



N° 117

Polyrama

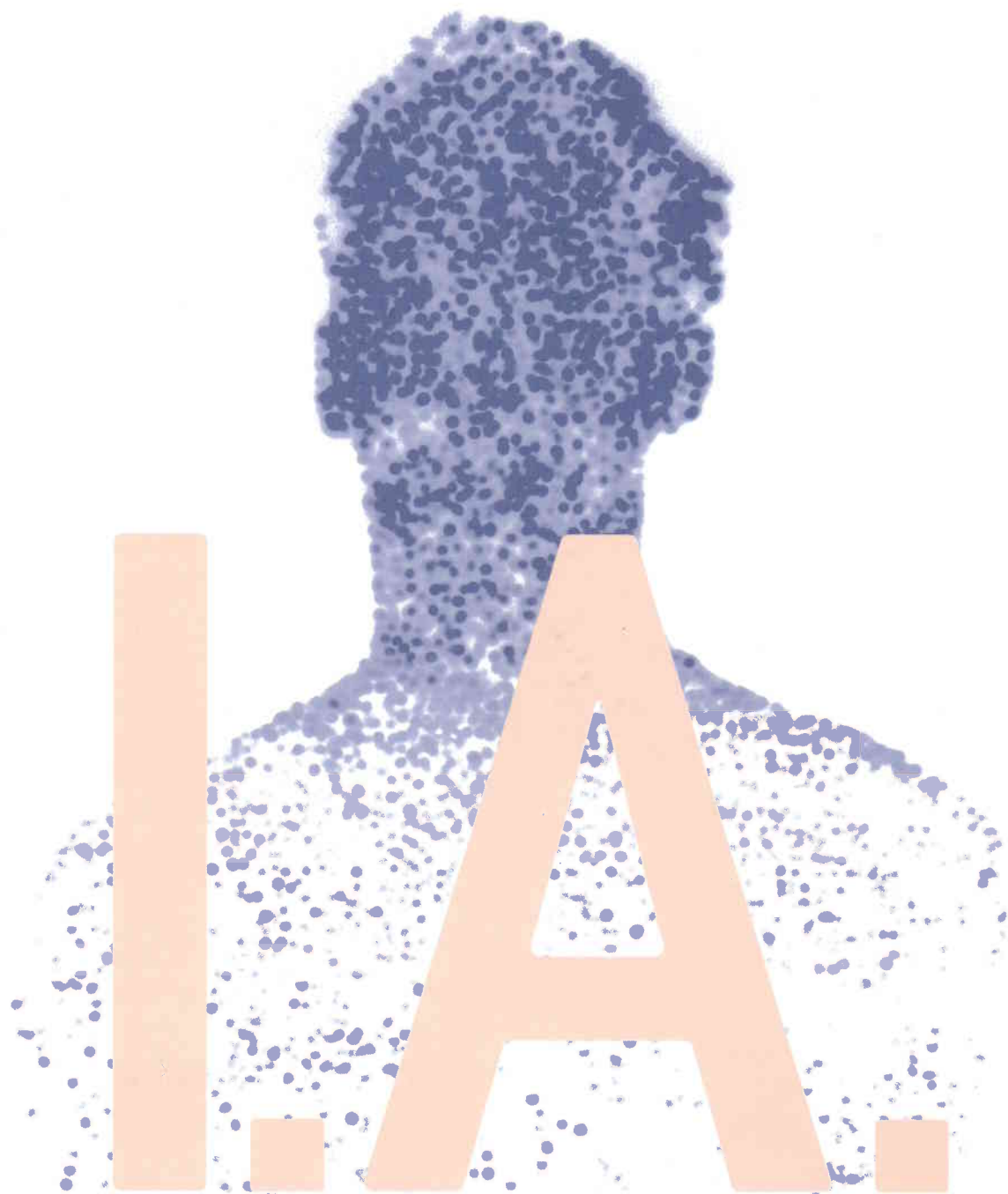
12.02

DOSSIER : INTELLIGENCE ARTIFICIELLE



# Polyrama

117



**L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE  
À CORPS PERDU**

Le quotient intellectuel est un sujet largement débattu. Christof Teuscher, informaticien au Laboratoire de systèmes logiques de l'EPFL, et son épouse, Ursina, psychologue, éclairent la « matière grise » des hommes et des machines sous différents angles. Pas de panique! Les humains ont toujours une bonne longueur d'avance. Démonstration par le texte et par le jeu!

# Homme-machine: le jeu du QI perd gagne

par URSINA & CHRISTOF TEUSCHER

## QI de l'homme: une mesure statistique

Le quotient intellectuel (QI) est un terme employé depuis 1912 pour désigner le résultat obtenu par des tests d'intelligence psychométriques, tests normalisés qui comparent la performance de la personne testée qui répond à des questions précises avec les performances d'un échantillon de comparaison, par exemple une partie de la population d'un pays. Il ne s'agit pas d'une mesure directe, comme on mesurerait le poids de quelqu'un sur une balance, mais d'une mesure indirecte qui estimerait le poids de cette personne en analysant ses traces dans la neige. La mesure n'est donc pas parfaite, mais on estime la fiabilité des tests modernes supérieure à 70%.

Il est amusant de constater qu'en dépit de l'absence d'une définition généralement acceptée de l'intelligence, on sait quand même la mesurer statistiquement: les tests d'intelligence mesurent bien ce qui est considéré unanimement comme de l'intelligence.

Les tests classiques ne s'aventurent cependant pas à tenir compte de la multitude d'intelligences proposées par Howard Gardner (voir note page 28), mais se limitent à des domaines plutôt académiques. On distingue par exemple les tests verbaux, les tests numériques, les tests de figures et de spatialité, ou les tests de performance qui mesurent la mémoire, la concentration ou la vitesse psychomotrice.

La plupart des tests ont une échelle avec une moyenne de 100 points, la moyenne de la population atteignant ce score. Il y a toutefois des différences considérables dans l'écart type de la distribution.

Un exemple: un des tests les plus utilisés pour mesurer l'intelligence des enfants est l'Echelle d'Intelligence de Wechsler pour Enfants (WISC-R). Elle a un écart type de 15 et plafonne à 150 points. Un enfant qui a un QI plus bas que 70 dans ce test (c'est-à-dire deux écarts types plus bas que la moyenne) est considéré comme mentalement handicapé. D'autre part, on parle de surdouance si un enfant atteint plus de 130 points. Ces limites sont évidemment différentes si un test a un écart type de 10 au lieu de 15 points.

Le QI n'est pas une mesure absolue, mais se calcule toujours en se référant à un échantillon de comparaison avec lequel le test a été normalisé. Pour un seul test, il y a généralement plusieurs tableaux de calcul qui se fondent sur des échantillons différents. Le QI peut être calculé en se comparant avec différents groupes d'âge ou avec des groupes qui diffèrent par leur niveau d'éducation.

Il faut donc bien connaître les caractéristiques du test utilisé ainsi que de l'échantillon de comparaison pour pouvoir interpréter un QI. Un chiffre tout seul («J'ai un QI de 185!») ne veut pas dire grand-chose.

## QI de votre ordinateur: le test de Turing?

En 1950, le fameux mathématicien Alan Turing (voir aussi *Polyrama* N° 116), dans son article «Computing Machinery and Intelligence», paru dans la revue philosophique *Mind*, s'est demandé si les machines pouvaient penser: «Can machines think?» Au lieu de donner une réponse directe ou même une définition, il a proposé une sorte de jeu («imitation game»), maintenant connu sous le nom de «test de Turing». Un expert humain dialogue à distance avec un interlocuteur

humain et avec une machine. Le but du jeu est de trouver qui est l'homme et qui est la machine. L'expert a le droit de poser librement n'importe quelle question et de changer le sujet quand il le désire. La machine a passé le test si l'expert n'arrive pas à reconnaître dans un temps raisonnable.

Turing prenait-il son test aussi au sérieux que ses épigones? Ce n'est pas entièrement clair. Mais le test de Turing – qui alimente des discussions dans l'IA, la philosophie et les sciences cognitives depuis cinquante ans – est certes très controversé, souvent pour de bonnes raisons. Le pouvoir de décision subjective de l'expert a trop d'importance, le résultat du test dépend énormément de la civilisation des participants et du niveau de l'homme testé. Ainsi, quelqu'un qui calcule très vite peut être facilement confondu avec une machine. D'autre part, aucun chien ne passera le test de Turing, mais chaque propriétaire de chien dira de son compagnon qu'il est intelligent!

Il ne faut donc pas considérer le test de Turing comme une jauge valable pour mesurer l'intelligence des machines et, à raison, Turing a aussi souligné qu'il ne faut pas non plus l'utiliser pour définir l'intelligence. Et puis, serait-ce vraiment raisonnable que de construire des machines ayant exactement le même type d'intelligence que l'homme? On peut sérieusement en douter!

## Le sentiment des machines

Une machine peut-elle comprendre l'humour? L'humour est une capacité intellectuelle de l'homme qui demeure assez mystérieuse et qui, faute de connaissances, n'est pas mesurée dans les tests d'intelligence. Même les visionnaires les plus fous en Intelligence Artificielle

sont loin même d'essayer de faire des programmes et des machines qui comprennent spontanément une blague. Il faudra donc certainement encore attendre un bon bout de temps jusqu'à ce que votre ordinateur commence à rigoler spontanément!

### La mémoire presque sans limites

La mémoire d'un cerveau humain est a priori pratiquement sans limites de capacité, même si la physique en met. Vous ne risquez en aucun cas de saturer votre matière grise, car on estime que nous n'utilisons qu'un nombre très limité des ressources effectivement à disposition. L'homme a une mémoire absolument fabuleuse – pas parfaite, mais hautement efficace – pour les stimuli visuels, les sons et les odeurs. Aucune machine ne peut traiter le flux de stimuli visuels que reçoit un homme en permanence et extraire et traiter les informations utiles, nécessaires et cruciales.

De leur côté, les ordinateurs peuvent également stocker un nombre de données faramineuses, et cela avec une fiabilité quasiment parfaite. Les moteurs de recherche les plus populaires sur Internet stockent par exemple plusieurs milliards de pages web, chose que personne ne serait capable de faire.

### Les jeux: avantage à l'humain

Le 10 mai 1997 à New York, un «monstre de machine», «Deep Blue», a battu Garry Kasparov aux échecs – triomphe retardé de l'Intelligence Artificielle des débuts. A noter que le duel récent, en octobre 2002, à Bahrain, entre une machine plus puissante, nommée «Deep Fritz», et le champion du monde aux échecs Wladimir Kramnitz s'est terminé par un match nul. Dès le début de l'IA et surtout aussi grâce à Alan Turing, ce jeu très intellectuel était considéré comme un obstacle absolu pour les machines intelligentes. Mais même après la victoire de Deep Blue, personne n'osera taxer d'intelligente cette merveille technique, alors que c'est une qualité que l'on reconnaît bien volontiers à Kasparov lui-même! Si Deep Blue utilise une approche par force brute en essayant un nombre impressionnant de solutions différentes (200 millions par seconde!), les 100 milliards de neurones du cerveau humain trouvent les bonnes solutions d'une manière quasiment intuitive en utilisant la reconnaissance de motifs – où l'homme est extrêmement fort – et l'expérience.

Dorénavant, le combat homme-machine s'oriente vers le jeu de go où l'homme a été clairement imbattable jusqu'ici. Le jeu de go est né en Chine, il y a plusieurs milliers d'an-

nées. Le but du jeu est la constitution de territoires en utilisant un matériel des plus simples: un plateau, appelé goban, sur lequel est tracé un quadrillage de 19×19 lignes et des pions noirs et blancs, appelés pierres, que l'on pose sur les intersections de ce quadrillage à tour de rôle. Les règles s'apprennent en quelques minutes et permettent aux débutants de faire rapidement des parties passionnantes.

Si le jeu des échecs est encore relativement simple pour une machine, le jeu de go est plus difficile de plusieurs ordres de grandeur, puisque le nombre de possibilités est nettement plus grand et les stratégies sont plus complexes. A la place de 64 cases, le go se joue sur les 361 intersections de la grille. Un des joueurs a 181 noirs, l'autre 180 pierres blanches. Déterminer la bonne stratégie nécessite l'analyse judicieuse des différentes autres parties du goban. Actuellement, les meilleurs programmes go ne sont guère plus puissants qu'un débutant humain, encore une preuve que l'intelligence n'est pas à confondre avec la puissance de calcul!

### IA: faire comme l'oiseau ou tout autre chose?

Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, l'astronome Simon Newcomb, parmi d'autres, a soutenu que le vol artificiel d'objets plus lourds que l'air ne serait jamais possible. Il s'entêtait toujours alors que les frères Wright venaient de tester avec succès leur premier avion en 1903. Les premiers essais de construire des objets volants ont été inspirés du vol des oiseaux, et cette vision a longtemps persisté. Cependant, le premier avion a été construit après que l'on eut abandonné le rêve de copier les oiseaux. La solution trouvée est bien différente – certainement pas aussi élégante et jolie –, mais permet de voler plus vite que le son et à des altitudes de plus de 10000 m. Un autre exemple est la roue: la nature ne l'a pas inventée. Nos voitures roulent plus vite que n'importe quel animal, mais nos robots artificiels ont nettement plus de peine à marcher que n'importe quel animal. Les débats sur le vol artificiel étaient très semblables à ceux qui entourent aujourd'hui l'Intelligence Artificielle. Des personnages très connus ont voulu prouver que l'IA ne sera jamais possible, d'autres essaient de prouver le contraire ou prétendent même que leurs machines sont déjà intelligentes. Mais ne menons-nous pas un faux débat et ne visons-nous pas le mauvais but?

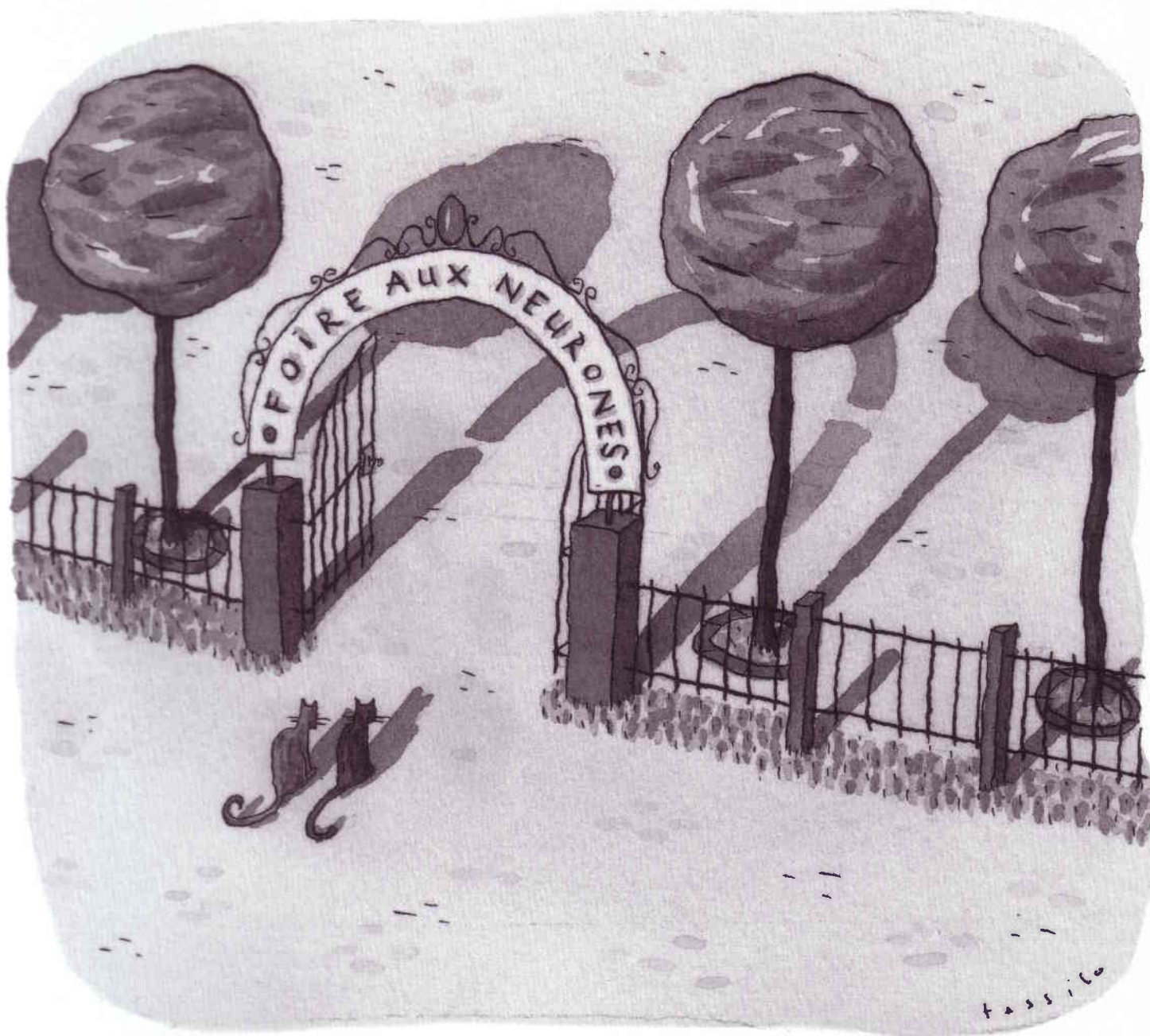
Une machine humaine ne serait-elle pas aussi inutile qu'un avion qui vole comme un oiseau? Ne faudrait-il pas réviser le but ultime

de l'IA qui consiste à construire un cerveau humain? L'IA et l'intelligence humaine sont deux choses très différentes. Nous constatons que les machines sont très loin d'une intelligence humaine, mais qu'elles nous dépassent dans de nombreux autres domaines où l'homme n'est en général pas brillant. Les exemples du vol artificiel et de la roue nous montrent qu'il est possible – en utilisant des approches radicalement nouvelles, peut-être inspirées en partie de la nature (le profil de l'aile) – de résoudre des problèmes qu'on croyait trop difficiles.

Cependant, il y a une différence importante entre l'exemple de l'avion et l'Intelligence Artificielle. Pour trouver une manière de construire des objets volants, on avait déjà des connaissances assez détaillées du vol et surtout des ailes des oiseaux dont on s'est inspiré, même si on a dû s'éloigner d'une copie exacte pour obtenir des avions puissants. Mais en matière d'intelligence, ces connaissances nous manquent en grande partie malgré le progrès des sciences cognitives et des neurosciences. De nombreux phénomènes cognitifs – chez l'homme et chez les animaux – et même des phénomènes qui nous semblent très simples sont restés des mystères et nous sommes loin de comprendre ou de pouvoir expliquer leur fonctionnement.

Pour faire des progrès significatifs dans le domaine de l'IA, il est aussi crucial d'investir dans la connaissance des phénomènes neuro-naux et cognitifs: il faut d'abord mieux étudier la matière grise. Le progrès purement technologique ne suffit tout simplement pas. ■





par URSINA & CHRISTOF TEUSCHER

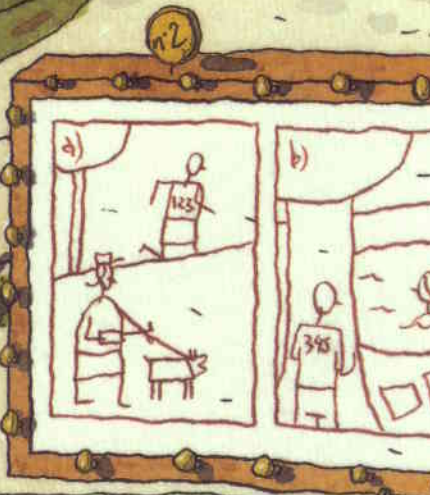
**Q**U'EST-CE QUE L'INTELLIGENCE? Question sans fin, car il n'existe pas de définition généralement acceptée. Pour la psychologie, le mot « intelligence » décrit depuis une centaine d'années la faculté intellectuelle en général et la capacité de s'adapter, ce qui inclut une multitude de différentes facultés, elles-mêmes souvent mal définies. Pour sortir du chemin étroit focalisé sur l'intelligence logique, Howard Gardner, professeur à l'Université Harvard (voir note page 28), a proposé sept formes d'intelligence qui permettent de mieux décrire la pluralité

des façons d'apprendre: l'intelligence linguistique, logico-mathématique, musicale, spatiale, kinesthésique, intrapersonnelle et interpersonnelle. Plus tard, il a encore ajouté l'intelligence naturelle. Bien que ses propos ne soient pas non plus universellement acceptés, ils offrent une vue différente et intéressante.

Après une cinquantaine d'années de recherche en Intelligence Artificielle, il est devenu clair que la machine, qui résout en général très bien toutes les tâches qu'un algorithme – telle une recette – est capable de décrire, peine là où l'homme a le moins de peine, et réciproquement! Pour s'en convaincre, adieu les beaux discours, jouons!

# Trouvez l'erreur

Quelque chose cloche dans ces images. Quoi donc?



Trouvez l'ordre correct de ces quatre images.

## TERME GÉNÉRIQUE

a) ELECTRIQUE b) ENFLAMME c) SOLIDE  
 d) MOUSSEUX e) LIQUIDE f) STABLE  
 a) DIABETES b) GRIPPE c) SIDA  
 d) PARALYSIE INFANTILE e) SCORBUT  
 f) CRISE CARDIAQUE

Six mots vous sont présentés. Trouvez les deux pour lesquels il existe un terme générique.

## 123

21, 20, 18, 15, 11, ...?  
 8, 6, 7, 5, 6, 4, ...?  
 3, 6, 8, 6, 3, ...?  
 9, 6, 18, 21, 7, 4, 12, ...?

### SUITES DE CHIFFRES

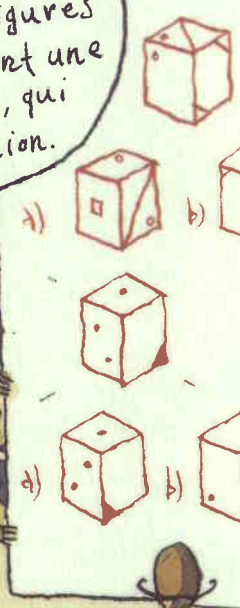
## SUITES ET EQUATIONS DE FIGURES

$\square - \triangle < \square \triangle ?$   
 a) X b) : c)  $\square$  d)  $\circ$

$\square : \triangle = ? : ?$   
 a)  $\triangle$  b)  $\square$  c)  $\circ$  d)  $\triangle$  e)  $\square$

$\triangle : \square = ? : ?$   
 a)  $\square$  b)  $\circ$  c)  $\cup$  d)  $\triangle$  e)  $\square$

Entre la première et la deuxième figure il y a une relation. Trouvez parmi les figures a) à e) les deux qui ont une relation similaire, qui complètent l'équation.



Trouvez parmi les figures a) à d) celle qui continue la séquence de manière logique.



Trois mots vous sont présentés. Entre le premier et le deuxième, il y a une relation. Entre le troisième et un des cinq mots à choix il y a une relation similaire. Trouvez ce mot-ci.



MOINEAU: PLUME = CHAMOIS: ?  
 a) AILE b) ONGLE c) POIL  
 d) CORNE e) JAMBE

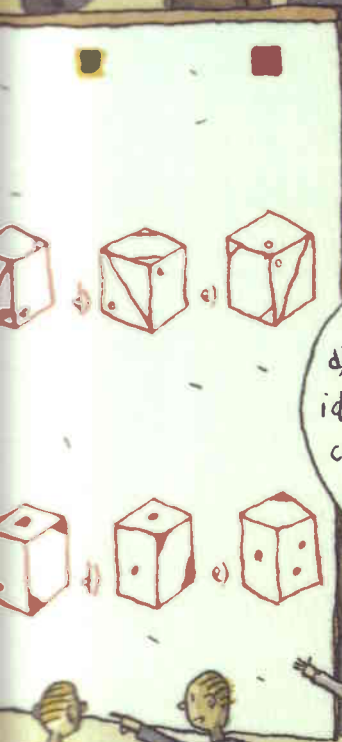
---

ATHEISTE: RELIGION = PACIFISTE: ?  
 a) HUMANISME b) GUERRE  
 c) DEMONSTRATION d) PAIX  
 e) EGLISE

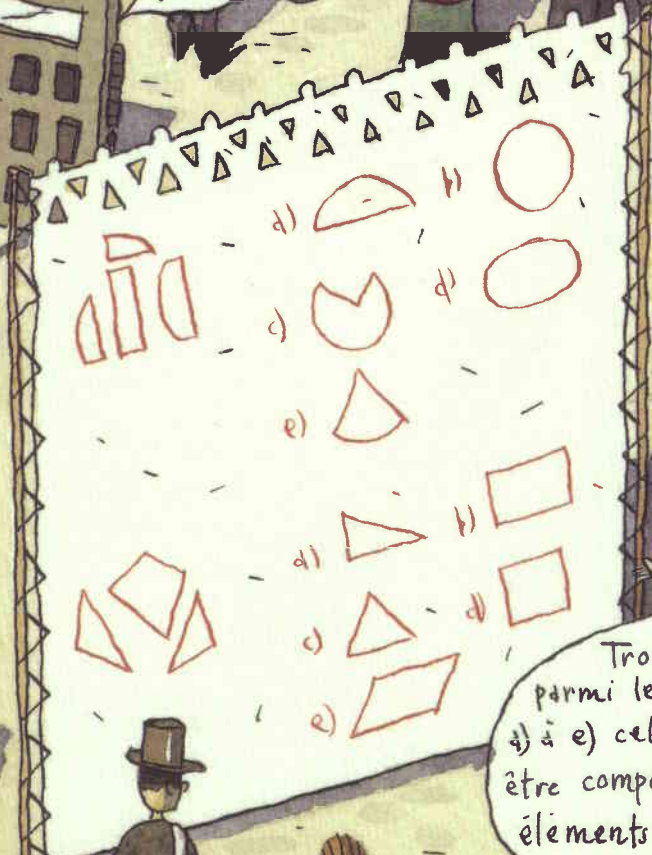
LOGIQUE VERBALE

Trouvez l'élément qui continue la séquence de manière logique.

2+2=  
 45/3=  
 25x25=  
 467+6682=  
 4578491427x  
 9875703691=



Trouvez parmi les cubes d) à e) celui qui est identique avec le cube du dessus, bien que présenté dans une autre position.



Trouvez parmi les figures d) à e) celle qui peut être composée par les éléments coupés.



# Les solutions



- a) le niveau d'eau n'est pas correct  
b) les baleines intérieures manquent

Ce type de test mesure la faculté d'une personne à distinguer entre des détails importants et incongrus d'un objet. Le résultat dépend entre autres de la familiarité du testé avec l'objet montré. Une machine devrait d'abord être capable de reconnaître l'image brute, ce qui ne pose pas de problème particulier (scanner, caméra, etc.). Mais pour les détails manquants ou incongrus, il lui faudrait reconnaître l'objet sous n'importe quel angle de vision et disposer d'informations très détaillées sur la physique de milliers d'objets. Dans l'état actuel de la technique, une machine est incapable de réussir ce test, sauf rares exceptions. La reconnaissance d'objets est typiquement une tâche que l'homme maîtrise parfaitement et de manière quasiment intuitive.



L'ordre correct est c), b), d), a)

Cet exercice teste la faculté de la personne à comprendre la situation générale et de situer les détails à l'intérieur. Il faut comprendre le sens global de l'histoire avant de se préoccuper des détails. Pour la machine, ce test est trop difficile, parce qu'il ne faut pas seulement reconnaître les objets et les nombreux détails, mais encore comprendre le «sens» de l'histoire. En revanche si l'on vous demande de trier des nombres à multiples chiffres dans l'ordre croissant, il vous faudra passablement de temps alors que la machine réalisera cette prouesse en un clin d'œil, puisqu'elle est capable de trier – en utilisant un algorithme – des milliers de chiffres en quelques microsecondes.



c); b)

Cette tâche nécessite une faculté logique et verbale (intelligence du langage), une faculté d'abstraction verbale et celle de faire les liens entre des expressions. Pour qu'une machine puisse résoudre cette tâche d'une manière satisfaisante, elle devrait disposer de connaissances considérables – c'est pratiquement irréalisable – sur les mots et les liens entre eux. Pour une machine, les mots tels quels n'ont pas de sémantique, ils ne sont tout simplement que des symboles.



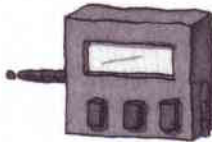
c) et e); a) et e)

Nécessite une faculté d'abstraction verbale et celle de distinguer entre concepts superficiels et essentiels. Les tests verbaux dépendent toujours aussi du vocabulaire et de la familiarité avec le langage, c'est-à-dire de l'éducation. La machine a les mêmes problèmes qu'un test précédent, elle ne comprend pas les mots.



6; 5; 2; 15

Nécessite une intelligence logique pour faire les relations entre les chiffres, trouver les règles et les appliquer ensuite. Une machine peut d'une manière plus ou moins systématique essayer de trouver les relations. Par rapport à l'homme, elle pourrait aussi résoudre des exercices avec des chiffres beaucoup plus impressionnants, car le procédé ne change pas.



Ici, sortez vos bouliers...

Le calcul nécessite une intelligence mathématique et dépend de la familiarité de la personne testée avec les chiffres, sa capacité à se concentrer, son éducation et bien sûr son expérience. Sans doute, la machine est beaucoup plus puissante et rapide que l'homme pour le calcul. Si l'aptitude au calcul est reconnue comme un signe de l'intelligence humaine, il n'en est pas de même pour les machines. Plus personne n'aurait l'idée d'affirmer qu'une machine est intelligente parce qu'elle sait calculer!



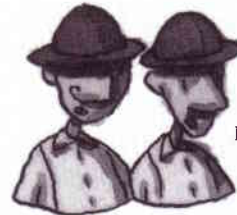
a); e)

Nécessite une imagination en deux dimensions, une familiarité avec des formes et la faculté d'établir une relation entre les parties d'un tout. Comme avec les cubes, la machine peut reconnaître les figures de cet exercice et essayer de les assembler par le jeu du «trial and error» ou en utilisant des heuristiques capables de trouver la bonne figure. Une fois encore, cette façon de faire n'est pas considérée comme intelligente, et le programme doit être adapté pour les différents types de figures. C'est pourquoi un système de reconnaissance d'écriture manuscrite, utilisé par exemple par la poste, ne peut pas sans autre être utilisé pour reconnaître les visages dans un aéroport.



c); e)

Faculté d'abstraction dans l'espace et capacités à faire des rotations mentales (intelligence spatiale). Une fois que la machine a reconnu l'objet et l'a reconstruit en interne en trois dimensions, elle peut très facilement le manipuler dans les trois dimensions et le comparer systématiquement avec les autres objets. Un programme qui reconnaît uniquement un nombre limité de formes géométriques simples est tout à fait réalisable, mais il n'est en général pas capable de généraliser et d'utiliser le savoir acquis pour reconnaître une figure complètement nouvelle, puisque non prévue dans le programme. Pour l'exercice ci-dessus, le programme doit par exemple être conçu pour reconnaître des cubes en trois dimensions qui sont représentés en deux dimensions. Autrement dit, on est obligé de nourrir la machine préalablement avec des données. Cela est bien sûr à la limite de la tricherie, mais il n'y a pas d'autre moyen!



c); d)  
b) et d); a) et d)

Faculté à créer des liens logiques entre des figures, à trouver des règles entre les objets et à les appliquer. Même si la machine peut, comparé aux tâches 1 et 2, beaucoup plus facilement reconnaître les objets (objets abstraits simples), elle n'est en général pas capable de faire des liens entre des figures.

## POUR EN SAVOIR PLUS :

Club international de personnes intelligentes (avec petit test d'intelligence on-line): [www.mensa.ch](http://www.mensa.ch)

Une page (en anglais) avec beaucoup d'informations sur le test de Turing:

<http://cogsci.ucsd.edu/~asaygin/tt/ttest.html>

Le prix Loebner, un test de Turing annuel, permet de gagner jusqu'à \$ 100 000:

[www.loebner.net/Prize/loebner-prize.html](http://www.loebner.net/Prize/loebner-prize.html)

L'édition de cette année a de nouveau montré très clairement les faiblesses des machines.

Eliza, la fameuse thérapeute virtuelle issue des travaux de Weizenbaum en 1966. Dialoguez vous-même avec un ordinateur:

[www-ai.ijs.si/eliza/eliza.html](http://www-ai.ijs.si/eliza/eliza.html)

Eliza est un programme qui simule un thérapeute à la manière de Rogers. Elle est malheureusement assez loin de passer le test de Turing...

Le site des auteurs: [www.teuscher.ch](http://www.teuscher.ch)