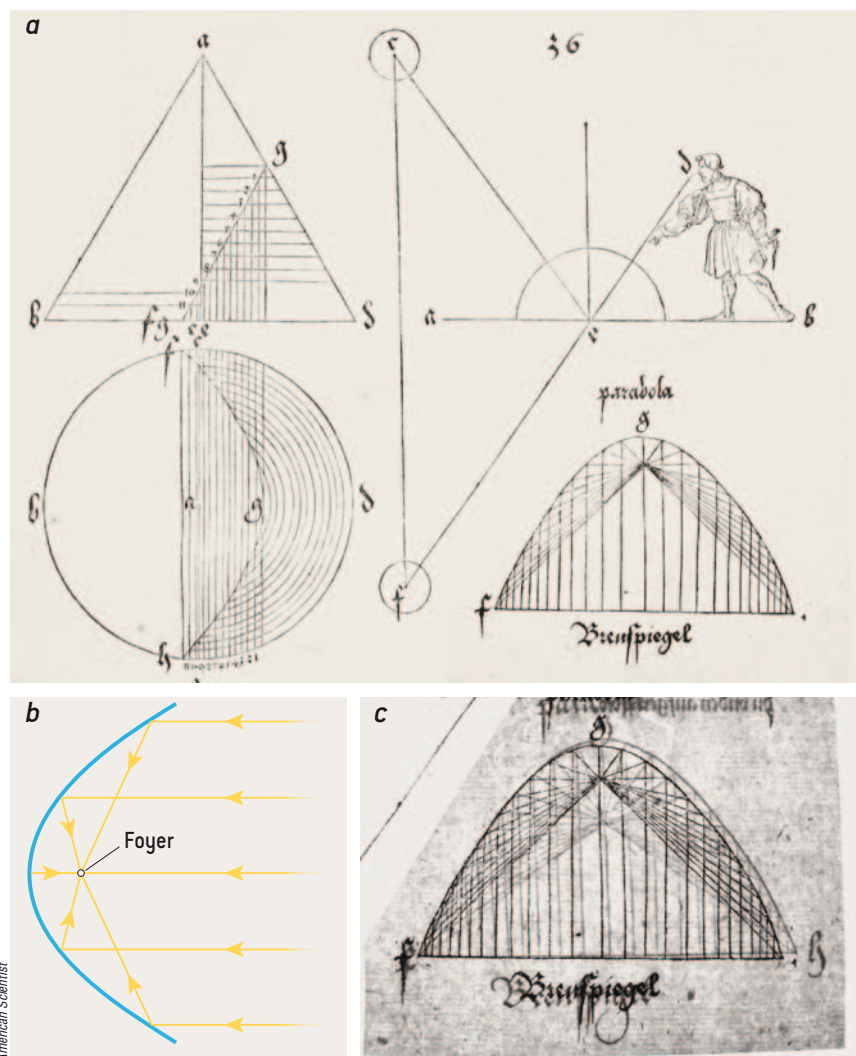
Il n'était pas le premier à croire que l'orbite d'une planète pouvait avoir la forme d'un œuf. Georg von Peurbach (1423-1461), un professeur de Regiomontanus, évoquait déjà cette idée dans son ouvrage *Theoricae novae planetarum*. Publié à Nuremberg en 1473 et réimprimé 56 fois, le traité de Peurbach a influencé tant Copernic que Kepler. L'édition

de 1553, par Erasmus Reinhold, un élève de Copernic, incluait un commentaire sur l'orbite de Mercure qui a pu inciter Kepler à se pencher sur le manuel de Dürer (qu'il connaissait déjà pour sa méthode de représentation des ombres en perspective) : « L'orbite de Mercure a la forme d'un œuf, l'extrémité large se trouvant vers son apogée et la pointe vers son périhélie. »

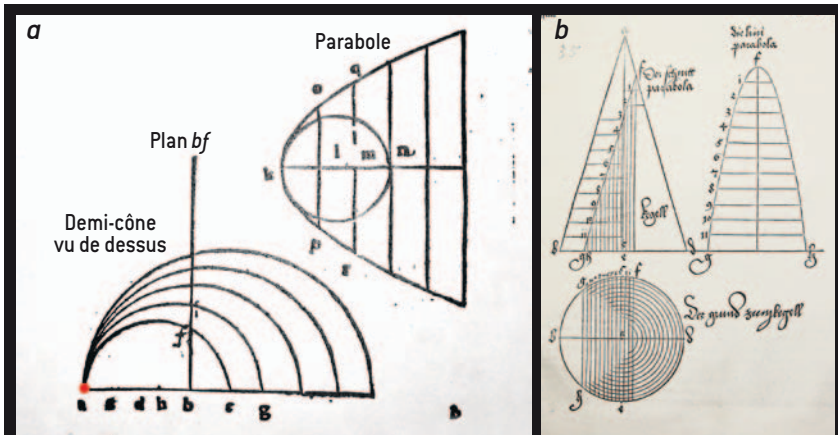
En 1604, Kepler fut le premier à distinguer l'ovale de l'ellipse : de nouvelles mesures de la position de Mars l'avaient convaincu

que son orbite est bien une ellipse, telle que définie par les Anciens grecs, et non un ovoïde. Sa découverte n'empêcha pas, cependant, la représentation d'ellipses en œuf jusqu'au milieu du XVII^e siècle.

Dürer utilise aussi sa méthode – sans erreur cette fois – pour construire une parabole et une hyperbole, qu'il nomme ligne d'incandescence et ligne en fourche. Dans ce qui peut ressembler à une opération commerciale visant à promouvoir la parabole, sans doute peu connue de ses lecteurs,



4. LA MÉTHODE DE PROJECTION PARALLÈLE DE DÜRER appliquée à la parabole (a). S'inspirant de l'optique grecque, Dürer expliqua qu'un miroir en forme de paraboloïde de révolution pouvait être utilisé comme miroir ardent : tous les rayons parallèles à l'axe seraient réfléchis vers un point, le foyer de la parabole (b). Mais il positionna mal le foyer et dut publier une correction qu'il colla dans chaque copie de son manuel (c).



5. EN 1522, JOHANNES WERNER, PRÊTRE À NÜREMBERG ET ARTISAN, avait lui aussi publié une construction de la parabole [a] qui a sans doute influencé celle de Dürer [b]. Il considérait un cône oblique vu de dessus (son sommet est à la verticale du point rouge) coupé par un plan vertical bf. En coupant le cône par des plans parallèles à la base du cône et régulièrement espacés, il obtenait des cercles sur la vue de dessus, dont l'intersection avec le plan bf donnait la position des points correspondants de la parabole par rapport à son axe de symétrie.

BIBLIOGRAPHIE

B. Vitrac, *Le roman conique et l'apport d'Apollonius*, dans *Les Géomètres de la Grèce antique*, *Les Génies de la Science*, n° 21, pp. 82-89, 2004.

E. Panofsky, *La vie et l'art d'Albrecht Dürer*, Hazan, 2004.

A. M. Lombardi, *Kepler*, Belin, 2003.

A. Dürer et J. Peiffer (trad. et éd.), *Géométrie*, Seuil, 1995.

J. Peiffer, *Dürer, le peintre géomètre*, *Pour la Science*, n° 184, pp. 10-12, 1993.

Dürer raconte comment cette courbe peut devenir une arme de destruction massive : un miroir ardent tel que celui conçu au III^e siècle par Dosithée de Péluse, un correspondant alexandrin d'Archimède. Un tel miroir, en forme de paraboloïde de révolution (surface engendrée par une parabole tournant autour de son axe de symétrie), focalise tous les rayons parallèles à l'axe de symétrie vers un point, nommé foyer de la parabole. Si ce miroir collecte suffisamment de lumière, tout ce qui se trouve au foyer brûle.

En pratique, il est difficile, voire impossible, de fabriquer un miroir ardent, tant sa taille doit être grande pour recueillir assez de lumière. Mais Dürer veut surtout expliquer ce qu'est une parabole et comment la construire : « Si tu veux faire un miroir ardent de la parabole ou ligne d'incandescence ci-dessus décrite, construis le cône, par l'intersection duquel tu vas obtenir la parabole, tel que sa hauteur ne dépasse pas la largeur de sa base ou tel que le cône soit un triangle rectangle. »

Une grande partie de ce que savait Dürer sur les coniques venait de Johannes Werner, un ancien étudiant de Regiomontanus devenu un fabricant d'instruments accompli. Son traité sur les coniques, *Libellus super viginti duobus elementis conicis*, publié en 1522, à l'époque où Dürer étudiait les coniques,

énonçait 22 théorèmes sur les coniques utiles pour comprendre les travaux ultérieurs de l'auteur sur le problème de Délos.

Depuis 1508, Werner officiait comme prêtre à l'église de Saint Jean, non loin de la maison de Dürer. Il devait être en outre, tout comme Dürer, un hôte assidu de Pirckheimer, à qui il a dédié un de ses ouvrages. Lui aussi avait acquis certains livres et documents rares de Walthar, mais, ne connaissant pas le grec, il dépendait probablement de Pirckheimer pour la traduction. Il se peut que Dürer ait été influencé par la construction de la parabole proposée par Werner. Les tranches parallèles de cône utilisées par Dürer dans sa méthode de projection parallèle ne sont pas sans évoquer celles représentées par Werner dans son traité (voir la figure 5).

La formule de Werner

En témoigne une erreur de Dürer qui semble liée à sa lecture de Werner. Dans un appendice de son livre, Werner explique comment localiser le foyer d'une parabole dans le cas où le cône est oblique. Or la formule de Werner ne s'applique pas au cône droit utilisé par Dürer pour construire sa parabole. Dürer a-t-il utilisé de façon incorrecte la formule de Werner ? Ou a-t-il simplement (mal) estimé la position du foyer ? Le fait est que, dans chaque copie de sa publication de 1525, un petit morceau de papier portant le dessin correct a été collé à la main sur le dessin erroné (voir la figure 4).

Par son ouvrage, Dürer a ouvert un passage à double sens entre les mathématiques et l'art. Comme l'observe Panofsky : « Tandis que [son manuel] familiarisait les tonneliers et les ébénistes avec Euclide et Ptolémée, il familiarisait aussi les mathématiciens professionnels avec ce que l'on pourrait appeler "la géométrie d'atelier". » Dürer a utilisé la géométrie pour rechercher la beauté, sans pour autant substituer les mathématiques à l'esthétique. C'était avant tout un outil pour permettre à l'artiste d'éviter les erreurs. Néanmoins, au fil de son manuel, on s'aperçoit que les mathématiques signifiaient beaucoup plus pour lui : connaître les lois géométriques pour représenter la nature lui avait plus encore révélé toute sa beauté. ■



Depuis seize ans, *Le Monde* soutient les jeunes chercheurs et la recherche.

Lancé en 1997, le Prix *Le Monde* de la recherche universitaire entend valoriser les premiers travaux de jeunes chercheurs francophones susceptibles d'influencer notre environnement scientifique, économique, social et/ou artistique.

Cette année, à l'issue du concours présidé par le philosophe Edgar Morin pour les sciences humaines et sociales et par l'académicien Pierre Léna pour les sciences dites «dures», ce prix offrira la possibilité à cinq docteurs récemment diplômés en sciences humaines et sociales de publier leur thèse aux Presses universitaires de France et à cinq docteurs en sciences dites «dures» de publier un résumé de leurs travaux dans *Pour la Science* et dans un ouvrage publié aux Éditions Le Pommier.

Par ailleurs le quotidien *Le Monde* présentera l'ensemble de ces thèses dans un cahier spécial. Les thèses à fortes composantes interdisciplinaires seront les bienvenues.

16^e
édition

PRIX *Le Monde* DE LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE

Pour sa seizième édition, le Prix *Le Monde* de la recherche universitaire est ouvert aux :

Doctorats de sciences humaines et sociales (toutes disciplines) soutenus entre le 31 octobre 2011 et le 31 décembre 2012.
Les inscriptions seront enregistrées jusqu'au 1^{er} mai 2013 inclus.

Doctorats de sciences mathématiques, mécaniques, informatiques, physiques, chimiques, sciences de la Terre et de l'univers, sciences du vivant, neurosciences, médecine (doctorats de recherche uniquement), etc., ainsi que dans les technologies correspondantes soutenus entre le 31 octobre 2011 et le 31 décembre 2012.
Les inscriptions seront enregistrées jusqu'au 1^{er} mai 2013 inclus.

RENSEIGNEMENTS COMPLEMENTAIRES ET INSCRIPTIONS

Site internet : www.lemonde.fr/prix-recherche/

Email : prixrecherche@lemonde.fr

Le Monde



Fondation Charles Léopold Mayer
pour le Progrès de l'Homme