ILS ONT PARTICIPÉ À CE NUMÉRO

CHARLOTTE POLLET

P. 34

Elle enseigne cinq ans à Lille puis en Suisse, avant de débarquer à Taïwan *« avec l'idée saugrenue de faire des mathématiques en chinois »*. Docteure en épistémologie et en histoire des sciences, elle raconte son étonnant parcours dans son livre *Guan-Gong dit oui !* Désormais professeure à l'Université nationale de Chio Tung, elle retrace pour nous les origines multiples et mystérieuses des maths.

ROGER-POL DROIT

P. 72

Philosophe et écrivain, il chronique la philosophie dans *Le Monde des livres.* Son dernier roman, *Monsieur, je ne vous aime point,* raconte l'impossible amitié entre Jean-Jacques Rousseau et Voltaire. Pourtant, c'est Nietzsche qu'il a choisi quand nous lui avons proposé d'évoquer dans nos colonnes un philosophe classique qui l'a marqué. Ce penseur à moustaches parfois *« excessif et grandiloquent »* est-il aimable ? Oui, lorsqu'on apprécie de changer de perspective.

AMÉLIE FÉREY

P. 18

Cette chercheuse est spécialisée dans les questions de droit international. Elle a contribué au *Dictionnaire de la guerre et de la paix* et à la revue en ligne *The Conversation* – avec des articles sur *Game of Thrones* ou sur l'usage militaire des robots. Sa thèse est consacrée à la manière dont la justification des assassinats ciblés, par Israël et les États-Unis, entraîne une redéfinition de l'ordre juridique mondial. Elle analyse pour nous l'élimination du général iranien Qassem Souleimani par l'armée américaine sur ordre du président Donald Trump.

JEAN-PIERRE DUPUY

P. 57

Ingénieur polytechnicien spécialisé dans la science des systèmes, il est aussi un philosophe inquiet des menaces que la technique fait peser sur notre monde. Dans les pas de Hans Jonas et d'Ivan Illich, il pense les catastrophes et a signé *Petite Métaphysique des tsunamis* (2005), *Retour de Tchernobyl* (2006) et surtout *Pour un catastrophisme éclairé* (2002). Ce dernier essai est souvent cité par les collapsologues… des « disciples » qu'il récuse pourtant ici.

PABLO SERVIGNE

P. 58

Ce biologiste quitte un jour le monde académique pour alerter le public sur la catastrophe écologique en cours. Ateliers, conférences, rencontres : il a sillonné la Belgique et la France pour y semer des idées de transition écologique et de permaculture. En 2015, il publie avec Raphaël Stevens *Comment tout peut s'effondrer?,* livre fondateur de « l'étude de l'effondrement », ou collapsologie. Nous sommes allés à sa rencontre dans la Drôme.

NOÉMIE ISSAN-BENCHIMOL

P. 30

La thèse de cette normalienne et doctorante à l'École pratique des hautes études porte sur l'aveu, le vœu et le serment dans la loi talmudique. Vivant entre Jérusalem et Paris, elle est aussi critique littéraire pour le *Jerusalem Post.* Elle est allée s'entretenir avec Moshe Halbertal, un philosophe israélien qui a participé à la réécriture du code d'éthique de l'armée israélienne.

philosophie magazine

10, rue Ballu, 75009 Paris
Tél.: 0143804610
www.philomag.com

SERVICE ABONNÉS
abo@philomag.com / 0143804611
Philosophie magazine,
4, rue de Mouchy,
60438 Noailles Cedex - France
Tarifs d'abonnement:
prix normal pour 1 an (10 n^os) France métropolitaine: 57 € TTC (TVA 2,1 %). UE et DOM: 69 €. COM et Reste du monde: 77 €. Formules spéciales pour la Belgique et la Suisse
Belgique: 070/233304
abobelgique@edigroup.org
Suisse: 022/860 84 01
abonne@edigroup.ch

Diffusion: MLP
Contact pour les réassorts diffuseurs: À Juste Titres, 0488151242, Julien Tessier, j.tessier@ajustetitres.fr

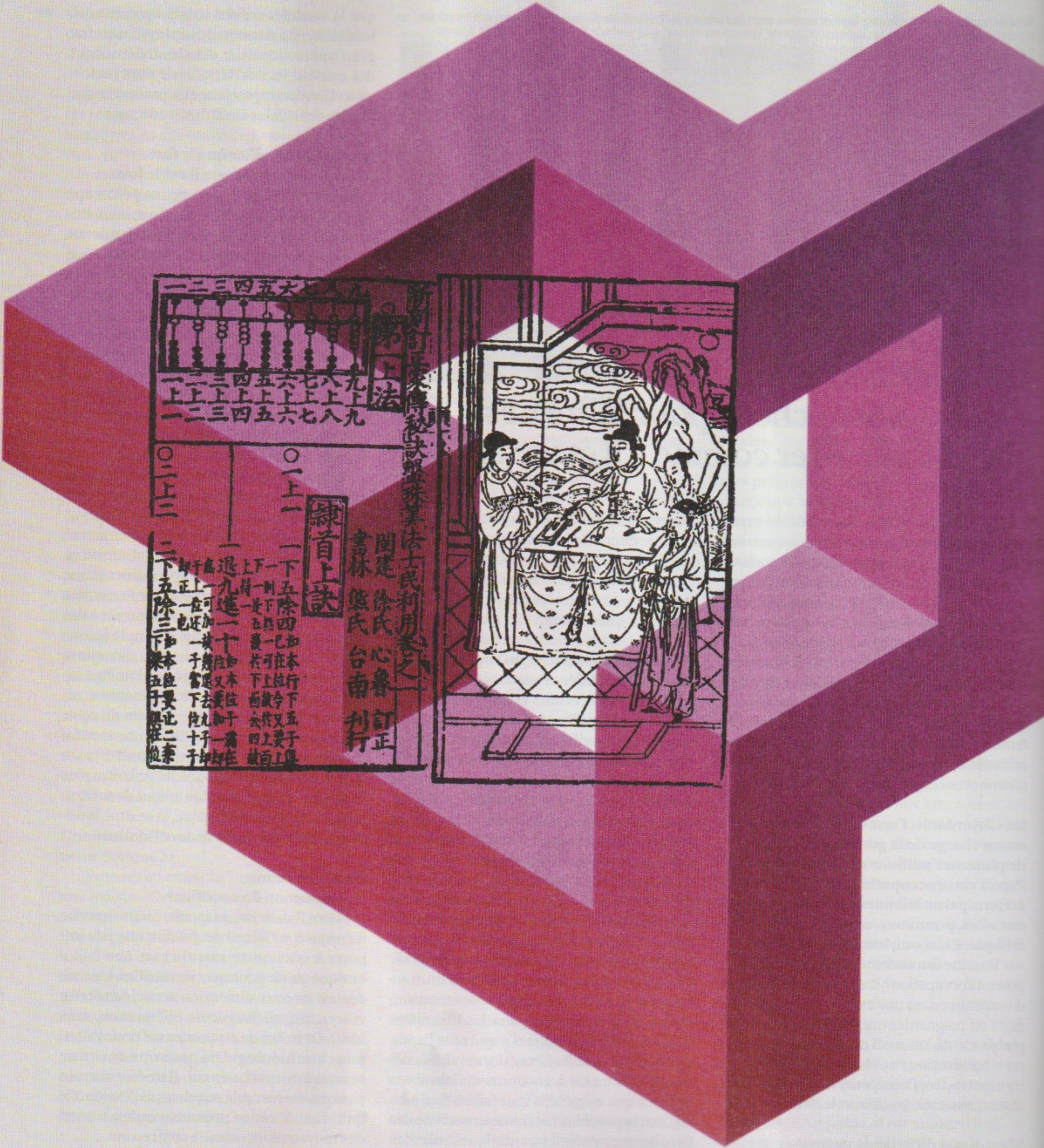
RÉDACTION
redaction@philomag.com
Directeur de la rédaction: Alexandre Lacroix
Rédacteurs en chef: Martin Legros, Michel Eltchaninoff
Conseillers de la rédaction: Sven Ortoli
Chefs de rubrique: Victorine de Oliveira, Martin Duru, Catherine Portevin
Rédacteurs: Samuel Lacroix, Octave Larmagnac-Matheron
Secrétaires de rédaction: Noël Foiry, Marie-Gabrielle Houriez
Création graphique: William Londiche / da@philomag.com
Graphiste: Alexandrine Leclère
Responsable photo: Stéphane Ternon
Rédactrice photo: Camille Pillias
Rédacteur Internet: Cédric Enjalbert
Webmaster: Cyril Druesne
Ont participé à ce numéro: Adrien Barton, Charles Berberian, Manuel Braun, Guillaume Chauvin, Paul Coulbois, Philippe Garnier, Marie Genel, Gaëtan Goron, Frédéric Manzini, Loïc Mazalrey, Catherine Meurisse, François Morel, Tobie Nathan, Ariane Nicolas, Charles Pépin, Charles Perragin, Serge Picard, Claude Ponti, Jean-Marie Pottier, Oriane Safré-Proust, Séverine Scaglia, Isabelle Sorente, Nicolas Tenaillon.
ADMINISTRATION
Directeur de la publication: Fabrice Gerschel
Responsable administrative: Sophie Gamot-Darmon
Responsable abonnements: Léa Cuenin
Fabrication: Rivages
Photogravure: Key Graphic
Impression: Maury imprimeur, Z.I., 45300 Manchecourt
Commission paritaire: 0521 D 88041
ISSN: 1951-1787
Dépôt légal: à parution
Imprimé en France/Printed in France / Philosophie magazine est édité par Philo Éditions, SAS au capital de 340200 euros, RCS Paris B 483 580 015
Siège social: 10, rue Ballu, 75009 Paris
Président: Fabrice Gerschel

RELATIONS PRESSE
Canetti Conseil, 0142042100
Françoise Canetti,
francoise.canetti@canetti.com
PUBLICITÉ
Partenariats/Publicité
Audrey Pilaire, 0171181608,
apilaire@philomag.com

MENSUEL N°136 - FÉVRIER 2020
Couverture: © José Duacastella, Instagram: @lookattheparkinglot

2017

Origine du papier: Italie. Taux de fibres recyclées: 0 %. Tous les papiers que nous utilisons dans ce magazine sont issus de forêts gérées durablement et labellisés 100 % PEFC. Le taux majoritaire indiqué Ptot est de 0,009.

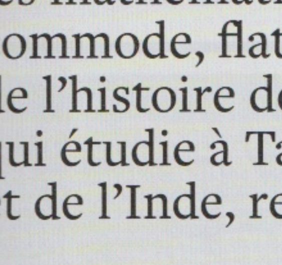

閩建 徐氏 心魯 訂正
書林 熊氏 台南 刊行

Où sont vraiment nées les mathématiques ?

Les Grecs auraient inventé la philosophie, l'histoire, mais aussi les mathématiques et la géométrie... C'est sur cette vision commode, flatteuse pour les Européens, mais un peu facile de l'histoire des sciences que la philosophe **Charlotte Pollet**, qui étudie à Taïwan les mathématiques de la Chine et de l'Inde, revient ici, documentation archéologique à l'appui.

CHARLOTTE POLLET

D'abord professeure de philosophie dans un lycée d'excellence en Suisse, elle s'est rendue à Taïwan en 2007, avec une bourse de recherches doctorales, pour y étudier les mathématiques de la Chine et de l'Inde d'un point de vue épistémologique. Elle est devenue professeure à la National Chiao Tung University. Elle a publié de nombreux articles scientifiques et récemment *Guan-Gong dit oui!* (L'Asiathèque, 2019), un récit personnel enlevé sur le rapport de la Chine aux maths.



Voilà une croyance fermement ancrée: les mathématiques seraient une invention grecque. C'est pourquoi l'on enseigne encore aujourd'hui aux enfants le théorème de Thalès, le théorème de Pythagore ou les éléments d'Euclide. En classe de philosophie, en terminale, on ne manque pas de rappeler qu'au fronton de l'Académie fondée par Platon était inscrit: « *Que nul n'entre ici s'il n'est géomètre.* » La Grèce antique continue de nous apparaître comme l'unique berceau de la rationalité et du type de science dont nous sommes, en Occident, les héritiers. Dans ce grand récit de l'avènement de la raison scientifique occidentale, Galilée – pour qui « *la nature est écrite en langage mathématiques* » – ou encore Descartes – avec son fameux repère avec abscisse et ordonnée – seraient des figures incontournables. C'est cette conception linéaire, ordonnée, providentielle de l'évolution de la connaissance scientifique qui pousse Hannah Arendt dans *Condition de l'homme moderne* (1958) à définir la modernité (occidentale, forcément) comme un effort pour considérer la Terre du point de vue de l'espace, depuis le ciel des idées, dans une perspective abstraite. Même l'un des plus grands historiens des sciences, Alexandre Koyré, s'est laissé séduire par cette légende: dans ses *Études d'histoire de la pensée scientifique* (1961), il écrit: *« Ainsi, ce ne sont pas les harpédonaptes* [c'est-à-dire les « tendeurs de corde » ou arpenteurs] *égyptiens, qui avaient à mesurer les champs de la vallée du Nil, qui ont inventé la géométrie: ce sont les Grecs, qui n'avaient à mesurer rien qui vaille; les harpédonaptes se sont contentés de recettes. De même, ce ne sont pas les Babyloniens, qui croyaient à l'astrologie,* [...] *qui ont élaboré un système de mouvements planétaires ; ce sont, encore une fois, les Grecs, qui n'y croyaient pas; les Babyloniens se sont contentés d'inventer des méthodes de calcul – des recettes encore – extrêmement ingénieuses d'ailleurs. »* Pas de visée utilitaire, pas de croyances religieuses ni de superstitions: c'est ce suprême détachement de leur quête de vérité qui aurait fait, selon Koyré, le génie des Grecs.

Seulement voilà, ce récit, largement né au XIX^e siècle dans une Europe positiviste et en pleine expansion coloniale, est-il exact? Que nous apprennent les avancées les plus récentes de l'archéologie et de l'histoire des sciences? N'avons-nous pas surestimé les mathématiques grecques, faute surtout de nous être donné la peine de bien étudier celles des autres?

L'historienne des sciences Christine Proust, spécialiste de l'ancienne Assyrie, s'étonne de notre confiance dans le caractère exceptionnel de notre tradition: *« L'histoire des sciences anciennes aurait dû connaître une véritable révolution avec la parution, dans les années 1934-1949, des premières grandes éditions de textes mathématiques cunéiformes par François Thureau-Dangin et Otto Neugebauer. Ces éditions de textes très anciens, remontant pour la plupart au début du deuxième millénaire avant notre ère, faisaient découvrir à la communauté scientifique l'existence de mathématiques hautement élaborées précédant de plus de mille ans les Éléments d'Euclide. »* Aujourd'hui, à l'instar de Christine Proust, de nombreux chercheurs à travers le monde se penchent sur les multiples foyers de l'activité mathématique dans les cultures anciennes: citons Donald B. Wagner, Jens Høyrup, Wu Wenjun, Karine Chemla, Pascal Crozet, François Patte, M. D. Srinivas ou Agathe Keller... Je m'inscris également dans ce courant de recherches et me suis installée à Taïwan pour étudier les mathématiques de la Chine. Cet article a pour but de tordre le coup à l'idée reçue selon laquelle les mathématiques seraient la propriété intellectuelle exclusive de la Grèce, mais aussi de faire un tour d'horizon – certes rapide – de ce que nous apprennent les travaux contemporains. Que nul n'en lise davantage s'il n'est prêt à réviser quelques idées reçues!

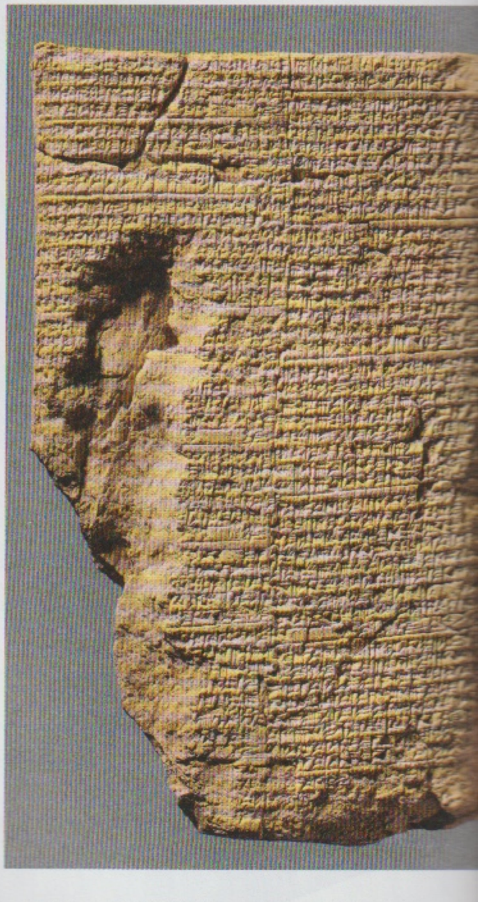
LA MÉSOPOTAMIE AU-DELÀ DU CALCUL

C'est du côté du Croissant fertile que l'on trouve les plus anciens documents témoignant d'une activité mathématique. Nous sommes aujourd'hui en possession de plus de 2000 tablettes d'argile, de différentes provenances et époques. Leur étude incite à la prudence; il serait très cavalier d'évoquer les « mathématiques babyloniennes » sans faire la moindre distinction entre la période ancienne dite « paléobabylonienne » (2004-1595 av. J.-C.) et la dynastie des Séleucides (311-141 av. J.-C.). La majorité des tablettes ayant un contenu proprement mathématique datent de la période paléobabylonienne et beaucoup d'entre elles sont dites « métrologiques » – la métrologie est la science des mesures. Pour cette raison, elles peuvent paraître répétitives, voire un peu plates au non-expert. On y trouve pourtant de grandes découvertes comme la numération positionnelle, la génération de triplets pythagoriciens ou la résolution d'équations du second degré.

De prime abord, ces tablettes métrologiques donnent raison à la critique de Koyré, adressée aux arpenteurs égyptiens. Nous avons affaire à de simples calculs avec une finalité utilitaire. Cependant, un examen plus attentif révèle que, souvent, les problèmes abordés donnent des ordres de grandeur irréalistes. Par exemple, un problème traite de la distribution de l'orge contenu dans un silo de 1152000 « litres » en rations de 7 « litres » par travailleur. Le résultat – 164571 travailleurs – excède la population complète de la cité-État d'Uruk, dont cette tablette est issue. Or il ne s'agit nullement d'une erreur. Dans cette civilisation, les scribes avaient atteint une semi-autonomie; ils ne se contentaient pas de faire de la comptabilité mais résolvaient des problèmes en s'intéressant à la technicité des raisonnements!

Autre point important: on explique souvent que les Babyloniens comptaient en base 60 – le fait que nous découpions les heures en soixante minutes et les minutes en soixante secondes en représente une lointaine conséquence. Ce n'est pas faux mais simplificateur! Les traces les plus anciennes de numération utilisent des signes différents pour 1, 10, 60, 3600 et 36000. Nous avons donc affaire à un système alterné décimal-seximal (en base 10 et 6) assez sophistiqué; de même que les fameux chiffres romains proviennent d'un système alterné quintal-dual (en base 5 et 2). Si aucun système de métrologie ancien n'est sexagésimal (de base 60), ils sont tous compatibles avec le système sexagémisal, qui peut être utilisé pour les conversions. Plus l'on y regarde, plus s'éloigne l'idée selon laquelle on aurait affaire à une arithmétique rudimentaire d'arpenteur.

En outre, les travaux de Jens Høyrup ont montré que les textes que l'on interprétait jusqu'ici comme de simples problèmes algébriques renvoyaient en fait à des questionnements géométriques, concernant des longueurs et des aires de carrés ou de rectangles, impliquant des transformations de figures par copier-coller de surfaces ou de changements d'échelle. Ainsi, face à bien des tablettes sumériennes, nous avons deux possibilités de traduction suivant la méthode d'interprétation que l'on retient. Soit nous opérons une traduction classique, et nous réécrivons le problème dans le



Tablette BM 13901. Source : British Museum.

langage algébrique moderne – mais alors, nous perdons sa subtilité et les implications qu'il avait dans son contexte. Soit nous le traduisons plus littéralement, et le texte se révèle étrange. Ces étrangetés ne peuvent être levées que si l'on comprend que ces opérations en apparence algébriques ont un autre contenu latent et sont liées à des spéculations géométriques (*voir l'encadré et les figures ci-dessous, qui montrent deux traductions possibles d'une tablette d'argile*). Un coup fatal au mythe d'un berceau grec de la géométrie?

LA GRÈCE MOINS ABSTRAITE QUE PRÉVU

Nous aimons penser que les mathématiques telles que nous les pratiquons sont peu ou prou les mêmes que celles de la Grèce antique. Et nous considérons que la particularité de ces mathématiques est d'être axiomatiques-déductives: elles consistent ainsi à partir d'un petit nombre d'axiomes (qui sont des vérités auto-évidentes) et à progresser dans le raisonnement en suivant les règles formelles de la logique. Si les axiomes de départ sont vrais, alors les résultats obtenus par une telle méthode seront également vrais. Or, lorsqu'on s'intéresse d'un peu plus près aux mathématiques de la Grèce ancienne, on est amené à constater qu'elles ne se réduisent pas à une telle méthode.

Il faut tenir compte des enseignements de l'école pythagoricienne. Né au VI[e] siècle av. J.-C., Pythagore fait partie des philosophes présocratiques. C'est aussi un réformateur religieux et un thaumaturge. Ses mathématiques sont fortement teintées de spiritualité, avec des connotations et des implications qui vont bien au-delà de la froideur abstraite que nous affectionnons. Ainsi, pour Pythagore, arithmétique, géométrie, musique et astronomie sont liées et permettent de découvrir les rapports de proportion et d'harmonie régissant le cosmos. Nous avons abstrait les mathématiques des dimensions essentielles de leur philosophie.

La relecture rationaliste, simplificatrice de l'héritage mathématique grec a débuté, en réalité, à la Renaissance. C'est à cette époque que les maths grecques ont été décontextualisées et européanisées. Par exemple, au XVI[e] siècle, le mathématicien français François Viète traduit le terme *arithmos*, qui signifie en grec « nombre de choses », par « nombre ». Cela n'a l'air de rien, mais tout d'un coup, la référence au concret disparaît, la terminologie des traités glisse vers l'abstraction. De même, quand des auteurs comme Apollonius, Euclide, Aristote ou Proclus emploient le terme « élément » (*stoïkheïa*, en grec), qu'entendent-ils au juste par là? S'agit-il vraiment d'un synonyme de « principe » ou d'une entité logique? Un élément pourrait bien désigner au contraire, chez ces auteurs, une chose simple, indivisible, immanente. Dans une perspective empirique, la connaissance doit partir des éléments simples pour progresser vers le complexe et la compréhension du tout.

Nous n'avons aucune source des *Éléments* d'Euclide que l'on puisse tenir pour originale, mais plutôt une multitude de traductions de ce traité en arabe, en latin, en hébreu et dans plusieurs langues vernaculaires d'Europe. Lorsqu'on compare ces documents, on s'aperçoit que les figures géométriques en sont, au départ, quasiment absentes. Elles ont été ajoutées par les commentateurs à des fins pédagogiques. Dans un premier temps apparaissent des triangles équilatéraux •••

EST-CE DE L'ÉQUERRE OU DU X ?

Voici deux traductions possibles du premier problème de la tablette paléobabylonienne BM 13901 (qui présente 24 problèmes relatifs à des rectangles et des carrés).

Traduction du problème 1 de BM 13901 par François Thureau-Dangin en 1936

J'ai additionné la surface et le côté de mon carré : 45' [*nota*: on écrit 45' et non 45, car c'est une convention dès qu'on raisonne en base 60. C'est pourquoi on exprime 45 minutes par 45', implicitement sur 60].
Tu poseras 1, l'unité.
Tu fractionneras en deux 1 : (30)'.
Tu croiseras [30'] et 30' : 15'.
Tu ajouteras 15' a 45' : 1.
C'est le carré de 1.
Tu soustrairas 30', que tu as croisé, de 1 : 30', le côté du carré.

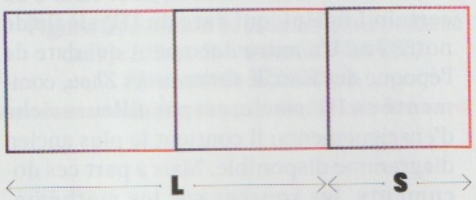
$$x^2 + x = 45'$$

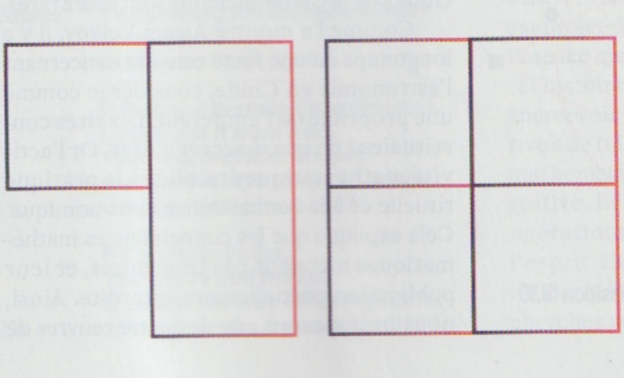
$$x = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + 45'} - \frac{1}{2} = 30'$$

Traduction du problème 1 de BM 13901 par Jens Høyrup en 2010

1. La surface et ma confrontation j'ai empilées : 45'. 1, le forjet **(L)**,
2. tu poses. La demi-part de 1 tu brises, 30' et 30' tu fais tenir.
3. 15' à 45' tu ajoutes : auprès de 1, 1 est égal. 30' que tu as fait tenir.
4. De l'intérieur de 1 tu arraches : 30' est la confrontation **(S)**.

L est le rectangle de longueur ajouté en haut à gauche.
S est l'inconnue et le côté du carré recherché.





La première version privilégie l'élégance, la clarté pour le lecteur d'aujourd'hui. Elle est suivie par une traduction du problème en équations dans une écriture moderne. Mais la seconde nous emmène dans un univers mental beaucoup plus troublant. Sous couvert de calculer, nous sommes en train de nous lancer dans des raisonnements de géométrie spéculatifs.

dans les marges. Puis plusieurs sortes de triangles. Ainsi, d'une édition à l'autre, on voit les changements d'expression vécus par la pratique de la généralité (*figure 1*).

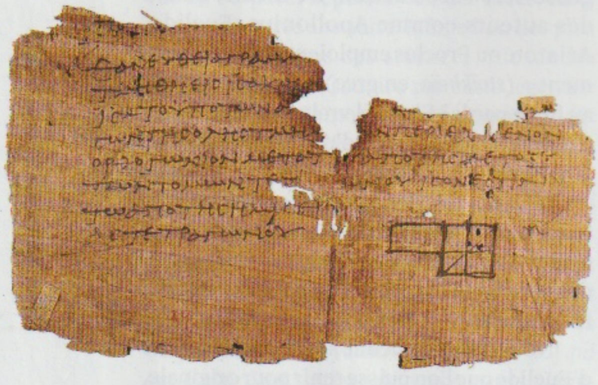


Figure 1: proposition 5 du livre II des *Éléments* d'Euclide. Manuscrit datant des premières années de l'ère commune contenant l'un des plus anciens diagrammes complets. Source: University of Pennsylvania.

En outre, une discussion plus serrée porte sur le statut des figures géométriques et sur le mode d'administration de la preuve chez les Grecs. En 1999, le philologue Reviel Netz est parvenu à la conclusion que les textes grecs que nous qualifions de géométriques n'étaient en fait que des supports utilisés lors de discussions et que la pratique du dessin se faisait hors texte. Sur des tablettes ou sur le sable? Nous l'ignorons. Certaines figures évoquées par le texte sont absurdes ou impossibles à tracer. Passer par la figure, c'était faire une expérience parfois perturbante, destinée à faire sentir des possibilités ou des impossibilités.

Si l'on suit la proposition III.10 des *Éléments* d'Euclide, qui entend prouver qu'un cercle ne peut couper un autre cercle en plus de deux points, on obtient par exemple la figure 2 ci-dessous.

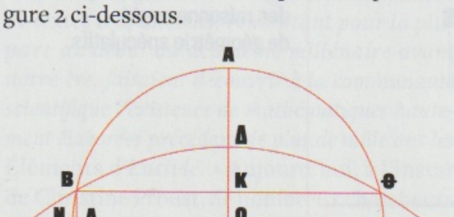


Figure 2: illustration de la proposition III.10 des *Éléments*.

Résultat de l'effort pour tracer la figure: on n'y arrive pas. Nous sommes là en présence de la méthode favorite de la science des Modernes, celle d'un raisonnement par l'absurde. Chez les Grecs, tout se passe comme si la figure était une sorte de trompe-l'œil, d'illusion, maintenue et dessinée pendant toute la durée de la « démonstration ». Selon Netz, une loi géométrique pour les Grecs n'est pas vraiment un énoncé général, c'est plutôt une invitation à l'expérience, et son autorité s'éprouve dans la *répétition de la nécessité*: on s'y confronte en traçant des figures et en nommant les segments lors de la discussion. Malheureusement, nous avons décapé la pratique mathématique grecque de toute son épaisseur pour n'en retenir qu'une architecture d'axiomes et de théorèmes que nous qualifions, un peu vite et sans égard pour ce qui a été occulté en chemin, d'abstraits.

LA CHINE OU LES ALGORITHMES SACRÉS

Le continent asiatique a été largement écarté de l'histoire des sciences, telle que l'Occident l'a écrite. Cette occultation est due au mépris dans lequel ont été tenus, jusqu'à nos jours, les algorithmes. Un algorithme est une méthode qui permet de résoudre un certain type de problèmes. Il est dit correct, lorsque son application mène à la bonne sortie, lorsqu'il résout le problème considéré. Dans le texte de référence des mathématiques chinoises anciennes, Les *Neuf Chapitres sur les procédures mathématiques* (Ier s. av. ou apr. J.-C.), on trouve un grand nombre d'algorithmes, comme par exemple celui qui permet de calculer la division. Les *Neuf Chapitres* ne vont pas sans rappeler les problèmes de trains et de robinets qui fuient de notre enfance. Ce texte classique contient en outre des commentaires, dont celui d'un certain Liu Hui, qui date du IIIe siècle de notre ère. Un autre document qui date de l'époque des Han, le *Gnomon des Zhou*, commenté au IIIe siècle, est par ailleurs riche d'enseignements: il contient le plus ancien diagramme disponible. Mais à part ces documents, les sources sur les mathématiques de la Chine ancienne sont assez rares.

Comme l'a montré Alexei Volkov, il y a longtemps eu une forte censure concernant l'astronomie en Chine, considérée comme une propriété de l'empereur. Les rites constituaient un quasi-secret d'État. Or l'activité mathématique était liée à la pratique rituelle et à la connaissance astronomique. Cela explique que les connaissances mathématiques n'étaient pas transmises, et leur publication partiellement interdite. Ainsi, nous ne disposons que de quatre œuvres de mathématiciens de la dynastie des Song (1127-1279), et celles-ci n'ont été reconstituées que grâce au travail des philologues, sous les Qing (1644-1912). Ces textes témoignent d'une activité intense, de très haut niveau. Si seule une dizaine de textes mathématiques antérieurs aux Song nous sont parvenus, c'est uniquement grâce aux systèmes des examens (*figure 3*).

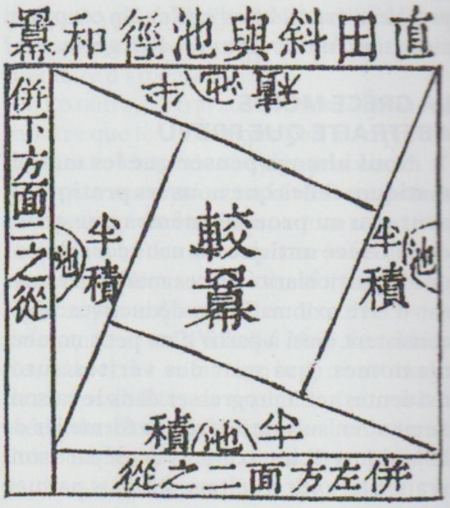


Figure 3: diagramme d'une équation quadratique, extrait du problème 31 du *Yigu Yanduan* (1259) par Li Ye.

Sur cette base archéologique assez lacunaire, certaines conclusions quant à la fonction des algorithmes peuvent être tirées. Ainsi, Karine Chemla a montré que bien des problèmes proposés dans les *Neuf Chapitres* combinent des situations concrètes (par exemple, des éleveurs vendent des chevaux au marché) avec des valeurs numériques. La solution du problème est donnée juste après son énoncé. Puis vient la procédure de résolution du problème, l'algorithme. Cela signifie que l'on n'attend pas de l'algorithme qu'il résolve tel ou tel problème concret donné, mais plutôt d'un problème donné qu'il permette de trouver la formulation d'un algorithme qui aidera à résoudre toute la classe des problèmes apparentés. Le commentaire de Liu Hui témoigne de cet effort pour viser le général à travers le particulier. Liu Hui déploie beaucoup d'énergie et de sagacité pour montrer que ses algorithmes sont corrects. Il les soumet à des situations diverses, à de multiples problèmes, pour établir si la stratégie à l'œuvre dans l'algorithme fonctionne. La pratique de la démonstration est liée au privilège accordé à la valeur de généralité. Et cette pratique ne repose pas sur des axiomes.

DE L'INDE À L'AFRIQUE, LA PLAQUE TOURNANTE DES CONNAISSANCES

À ce stade, la tentation pourrait être forte de communautariser les mathématiques, de laisser entendre qu'il y aurait eu dans l'histoire des civilisations deux styles de pratiques des maths, l'un gréco-euclidien et plutôt déductif, l'autre sino-algorithmique. Mais cette vision culturaliste est bien trop partiale et ne résiste pas à un examen plus approfondi.

La Chine n'a jamais été mathématiquement coupée du reste du monde, et une partie des mathématiques pratiquées en Chine ancienne se retrouve dans les traités de langue arabe. Au Moyen Âge, l'arabe classique a été un vecteur de diffusion des savoirs scientifiques. Or le zéro et les chiffres soi-disant « arabes », c'est-à-dire le système de numération positionnel décimal que nous utilisons encore aujourd'hui, est selon toute probabilité d'origine indienne. C'est ce qu'en dit du reste Al-Khwarizmi (780-850), le savant de Bagdad qui nous l'a transmis – c'est d'ailleurs de son nom que l'on tire le mot « algorithme ». Si nous parlons d'un « système arabe », c'est parce que ce sont les traités arabes qui ont fait voyager ces écritures numériques en Europe.

D'autres transmissions, nombreuses, ont lieu entre l'Inde et la Chine. Il y a ainsi des similarités entre les pratiques entourant les instruments de calcul en Chine et celle attestée dans la *ganita-pāda* (chapitre sur les mathématiques de l'*Āryabhatīya* rédigé par Āryabhata au V^e^ ou au VI^e^ siècle et commenté par Bhāskara I au VII^e^ siècle). Les systèmes d'extraction de racines, le concept de fraction, le travail sur les quantités irrationnelles quadratiques, le théorème dit de Pythagore, les discussions sur le cercle et la sphère, la règle de trois... Ces éléments font l'objet de traitements similaires en Inde et en Chine, et il semble même qu'il y ait eu de véritables communautés de travail à la croisée de ces espaces culturels (*figures 4 et 5*).

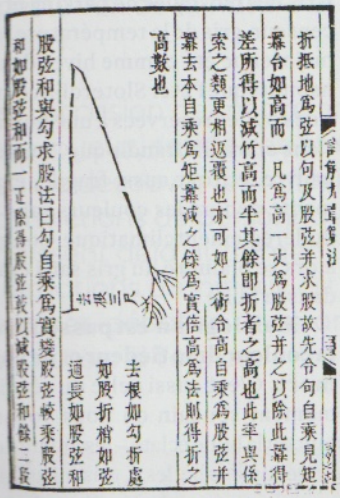


Figure 4 : problème du bambou brisé présenté dans le *Yang Hui Suanfa* (XIII^e^ siècle).

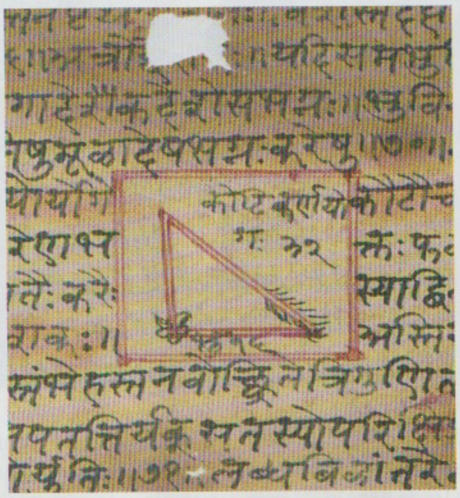


Figure 5 : problème de la flèche brisée présenté dans la *Līlāvatī* de Bhāskara II (1114-1185). Manuscrit de 1650 (détail).

Cette circulation est bien antérieure à l'apparition de la route de la soie ! Les problèmes de grains de la tablette mésopotamienne IM53957 présentent des similarités frappantes avec le problème 37 du papyrus Rhind d'Égypte. Autre exemple, le fameux problème de l'échiquier que l'on attribue à Sissa, le légendaire inventeur indien du jeu d'échecs au VI^e^ siècle de notre ère, est déjà présent dans les tablettes d'argile sumériennes. Dans le texte de Mésopotamie, il est question de doubler trente fois de suite un grain d'orge. Dans l'histoire indienne, le brahmane Sissa invite le souverain, qui veut le rétribuer pour avoir inventé les échecs, à placer un grain de blé sur la première case d'un échiquier, puis deux sur la deuxième case, quatre grains sur la troisième, huit sur la quatrième, et ainsi de suite jusqu'à la soixante-quatrième case. Cette demande semble modeste, mais le roi n'a jamais pu récompenser Sissa : il aurait fallu lui offrir 18446744073709551615 grains, soit toutes les moissons de la Terre pendant environ cinq mille ans ! Il existe de nombreuses variantes de ce problème, dont la répartition géographique correspond à l'extension des réseaux commerciaux des caravanes eurasiennes.

LA GRANDE INTERNATIONALE MATHÉMATIQUE

Pour conclure, nous pouvons affirmer qu'il n'existe pas un seul « berceau », « foyer », ni lieu d'« éclosion » des mathématiques. En fait, l'activité mathématique est partout, en Mésopotamie, en Grèce, en Égypte, en Chine, en Inde – et elle circule sous des formes diversifiées. Ainsi, la pratique des mathématiques est-elle universellement partagée par toutes les cultures humaines – de même que toutes les cultures ont des chants, des danses, des rituels ou un art pictural. De plus, les méandres de cette histoire laissent imaginer qu'il y a une sorte d'évolutionnisme cognitif, comme si l'humanité développait les structures fondamentales de sa rationalité à travers les âges. On pourrait imaginer, par exemple, des modules de pensée comme l'espace qui prend la forme de la géométrie et l'histoire des mathématiques permet d'en apercevoir l'élaboration. Mais lorsqu'on arrive à de telles considérations, l'histoire des mathématiques rejoint la psychologie cognitive. Les travaux de Jean Piaget sur les opérations de pensée fondamentales de l'esprit chez les enfants pourraient bien nous ré-éclairer. Encore un domaine de recherches passionnant !

POUR ALLER PLUS LOIN

Karine Chemla et Guo Shuchun, ***Les Neuf Chapitres sur les procédures mathématiques*** (Dunod, 2004)

Jens Høyrup, ***L'Algèbre au temps de Babylone*** (Inflexions, Vuibert-Adapt, 2010)

Reviel Netz, ***The Shaping of Deduction in Greek Mathematics. A Study in Cognitive History*** (Cambridge University Press, 1999)

Agathe Keller, ***Expounding the Mathematical Seed, vol. 1-2*** (Birkhäuser Basel, 2006)

Florence Bretelle-Establet (dir.), ***Looking at It from Asia. The Processes that Shaped the Sources of History of Science*** (Springer Netherlands, 2010)

Charlotte Pollet, ***The Empty and the Full. Li Ye and the Way of Mathematics*** (World Scientific, à paraître en 2020)