

temps. Le temps pourrait émerger, disent-elles, d'un substrat d'où il est absent. Il pourrait en quelque sorte dériver de concepts plus fondamentaux que lui-même : le moteur du temps serait produit de façon souterraine par une sorte d'inframonde physique.

Quel est cet inframonde ? Alain Connes, professeur au Collège de France, et d'autres mathématiciens ou physiciens, développent des idées originales à ce sujet. Selon eux, le moteur du temps serait enclenché par la non-commutativité inhérente au formalisme de la physique quantique que nous venons d'évoquer. Le temps ne serait plus qu'une réalité secondaire, surnageant sur des structures physiques plus profondes que lui et ne le contenant pas à toute petite échelle.

Dans son roman *Le théâtre quantique* (écrit en collaboration avec Danye Chéreau et Jacques Dixmier), Alain Connes exprime ainsi cette idée : « C'est l'effervescence

quantique qui engendre le passage du temps » ; ou « L'aléa quantique est le tic-tac de l'horloge divine » ; ou encore « Un état sur une algèbre non-commutative engendre son propre temps ». En somme, comme les anagrammes, le moteur du temps aurait un rapport avec la non-commutativité associée à certaines opérations élémentaires.

L'horloge des anges ici-bas

Ce n'est pas tout. Si l'on revient sur la détection de juillet 2012, celle du boson scalaire de Higgs, on découvre autre chose encore, qui tient à ce que, loin de ne concerner que le monde microscopique, l'existence de cette particule a aussi des implications cosmologiques. Elle invite en effet à penser que lorsque l'Univers était très dense et très chaud, les particules élémentaires

n'avaient pas de masse : telles des anges véloce, elles se propageaient dans le vide à la vitesse de la lumière ; puis le champ scalaire de Higgs s'est installé dans tout l'espace, conférant aux particules élémentaires, par interaction avec elles, une masse non nulle qu'elles ont conservée ensuite. Cet événement a eu un autre effet, celui de déclencher le temps propre des particules (car selon la théorie de la relativité d'Einstein, il faut qu'une particule soit massive pour que son temps propre, le temps dans son référentiel, s'écoule).

Une horloge de la matière s'est en somme mise en marche, que l'on pourrait nommer, compte tenu de ce que nous venons de dire, *l'horloge des anges ici-bas*. Or, curieusement, une anagramme de cette expression se trouve être *le boson scalaire de Higgs*...

Il arrive que la cueillette des cerises réserve de bien belles surprises. ■

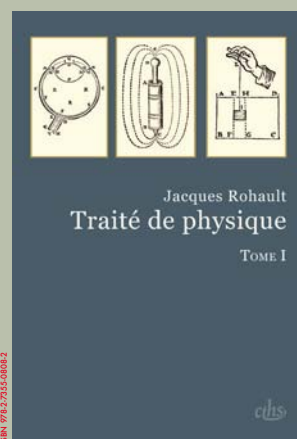
Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques

une collection complète d'instruments de travail pour la recherche en sciences humaines



**Savants et inventeurs
entre la gloire et l'oubli**
Sous la direction de Patrice Bret
et Gérard Pajonk

136 pages
21 x 27 cm
br.
23 €



**Traité de physique
Tome I**
Jacques Rohault (1618-1672)

830 pages
15 x 22 cm
ill. 1 br.
45 €

L'information scientifique de référence maintenant sur tablette et smartphone !



Téléchargez gratuitement
l'application sur App Store et Google Play.
et feuillotez gratuitement le numéro en cours.



Avec l'application « Pour la Science », retrouvez dès leur sortie le mensuel *Pour la Science* à 4,49 € et son trimestriel *Dossier Pour la Science* à 5,49 € en version numérique optimisée pour tablette : lecture intuitive, sommaire interactif, contenus enrichis, feuilletage hors connexion, etc.

Disponible sur
App Store

DISPONIBLE SUR
Google play



Flashez ce QR code
avec votre mobile
ou votre tablette
pour télécharger
immédiatement
l'application.



Découvrez aussi l'application « Cerveau & Psycho » pour retrouver
le magazine *Cerveau & Psycho* et son trimestriel *L'Essentiel Cerveau & Psycho*

LOGIQUE & CALCUL

Promenades carrées et cubes collés

Construire des polygones formés de carrés ou des polyèdres formés de cubes en respectant une certaine règle donne naissance à des énigmes originales, voire décoratives.

Jean-Paul DELAHAYE

En septembre 1990, paraissait dans *Pour la Science* un article d'Alexander Dewdney sur un problème insignifiant en apparence : pour quelles valeurs de l'entier n existe-t-il des polygones n'ayant que des angles droits et dont les côtés ont, dans l'ordre, les longueurs 1, 2, 3, ..., n ? La plus petite solution est indiquée dans l'encadré 1.

Une autre façon de poser le problème évoque le parcours d'un promeneur. Dans une ville dont les rues dessinent une grille carrée parfaite, peut-on partir d'un croisement, parcourir un bloc, tourner à angle droit (à gauche ou à droite), parcourir deux blocs, tourner à angle droit (à gauche ou à droite), parcourir trois blocs, etc. et se retrouver à son point de départ au bout d'un certain temps ?

Compter les golygones

Le problème avait été inventé par le Britannique Lee Sallows en 1988. Il avait choisi, on ne sait pas vraiment pourquoi, de nommer ces figures des « golygones ». Progressivement, L. Sallows était arrivé à la conclusion qu'il n'existe de golygones que pour les valeurs de n multiples de 8 (voir l'encadré 1). Il découvrit le seul golygone à huit côtés et remarqua qu'il pave le plan. Les golygones à $8n$ côtés sont par convention les golygones d'ordre n . Leur nombre est noté $a(n)$. Puisqu'il n'y a qu'un golygone à huit côtés, $a(1) = 1$. Les golygones d'ordre 2 ont 16 côtés, et leur nombre est $a(2) = 28$. Parmi eux, seuls trois ne se recoupent pas.

À l'aide de programmes, on a calculé que $a(3) = 2\,108$ (il existe 2 108 golygones d'ordre 3 à 24 côtés), $a(4) = 227\,322$ (il y a 227 322 golygones d'ordre 4 à 32 côtés), etc.

On a ainsi : $a(1) = 1$, $a(2) = 28$, $a(3) = 2\,108$, $a(4) = 227\,322$, $a(5) = 30\,276\,740$, $a(6) = 4\,541\,771\,016$, $a(7) = 739\,092\,675\,672$, $a(8) = 127\,674\,038\,970\,623$, $a(9) = 23\,085\,759\,901\,610\,016$, $a(10) = 432\,797\,330\,819\,710\,3600$, etc. Pour les $a(n)$ jusqu'à $n = 100$, voir : <http://oeis.org/A007219/b007219.txt>

Ces décomptes n'ont pas été faits par énumération un à un des golygones – on n'aurait au mieux atteint que $a(11)$ –, mais en utilisant des propriétés particulières des golygones, dont celle-ci dont vous devinez sans mal l'explication : en prenant les déplacements horizontaux d'un golygone (une suite d'indications « à droite » ou « à gauche »), et les déplacements verticaux d'un autre golygone (une suite d'indications « vers le haut » ou « vers le bas ») et en assemblant ces indications, on obtient un nouveau golygone.

On connaît une formule approchée pour $a(n)$: $a(n) \sim 3 \times 2^{8n-6} / (\pi n^2 (4n+1))$. Une formule exacte, mais très compliquée, a aussi été proposée (voir la page <http://oeis.org/A007219> de l'encyclopédie des suites numériques de Neil Sloane). Ces résultats proviennent pour l'essentiel d'un article publié en 1991 (voir la bibliographie) par quatre auteurs aux pedigrees remarquables : L. Sallows, l'inventeur du problème

et dont nous avons présenté les extraordinaires « carrés géomagiques » dans cette rubrique en juin 2013 ; Martin Gardner, auteur de la chronique mathématique de *Scientific American* pendant 25 ans (reprise dans *Pour la Science* de 1977 à 1982) et qui fut enchanté de participer à l'étude de ces curieux cheminements ; Richard Guy, connu en particulier pour sa féconde collaboration avec John Conway en théorie des jeux, et Donald Knuth à qui l'on doit la bible des informaticiens *The Art of Computer Programming*, ouvrage de plus de 2 000 pages commencé en 1962 et dont une nouvelle édition a été achevée en 2011.

Cette exceptionnelle association montre que l'intérêt pour les petites énigmes mathématiques n'est pas réservée aux amateurs sans grade, et que celles-ci sont pour les véritables mathématiciens amoureux de leur discipline des sujets tout aussi respectables que les problèmes académiques... et abscons.

Ne pas passer deux fois au même endroit

Savoir combien de golygones d'ordre n , parmi les $a(n)$, ne se recoupent pas (voir l'encadré 2) et donc déterminent des polyminos est en réalité assez délicat et oblige cette fois à énumérer un à un les golygones d'ordre n . Aucune formule exacte ou approchée n'a été trouvée. Ces nombres définissent la suite notée $b(n)$. Dans leur article de 1991, les quatre mathématiciens indiquaient que $b(1) = 1$, $b(2) = 3$, $b(3) = 67$. Ils précisaient