

> La méthode pour parvenir à des résultats, soit négatifs (inexistence de certains types de carrés), soit positifs (détermination des coordonnées des points permettant la construction) repose sur une idée assez simple quand il s'agit des carrés magiques d'aires à neuf cases, et qui est la base du programme informatique donnant les solutions présentées dans l'encadré 3.

UNE MÉTHODE POUR LES CARRÉS MAGIQUES D'AIRES LINÉAIRES DE 9 CASES

On considère quatre droites qui pivotent autour des points situés au milieu des quatre droites découpant le carré en neuf cases de même taille (voir l'encadré 4). On remarque par exemple que lorsque la droite pivotant autour du point milieu situé en haut bouge, la somme des aires des trois quadrilatères du haut reste constante et égale à $\frac{1}{3}$ de l'aire totale du carré. Il en va de même pour les trois quadrilatères situés à droite, dont la somme des aires reste constante quand on fait pivoter la ligne de découpe de gauche, et de même encore pour les trois quadrilatères situés en bas ou à gauche.

On en déduit que la somme des aires des trois quadrilatères de la colonne centrale reste aussi constante quand les quatre lignes pivotent, de même que la somme des aires des trois quadrilatères de la ligne centrale. À l'exception des conditions sur les diagonales, qu'il faut traiter à part, en faisant tourner les quatre droites et en évitant les situations créant des intersections non voulues, on a donc toujours un carré magique d'aires linéaire.

En outre, tous les carrés magiques d'aires linéaires pour un découpage en neuf du carré seront des cas particuliers de ce schéma. Seuls quatre paramètres (les angles des droites pivotantes) déterminent une configuration, et donc l'exploration systématique de toutes les possibilités devient envisageable. C'est elle qui a permis de découvrir les résultats mentionnés. On trouvera plus de détails sur la méthode sur le site internet de l'Allemand Walter Trump, à l'adresse: www.trump.de/magic-squares/area-magic/Third-Order%20Linear%20Area%20Magic%20Squares.pdf

Si on n'exige plus que les nombres utilisés soient consécutifs, les carrés magiques sont bien plus nombreux. On peut donc imposer aux découpages des contraintes encore plus fortes et, par exemple, n'accepter que les découpages où toutes les courbes joignant le côté droit au côté gauche du carré soient parfaitement horizontales. Le dessin b de l'encadré 4 représente un tel carré magique d'aires d'ordre 4, trouvé par Walter Trump. En prenant un nombre entier pour le paramètre α , on a un carré magique d'aires dont toutes les coordonnées des points de construction sont



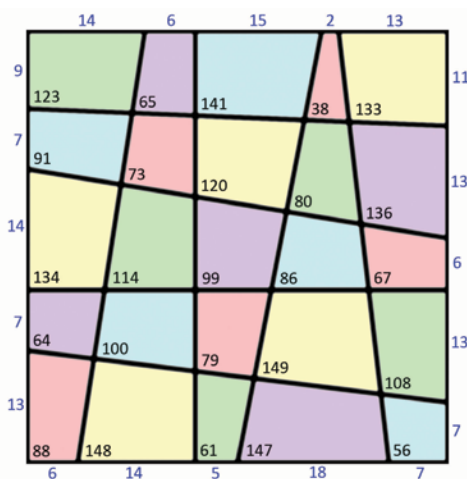
Toutes sortes d'idées ont été explorées, mais le champ ouvert est sans limites



des nombres entiers, ce qui rend facile la vérification de son exactitude.

Plus esthétiques, mais plus difficiles à calculer, les carrés magiques d'aires où les lignes de découpage sont de belles courbes continues non rectilignes ont aussi été l'objet de recherches. L'encadré 5 en montre une avec les équations des courbes utilisées.

Pour trouver des carrés magiques d'aires d'ordre 5, Walter Trump a proposé d'en assouplir un peu la définition: il ne recherche que ceux dont les coordonnées des points de construction sont des entiers, mais il exige pour les aires une condition moins forte que celle de la définition complète: «L'entier le plus proche de l'aire de chacune des formes doit être égal au nombre correspondant du carré magique servant de base.» Il dénomme ces constructions des carrés magiques d'aires arrondis (*rounded area-magic-square*). On a représenté ci-dessous un carré magique d'aires arrondi d'ordre 5.



On le voit, toutes sortes d'idées ont été explorées, mais le champ ouvert est sans limites, et la moisson de configurations associant magiquement arithmétique et géométrie ne fait que commencer. ■

BIBLIOGRAPHIE

W. Trump, **Area magic squares**, <https://bit.ly/2J7u9sP>, consulté le 26/1/2018.

W. Walkington, **Area magic squares and tori of order 3**, <https://bit.ly/2J3zKkd>, consulté le 26/1/2018.

W. Walkington, **Area magic squares and tori of order 4**, <https://bit.ly/2pSUamZ>, consulté le 26/1/2018.

J. Van Delden, **Area magic squares of order 3**, 5 mars 2017 (PDF téléchargeable sur <https://bit.ly/2GKkha6>).

L. Sallows, **Geometric Magic Squares. A Challenging New Twist Using Colored Shapes Instead of Numbers**, Dover, 2013.

L'AUTEUR



LOÏC MANGIN
rédacteur en chef adjoint
à *Pour la Science*

APOLLON ET LA PETITE SOURIS

Le dieu Apollon, figure emblématique du panthéon grec, est souvent associé à des attributs ou des symboles glorieux qui rendent hommage à sa gloire et à sa puissance. Pourtant, c'est parfois de souris qu'il est accompagné...

U

ne galerie au Louvre, un salon, un bassin et un bosquet à Versailles, plusieurs statues au Vatican... Apollon, dans ses représentations les plus célèbres, est toujours à son avantage, beau, athlétique, paré des meilleurs atours. Il y a de quoi : le dieu grec, fils de Zeus et de Lété, jumeau d'Artémis, est le patron des arts, de la beauté. Chef des neuf muses, il est aussi le dieu de la guérison et capable de divination : il rendait ses oracles *via* la pythie, à Delphes.

En peinture ou en sculpture, il est le plus souvent doté d'attributs glorieux,

notamment un arc d'argent ou une lyre (*voir la statue page ci-contre*). Les animaux qui le symbolisent sont tout aussi prestigieux : le cygne, le loup... Pourtant, en quelques occasions, c'est une souris qui l'accompagne, par exemple sur des pièces de monnaie trouvées en Anatolie (*voir ci-contre*). Pourquoi une telle association digne d'une fable de La Fontaine ? Les raisons sont multiples et d'ordre médical.

On en trouve la première trace dans l'*Iliade*, d'Homère. Le dieu, souvent violent, fait s'abattre la peste sur les Grecs d'Agamemnon, avec ses flèches d'argent et reçoit l'épithète (ou épiclese) *Smintheus*, c'est-à-dire « roi des souris ». Déjà, à l'époque, les rongeurs étaient connus pour transmettre des maladies.

C'est ainsi qualifié qu'il est honoré dans un temple de la ville de Hamaxitos, en Troade, dans le nord-ouest de l'Anatolie. Cette cité aurait été érigée par des colons crétois qui décidèrent de l'endroit



grâce à des souris sorties de la terre, conformément aux prédictions de l'oracle... de Delphes, et donc d'Apollon. D'ailleurs, à en croire les *Histoires variées* de Claude Élien, un historien romain de la fin du II^e siècle, « les souris sont les plus prophétiques des animaux ». Apollon mérite donc bien son titre de « roi des souris » ! Qu'en est-il de la médecine ?

DEUX SOURIS, MATIN ET SOIR

D'abord, rappelons qu'Apollon est le père d'Asclépios, le dieu de la médecine formé à cet art par le centaure Chiron. Durant toute l'Antiquité, la souris faisait partie de la pharmacopée.

Sur deux pièces
trouvées en Anatolie,
le dieu Apollon
est accompagné
de souris. C'est
moins glorieux
que la lyre...



Ainsi, au 1^{er} siècle, le romain Pline l'Ancien affirme dans son *Histoire naturelle*: «Pour ceux qui craignent la paralysie, on préconise comme très utile la graisse de loir ou de souris bouillie.»

À la même époque, dans *De Materia Medica*, Dioscoride recommande en cas de salivation importante de mettre dans la bouche d'un enfant une souris vivante. Selon le médecin et pharmacologue grec, la souris a une autre indication: les souris coupées sont bénéfiques lorsqu'on les applique sur des piqûres de scorpion.

La tradition est beaucoup plus ancienne. Dans le papyrus Brugsch, ou papyrus de Berlin 3027, daté de 1450 avant

notre ère, on découvre qu'en Égypte antique, pour soulager la douleur des premières dents qui percent, «on fait manger à l'enfant et à sa mère une souris cuite. Les os de celle-ci sont placés à son cou dans une étoffe de lin à laquelle on fait sept nœuds.» Doit-on voir dans ces liens entre rongeurs et dentition infantile l'origine du mythe de la petite souris qui, encore aujourd'hui, vient «acheter» les dents de lait cachées sous l'oreiller?

Peut-être. Toujours est-il que l'on se rassure de la disparition de la souris de la liste des médicaments, ces pratiques peu orthodoxes n'ayant bien sûr pas résisté à l'avènement de la médecine moderne!

Dans les faits, ce n'est pas tout à fait vrai... En effet, l'usage médical de la souris aurait perduré jusqu'au début du 20^e siècle dans les campagnes d'Angleterre et du Pays de Galles. Contre la salivation excessive, mais aussi l'incontinence et la coqueluche, on recommandait de manger une souris écorchée, frite, bouillie ou servie en tarte. Apollon n'était assurément pas le dieu de la cuisine! ■



Retrouvez la rubrique
Art & science sur
www.pourlascience.fr

LES AUTEURS



JEAN-MICHEL COURTY et ÉDOUARD KIERLIK
professeurs de physique à Sorbonne Université, à Paris

LES TRANSFORMATIONS DU TRANSFORMATEUR

**Comment miniaturiser les transformateurs?
En augmentant de plusieurs ordres de grandeur
la fréquence du courant électrique à convertir...**

Jusqu'où réduira-t-on la taille ou le poids des chargeurs utilisés pour recharger les batteries de nos ordinateurs portables ou de nos téléphones? Ces dispositifs comportent des transformateurs fournissant une tension électrique de quelques volts alors qu'ils sont branchés sur les 220 volts du secteur. Leur miniaturisation se heurte alors aux limites qu'imposent les phénomènes physiques sur lesquels ils sont fondés. Quels sont ces phénomènes et quelles sont ces limites?

DEUX BOBINES ET UN NOYAU DE FER

Un transformateur électrique permet de modifier l'amplitude d'un courant ou d'une tension alternative entre la source d'électricité et la « charge », c'est-à-dire l'appareil qui lui est branché et qui consomme de l'énergie électrique. Il est en général composé de deux bobines de fil de cuivre qui entourent un noyau de métal magnétique en forme de cadre ou de tore (*voir l'encadré page ci-contre*). Son fonctionnement exploite l'induction électrique, qui combine deux phénomènes

physiques: d'une part, tout courant électrique crée un champ magnétique; d'autre part, tout champ magnétique variable induit un champ électrique.

Pour mieux comprendre un tel dispositif et saisir pourquoi il est difficile à miniaturiser, imaginons pas à pas la fabrication d'un transformateur idéal.

En guise de « circuit primaire » du transformateur, formons une boucle avec du fil de résistance négligeable et appliquons à ses bornes une tension électrique continue. Bien que la résistance électrique soit nulle, l'intensité du courant ne devient pas infinie, mais démarre de zéro puis croît linéairement avec le temps. Pourquoi?

Lorsque le courant se met à circuler, apparaît autour de la boucle un champ magnétique. La variation de ce dernier crée au voisinage du fil un champ électrique proportionnel à la vitesse de variation du champ magnétique, conformément aux lois de l'induction mentionnées plus haut. Ce champ électrique s'oppose à l'établissement du courant: c'est la loi de Lenz. L'effet sur toute la boucle est alors l'apparition d'une tension induite égale et opposée à la tension appliquée.



En guise de « circuit secondaire », plaçons quasiment au même endroit que la boucle primaire une boucle en circuit ouvert, où aucun courant ne circule. Puisque cette boucle secondaire subit le même champ électrique, il apparaît à ses bornes une tension égale à celle induite dans la première, donc exactement opposée à la tension du circuit primaire. Nous avons ainsi réussi à transférer une tension d'un circuit à l'autre, sans contact.