

BLONDIE



réponse ajustée à la forme reconnue. Le grand nombre de formes envisagées fait la force d'ALICE : il sait répondre à une variété de questions de plus en plus grande. Le programme se comporte mieux avec un utilisateur moyen qui pose des questions déjà rencontrées qu'avec un expert plus imaginaire et informé des points faibles du programme. C'est pourquoi R. Wallace suggère que le panel de juges qui choisit le gagnant du prix Loebner soit composé de personnes prises au hasard, plutôt que d'universitaires et de spécialistes diplômés en Intelligence artificielle.

R. Wallace ne semble pas réellement gêné par le peu de complexité réelle de son programme et il explique : «ELIZA a parfois été considéré comme une farce, et c'en est peut-être une, mais doit-on en déduire que ce programme n'est pas de l'intelligence artificielle ? Ne devons-nous pas plutôt nous préparer à l'inévitable conclusion : la conscience elle-même est une illusion. C'est sans doute parce qu'il avait entr'aperçu cela que Turing a proposé un test fondé sur l'aptitude à simuler. La frontière entre l'Intelligence réelle et l'illusion n'a jamais été aussi floue.»

R. Wallace livre ensuite le fond de sa pensée : «Nous n'avons pas besoin d'une théorie complexe de l'apprentissage, des réseaux de neurones ou des modèles cognitifs pour expliquer comment bavarder dans les limites des 25 000 cas envisagés par le programme d'ALICE. Notre conception stimulus-réponse est une bonne

théorie et c'est certainement la plus simple.» R. Wallace parle du «cerveau d'ALICE» expliquant que son programme est une sorte de copie de sa propre personnalité. «En allant visiter le contenu du cerveau d'ALICE, écrit-il, vous y rencontrerez le monde culturel des livres que j'ai lus, des films que j'ai vus, vous y trouverez mes citations et plaisanteries préférées, etc.»

Finalement R. Wallace défend l'idée qu'en continuant à ajouter des schémas de réponses préparées au cas par cas, on finira par avoir une machine indiscernable d'un humain. «Le domaine du langage couvert par notre programme contient déjà la plus grande partie des phrases que les gens utilisent en dialoguant avec une machine. En étendant encore un peu ce domaine, nous allons cerner les mots récalcitrants, et le moment arrivera où le plus sévère des critiques humains ne pourra plus concevoir une seule phrase pour coincer ALICE». À l'entendre, l'image souvent utilisée pour dénoncer la naïveté de certains chercheurs en intelligence artificielle revient à l'esprit. R. Wallace ne se comporte-t-il pas comme quelqu'un qui réussissant à monter sur un tabouret dirait : «Vous voyez bien que je progresse, d'ici peu j'atteindrai la Lune?»

L'enthousiasme du maître d'œuvre du programme qui a gagné les deux derniers prix Loebner est sans limite. Il imagine que l'industrie des logiciels de conversation va d'ici peu connaître un développement considérable et que ces logiciels

seront au cœur des prochaines interfaces informatiques. Pourtant à ce jour, seule la médaille de bronze de 2 000 \$ a été décernée et je ne crois pas prendre beaucoup de risques en affirmant que les sommes de 25 000 \$ et de 100 000 \$ resteront dans les caisses des organisateurs du prix Loebner pour de longues années encore.

Notons qu'un pari de 20 000 \$ portant sur la question : «Un ordinateur passera-t-il le test de Turing avant 2029?» a été pris entre Mitchell Kapor (qui soutient que non) et Ray Kurtzweil (qui soutient que oui). N'oublions pas non plus que Turing dans son article de 1950 avait prédit que son test serait passé en l'an 2000, ce qui ne s'est pas produit.

Même si certains *chatbots* sont conçus pour imiter des personnes humaines ayant existé (vous pourrez dialoguer sur internet avec John Lennon, Elvis Presley ou Jésus) les spécialistes les plus optimistes ne se risquent pas aujourd'hui à parier pour un succès avant 2029. Puisqu'il semble qu'on se limite à des programmes qui, comme ELIZA en 1964, sont sans véritable ambition, la date réelle d'un succès définitif pourrait être plus lointaine encore.

4. ALICE ET LANGUE DE BOIS

Richard Wallace l'auteur principal du programme ALICE qui a gagné les deux derniers prix Loebner explique que les techniques utilisées dans son programme s'inspirent des méthodes des politiciens (ce qu'on appelle en France la langue de bois). Il écrit : «Généralement un politicien ne donne pas de réponse directe. Si le journaliste qui l'interroge pose une question, le politicien répond avec un discours tout préparé ayant un rapport parfois lointain avec la question. Les réponses semblent activées par des mots-clés. Le mot *école* déclenchera par exemple un discours sur l'enseignement. Je suis persuadé qu'un robot de conversation serait un politicien infatigable. Le président Clinton a donné un magnifique exemple de discours robotisé quand un jour il a répondu en disant «It depends on what the meaning of "is" is.» («Cela dépend de ce qu'est le sens de "est"»), ce qui convenons-en est une esquivé vraiment passe-partout.

Jean-Paul DELAHAYE est professeur d'informatique à l'Université de Lille. Son dernier livre *L'intelligence et le calcul*, éditeur Belin-Pour la Science, est un recueil de chroniques parues dans *Pour la Science*. e-mail : delahaye@lil.fr

R. FRENCH, *Subcognition and The Limits of the Turing Test*, in *Mind*, 99, pp. 53-66, 1990.

A. P. SAYGIN, *The Turing Test Page* : <http://cogsci.ucsd.edu/~asaygin/tt/ttest.html>

J. R. SEARLE, *Minds, Brains and Programs*, in *Behav. and Brain Sc.*, 3, pp. 417-57, 1980.

A. TURING, *Computing Machinery and Intelligence*, in *Mind*, 59, 236, pp. 433-460, 1950. Disponible en ligne : <http://www.loebner.net/Prize/TuringArticle.html>

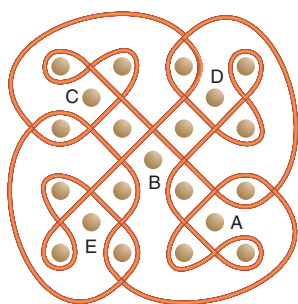
Pages du prix Loebner : <http://www.loebner.net/Prize/loebner-prize.html>

Site du programme ALICE : <http://www.Alicebot.org/>

Les mystérieux sona

AVIDA DOLLARS

Les dessins qu'utilisent les conteurs d'un peuple d'Afrique centrale pour illustrer leurs histoires offrent quelques énigmes de combinatoire aux mathématiciens.



Jusqu'à la fin des années 1950, les membres des tribus du peuple Chokwe, qui compte encore un million d'habitants dans la région de Lunda, au Nord-Est de l'Angola, se réunissaient après une journée de chasse autour d'un feu et écoutaient l'un d'eux, l'akwa kuta sona, raconter des contes selon un rituel précis (voir la figure 4). Après avoir nettoyé et lissé le sol sableux de sa main, il dessinait une grille de points, puis au fil de sa narration, son doigt traçait autour de ces points une ligne courbe qui servait de support à son histoire. Par exemple, la figure à côté du titre illustre une fable où un lapin, en A, découvre une mine de sel, en B. Hélas, celle-ci est l'objet de convoitises de la part d'un lion, en C, d'un guépard, en D et d'une hyène, en E, chacun arguant de la loi du plus fort pour mettre la main sur le trésor. Heureusement, à la fin de l'histoire, le lapin a gain de cause et reste le seul à avoir accès à la mine, les autres en étant séparés par la courbe.

Ces dessins nommés sona (au singulier, un lusona) appartenaient à une longue tradition : ils illustraient des proverbes, des fables, des jeux, des animaux (voir le médaillon), des énigmes et jouaient un rôle important dans la transmission du savoir et de la sagesse aux jeunes générations. Le tracé des dessins devait être lisse et continu, sans à-coup : toute hésitation ou arrêt était un signe d'imperfection et d'un manque de savoir-faire que l'audience sanctionnait d'un sourire ironique.

La grille initiale de points facilitait la mémorisation des dessins par l'akwa kuta sona, ou expert en sona. Le nombre de colonnes et de lignes dépendait du motif souhaité et de l'histoire. Par exemple, les marques laissées sur le sol par un poulet que l'on poursuit étaient représentées par un dessin dont la grille de départ avait cinq lignes de six points. Grâce à cette méthode – un exemple ancien de système de coordonnées –, l'akwa kuta sona réduisait la mémorisation d'un

lusona entier à celle de deux nombres, celui des lignes et celui des colonnes.

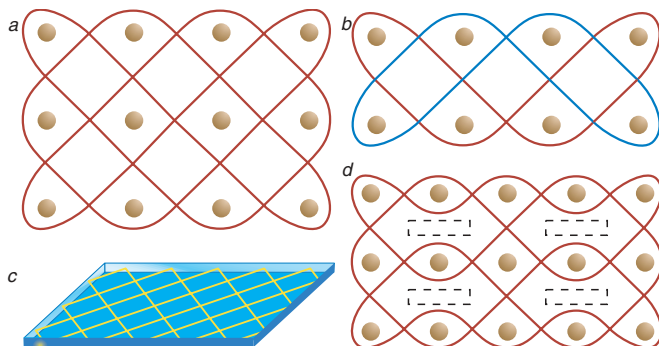
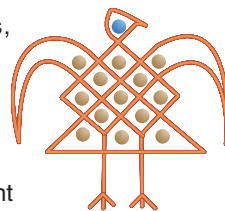
Les sona qui ressemblent aux tissages sont parmi les plus simples (voir la figure 1). Parmi eux, certains sont constitués d'une seule courbe continue qui contourne chaque point de la grille avant de rejoindre son point initial, d'autres requièrent le tracé de plusieurs courbes. Mark Schlatter, de l'Université de Shreveport, en Louisiane, a analysé les propriétés mathématiques des sona aux motifs de tissages, ainsi que ceux d'une autre famille, nommée ventre du lion, et mis en évidence dans quels cas une seule courbe suffit à dessiner le lusona entier, et dans quels autres, plusieurs sont nécessaires. En d'autres termes, étant donné le nombre de lignes et de colonnes, combien de courbes sont nécessaires pour dessiner un motif complet ?

Tout d'abord, s'inspirant des idées de Paulus Gerdes, professeur de mathématiques à l'Université de Maputo, au Mozambique, il imagine le dessin comme la trajectoire d'un rayon lumineux dans une enceinte rectangulaire dont les parois sont des miroirs. La lumière est émise d'un coin de l'enceinte dans une direction faisant 45 degrés avec l'un des côtés. Ainsi, la lumière se réfléchit sur les parois en parcourant les diagonales de la grille.

Puis, dans une première étape, il établit qu'une grille carrée de n points de côté requiert n courbes (voir la figure 2) : en effet, lorsqu'on introduit un système de coordonnées pour repérer les points de la grille, une courbe qui part du point $(a, 0)$ atteint le point $(n+1, n+1-a)$ puis le point $(n+1-a, n+1)$ et enfin le point $(0, a)$ avant de rejoindre le point initial. Chaque courbe rebondit trois fois avant de revenir à son point initial et parcourt ainsi quatre diagonales : au total, on dessine n courbes pour parcourir toutes les diagonales de la grille.

Ensuite, le mathématicien décompose un motif de tissage donné en carrés (voir la figure 2) et montre que le nombre de courbes requises pour le motif entier est égal à celui du motif restant, ou au nombre de courbes du dernier carré quand la grille est uniquement constituée de carrés. Par exemple, un motif de trois lignes et quatre colonnes se décompose en une grille carrée de neuf points et en une ligne de trois points qu'une seule courbe suffit à parcourir. Dans le motif entier, cette dernière courbe et les trois courbes de la grille carrée n'en forment qu'une seule. En revanche, pour un motif de deux lignes et quatre colonnes, on ôte un carré de deux points de côté et on laisse un carré identique : deux courbes sont nécessaires pour dessiner un motif de tissage sur une telle grille carrée de quatre points ; deux courbes sont donc aussi nécessaires pour le motif entier. Quand la grille restante après la séparation du premier carré est encore importante, on réitère la même opération jusqu'à l'obtention d'un motif simple.

Ce processus est analogue à la détermination du plus grand commun diviseur de deux nombres donnés, ici, le nombre de colonnes et le nombre de lignes. Lorsque le découpage



1. Les motifs de tissages sont les sona les plus simples : ils sont formés de courbes qui parcourent les diagonales d'une grille de points. La plupart sont composés d'une seule courbe (a), mais certains en nécessitent plusieurs (b). Ces dessins sont analogues au trajet d'un rayon de lumière dans une enceinte où les parois sont des miroirs (c). Lorsqu'on insère des miroirs supplémentaires (en pointillés noirs) entre les points des colonnes de rang pair, on obtient les sona de la famille du ventre du lion (d).

laisse de côté une seule ligne (ou une seule colonne), les deux nombres n'ont pas de diviseur commun autre que un, ils sont premiers entre eux : une unique courbe suffit au motif entier. Ainsi, un motif de tissage nécessitera un nombre de courbes égal au plus grand commun diviseur du nombre de colonnes et du nombre de lignes.

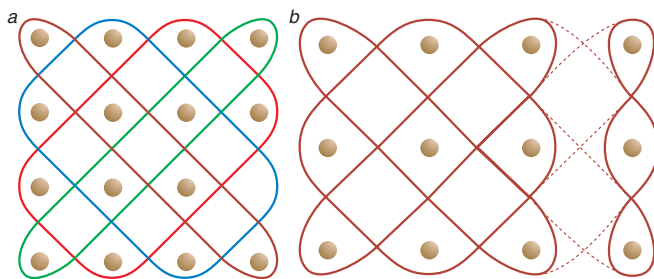
Le mathématicien a ensuite étudié les sons de la famille du ventre du lion (voir la figure 1). Ils correspondent au trajet d'un rayon lumineux dans une enceinte où l'on insère des miroirs horizontaux à deux faces réfléchissantes entre les points des colonnes de rang pair. Pour déterminer le nombre de courbes nécessaires à un tel motif, il analyse l'évolution des courbes à mesure qu'elles passent d'une colonne (dotée ou dépourvue de miroir) à la suivante (voir la figure 3).

On numérote les brins de courbes juste après les croisements, par exemple de un à six pour une grille à trois lignes et cinq colonnes. Le passage d'une colonne modifie l'ordre des brins : la permutation des brins après une colonne sans miroir est notée A, la permutation après une colonne avec des miroirs est notée B. L'ensemble des permutations subies par les brins jusqu'à l'avant-dernière colonne de la grille forme ainsi un «mot» composé de A et de B, tel BAB pour notre exemple.

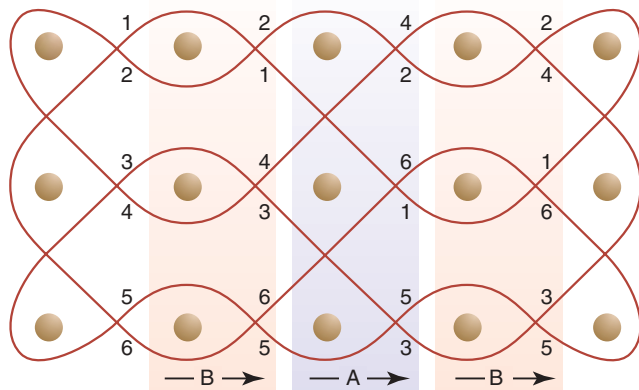
Ainsi, pour tout ventre du lion de m lignes et de n colonnes, on peut écrire un mot composé de B et de A en alternance puisque les miroirs sont placés une colonne sur deux. Ces mots se simplifient en reconnaissant, par exemple, que deux permutations de type B successives laissent l'ordre des brins inchangé. De la même façon, $2m$ permutations de type A consécutives s'annulent. Par ailleurs, on montre que $BA = A^{2m-1}B$. Au final, chaque mot simplifié obtenu est de la forme $A^j B^k$, où k est égal à 0 ou à 1 et où j est positif.

Le mot d'un motif de la famille du ventre du lion est $BABABA...$ ou $B(AB)^k$. En analysant les différentes valeurs de k , M. Schlatter a montré qu'un tel motif à m lignes et n colonnes nécessite une seule courbe quand $n-1$ est un multiple de quatre, sinon m courbes.

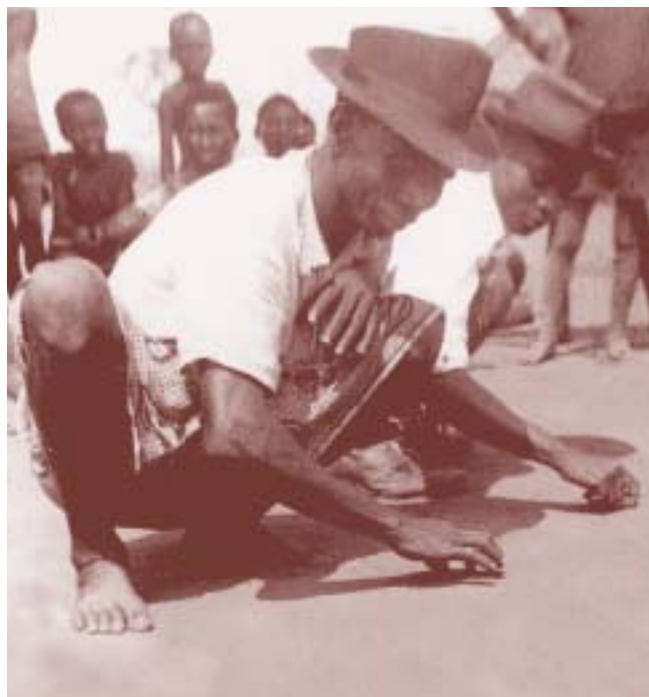
L'étude des sons du peuple Chokwe a dépassé le cadre ethnologique et a donné naissance à une nouvelle branche des mathématiques, la géométrie Lunda.



2. Un motif de tissage (le lusona le plus simple) dont la grille est carrée (a) requiert un nombre de courbes égal au nombre de points sur chaque côté, ici quatre. On détermine le nombre de courbes nécessaires pour une grille quelconque en décomposant celle-ci en carrés (b) : le nombre de courbes pour le motif complet est égal au nombre de courbes nécessaires pour la partie restante (une courbe pour une grille de trois lignes et de quatre colonnes) ou au nombre de courbes du dernier carré quand la grille n'est composée que de carrés.



3. On détermine le nombre de courbes d'un lusona de la famille du ventre du lion en étudiant les deux types de permutations (A et B) des brins des courbes (numérotés de un à six après le croisement des courbes de la première colonne) à mesure qu'ils passent les colonnes. La permutation A correspond au passage d'une colonne sans miroir, la permutation B à celui d'une colonne avec miroirs. L'analyse des combinaisons de permutations, ici BAB, montre qu'un motif requiert une seule courbe quand $n-1$ est un multiple de quatre, m courbes sinon.



© Africa Museum Tervuren, Belgique.



4. L'akwa kuta sona (à gauche), ou expert en sona, est le gardien de la tradition de son peuple, les Chokwe. Il raconte des histoires qu'il illustre par des dessins, les sona, tracés de son doigt dans le sable (à droite). Il trace au préalable une grille de points.

La nage des poissons

JEAN-MICHEL COURTY • ÉDOUARD KIERLIK

Les poissons nagent selon des modes comparables aux deux principales techniques de rame qui tirent parti soit de la traînée, soit de la portance.

Au XVIII^e siècle, les marins ne ramaient pas : ils «nageaient». Aujourd'hui le rameur assis le plus près de la poupe d'un «huit» est le «chef de nage» : il donne le rythme à suivre par les autres rameurs. L'expression est profonde de sens : du point de vue physique, les poissons emploient leurs nageoires soit comme un aviron, soit comme une godille. Tandis que la première méthode est idéale pour fuir, la seconde est insurpassable pour nager vite et loin.

Comment se propulse un poisson? Examinons les forces qui s'exercent sur un corps mobile dans un fluide. Une aile d'avion, assimilable à une nageoire, subit deux forces, la traînée et la portance. La traînée, de direction opposée à la vitesse, freine le mouvement de tout mobile dans un fluide. La portance est perpendiculaire à ce mouvement et, comme son nom l'indique, soutient en l'air les avions et les oiseaux. Toutes deux sont proportionnelles au carré de la vitesse de l'objet. La géométrie de l'objet ainsi que son orientation dans le fluide déterminent les coefficients de proportionnalité, nommés coefficients de traînée et de portance. Pour un objet effilé comme une aile d'avion, le coefficient de traînée est typiquement dix fois plus faible que le coefficient de portance. Lorsqu'ils se propulsent, les poissons exploitent soit la traînée, soit la portance, soit... les deux à la fois! Comment?

PROPULSION PAR LA TRAÎNÉE

Les poissons qui se propulsent grâce à la traînée s'appuient sur l'eau comme les rameurs. Quand il tire sur son aviron, le rameur qui tourne le dos à la proue déplace sa pelle (la partie immergée de la rame) de l'avant vers l'arrière du bateau ; la force de traînée qui s'exerce sur la pelle s'oppose à son mouvement. Dirigée vers l'avant, elle constitue la force propulsive du bateau. Pour l'accroître, un rameur s'efforce de présenter une

surface maximale à l'eau pendant qu'il tire sur sa pelle immergée. Il la ramène de l'arrière vers l'avant du bateau en la sortant de l'eau pour éviter de produire une force de traînée de sens contraire qui freinerait le bateau. La rascasse se propulse aussi en utilisant la force de traînée : elle avance en poussant sur ses nageoires latérales déployées, puis elle les couche pour les ramener vers l'avant en minimisant la traînée.

Cette «nage par traînée» a l'inconvénient de n'être efficace que si la vitesse de la nageoire est supérieure à la vitesse relative de l'eau par rapport au rameur : plus le poisson nage vite, moins ses nageoires le propulsent! Fixons-nous les idées en examinant le cas d'un jeu de nageoires de dix centimètres carrés. Pour démarrer, leur propriétaire les ramène vers l'arrière à une vitesse de un mètre par seconde : la loi donnant la traînée indique que ses nageoires induisent alors une force de un newton. Quand le poisson avance de 50 centimètres par seconde, la vitesse relative de ses nageoires par rapport à l'eau chute à 50 centimètres par seconde et la force propulsive qu'elles induisent (proportionnelle au carré de la vitesse) est alors quatre fois plus faible. Si le poisson avançait de un mètre par seconde, la force de propulsion deviendrait nulle.

Puisque la «nage de traînée» est d'autant plus efficace que la vitesse est faible, la plupart des poissons l'utilisent pour leurs manœuvres à faible vitesse ; en outre, elle leur sert aussi à s'enfuir à partir de l'immobilité. Au lieu de pratiquer «l'aviron de croisière», ils fouettent l'eau de leur nageoire caudale. Les truites en fuite, par exemple, se plient en forme de C, avant de se déplier en un éclair rejetant l'eau vers l'arrière. Elles atteignent des accélérations de plusieurs dizaines de mètres par seconde carré (l'accélération g de la pesanteur, vaut environ dix mètres par seconde carré) ; flèche multicolore, la truite arc-en-ciel se dépie en 80 millisecondes et obtient une accélération de 4 g . Les poissons n'ont pas l'apanage de ces départs foudroyants : les crevettes atteignent plus de 10 g lors de départs arrêtés!

PROPULSION PAR LA PORTANCE

Les poissons qui se propulsent grâce à la portance pratiquent une technique analogue à la godille. La portance est perpendiculaire au mouvement de la nageoire par rapport à l'eau. Pour que cette force soit dirigée vers l'avant, le poisson fait aller et venir sa nageoire caudale perpendiculairement à la direction de progression. Ce principe est celui de la godille, technique de propulsion des bateaux avec une seule rame : les matelots qui la maîtrisent enfoncent un aviron dans l'eau à l'arrière de l'embarcation. Ils effectuent un va-et-vient de la gauche vers la droite en changeant l'inclinaison à chaque passage. La pelle reste quasi parallèle à l'arrière du bateau, son bord d'attaque légèrement vers l'avant. La godille exige un bon «coup de poignet», car elle perd vite son efficacité quand la pelle n'est pas correctement placée par rapport à la marche du bateau.



Dessins de Bruno Vacaro

Tel un rameur, la rascasse se propulse en battant des nageoires latérales. Elle manœuvre ainsi avec aisance à faible vitesse.