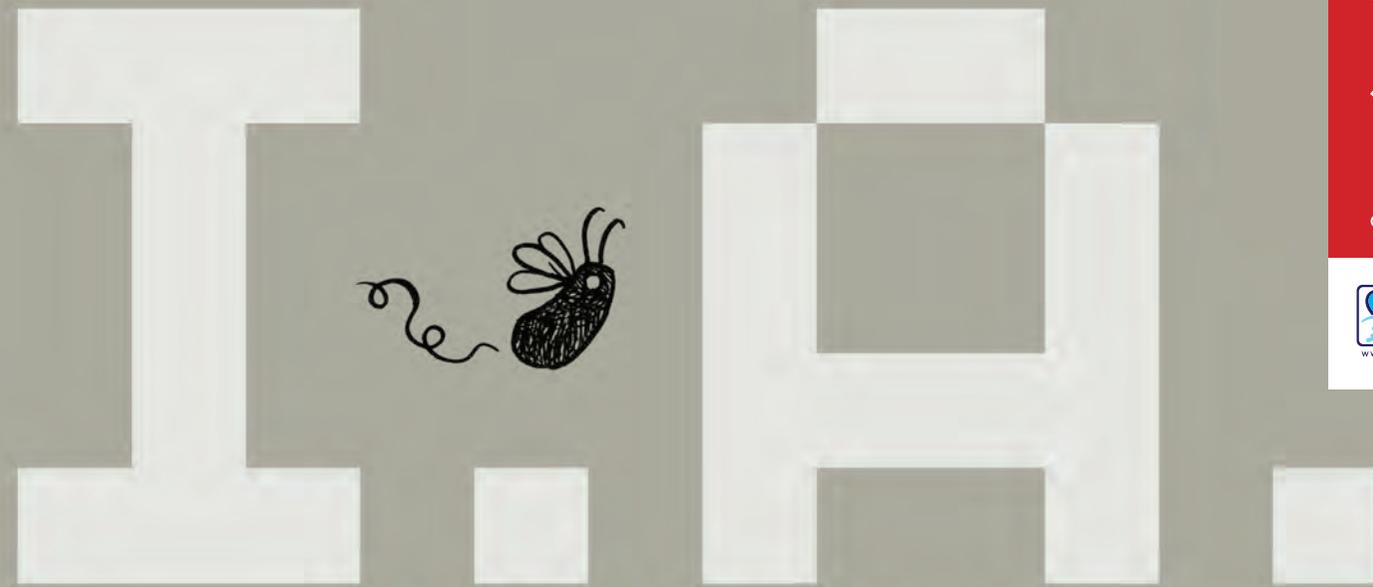


# Livret d'animation



C.C.S.T.I. DE LA RÉGION CENTRE-VAL DE LOIRE



# L'ESPRIT INFORMATIQUE

EXPOSITION INTERACTIVE

RÉALISATION :  
CENTRE•SCIENCES, CCSTI DE LA RÉGION CENTRE-VAL DE LOIRE



Version  
Avril 2020

# I.A. L'ESPRIT INFORMATIQUE



## INTRODUCTION

Cette exposition parle autant de l'homme que des technologies du numérique, plus de la logique que des logiciels. On y découvre qu'avoir l'esprit informatique, c'est simplement savoir sélectionner parmi les multiples registres de l'esprit humain, d'une logique du quotidien, celle que nous utilisons dans la vie de tous les jours, faites de oui, non, peut-être et autre si, ou... alors.

À travers de nombreux éléments interactifs permettant d'expérimenter et d'explorer avec curiosité, I.A. L'ESPRIT INFORMATIQUE propose une autre approche de l'informatique à la portée de tous, des enjeux du numérique dans nos sociétés, qu'il s'agisse d'évolution des métiers, de robotique ou d'intelligence artificielle, comme de l'impact de ces innovations sur notre vie quotidienne.

## UNE AIDE À L'ANIMATION

Ce livret est destiné aux personnes en charge de l'animation de l'exposition I.A. L'ESPRIT INFORMATIQUE. Toutes les manipulations proposées dans l'exposition font appel à une pédagogie active : le visiteur, en touchant, en réfléchissant, en hésitant doit pouvoir découvrir par lui-même le mécanisme ou le concept présenté.

Les commentaires figurants dans ce livret, donnent des indices pour une compréhension plus rapide et exhaustive de toutes les manipulations. Ils permettent à l'animateur de donner des "coups de pouce" aux visiteurs en difficulté réclamant des explications. Ce livret est un simple outil de travail et ne donne pas de recettes pour une bonne animation. Faites comme les visiteurs, jouez et cherchez...

## CONTENU

En plus des textes présents sur les panneaux, pour chaque manipulation, vous retrouverez :

- les textes des modes d'emploi (Que faire ? et Que retenir ?),
- les chapitres intitulés "commentaires" vous aident dans la compréhension et parfois la maintenance des manipulations,
- les "notes" qui proposent une approche décomplexée pour un jeune public, utilisée plutôt à l'oral lors d'une animation.

## PRÉSENTATION

L'exposition I.A. L'ESPRIT INFORMATIQUE sensibilise un large public aux concepts scientifiques sous-jacents dans les domaines de l'innovation informatique, du numérique et de l'intelligence artificielle ; accessible à tous, ludique et interactive, elle propose sur 200 m<sup>2</sup> un format dédié à l'itinérance dans une conception modulaire et légère.

Elle s'organise autour de 10 îlots et une quarantaine d'expériences interactive. Elle nous invite à l'expérimentation, dès le plus jeune âge, des concepts de codage, d'algorithme, de programmation. Pour explorer plus avant les évolutions récentes en informatique et comprendre ce que recouvre le terme d'intelligence artificielle, elle mobilise robots et dispositifs numériques et propose aux visiteurs de s'essayer à la programmation, d'interroger les relations de l'homme à la machine comme de mesurer l'évolution dans le monde du Big Data.

# SOMMAIRE



## TOUT EST CODE

- 1.1 Messages codés 4
- 1.2 Pixéliser une image 4

## TOUT EST NOMBRE

- 1.3 Compter en binaire 6
- 1.4 La balance binaire 6

## ALGORITHMES AU QUOTIDIEN

- 2.1 Du coq à l'âne 8
- 2.2 C'est plus, c'est moins ! 8

## PROBLÈMES COMPLEXES

- 2.3 Les routes d'Europe 10
- 2.4 Le voyageur du commerce 10

## VITESSE DE CALCUL

- 3.1 Calculez vite et bien 12
- 3.2 À chacun sa technique ! 12

## PUISSANCE EMBARQUÉE

- 3.3 Une histoire de Flops 14
- 3.4 Toujours plus vite 14

## EMPILEZ, DÉPILEZ !

- 4.1 L'awalé, jeu africain 16
- 4.2 La tour de Hanoï 16

## TOUT EST TRI

- 4.3 L'art du tri 18
- 4.4 L'arbre à tri 18

## EST-CE BIEN LOGIQUE ?

- 5.1 Oui ou non ? 20
- 5.2 Cadres auto-référents 20

## OÙ EST LA PREUVE ?

- 5.3 4 couleurs suffisent-elles ? 22
- 5.4 Trouvez la panne ! 22

## LA NATURE PROGRAMMÉE ?

- 6.1 Maths dans la nature 24
- 6.2 Le jeu de la vie 24

## ÊTES-VOUS BIEN PROGRAMMÉS ?

- 6.3 L'homme et l'automate 26
- 6.4 La parabole ! 26

## AUTOMATES OU ROBOTS ?

- 7.1 Travailleurs asservis ? 28
- 7.2 Au doigt et à l'œil ! 28

## ARTIFICIELLE INTELLIGENCE ?

- 7.3 Le test de Turing 30
- 7.4 Réparer l'humain 30

## CALCULS ET STRATÉGIES

- 8.1 La course à 20 32
- 8.2 Un jeu de stratégie 32

## APPRENTISSAGE PROFOND

- 8.3 Échecs et mat ! 34
- 8.4 Apprendre en jouant 34

## BIG DATA

- 9.1 Diviser pour gagner 36
- 9.2 Corrélation n'est pas causalité ! 36

## GOUVERNER LES ALGORITHMES

- 9.3 Reconnaissance d'image 38
- 9.4 Protéger les données 38

## AUTOMATISATION EN QUESTION

- 10.1 Travail numérique 40
- 10.2 Communiquer 40

## DES APPLICATIONS BIEN CONCRÈTES

- 10.3 Se déplacer 42
- 10.4 Surveiller sa santé 42

## BIBLIOGRAPHIE

44

## L'EXPO EN QUELQUES PHOTOS

47



1.

# TOUT EST CODE

Code postal, code-barres, code génétique, mots, signalétique routière... de multiples codes représentent des informations sur les personnes, les objets, les localisations et les déplacements. L'un d'eux est particulièrement adapté à l'ordinateur : le code binaire.

4

Aujourd'hui, l'univers numérique implique d'intégrer des données de plus en plus complexes, et de les compresser pour optimiser l'utilisation du code. Mais pour nous en faciliter l'usage, l'informatique doit les exprimer en langage clair, écrit ou parlé.



## I.1 MESSAGES CODÉS

Déchiffrez le message codé en ASCII ; pour vous aider, regardez la correspondance des lettres en code binaire à 8 chiffres.

### QUE RETENIR ?

Le morse est l'un des premiers codages d'un message utilisé dès le XIX<sup>e</sup> siècle, où l'alternance de signaux courts et longs codait chaque caractère. Dès les années 1960, le standard ASCII propose de coder les caractères en suite de 8 chiffres binaires permettant de coder 256 caractères et instructions, parfois insuffisant pour coder des caractères complexes tels les nombreux accents. Désormais, le correcteur automatique d'orthographe vous les suggère.

ASCII : American Standard Code for Information Interchange

## I.2 PIXÉLISER UNE IMAGE

Choisissez une façon de coder l'image proposée avec des 0 et des 1 sur les dés. Puis demandez à l'autre joueur de retrouver l'image correspondante.

### QUE RETENIR ?

Comment éviter les erreurs ? L'échange actuel d'un grand nombre de données rend essentiel de trouver des méthodes efficaces, compressant l'information en échange le plus court possible tout en corrigeant automatiquement une erreur ou une perte d'information.

## COMMENTAIRES

Les codes ASCII donnés sur le plateau permettent de lire : I.A. L'ESPRIT INFORMATIQUE. Le code comprend 8 chiffres avec des 0 ou 1. Le 2<sup>e</sup> chiffre indique s'il s'agit d'un chiffre, d'un caractère spécial (0) ou d'une lettre (1). Le 3<sup>e</sup> chiffre du code permet de différencier les majuscules (0) des minuscules (1), les 5 derniers sont le numéro de la lettre dans l'ordre alphabétique et, bien sûr, en base deux : 000001 pour A, 000010 pour B, 000011 pour C... L'information écrite, ainsi codée, est identifiée et traitée par la machine. On passe des langages humains aux langages machines.

## NOTES

Le but est de décoder le message. Pour vous aider, il suffit de trouver à quelle lettre correspondent les nombres composés uniquement de 1 et de 0 et de remplacer les nombres avec la lettre correspondante... pour lire le message final. Remarquez que chacun de ces nombres ont 8 chiffres, c'est le codage international ASCII choisi pour l'alphabet en 1960.

## COMMENTAIRES

Comment coder une image pour qu'un ordinateur puisse l'utiliser ? On la pixélise ! Numériser une image c'est premièrement la découper en éléments de base ou pixels -*picture element*- cette phase se nomme échantillonnage.

Puis dans un deuxième temps il faut affecter à chaque pixel un nombre binaire (bit) cette phase s'appelle quantification.

## NOTES

L'exercice converti l'image en noir et blanc en chiffres 0 et 1. Choisissez une image sur le cube et utilisez les pions noirs et blancs pour la créer sur le portoir rouge. Faites-le sous le petit cache noir car il va falloir que l'autre joueur devine l'image choisie grâce aux indices donnés. Ces indices, ce sont les dés qui ne comptent que des 0 et des 1.



1.

# TOUT EST NOMBRE

Les nombres servent à compter mais aussi à décrire des objets ou des personnes. En 1840, le mathématicien Boole montre que l'on peut écrire avec des signes mathématiques des raisonnements logiques élémentaires : oui (1) non (0), et, ou, si, alors...

Cent ans plus tard, Shannon réalise l'union des nombres binaires, de l'algèbre de Boole et des circuits électriques. La machine, jusque-là limitée au calcul, peut alors réaliser toujours avec le même code binaire, des opérations de logique.



## I.3 COMPTER EN BINAIRE

Une suite de **0** et de **1** représente un nombre écrit en base DEUX. Sauriez-vous additionner  $101 + 11$  en binaire et retrouver sa conversion en base décimale ?

### QUE RETENIR ?

Attention, en binaire,  **$1+1=10$  !!!**

Dans l'écriture du nombre en base 2, chacun des 1 correspondant à une puissance de deux, on aura de droite à gauche  $2^0, 2^1, 2^2...$  jusqu'à  $2^7$  pour un octet de 8 chiffres. Il suffit alors d'additionner les puissances exprimées pour retrouver le nombre recherché.

Ici **101** est égal à  $1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 5$  et **11** = 3, la somme s'écrit 1000.



## I.4 LA BALANCE BINAIRE

Choisissez l'un des objets et pesez-le sur la balance. Puis à l'aide des valeurs disponibles, combien vous en faudra-t-il pour l'exprimer en système décimal ? et en binaire ?

### QUE RETENIR ?

En général, vous en aurez besoin de moins en système binaire qu'avec des poids, car tout nombre peut être décomposé en puissance de deux : par exemple 198 gr s'exprime  $100g + 50g + 20g + 20g + 5g + 2g + 2g + 1g$  en poids romains et  $128g + 64g + 4g + 2g$  en poids binaires.

## COMMENTAIRES

Il y a deux façons d'appréhender l'écriture binaire d'un nombre :

• **Par construction à partir des premiers nombres :**

$0 \rightarrow 0, 1 \rightarrow 1, 10 \rightarrow 2, 11 \rightarrow 3, 100 \rightarrow 4, 101 \rightarrow 5, 110 \rightarrow 6, 111 \rightarrow 7, 1000 \rightarrow 8$

• **Par divisions successives par 2 des quotients des nombres :**

$$\begin{aligned} 89 &= 2 \times 44 + 1 &= 2 \times (2 \times 2 \times 11) + 1 &= 2 \times 2 \times 2 \times (2 \times 5 + 1) + 1 \\ &= 2 \times 2 \times 2 \times (2 \times (2 \times 2 + 1) + 1) + 1 &= 2^6 + 2^4 + 2^3 + 1 \end{aligned}$$

89 s'écrira en binaire : 1011001 comme somme de puissance de 2  
car égal à  $1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1$

## NOTES

Comment additionner 5 et 3, mais en base 2 ? Déjà 5 en base 2 ça n'existe pas !

Ni 3, ni même 2. Mais comment faire dans ce cas-là ?

Un peu d'aide : 5 en base deux s'écrit 101 et 3 s'écrit 11 ... maintenant faites l'addition en vous rappelant que  $0+0 = 0, 1+0 = 0+1 = 1$  et...  $1+1 = 10$  !  
donc  $101+11 = 1000$

## COMMENTAIRES

C'est l'application de la manipulation 1.3. Tout nombre peut être décomposé en puissances de deux.

Par exemple :  $108g = 100g + 5g + 2g + 1g$  en poids romains  
et  $108g = 64g + 32g + 8g + 4g$  en poids binaires.

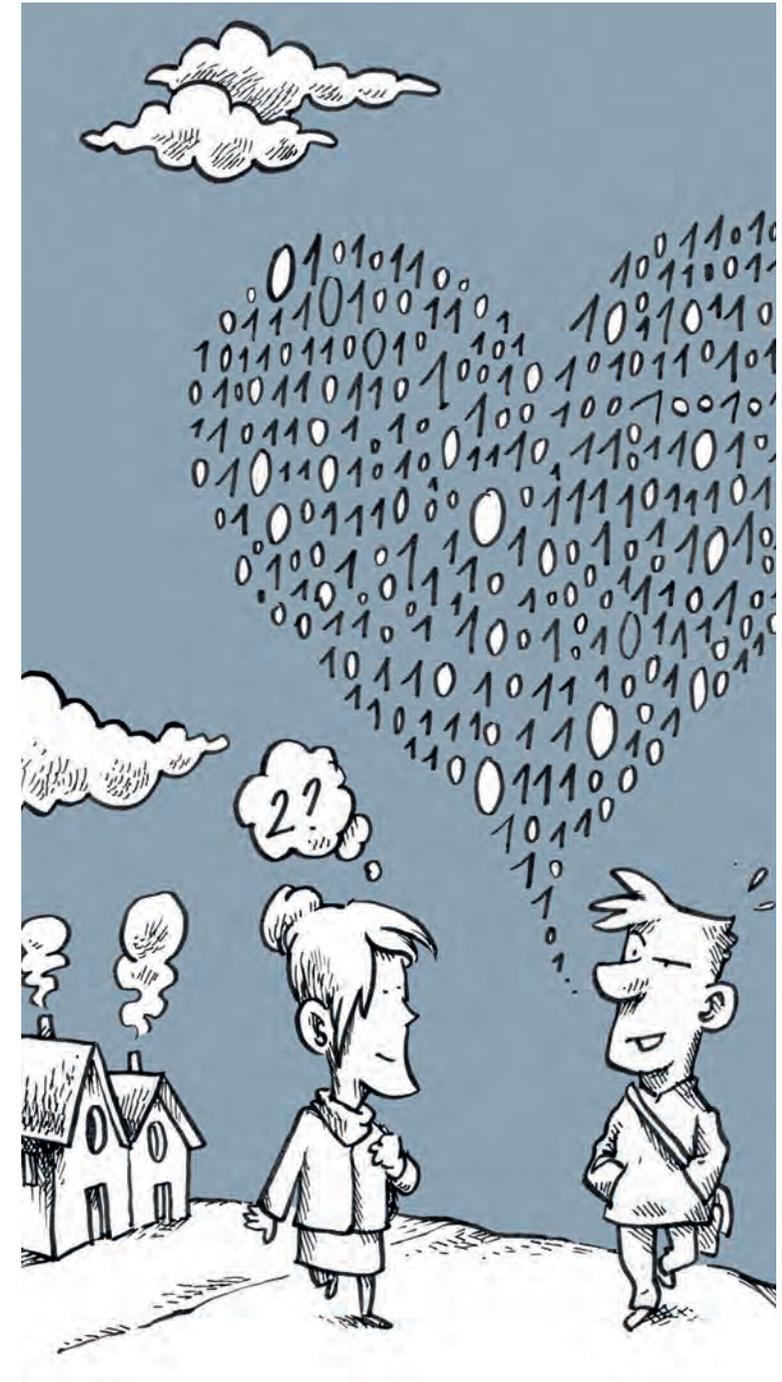
Par contre :  $198g = 100 + 50 + 20 + 20 + 5 + 2 + 1$  en poids romains  
et  $198g = 128 + 64 + 4 + 2$  en poids binaires.

En général, les nombres se décomposent plus rapidement en poids binaires.

## NOTES

Choisissez un objet et affichez son poids : à gauche, avec ceux que vous utilisez habituellement pour une balance 1g, 2g, 5g, 10g, 20g, 50g, 100g, 200g

À droite, des poids qui peuvent sembler étranges : 1g, 2g, 4g, 8g, 16g, 32g, 64g, 128g, 256g ... Avez-vous remarqué : à chaque fois ils doublent le précédent, ce sont des puissances de 2 !



2.

# ALGORITHMES AU QUOTIDIEN

Un algorithme est une liste de tâches automatiques qui permet de résoudre un type de problèmes. Ainsi, beaucoup de nos faits et gestes sont le résultat d'algorithmes : préparer le petit-déjeuner, démarrer une voiture, faire des achats en magasin ou sur internet...

8

Beaucoup d'autres problèmes peuvent être résolus par des algorithmes. Mais il existe nombre de problèmes pour lesquels il n'y a pas de méthodes automatiques. Ce qui implique alors un apprentissage par l'erreur pour ajuster les paramètres d'algorithmes complexes.



## 2.1 DU COQ À L'ÂNE !

Partant d'un mot sur la ligne du haut, retrouvez celui correspondant en bas en ne changeant qu'une lettre à chaque ligne.  
SOT → NUL, OUI → NON, ECU → SOU, SEL → MER.

### QUE RETENIR ?

Plusieurs algorithmes permettent de résoudre ce défi, certains travaillant simultanément sur les deux mots à relier. Un dictionnaire de mots croisés, conçu en suivant la même logique, peut vous aider à résoudre ce problème ; par exemple pour passer du coq à l'âne :  
COQ → COL → CIL → AIL → AIE → ANE.



## 2.2 C'EST PLUS, C'EST MOINS !

Trouvez le nombre entre 0 et 999 caché dans cette calculette en moins de dix essais. À chaque proposition, la réponse vous indique si c'est plus ou moins. Pour commencer, tapez sur les touches AC et EXE.

### QUE RETENIR ?

Pour gagner en moins de dix coups, vous utilisez un algorithme. Pour être bon, il doit être rapide, ici le plus simple étant par dichotomie de couper en 2 à chaque coup l'intervalle restant. Les travaux actuels concernent la recherche d'algorithmes efficaces mais aussi la démonstration de leur bon fonctionnement, quelles que soient les données.  
AC → rallumes la calculatrice • EXIT+F2 → relances le programme • EXE → validation • Shift+AC → éteindre

## COMMENTAIRES

Des exemples pour passer en 5 lignes de SOT à NUL, de OUI à NON: :

SOT - SOL - COL - CUL - NUL, OUI - NUI - NUE - NOE - NON,

ECU - ELU - PLU - POU - SOU, SEL - TEL - TER - FER - MER

Voire même en 4 lignes de : EAU - VAU - VAN - VIN ou encore SEL - TEL - TER - MER

Ce travail de mise en relation entre le mot du haut et le mot du bas met en œuvre des chaînages avants et des chaînages arrières.

## NOTES

De SOT on doit arriver à NUL, de OUI à NON, de... en ne changeant qu'une seule lettre à chaque étape. Comment faire ?

La réponse est dans la question, car deux lettres restent identiques... à toi de les trouver. Et s'il faut pour cela s'aider en commençant par la fin c'est permis !

Vous découvrirez ainsi différents algorithmes utiles.

## COMMENTAIRES

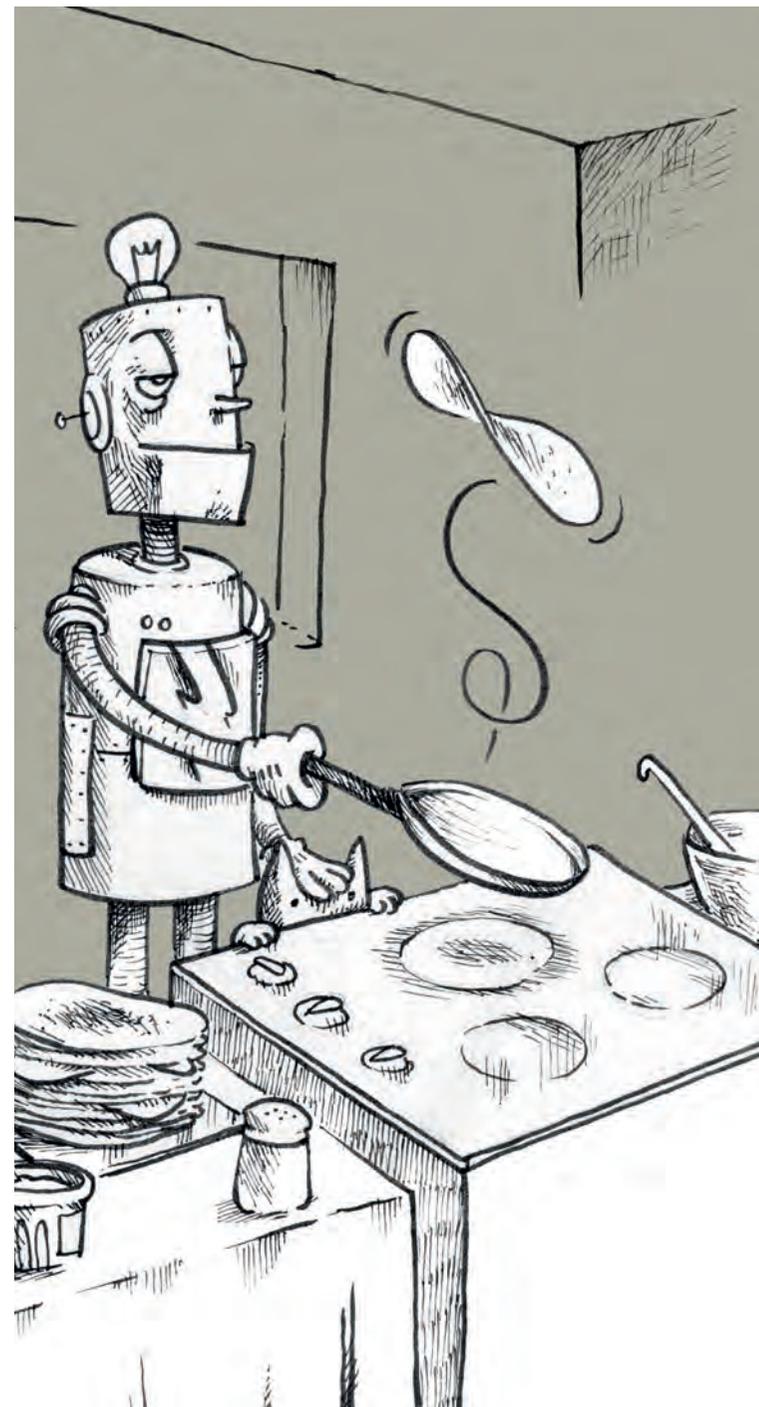
Par dichotomie le résultat se trouve toujours en moins de 10 coups ; on coupe en 2 à chaque coup. Pour cela, on choisit le milieu de l'intervalle supérieur si c'est plus, inférieur si c'est moins.

Réalisé avec le concours de Camille Margot, déléguée pédagogique Calculatrice CASIO France

## NOTES

Trouvez le nombre entre 0 et 999 caché dans cette calculette.

Si vous le faites en moins de dix essais, bravo ! Votre technique doit être efficace... sinon rejouez pour essayer de l'améliorer !



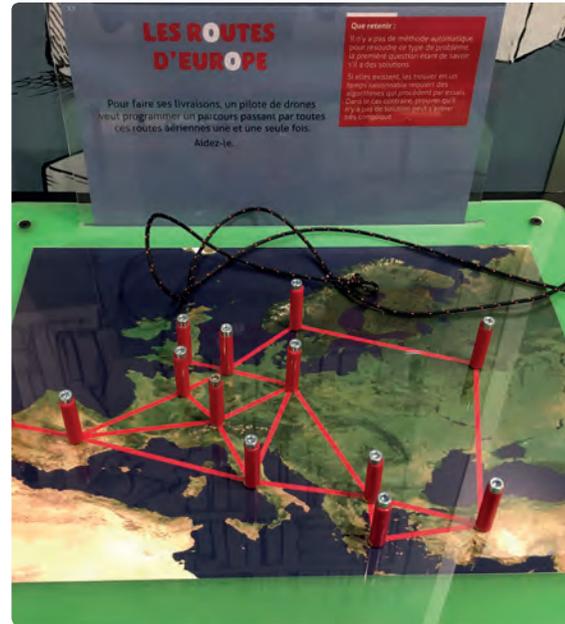
2.

## PROBLÈMES COMPLEXES

Découper un matériau, établir un emploi du temps, charger un avion-cargo, diagnostiquer une panne, une maladie, organiser les tâches dans la construction d'immeuble...

10

Beaucoup de ces problèmes quotidiens exigent un traitement complexe car tout supplément d'information fait croître le temps de calcul de façon exponentielle. Pour les résoudre, on fait appel à des algorithmes dits heuristiques qui procèdent par essais et tâtonnements.



## 2.3 LES ROUTES D'EUROPE

Pour faire ses livraisons, un pilote de drones veut programmer un parcours passant par toutes ces routes aériennes une et une seule fois. Aidez-le.

### QUE RETENIR ?

Il n'y a pas de méthode automatique pour résoudre ce type de problème, la première question étant de savoir s'il a des solutions.

Si elles existent, les trouver en un temps raisonnable requiert des algorithmes qui procèdent par essais.

Dans le cas contraire, prouver qu'il n'y a pas de solution peut s'avérer très compliqué.

## 2.4 LE VOYAGEUR DE COMMERCE

Un voyageur de commerce part d'une ville et veut y revenir en passant par chacune d'entre-elles. Aidez-le à trouver le plus court chemin.

### QUE RETENIR ?

Ici les distances peuvent être mesurées en temps, coûts de parcours, perte d'énergie... Ce type de problème à l'énoncé très simple a des solutions d'autant plus longues à calculer qu'il y a de villes à parcourir : si avec 5 villes, cela ne représente que 12 étapes de calculs, pour 6 c'est déjà 60 ( $\approx 2^6$ ), à 12 c'est 20 millions et à 60 c'est  $7 \times 10^{79}$   $[(n-1)! / 2]$  et beaucoup de temps de calcul !

Si la solution optimale est trop gourmande en calcul, on se contente d'une solution satisfaisante, approximative mais plus rapide.

## COMMENTAIRES

Ce type de problème est à la base de la théorie des graphes mathématiques. Euler a montré que ces problèmes n'avaient des solutions que dans 2 cas seulement : soit seules les villes de départ et d'arrivée ont un nombre impair de routes. Soit aucune : on parcourt le graphe en revenant à son point de départ. C'est alors un « graphe eulérien ».

En informatique, prouver la non-existence de solutions est un problème encore plus difficile qu'en mathématiques, surtout quand le nombre de villes est élevé.

## NOTES

La cordelette permet de visualiser les trajets. Le choix de la ville de départ est-il important ? Avez-vous plusieurs solutions ?

Faites plusieurs essais et voyez les cas possibles ou impossible.

Remarquez alors le nombre de routes partant de chaque ville, est-il pair ou impair ? Que peut-on en déduire ?

## COMMENTAIRES

Revenir au point de départ en passant par toutes les villes est, en informatique, un problème de type exponentiel. Plus le nombre de villes augmente plus le temps de calcul augmente de façon exponentielle. La recherche d'une solution optimale par une méthode exacte de comparaison pouvant devenir fastidieuse, on privilégie une approximation par exemple le choix du plus proche voisin.

<https://interstices.info/le-probleme-du-voyageur-de-commerce/>

## NOTES

La cordelette permet de visualiser les trajets. Ici, qu'importe votre point de départ, seul compte le nombre de villes, l'ordre de visite et la distance parcourue. Commencez par tester le plus court chemin avec 5 ou 6 villes ; puis gardez la même logique avec plus de villes : votre solution est-elle la plus courte ? La longueur de ficelle vous le dira.



3.

## VITESSE DE CALCUL

La vitesse de calcul d'un ordinateur est proportionnelle au nombre d'opérations élémentaires que lui fait faire l'algorithme. Aussi à la question « Peut-on calculer la solution à ce problème ? », s'ajoute celle « Si oui, en combien de temps? ».



### 3.1 CALCULEZ VITE ET BIEN

Calculez  $2^{13}$  ( $2 \times 2 \times 2 \dots \times 2$ , treize fois), en essayant de faire le moins de multiplications possible.  
Exemple:  $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ .

#### QUE RETENIR ?

Au pire, vous en ferez 12, mais l'algorithmique et les méthodes de calcul permettent de ramener ce nombre d'opérations à 5 au plus.

Ce nombre d'opération se trouve en décomposant treize en base deux : 13 est égal à  $2^3 + 2^2 + 1$  et s'écrit 1101 en base deux.

12

Pour un même type de problème, les « bons » algorithmes sont ceux qui nécessitent le moins de calculs possible. La recherche sur la vitesse des algorithmes est aussi essentielle que l'évolution de la puissance des composants de l'ordinateur.



### 3.2 À CHACUN SA TECHNIQUE !

Choisissez deux nombres de 3 chiffres et multipliez-les entre eux suivant l'algorithme « à la russe ». Vérifiez ce résultat, puis testez l'autre méthode dite « par gelosia ».

#### QUE RETENIR ?

Chaque culture a ses méthodes de calcul ; l'algorithme « à la russe », pratique à la main et employé dans certains circuits électroniques s'avère rapidement inadapté.

La méthode « par gelosia » peut alors être plus efficacement utilisée par la machine.

D'autres algorithmes, scindant une opération en plusieurs, permettent de multiplier des nombres, même s'ils dépassent les capacités d'affichage ou de temps de calculs des processeurs.

## COMMENTAIRES

Il faut décomposer  $2^{13}$  et regrouper les puissances de 2 pour limiter les calculs. Pour calculer  $2^{13}$ , on calcule  $2 \times 2 (=2^2)$  puis  $4 \times 4 (=2^4)$  puis  $16 \times 16 (=2^8)$  puis  $2^4 \times 2^8 = 2^{12}$  et enfin  $2^{12} \times 2$ . Soit 5 calculs. 13 s'écrit 1101 en base deux.

## NOTES

Calculez  $2^{13}$  c'est  $2 \times 2 \times 2 \dots \times 2$  treize fois.

Comment faire en un minimum de calcul ? Au pire, vous en ferez 12, mais on peut n'en faire que 5 car  $13 = 8 + 4 + 1$ , donc  $2^{13} = 2^8 \times 2^4 \times 2$  et  $2^8 = 2^4 \times 2^4 \dots$  essayez de trouver la méthode la plus efficace !

## COMMENTAIRES

La méthode « à la russe » ne vous demande que de savoir multiplier ou diviser des nombres entiers, puis d'additionner les « restes » des divisions à quotient impaires. Remplacer dans la colonne de gauche les nombres pairs par 0 et impaires par 1 revient à exprimer ce nombre en binaire. Cette méthode, pratique à la main, dépasse rapidement les capacités de calcul de l'ordinateur. Une autre méthode, « par gelosia », peut être utilisée plus efficacement par la machine.

## NOTES

On divise successivement par 2 à gauche, on multiplie par 2 à droite. Si le quotient est impair, on garde le résultat à droite sinon on le barre. À la fin, quand on arrive à 1 à gauche, on fait la somme des nombres à droite non barrés à droite. Avec la calculatrice, on peut essayer, avec la touche mémoire, de faire ce calcul rapidement.



3.

## PUISSANCE EMBARQUÉE

Les performances des ordinateurs connaissent une progression spectaculaire depuis les premiers calculateurs des années 1950. Suivant la conjecture de Moore, la vitesse décuple approximativement tous les 5 ans. Mais l'architecture interne des ordinateurs en est peu affectée.

14

Aujourd'hui, l'informatique est partout, embarquée dans les téléphones, appareils électroménagers, moyens de transports, dispositifs médicaux. Leur interaction permanente avec l'environnement implique réactivité de calcul et adaptabilité.



### 3.3 CALCULER, UNE HISTOIRE DE FLOPS

Reclassez ces processeurs historiques selon leur puissance de calcul comparée deux à deux. Vérifiez vos réponses avec le bouton.

#### QUE RETENIR ?

Mesurée en Flops, c'est à dire le nombre d'opérations en «virgule flottante» par seconde (en anglais : *floating-point operation per second*), cette indication est pertinente car ces opérations, plus complexes que de multiplier des nombres entiers, sont très fréquentes dans les applications. Actuellement, l'utilisation de nombreux processeurs puissants donnent des capacités de calcul toujours plus grande. À l'inverse, la puissance embarquée dans nos objets connectés du quotidien est toujours plus grande pour une taille réduite. FLOPS= nombre de cœur x fréquence x FLOP/cycle (en général 4 par cycle)



### 3.4 TOUJOURS PLUS VITE

Trouvez le produit de deux nombres à 5 chiffres en un minimum d'opération.

#### QUE RETENIR ?

Plus un algorithme est complexe, plus il demande de temps de calcul à la machine. Pour calculer le produit de 2 nombres de p et q chiffres, un algorithme classique demande p x q multiplications élémentaires. Pour de plus grands nombres, d'autres algorithmes optimisent le calcul qui n'est qu'une liste de tâche... et dont l'une des tâches peut être de modifier la liste des tâches elles-mêmes.

## COMMENTAIRES

Peut-on comparer la puissance de calcul d'un téléphone et d'un super-ordinateur ? Cela illustre la croissance exponentielle en capacité de calcul et en miniaturisation des processeurs, conjecturée dès 1965 par Gordon E. Moore. Cela révèle aussi nos besoins croissants, les défis technologiques relevés voire l'évolution informatique qui doit optimiser les calculs.

Réalisé d'après Processing Power Compared sur une idée d'Experts-Exchange.com

## NOTES

Comparez ces processeurs historiques selon leur puissance de calcul : classez-les selon le nombre d'opérations effectuées par seconde - les FLOPS - Puis vérifiez avec le bouton. C'est vert ? Bien joué.

## COMMENTAIRES

Pour calculer des produits qui dépassent les capacités de la machine, on coupe en deux les nombres :  $54\,231 \times 67\,890 = (54\,000 + 231) \times (67\,000 + 890)$

$$= 54 \times 67 \times 10^6 + (54 \times 890 + 231 \times 67) 10^3 + 231 \times 890$$

Pour avoir le terme du milieu on fait :  $(54+231) \times (890+67)$  moins les deux produits déjà calculés :  $54 \times 67$  et  $231 \times 890$  soit 3 multiplications à effectuer.

## NOTES

Quand vous calculez de tête, avec en mémoire les tables de multiplication, vous pouvez soit « poser » l'opération, ou sinon, gagnez du temps en regardant différemment le calcul alors simplifié : acheter 101 kilos d'orange à 2,99 euros, c'est comme

$100 \times 3 + 1 \times 3$  moins  $101 \times 0,01 = 1,01$  euros, non ?



4.

## EMPILEZ, DÉPILEZ

En informatique, il faut savoir organiser les informations sous forme de piles, tableaux, listes, graphes, arbres... Comme dans la vie quotidienne - empilement d'assiettes, de dossiers - la pile est la structure la plus utilisée. C'est une suite ordonnée d'éléments.

Ajouter ou retirer un élément se fait toujours par le haut: dernier entré, premier sorti.

La notion de pile est aussi largement utilisée en programmation: pour résoudre un problème, on le décompose en cascade de sous-problèmes emboîtés.



## 4.1 L'AWALÉ, JEU AFRICAIN

Pour gagner, prenez plus de graines que l'autre joueur en suivant les règles.

**Les règles du jeu :** chaque joueur place initialement 4 graines dans les cases de son côté. Pour jouer, égrainez le contenu d'une de vos cases, une par une, dans les cases suivantes. Pour gagner, la dernière doit finir dans une case « faible » de l'adversaire, c'est à dire avec 2 ou 3 graines. Le joueur prend alors à reculons toutes les cases -y compris les siennes- où il n'y a que 2 ou 3 graines.

### QUE RETENIR ?

Chaque joueur devant semer en tournant aussi sur le camp adverse, et prenant les cases « faibles » remplies de 2 à 3 graines, votre stratégie dépend aussi des coups de l'adversaire. Awalé, Wari, Solo, Mankala, nombre de jeux traditionnels de l'Afrique de l'Ouest déclinent ce principe d'empiler et dépiler pour prendre. D'autres exemples existent aussi en Asie du Sud-Est voire au Brésil.

## 4.2 À CHACUN SA TECHNIQUE !

Reconstituez la tour sur une autre des tiges, en ne déplaçant qu'un disque à la fois et sans jamais le superposer sur un disque plus petit.

### QUE RETENIR ?

En solvant ce problème vous trouverez un algorithme; la solution pour tous les disques étant la même que celle avec un disque de moins auquel on ajoutera un disque à la base ou au sommet, la méthode est toujours la même quel que soit le nombre d'empilement : c'est un **algorithme récursif**.



## COMMENTAIRES

De nombreuses règles existent pour ce jeu africain très ancien et toujours pratiqué. Dans ce jeu de stratégie, les joueurs doivent « empiler et dépiler » en constituant des « greniers » pour semer et récolter chez l'adversaire.

Avant chaque coup à jouer, il faut calculer les sorties ou les prises des graines.

**Empiler-dépiler :** méthode qui permet d'organiser les données pour les classer et les trier. Rajouter un élément se fait toujours par le haut de la pile, et retirer un élément se fait par le bas (premier entré - dernier sorti) ou par le haut (premier entré - premier sorti). En anglais FILO - FIFO : first in, last out ou first in, first out)

[https://www.nongnu.org/awale/tutorial\\_fr.html](https://www.nongnu.org/awale/tutorial_fr.html)

## COMMENTAIRES

Une solution ? Partez de la tour existante – En tournant toujours dans le même sens, placez chaque disque sur la première tige qui l'accepte. Recommencez en prenant le disque suivant sur la tige précédente. En  $(2n-1)$  coups, la tour change de piquet !

L'algorithme récursif permet d'expliquer très facilement la méthode : si vous savez le faire pour 2 disques, vous savez les faire pour  $n$  disques. Il suffit de considérer le petit disque et le paquet de  $n-1$  disques.

**Récursif :** la règle est définie en fonction d'elle-même et peut être répétée un nombre indéfini de fois. Par exemple  $F_{(n)} = F_{(n-1)} + n$ . En informatique, un programme récursif peut demander sa propre exécution au cours de son déroulement.

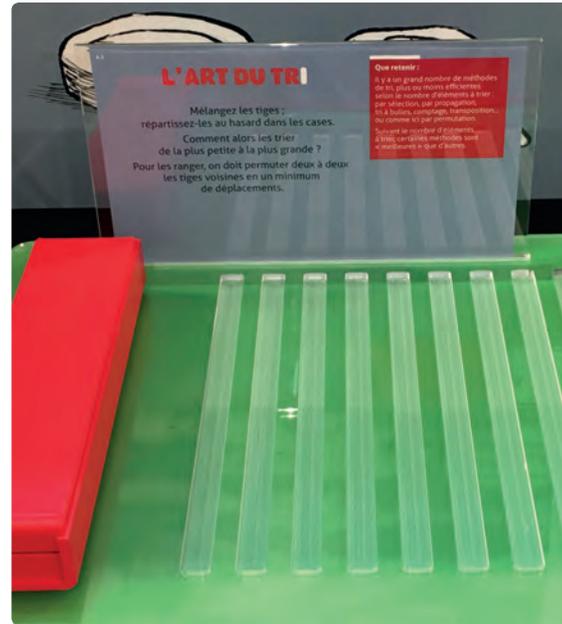
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Tours\\_de\\_Hano%C3%AF](https://fr.wikipedia.org/wiki/Tours_de_Hano%C3%AF)



4.

## TOUT EST TRI

Trier des cartes, des livres, des noms est une opération de la vie courante qui paraît simple. Le faire de façon automatique est plus difficile, surtout quand les informations sont nombreuses.



### 4.3 L'ART DU TRI

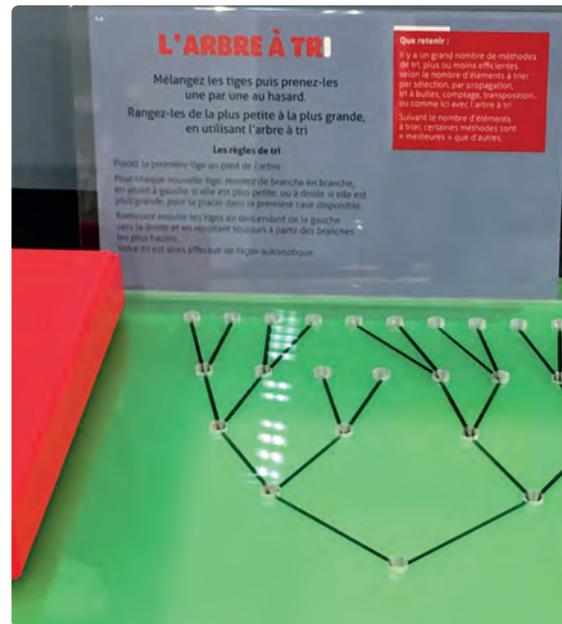
Mélangez les tiges ; répartissez-les au hasard dans les cases. Comment alors les trier de la plus petite à la plus grande ? Pour les ranger, on doit permettre deux à deux les tiges voisines en un minimum de déplacements.

#### QUE RETENIR ?

Il y a un grand nombre de méthodes de tri, plus ou moins efficaces selon le nombre d'éléments à trier : par sélection, par propagation, tri à bulles, comptage, transposition... ou comme ici par permutation. Suivant le nombre d'éléments à trier, certaines méthodes sont « meilleures » que d'autres.

18

Différents algorithmes sont possibles, les plus efficaces étant ceux qui vont le plus vite quand il y a beaucoup d'éléments à trier. Pour  $n$  éléments, les algorithmes de tri font au plus  $n \times n$  opérations élémentaires. On dit que leur temps de calcul est «  $n \times n$  » et qu'ils sont polynomiaux.



### 4.4 L'ARBRE À TRI

Mélangez les tiges puis prenez-les une par une au hasard. Rangez-les de la plus petite à la plus grande, en utilisant l'arbre à tri.

Suivez la règle :

« Placez la première tige au pied de l'arbre.

Pour chaque nouvelle tige, montez de branche en branche, en allant à gauche si elle est plus petite, ou à droite si elle est plus grande, pour la placer dans la première case disponible.

Ramassez ensuite les tiges en descendant de la gauche vers la droite et en récoltant toujours à partir des branches les plus hautes ».

Votre tri est alors effectué de façon automatique.

## COMMENTAIRES

Il y a de très nombreuses méthodes de tri, plus ou moins rapides : par sélection où l'on cherche le plus petit, puis le suivant... par propagation, le tri à bulles consiste à faire remonter les plus grands, en comparant répétitivement les éléments consécutifs. Si l'efficacité d'un tri est liée à sa rapidité sur un grand nombre d'éléments, la stratégie gagnante est de « diviser pour régner ».

## NOTES

Triez-les de la plus petite à la plus grande en déplaçant une tige à la fois. Comment faire ? En les comparant par exemple 2 à 2... d'autres idées ?

## COMMENTAIRES

C'est un tri par tas où la relation « à gauche si  $< n$ , à droite sinon » hiérarchise et permet une collecte orientée: haut  $\rightarrow$  bas / gauche  $\rightarrow$  droite. L'arbre est une structure qui permet de hiérarchiser puis de traiter les informations. De même, les algorithmes de compression, traitant les moindres différences entre A et B permettent d'ordonner des musiques ou des ouvrages selon leurs auteurs.

## NOTES

Utilisez cet arbre pour comparer les tiges avec celle du bas, en allant à gauche si elle est plus petite, à droite si elle est plus grande. Placez-la dans le premier emplacement disponible. En vous baissant, vous pourrez déjà remarquer un classement. À la fin, remettez les tiges dans la boîte.

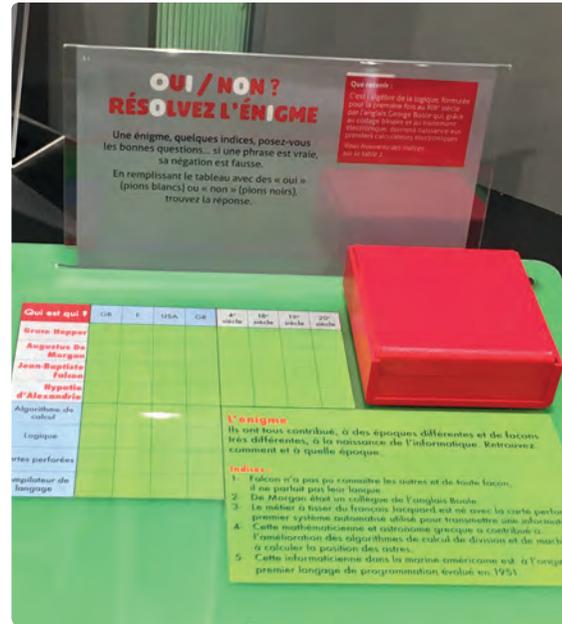


5.

## EST-CE BIEN LOGIQUE ?

Vrai ou faux ? « P'têt ben qu'oui, p'têt ben qu'non ! »

En informatique, pour pouvoir être traités par la machine, les faits et les raisonnements appréhendés par la machine doivent être soit vrais, soit faux.



## 5.1 OUI OU NON ? RÉSOLVEZ L'ÉNIGME

Une énigme, quelques indices, posez-vous les bonnes questions...si une phrase est vraie, sa négation est fautive. En remplissant le tableau avec des « oui » (pions blancs) ou « non » (pions noirs), trouvez la réponse.

### QUE RETENIR ?

C'est l'algèbre de la logique, formulée pour la première fois au XIX<sup>e</sup> siècle par l'anglais George Boole qui, grâce au codage binaire et au traitement électronique, donnera naissance aux premiers calculateurs électroniques.

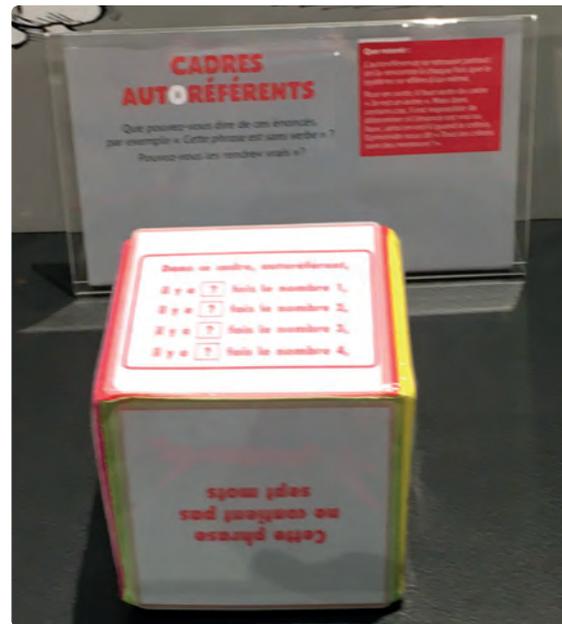
**L'énigme :** Ils ont tous contribué, à des époques différentes et de façons très différentes, à la naissance de l'informatique. Retrouvez comment et quand ?

**Indices :** 1 - Falcon n'a pas pu connaître les autres et de toute façon, il ne parlait pas leur langue. 2 - De Morgan était un collègue de l'anglais Boole. 3 - Le métier du français Jacquard est né avec la carte perforée, premier système automatisé utilisé pour transmettre une information. 4 - Cette mathématicienne et astronome grecque a contribué à l'amélioration des algorithmes de calcul de division et pour la position des astres. 5 - Informaticienne dans la marine américaine, elle est à l'origine du premier langage de programmation évolué en 1951.

20

Certains langages informatiques exploitent cette logique, et prouvent par l'absurde qu'un raisonnement est vrai ou faux : « si le contraire est faux, alors le fait est vrai ! ». Mais dans un système complexe, il peut se révéler impossible de démontrer qu'un énoncé est vrai ou faux.

*Bien qu'indécidable, il peut être vrai.*



## 5.2 CADRES AUTO-RÉFÉRENTS

Que pouvez-vous dire de ces énoncés, par exemple « Cette phrase est sans verbe » ? Pouvez-vous les rendre « vrais » ?

### QUE RETENIR ?

L'autoréférence se retrouve partout; on la rencontre à chaque fois que le système se réfère à lui-même. Pour en sortir, il faut sortir du cadre « Je est un autre ». Mais dans certains cas, il est impossible de déterminer si l'énoncé est vrai ou faux; ainsi en est-il quand le crétois Épiménide nous dit « Tous les crétois sont des menteurs ! ».

## COMMENTAIRES

Ces jeux de logique sont des logigrammes. Il faut non seulement manipuler les règles logiques élémentaires mais aussi deviner les règles implicites de l'auteur, ici :

Falcon → cartes perforées → 18<sup>e</sup> siècle

Hypatie d'Alexandrie → imagine l'astrolabe en Grèce → 4<sup>e</sup> siècle.

Les informations données une fois placées, on les traite par la logique.

## NOTES

Une énigme, des indices : utilisez les pions blancs pour marquer ce qui est vrai et noirs pour faux. Pour résoudre l'énigme, aidez-vous du tableau qui croise toutes ces informations en notant les impossibilités et les certitudes.

## COMMENTAIRES

La phrase est fautive, sa négation aussi... Pour sortir de ce dilemme, il faut sortir du cadre. En français " Londres " se dit " Paris " selon Eugène Ionesco ! Gödel a montré sur un système axiomatique on ne peut plus fermé, celui des nombres, qu'à l'intérieur du cadre d'un tel système, certains énoncés étaient indémontrables : impossible de montrer qu'ils sont vrais ou qu'ils sont faux (théorème d'incomplétude). Et parfois il est même impossible de démontrer que c'est indémontrable!

## NOTES

Regardez les énoncés sur le cube devant vous, par exemple « Cette phrase est sans verbe » ? Pouvez-vous la rendre vraie ? Et « cette phrase contient sept mots » ? Attention, l'autre face n'est pas plus vraie, pourquoi ?



5.

## OU EST LA PREUVE ?

Comme une démonstration mathématique, un programme peut exprimer dans un langage logique un énoncé et l'environnement cohérent où il existe. Ainsi, un assistant de preuve formelle qui permet de la vérifier, implique un langage simple voire mécanique à chacune des étapes du programme.

22

Au-delà de calculs difficilement accessibles, l'informatique permet aujourd'hui de valider un raisonnement, de vérifier le bon fonctionnement d'un processeur.



## 5.3 QUATRE COULEURS SUFFISENT-ELLES ?

Deux joueurs, chacun à son tour, placent une couleur de son choix sur l'un des pays.

**La règle :** 2 pays voisins doivent être de couleurs différentes.

### QUE RETENIR ?

À deux, vous en utiliserez sans doute au moins 6. Si vous jouez seul, grâce à la théorie des graphes, on sait que 4 couleurs suffisent. Mais pour tester toutes les solutions, en fonction du nombre de pays, le temps de calcul serait exponentiel. Il aura fallu attendre 2004 pour obtenir une **démonstration formelle** avec l'assistant informatique de preuve informatique COQ utilisé par Georges Gonthier et Benjamin Werner de l'INRIA.



## 5.4 TROUVEZ LA PANNE !

Choisissez deux symptômes en basculant leurs dominos à gauche et faites votre diagnostic. En suivant les règles logiques « si... alors » proposées, parviendrez-vous au diagnostic X ?

### QUE RETENIR ?

Un système expert peut répondre à une question en effectuant un raisonnement sur la base de faits et de règles connus. Pour cela, il utilise: une base de faits donnés par l'observation, une base de règles fondées sur les connaissances d'experts, un « moteur logique » -dit d'inférence-, qui applique les règles aux faits observés, produits de nouveaux faits et parvient à la réponse. Ici le moteur logique c'est vous !

## COMMENTAIRES

Un assistant de preuve est un programme permettant l'écriture et la vérification de démonstrations mathématiques. C'est utile pour des problèmes très complexes, en aidant à produire une démonstration formelle. Le célèbre problème des quatre couleurs ici présenté est l'un des problèmes finalement résolus avec cet outil.

## NOTES

Jouez seul ou à deux en plaçant un pion de couleur sur l'un des pays. Pourrez-vous « colorer » les pays frontaliers (voisins par une frontière) avec un minimum de couleurs mais toujours différentes ? Essayez de ne pas en utiliser plus de 4 pour gagner.

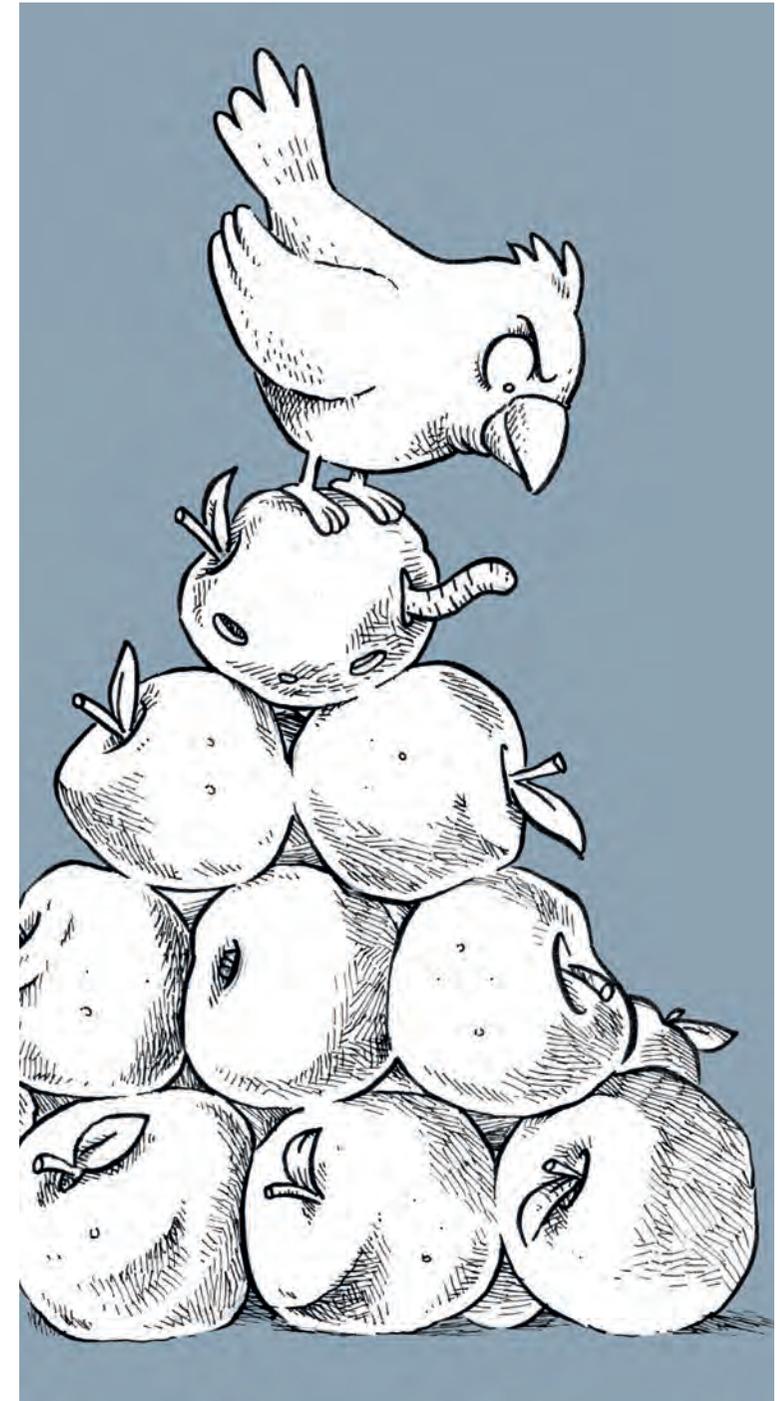
## COMMENTAIRES

Choisissez 2 lettres (2 symptômes), faites fonctionner les règles avec votre moteur d'inférence (si → alors) et vous trouverez la panne. Y-a-t-il des paires de lettres qui ne conduisent pas à X ?

Exemple : symptôme C et E            alors règle 7 : C - D - E  
              règle 10 : B - C - D - E      règle 4 : B - C - D - E - F  
              et donc règle 3 : X.

## NOTES

Partant de deux symptômes, faites votre diagnostic en suivant les règles à droite. Mais pour chaque nouveau symptôme, il faut de nouveau appliquer les règles jusqu'au diagnostic « X ».

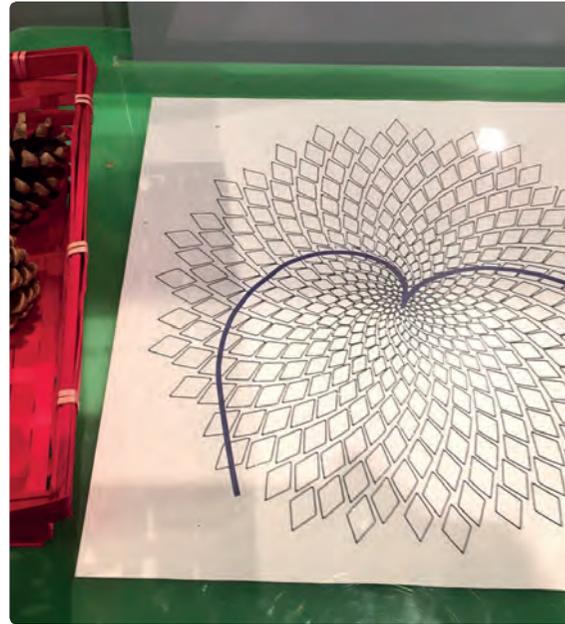


6.

## LA NATURE PROGRAMMÉE ?

De nombreux programmes semblent être à l'œuvre dans la nature et son évolution. La modélisation de notre environnement nous permet d'en exprimer notre compréhension et d'en simuler le comportement.

24 Le développement d'automates peut ainsi permettre de modéliser un univers complexe à partir de règles simples. La structure des plantes, décrite en une suite de nombres telle celle de Fibonacci, est une forme récursive très utilisée en informatique..



## 6.1 MATHS DANS LA NATURE

Observez ces fruits et ces plantes ; combien ont-ils de spirales dans un sens ? et dans l'autre ?

### QUE RETENIR ?

Certaines graines de fruits, structures de fleurs ou feuilles d'arbres se répartissent suivant cette même suite de nombre où chaque nombre suivant est la somme des deux précédents : 1 - 1 - 2 - 3 - 5 - 8 - 13 - 21 - 34 - 55 - 89 - 144... Ici le nombre de spirales dans un sens et dans l'autre sont deux termes consécutifs de la suite de Fibonacci.

$$FIBO_{(n)} = FIBO_{(n-1)} + FIBO_{(n-2)}$$



## 6.2 LE JEU DE LA VIE

Sur la trame positionnez une série de billes, en suivant par exemple, les motifs proposés. Lancez le calcul pour voir ce que deviennent leurs descendants en suivant les règles du jeu de la vie ; et après quelques générations ?

**Les règles du jeu :** chaque pion dans une case représente une cellule vivante; il y a naissance si la cellule a exactement 3 cellules voisines vivantes, mais elle meurt si elle a plus de 3 ou moins de 2 voisines. Si une cellule vivante a exactement 2 ou 3 voisines en vie, rien ne change.

### QUE RETENIR ?

Ces automates cellulaires ont été inventés par Von Neumann et étudiés par John Conway en s'inspirant de phénomènes biologiques. Ils suscitent toujours un vif intérêt, permettant même de programmer des systèmes logiques, ou l'étude et la mise au point des réseaux de neurones impliqués dans l'I.A.

## COMMENTAIRES

Fleur de tournesol, ananas, cactus ou crassulacées... dans la nature se retrouvent des régularités formelles, comme si elles étaient programmées. Dans la pomme de pin, les graines sont alignées sur des spirales qui se croisent ; comptez-les spirales dans un sens puis dans l'autre, vous trouverez alors deux nombres qui se succèdent dans la suite 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, où chaque terme est la somme des deux précédents. Cette suite est récurrente et nécessite de poser  $FIBO_{(0)}=0$  et  $FIBO_{(1)}=1$

## NOTES

Fleur de tournesol, choux romanesco, pomme de pin... observez dans la nature ces formes étonnantes de régularité pour en découvrir les mystères. La nature est-elle bien faite ? Elle a au moins le mérite de nous surprendre et de nous rendre curieux.

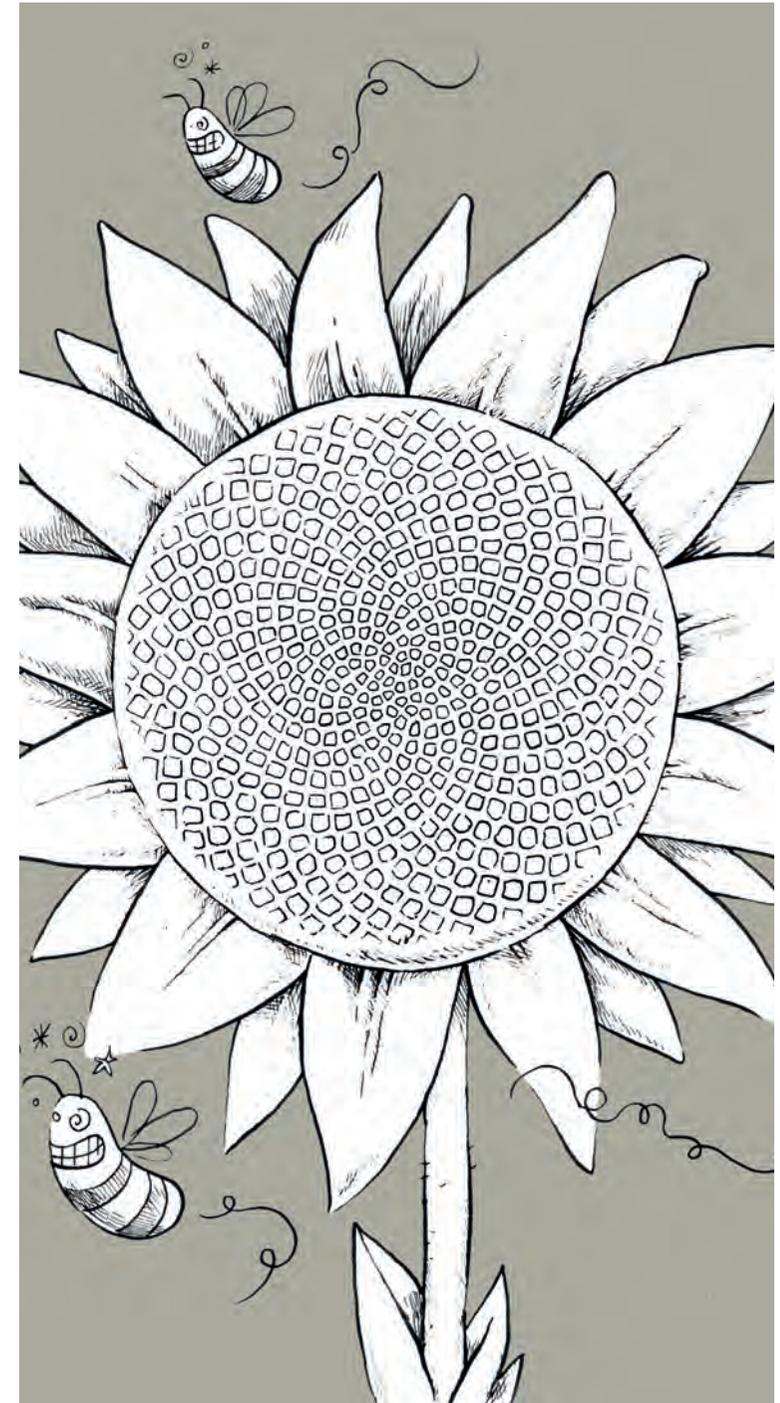
## COMMENTAIRES

Cherchez les configurations de base qui restent stables, qui meurent ou qui explosent en multiples variations. Ce programme très simple est un automate cellulaire. Il permet de modéliser un système pouvant évoluer vers une grande complexité : par exemple la propagation de maladies, d'un incendie dans une forêt, ou la transmission de l'information dans un réseau de neurone. De tels mécanismes étudiés par Alan Turing génèrent des coquillages aux motifs spectaculaires comme le *Conus textile*.

Réalisé avec le concours de Camille Dianoux, Labo STMS de l'IRCAM - Labomédia, Orléans

## NOTES

Pour bien comprendre les règles, testez manuellement avec 3 ou 4 billes et générez l'étape suivante. Puis vérifiez votre résultat en lançant le jeu.



6.

## ÊTES-VOUS BIEN PROGRAMMÉS ?

Nos gestes quotidiens font appel à un grand nombre d'instructions que, le plus souvent, nous traitons automatiquement et à notre insu. Parfois on fait une erreur « sans faire exprès » mais notre capacité d'analyser, de décider et d'agir face à cet imprévu reste intacte.

L'intelligence artificielle en imitant cette capacité de façon ultraspécialisée pourrait-elle nous égaler, voire nous dépasser ? Ou bien compléter l'intelligence humaine par sa formidable capacité de calcul ?



### 6.3 L'HOMME ET L'AUTOMATE

Faites tomber une bille à l'entrée de l'automate ; de quel côté ressort-elle ? Répétez l'opération et essayez de deviner où elles vont sortir aux 4<sup>ème</sup> ou 5<sup>ème</sup> coup.

#### QUE RETENIR ?

Cet appareil est un automate déterministe : il y a deux entrées, deux sorties possibles et, entre-elles, 3 portillons qui basculent à chaque passage. Cela donne alors 8 états possibles. En choisissant toujours la même entrée, le comportement se répète au bout de 8 actions, comme les combinaisons possibles entre l'entrée et la sortie. En changeant d'entrée « au hasard » l'automate devient probabiliste.



### 6.4 LA PARABOLE !

Masquez votre champ de vision en plaçant la plaque sous le nez et lancez la balle. Puis juste au-dessus des yeux et recommencez. Saurez-vous la rattraper ?

#### QUE RETENIR ?

Comme le robot, l'homme fait des gestes qui paraissent programmés. Mais pour ce faire, vous avez besoin d'informations visuelles ou tactiles permettant d'éviter la chute. Ce sont vos sens - vos capteurs - qui vous les fournissent.

## COMMENTAIRES

Cet appareil est un automate à 2 entrées, 2 sorties. À l'intérieur, les 3 portillons basculent, à chaque passage d'une bille, d'un côté ou l'autre, forçant le passage de la bille à gauche ou à droite. Il y a, en tout, 8 états possibles.

Le visiteur constate que ses prévisions peuvent être plus simplistes que les actions d'un simple automate très simple.

## NOTES

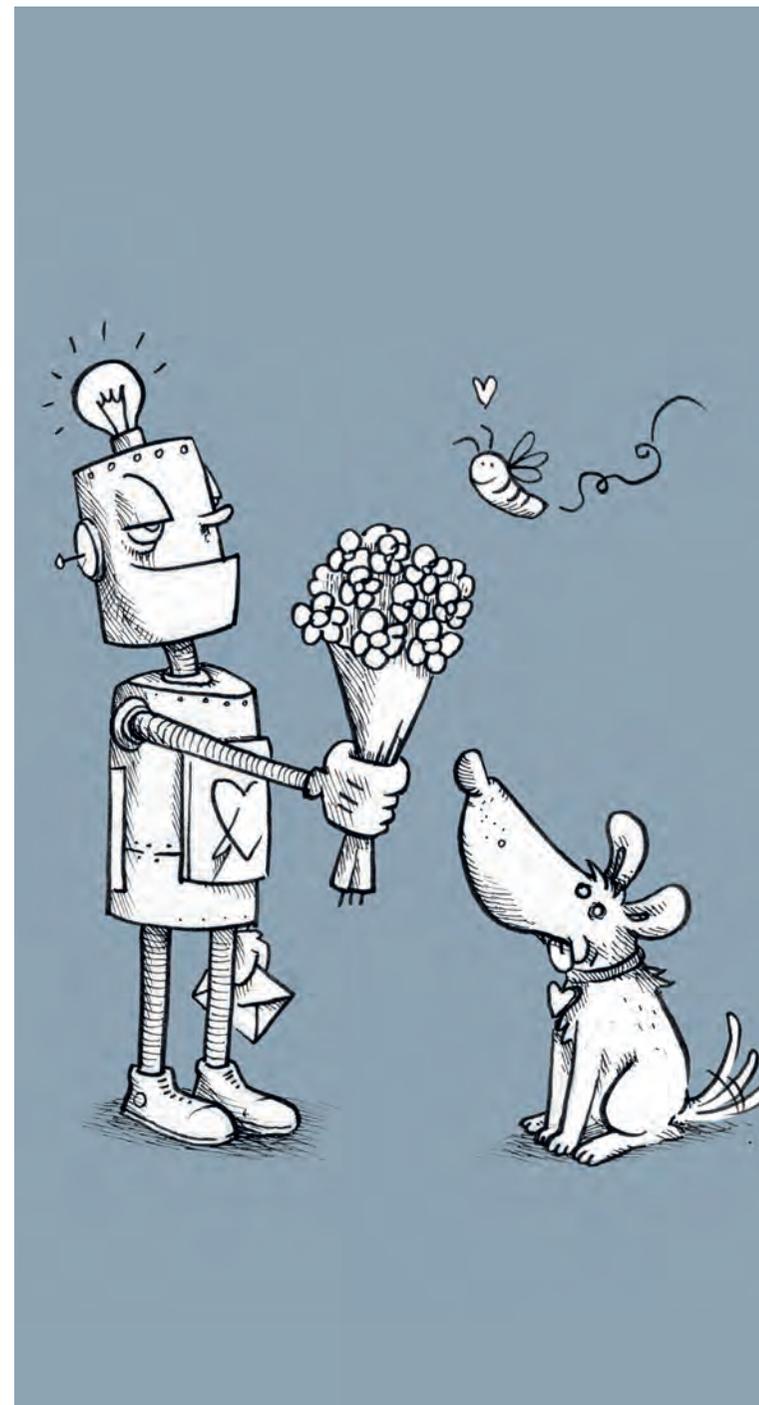
Devinez où la bille va tomber ? Saurez-vous le prévoir à 100% ? Essayez de trouver la régularité de cet automate, de deviner son fonctionnement avant d'en vérifier le principe en soulevant le volet.

## COMMENTAIRES

La vie de tous les jours est remplie de gestes automatiques : ouvrir une porte, allumer un appareil, lacer ses chaussures... Nos sens servent de capteurs de l'environnement. Sans ces capteurs nos microprogrammes comportementaux sont mis à défaut, comme ici pour rattraper une balle.

## NOTES

Faites-en l'expérience et notez votre assurance dans le geste : avez-vous bien toutes les informations pour effectuer ce geste banal ? Quels sens vous manquent ?



7.

## AUTOMATES OU ROBOTS ?

À la différence de l'automate, le robot tient compte des informations extérieures en se servant de capteurs. Ils sont pour le robot comme ses organes sensoriels et lui permettent de détecter ou de mesurer son environnement : vision, toucher, odorat, goût, radar...

Ces capteurs donnent des informations par l'analyse des signaux et facilitent l'exécution d'une action selon des programmes de plus en plus complexes.

Mais un robot peut-il apprendre tel un enfant ?



### 7.1 TRAVAILLEURS ASSERVIS ?

Prenez les manettes et pilotez ce bras robot pour déplacer le cube. En quoi est-il différent d'un automate ? D'un robot ?

#### QUE RETENIR ?

Le robot ou l'automate comme l'être humain doivent coordonner leurs mouvements. Le robot doit tenir compte des obstacles et donc les repérer. Sa programmation doit tenir compte de l'environnement où il évolue.

Piloté par un programme, l'automate répétera une tâche mais, équipé de capteurs, il s'adapte ses actions à son environnement et devient un robot. C'est en 1921 que l'auteur tchèque Karel Capek imagina des machines-ouvriers se révoltant, les « Robota » qui signifie « travailleurs asservis ».

28



### 7.2 AU DOIGT ET À L'ŒIL !

Éclairiez ces robots pour les faire avancer. Faites tourner le robot en tapant dans vos mains. Saurez-vous les guider ?

#### QUE RETENIR ?

Des automates aux robots, l'informatique envahit notre quotidien en faisant réagir ces objets comme nous pourrions le faire.

La recherche s'inspire du fonctionnement du cerveau pour développer les capacités d'apprentissage de réseaux dits « neuronaux » et développe l'interaction avec l'humain par la voix, le regard...

Prochaine étape, par la pensée ?

## COMMENTAIRES

**L'automate :** il exécute automatiquement, sans intervention humaine, des actions préprogrammées sans tenir compte de l'environnement. Par exemple une presse d'usine ou d'imprimerie.

**Le robot :** comme l'automate, il exécute un programme mais grâce à des capteurs il tient compte de son environnement et peut modifier son comportement face à l'imprévu. Par exemple porte d'ascenseur, grues, chaînes automatisées d'usinage.

## NOTES

Avec la manette, pilotez ce bras robot pour déplacer le cube. Il est possible de passer en mode automatique avec les mouvements pré-programmés en mémoire ; pour cela basculer le mode en sélectionnant les boutons « selec + mode »

## COMMENTAIRES

La robotique mobile se caractérise par son autonomie. Pour se mouvoir, si la plateforme à roues est la plus répandue, celles à pattes permettent de se déplacer sur des terrains complexes. Lorsque le déplacement est orienté, comme une voiture, il faut faire des manœuvres pour changer de direction, face à un obstacle détecté par exemple. Ici, le contact de l'antenne sur un mur entraîne un évitement.

Réalisé avec le concours des étudiants du club Robotek - Polytech'Orléans

## NOTES

Ces insectes semblent fuir la lumière ! En réalité, une commande lumineuse les déclenche. Mais observez leur comportement quand ils rencontrent un obstacle. Merci d'éteindre la torche.



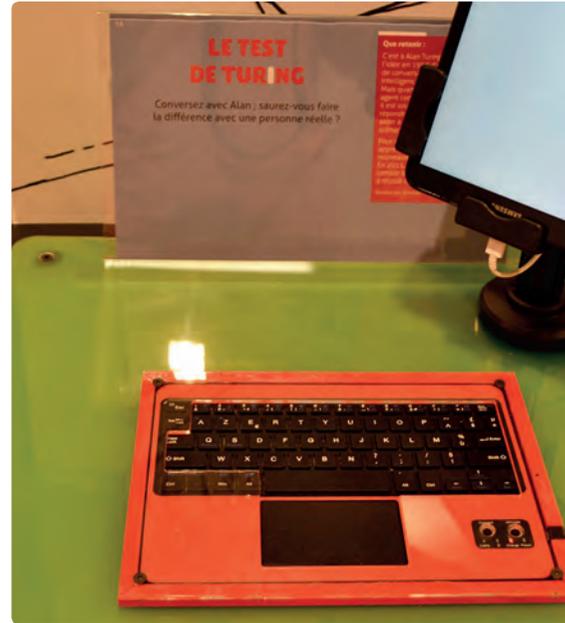
7.

## ARTIFICIELLE INTELLIGENCE ?

Mémoriser, reconnaître et interpréter, apprendre et s'adapter à des situations nouvelles... Les technologies informatiques et robotiques tentent d'imiter le vivant, de simplifier l'interaction entre l'homme et la machine.

30

Très spécifique dans ses applications, l'intelligence artificielle est encore loin de dépasser l'homme. Si le cerveau envisage différemment de nouveaux problèmes, la structure de l'algorithme ne change pas pour les machines qui apprennent de nombreux exemples : seuls les paramètres de l'algorithme et leur pondération varient.



### 7.3 LE TEST DE TURING

Conversez avec Alan ; sauriez-vous faire la différence avec une personne réelle ?

#### QUE RETENIR ?

C'est à Alan Turing que l'on doit l'idée en 1950 d'un test sous forme de conversation pour distinguer une intelligence artificielle d'un humain. Mais quand vous échangez avec un agent conversationnel sur le web, il est souvent programmé pour répondre à vos questions, vous aider à faire un choix, dans un cadre scénarisé. Pour en sortir, l'IA doit pouvoir apprendre et s'adapter à de nouveaux sujets de conversation. En 2011, le programme Cleverbot semble bien avoir été le premier à réussir ce test.



### 7.4 RÉPARER L'HUMAIN

Placez vos bras comme indiqué, et laissez un autre joueur chatouiller le vrai ou le faux bras. Ressentez-vous votre bras caché ?

#### QUE RETENIR ?

Pour contrôler une prothèse robotisée, les scientifiques explorent une piste innovante. Au lieu de demander au patient d'apprendre à utiliser sa prothèse, ils développent un système d'intelligence artificielle capable d'apprendre comment le patient pense aux mouvements de son membre fantôme, en mesurant les contractions dans les muscles résiduels.

## COMMENTAIRES

Un agent conversationnel, aussi nommé chatbot est conçu pour dialoguer avec un utilisateur. En réponse au test de Turing, leur développement cherche à donner l'illusion d'un dialogue sensé avec l'utilisation langage naturel. Dans un échange convivial, le logiciel interprète une requête opérationnelle pour son système d'information. Les chatbots débordent donc la recherche ou le divertissement, ils mettent en œuvre des connaissances linguistiques, psychologiques, et bien sûr des bases de programmation.

Réalisé par Kréalab

## NOTES

Discutez avec le Chatbot Alan pour en savoir plus sur qui était Alan Turing, considéré comme le père de l'informatique.

## COMMENTAIRES

L'équipe ISIR du CNRS explore cette piste pour contrôler une prothèse robotisée, mobilisant les contractions musculaires induites par le « membre fantôme ».

Ce phénomène étonnant fait qu'une personne amputée ressent toujours la présence du bras manquant. Plutôt que d'apprendre au patient l'utilisation de sa prothèse, celle-ci s'adapte à ses intentions par un entraînement de l'algorithme d'IA.

Vidéo mise à disposition par le CNRS Audiovisuel, Production CNRS Images : <http://bit.ly/2UPIAtB>

## NOTES

Cachez votre bras gauche en parallèle à la fausse-main. De la droite, avec la règle en mousse, chatouillez le bout de vos doigts réels et « virtuels » pendant au moins 30 secondes... Puis seulement la fausse. Ressentez-vous le bout de vos doigts ?



8.

## CALCULS ET STRATÉGIES

La recherche en intelligence artificielle vise à résoudre des problèmes qui ne peuvent être résolus par un algorithme de calcul : reconnaissance de formes, de sons, traduction automatique, jeux et stratégies... Certains problèmes impliquent que l'ordinateur analyse, pas-à-pas, toutes les stratégies possibles.

Cela peut vite devenir impossible pour certains, tels les échecs. On a recours aux heuristiques, c'est-à-dire l'étude de toutes les possibilités de jeu des 6 à 8 coups suivants et le choix de la meilleure stratégie.



### 8.1 LA COURSE À 20

Le premier qui atteint la case 20 a gagné.

**La règle du jeu :** Le premier joueur met le pion sur le 1 ou sur le 2. Puis, chaque joueur, à son tour, avance d'une case ou deux.

#### QUE RETENIR ?

Ce jeu, comme beaucoup de jeux simples, possède une stratégie gagnante : le premier joueur, s'il sait jouer, et s'il connaît la stratégie, gagne à tous les coups. Ici, un ordinateur peut être programmé pour gagner à tous les coups, s'il joue le premier, ou apprendre, partie après partie, à gagner.

32



### 8.2 UN JEU DE STRATÉGIE

Celui qui retourne le dernier jeton a perdu !

**La règle du jeu :** Pour commencer, placez tous les jetons sur une face de même couleur. Chacun, à son tour, retourne un jeton puis tous ceux qui se trouvent à sa gauche et en dessous.

#### QUE RETENIR ?

On montre que le premier joueur, s'il connaissait la bonne stratégie, gagne à tous les coups; mais, à ce jour, personne ne la connaît ! Les problèmes sont classés en plusieurs catégories suivant le temps de calcul nécessaire pour les résoudre. Seuls les problèmes polynomiaux ont des temps de résolution acceptables. Pour les autres, le temps de calcul augmente de façon exponentielle avec le nombre de données.

## COMMENTAIRES

Ce jeu comme le célèbre morpion est à stratégie gagnante : le premier joueur s'il la connaît gagne toujours. Pour la trouver, repérez les cases gagnantes ou perdantes. C'est un raisonnement par récurrence !

Cherchez alors des variantes : course à 21, 25, 30 ou pas de 1, 2, ou 3 cases...

<http://math.univ-lyon1.fr/irem/spip.php?article526>

## NOTES

Le premier qui atteint la case 20 a gagné ! Attention, on joue avec un seul pion et l'un après l'autre ! À quel moment pouvez-vous être sûr d'être vainqueur ?

## COMMENTAIRES

Ce jeu de Chomp est à stratégie gagnante, car il y a toujours un gagnant qui ne peut pas être le deuxième joueur s'il y a au plus d'un pion à prendre. Il suffit de connaître la position gagnante de l'adversaire pour la lui voler : ici le premier joueur qui connaît la stratégie gagne donc à tous les coups. Mais s'il permet de savoir que le premier joueur dispose d'un coup gagnant, ce raisonnement n'indique pas lequel.

## NOTES

Imaginez que le dernier carré de chocolat est empoisonné ! Pour gagner, vous ne devez pas le manger ! À la fin, remplacez tous les jetons du même côté avec une seule couleur sur la grille.



8.

## APPRENTISSAGE PROFOND

Pour analyser une image médicale, prédire un phénomène climatique, battre un champion du monde aux jeux d'échec et de Go, un outil de l'intelligence artificielle - l'apprentissage profond, *Deep Learning* en anglais - commence à faire ses preuves.

34

Mobilisant des algorithmes comportant des dizaines de millions de paramètres ajustables, les réseaux de neurones se « nourrissent » des grandes bases de données disponibles pour en extraire des informations pertinentes. Mais ils restent peu adaptés à la nouveauté et sont gourmands en calculs.



### 8.3 ÉCHECS ET MAT !

Les blancs jouent et gagnent.

**La règle du jeu :** Placez les pièces comme indiqué sur l'échiquier. Le roi se déplace d'une case et peut prendre dans toutes les directions. Les pions avancent d'une case ou deux et prennent dans les cases diagonales voisines.

#### QUE RETENIR ?

En début de partie, aux échecs, chaque joueur a 20 coups à sa disposition. Après le premier échange, 400 positions sont déjà possibles. Au bout de 6 échanges, plus de 4 milliards ! Une partie comporte entre 80 et 100 échanges... Les meilleurs joueurs d'échecs ont en mémoire les grandes parties et analysent le jeu jusqu'à 8 à 10 coups à l'avance.



### 8.4 APPRENDRE EN JOUANT

Défiiez le robot Cozmo à l'un de ses jeux favoris et tentez de le battre. Attention, prenez aussi soin de lui pour qu'il reste en forme !

#### QUE RETENIR ?

Ce petit robot est équipé d'une intelligence artificielle lui permettant de progresser, et rapidement de prendre le dessus. Essayez alors le code LAB avec la tablette pour vous initier à la programmation.

## COMMENTAIRES

En 1997, le supercalculateur Deep Blue d'IBM bat Garry Kasparov considéré comme le meilleur joueur de tous les temps. Cet événement a marqué les esprits, pourtant la stratégie des grands joueurs d'échecs reste impressionnante en calculant une dizaine de coups d'avance. Pour gagner le programme évalue la pertinence d'un coup selon toutes les possibilités avec leurs conséquences mais avec une moindre profondeur. Pour s'économiser l'algorithme réduit l'exploration des options les moins favorables.

<https://interstices.info/les-echecs-electroniques-histoire-dune-confrontation-entre-lhumain-et-la-machine/>

## NOTES

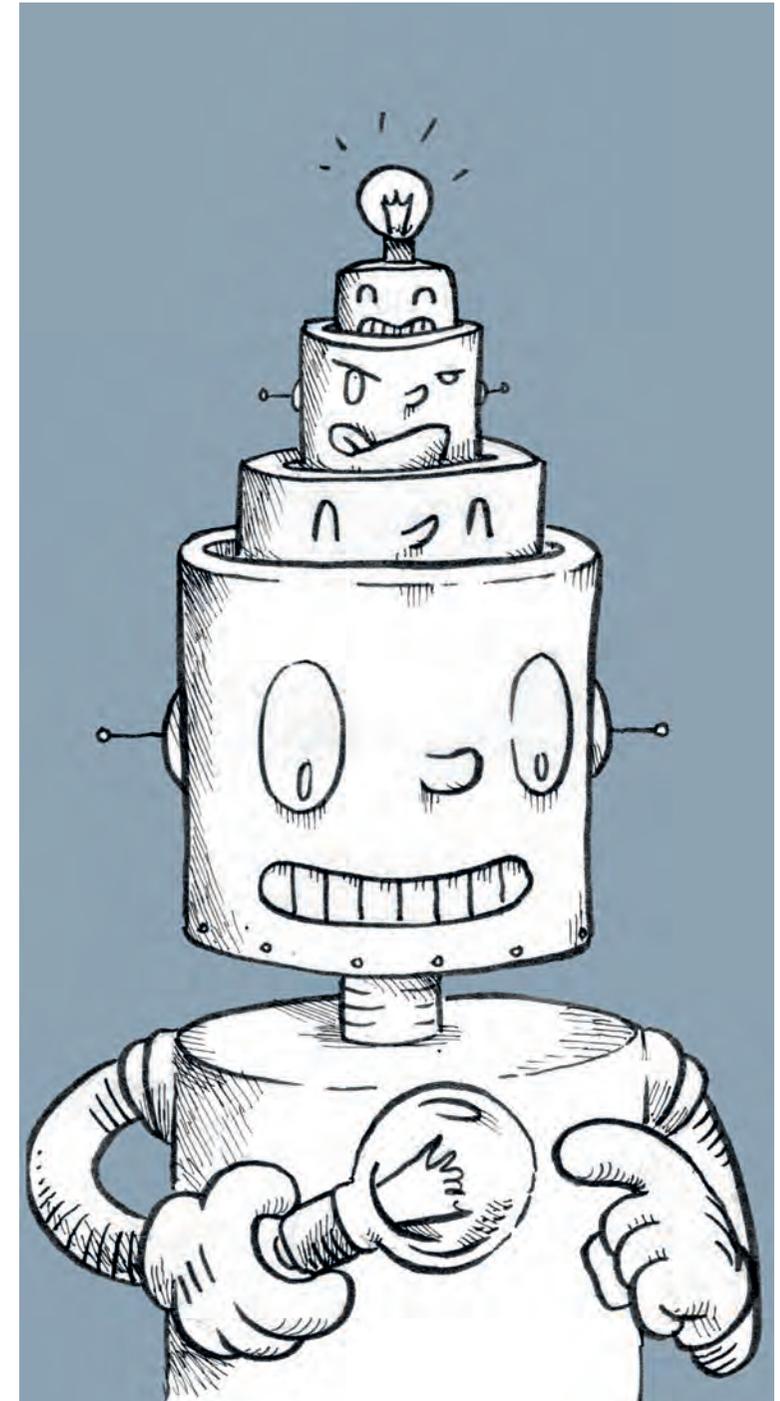
Les blancs jouent et gagnent ! L'une des stratégies est d'occuper le centre de jeu, l'autre de faire équipe, les pièces se protégeant les unes les autres. Ne sacrifiez un pion que pour gagner.

## COMMENTAIRES

Cozmo est un robot classique qui se pilote depuis une application, sait contourner des objets, détecter des rebords pour éviter la chute. Mais il peut aussi réagir selon la situation avec de nombreux capteurs (gyroscope, accéléromètre, vitesse, etc.) pour comprendre le monde qui l'entoure, interagir, vous reconnaître et même sembler capable d'émotions avec son mauvais caractère.

## NOTES

Attention, Cozmo est un petit robot attachant mais fragile. Prenez soin de lui et occupez-le pour qu'il ne s'ennuie pas trop.

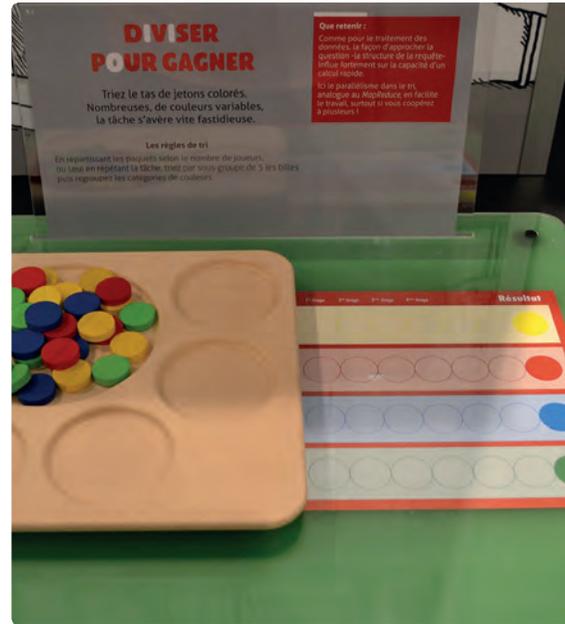


# BIG DATA

Le développement du numérique produit une quantité incroyable de données. Le traitement en masse de celles-ci - **Le Big data** - s'appuie sur notre capacité à les stocker, les rapprocher et les analyser.

36 Le Big data ouvre des perspectives dans de nombreux domaines, du marketing à la recherche scientifique, en permettant des analyses tendanciennes, prédictives telle la modélisation du risque.

Mais en faisant de nous une somme de données, pourrait-il menacer notre libre-arbitre ou nos libertés individuelles?



## 9.1 DIVISER POUR GAGNER

Trier le tas de jetons colorés. Ils sont nombreux, de couleurs variables, la tâche s'avère vite fastidieuse.

**Les règles de tri :** En répartissant les paquets selon le nombre de joueurs, ou seul en répétant la tâche, trie les pions par sous-groupe de 5 les billes puis regroupez les catégories de couleurs.

### QUE RETENIR ?

Comme pour le traitement des données, la façon d'approcher la question -la structure de la requête- influe fortement sur la capacité d'un calcul rapide. Ici le parallélisme dans le tri, analogue au MapReduce, en facilite le travail, surtout si vous coopérez à plusieurs !



## 9.2 CORRÉLATION N'EST PAS CAUSALITÉ !

Corrélation n'est pas causalité! Superposez les graphes en cherchant les ressemblances. Qu'en déduisez-vous?

### QUE RETENIR ?

Les données peuvent-elles être suffisamment nombreuses qu'elles induisent la compréhension de phénomènes complexes, tels les concepts fondamentaux de la physique ? En énonçant la théorie de la relativité en 1915, Albert Einstein a affirmé l'importance de l'hypothèse et de la causalité, liant les données par une relation mathématique à l'expérience. Un siècle plus tard, la théorie s'accommode encore des observations réalisées.

## COMMENTAIRES

« Diviser pour régner » est une méthode algorithmique qui d'un problème complexe à résoudre, le divise en une multitude de petits problèmes, plus simples à résoudre. Une fois résolus, on les recombine afin d'obtenir la solution du problème initial. Le parallélisme est une infrastructure qui facilite ce principe pour réaliser le plus grand nombre d'opérations en un temps le plus petit possible.

## NOTES

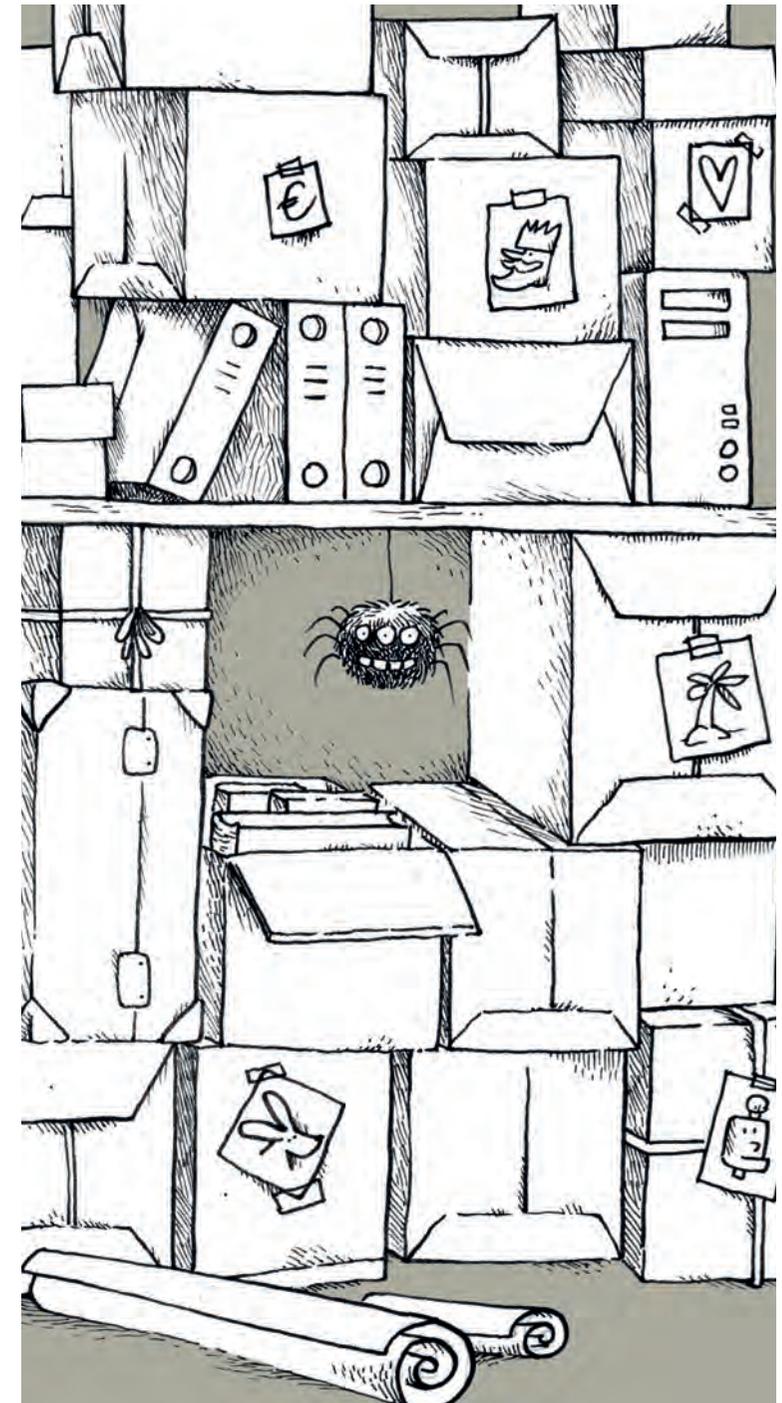
Pour trier ce tas de jetons colorés, soit vous traitez les données en masse, soit vous optimisez en divisant les paquets. Quand votre œil va instinctivement distinguer les paquets de couleurs il effectue déjà ce raccourci !

## COMMENTAIRES

Une corrélation est une mesure statistique du lien entre deux variables, deux phénomènes qui évoluent de manière plus ou moins similaire. Un même graphique en rapprochant les deux courbes tracées, donnera l'impression d'un lien entre leurs variations : c'est alors la confusion entre corrélation et causalité, qui induit le raisonnement erroné *Post hoc, ergo propter hoc* (à la suite de cela, donc à cause de cela). Souvent un autre facteur - économique, sociétal, historique - influe sur ces deux variables.

## NOTES

Superposez deux graphes de couleurs différentes (bleu et rose) en cherchant les ressemblances. Que pouvez-vous en déduire ? Un lien de cause à effet est-il plausible ? Et sinon ?



## GOUVERNER LES ALGORITHMES

Web, réseaux sociaux, assistants personnels... Les avancées de l'intelligence artificielle transforment notre quotidien, comme nos institutions.

Cette évolution implique d'apprendre à les gouverner avec le droit à la vie privée, le risque de biais statistiques, la transparence ou la responsabilité juridique d'un algorithme. Les questions sont nombreuses qui devront être abordées dans un monde de plus en plus numérique. L'enjeu en serait l'émergence d'une société de « l'apprendre ».



## 9.3 RECONNAISSANCE D'IMAGE

Observez dans ce casque la vidéo lancée avec le bouton. Que voyez-vous?

### QUE RETENIR ?

Ces images ambiguës sont interprétées par notre cerveau à notre insu. Nous fixons généralement notre attention sur la première reconnaissance, par exemple une silhouette de vieille femme et avons alors du mal à reconnaître la seconde image cachée. Lors de l'apprentissage, l'algorithme apprend lui aussi de nombreux exemples pour extrapoler sur une donnée inconnue, en cherchant les régularités dans d'infimes variations.



## 9.4 PROTÉGER LES DONNÉES

À qui sont ces données ? Selon les indices qui les distinguent, retrouvez l'identité pour les données anonymisées, soulignées en vert ou rouge dans les tableaux.

### QUE RETENIR ?

Construire les bases de données nécessaires au progrès de l'intelligence artificielle implique de mettre à disposition des données sensibles; par exemple d'ordre médical pour développer une analyse automatique de scanner et identifier, aussi sûrement que le médecin, un diagnostic de cancer.

## COMMENTAIRES

Pour développer les algorithmes présents dans la reconnaissance d'image, de la voix ou la traduction automatique, on utilise des outils mathématiques, les signaux en ondelettes. Ainsi, la caractéristique d'une photo d'un port pourrait être les lignes verticales des mats des bateaux, cordages et autres gréements... Initialement mis en œuvre dans la compression d'image, on retrouve ces algorithmes dans le fonctionnement des réseaux neuronaux constituant une I.A.

Réalisé avec le concours de Camille Dianoux, Labomédia, Orléans

## NOTES

Reconnaissez-vous une jeune fille ou une vieille dame, un vase ou deux visages ? Comme ces illusions qui trompent notre cerveau, une I.A. apprend d'un grand nombre d'images à reconnaître d'infimes similitudes qui caractérisent un objet.

## COMMENTAIRES

La protection des données personnelles est un enjeu, de même que la possibilité d'extraire des informations d'une masse de données, par exemple médicales. Comment garantir l'anonymat ? La pseudonymisation n'est pas efficace si des caractères distinctifs permettent une identification au sein d'un groupe. Il faut alors constituer des regroupements suffisamment diversifiés pour contribuer à anonymiser ces données tout en gardant la possibilité de les exploiter.

## NOTES

À qui sont ces données plus ou moins sensibles ? Selon les indices du tableau vert, retrouvez l'identité des personnages. Pour les données en rouge plus anonymes, que pensez-vous de l'efficacité de cette protection ?



10.

## AUTOMATISATION EN QUESTION

Comme la robotisation, le développement des domaines d'applications de l'intelligence artificielle peut nous rendre de nombreux services en nous suppléant pour bon nombre de tâches répétitives.

40

L'impact sur nos vies et le marché de l'emploi reste difficile à anticiper: marketing ciblé, optimisation des coûts, inquiétudes des rapports de forces ou, au contraire, recherche d'une complémentarité entre l'intelligence humaine et celles des machines... Les évolutions sociales doivent être choisies et non subies.

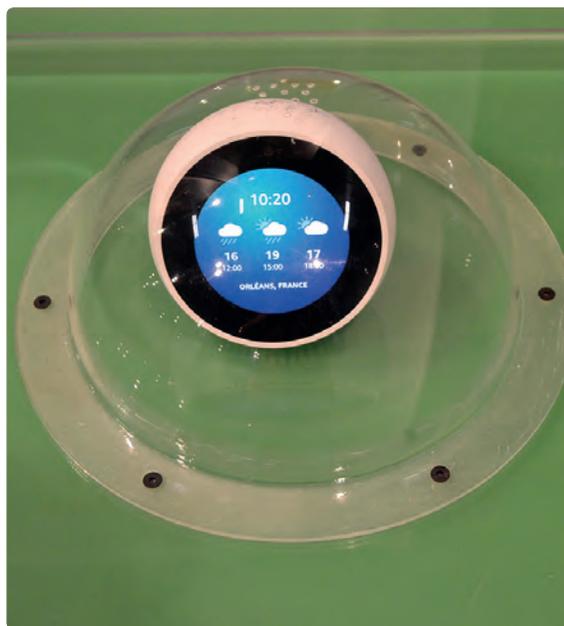


### 10.1 TRAVAIL NUMÉRIQUE

Identifiez ces images pour montrer que vous n'êtes pas une machine ! Puis défiez son intelligence...

#### QUE RETENIR ?

Ces tests sont fréquents sur le web, souvent pour s'identifier en tant qu'humain et non algorithme sur un formulaire. Mais ils nous permettent aussi de collaborer en participant à l'apprentissage par entraînement des IA, un nouveau concept connu sous le nom de « Digital labor ».



### 10.2 COMMUNIQUER

Dites « Alexa, joues Akinator ! » et défiez cette intelligence artificielle de lire dans vos pensées en répondant à ses questions.

#### QUE RETENIR ?

Avez-vous deviné comment elle procède ? Sauriez-vous la duper sans tricher... Loin de la complexité des langages machines et des lignes de codes, de nombreuses applications se pilotent désormais intuitivement par la voix ou le geste. C'est l'un des enjeux majeurs dans la collaboration homme-machine.

## COMMENTAIRES

Et si chacun de nos tweets, posts, commentaires ou contributions en ligne était en fait assimilable à un travail qui ne dit pas son nom ? Notre présence en ligne produit de la donnée et, par conséquent, de la valeur captée par les géants du numérique (les GAFAM). C'est la thèse développée par Antonio Casilli, maître de conférence à Télécom ParisTech.

Réalisé avec le concours de Nicolas Derambure - Labomédia, Orléans

## NOTES

Les CAPTCHAS bien connus pour nous identifier comme humain et non robot nous incitent à contribuer à l'apprentissage des intelligences artificielles en fournissant la masse de données nécessaire à leur apprentissage.

## COMMENTAIRES

Avec l'omniprésence des interfaces connectées, nos interactions sont nombreuses et nécessitent clavier, souris, commande vocale, reconnaissance d'images ou de gestes... l'ensemble de ces dispositifs fait l'objet des recherches en interaction homme-machine. L'enjeu est l'adaptation à l'utilisateur et au contexte : si le clavier est idéal pour un texte, sur une borne d'information l'écran tactile est plus approprié. De même, la reconnaissance vocale indispensable en voiture ne convient pas en transport public. L'autre enjeu est d'anticiper les besoins de l'utilisateur et implique dès sa conception d'intégrer la machine à l'activité humaine et non l'inverse.

## NOTES

Que vous pensiez à votre chat, un héros de dessins animés ou un personnage célèbre, AKINATOR semble capable de le deviner ; mais choisissez une identité plus singulière et vous verrez qu'elle n'est pas simple à trouver, car nous sommes moins nombreux à y avoir pensé !



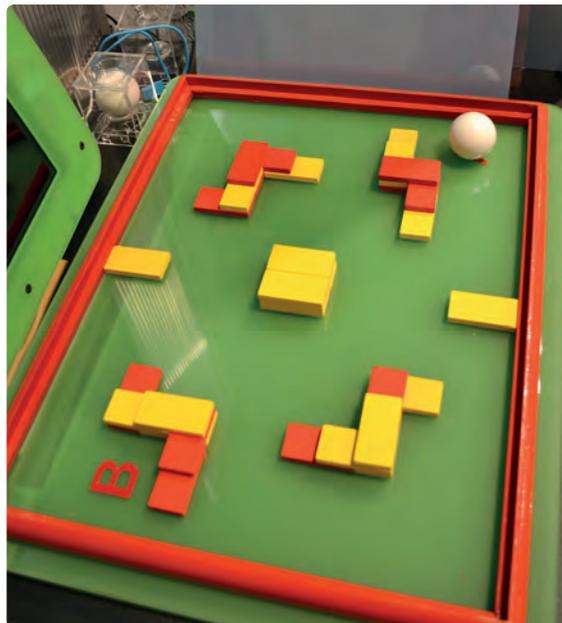
10.

## DES APPLICATIONS BIEN CONCRÈTES

Si certaines perspectives semblent encore relever de la science-fiction, l'intelligence artificielle est déjà présente dans de nombreux secteurs d'activités: santé, transports, économie, recherche, défense et sécurité.

42

Certaines applications sont porteuses d'espoir, telle la médecine prédictive ou la recherche de solutions au changement climatique; d'autres porteuses d'anxiétés comme la désocialisation des personnes ou les robots-compagnons.



### 10.3 SE DÉPLACER

Prenez les commandes de SPHÉRO et déplacez la balle dans ce labyrinthe.

#### QUE RETENIR ?

Le pilotage semble simple car nous ne percevons pas la multitude d'observations et de prises de décision qu'il implique. Mais la révolution du numérique est déjà en route dans les transports, tant individuel -avec le véhicule de plus en plus autonome- que collectif, en particulier ferroviaire.



### 10.4 SURVEILLER SA SANTÉ

« Checkez » votre état de santé avec ce mini-moniteur. Choisissez le menu à l'écran et placez vos doigts comme illustré sur le schéma.

#### QUE RETENIR ?

Les applications de santé connectée se développent de plus en plus pour répondre aux enjeux d'une part de l'accès aux soins même à distance, mais aussi du suivi dans la pratique sportive voire de l'optimisation des performances. Nous générons ainsi nombre de données sensibles et ne sommes pas toujours maître de la corrélation entre ces données et notre état de santé.

## COMMENTAIRES

Le véhicule autonome, c'est-à-dire sans intervention du conducteur pour le piloter, est déjà une réalité pour nombre de transport (métro et bus automatique, ascenseur, etc.) et les recherches vers l'autonomisation ont fait progresser l'assistance à la conduite. Mais parmi les questions posées par sa mise en œuvre restent le degré de liberté pour les transports publics, la nécessité d'une supervision humaine ou la responsabilité juridique en cas d'accident.

## NOTES

Prenez les commandes de SPHÉRO avec la tablette, en vérifiant si besoin la connexion. Attention, l'autonomie n'est que d'une heure.

## COMMENTAIRES

« Checkez » votre état de santé avec ce mini-moniteur.

Pour cela, il faut 4 points de contact simultanés avec la mini-machine :

- 1- Positionnez votre paume de la main gauche sur le capteur tout le long du mini-moniteur.
- 2- Positionnez votre pouce droit sur le capteur rond argenté en bas à droite du mini-moniteur.
- 3- Positionnez votre index sur le coin haut à droite sous le capot.
- 4- Touchez avec votre majeur droit le capteur au dos de l'appareil.

Attendez le diagnostic du mini-moniteur ?

## NOTES

Attention, cet interactif est une illustration de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans le domaine médical et ne peut en aucun cas être considéré comme un diagnostic. Aucune donnée personnelle n'est ici recueillie.



# BIBLIOGRAPHIE

## SUR LE THÈME DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Réalisée avec la Bibliothèque Universitaire de Sciences, Technologies et Staps d'Orléans

Serge ABITEBOUL (2018).

*Le bot qui murmurait à l'oreille de la vieille dame et autres nouvelles numériques*

Serge ABITEBOUL et Valérie PEUGEOT (2017).

*Terra Data. Qu'allons-nous faire des données numériques ?*

Laurent ALEXANDRE (2017).

*La guerre des intelligences : Comment l'intelligence artificielle va révolutionner l'éducation*

Laurent ALEXANDRE et Jean-François COPÉ (2019).

*L'intelligence artificielle va-t-elle aussi tuer la démocratie ?*

Jim AL KHALILI (2018).

*Ce que la science sait du monde de demain*

Magaly ALONZO et Alexia AUDEVART (2019).

*Apprendre demain : quand intelligence artificielle et neurosciences révolutionnent l'apprentissage*

Elsa BEMBARON (2020).

*Ce pot de fleur est un robot*

E. BILAL, L. DEVILLERS, G. DOWEK, J.G. GANASCIA, Y. LE CUN et C. VILLANI (2018)  
collectif Flammarion.

*Intelligence artificielle : Enquête sur ces technologies qui changent nos vies*

Pierre BLANC (2018).

*L'intelligence artificielle expliquée à mon boss*

Emmanuelle BLONS (2019).

*L'entreprise disruptée : les défis de l'IA pour les ressources humaines*

Jean-François BONNEFON (2019).

*La voiture qui en savait trop : l'intelligence artificielle a-t-elle une morale ?*

Nick BOSTROM (2017).

*Super intelligence*

Jean-Philippe BRALY (2017).

*Le temps des robots est-il venu ?*

Bertrand BRAUNSCHWEIG (2019).

*L'intelligence artificielle : passé, présent et futur*

Henry BRIGHTON (2016).

*L'intelligence artificielle*

Henry BRIGHTON et Howard SELINA (2015).

*L'intelligence artificielle en images*

Erik BRYNJOLFSSON et Andrew MCAFEE (2018).

*Des machines, des plateformes et des foules : maîtriser notre avenir numérique*

Alain CARDON (2018).

*Au-delà de l'intelligence artificielle : de la conscience humaine à la conscience artificielle*

Antonio A CASILLI (2019).

*En attendant les robots : enquête sur le travail du clic*

François & Chantal CAZALS (2019).

*Intelligence artificielle: L'intelligence artificielle amplifiée par la technologie*

Tristan CAZENAVE (2011).

*Intelligence artificielle : une approche ludique*

François-Régis CHAUMARTIN et Pirmin LEMBERGER (2020).

*Le traitement automatique des langues : comprendre les textes grâce à l'intelligence artificielle*

Gilles COHEN (2019).

*Intelligence artificielle : l'alliance des mathématiques et de la technologie*

Matt R. COLE (2018).

*Hands-on machine learning with C#: build smart, speedy, and reliable data-intensive applications using machine learning*

A. CORNUEJOLS, L. MICLET, V. BARRA (2018).

*Apprentissage artificiel : deep learning, concepts et algorithmes*

Philippe A. COUCKE, (2019).

*La médecine du futur : ces technologies qui nous sauvent déjà*

Matthieu COURTECUISSÉ (2019).

*Le saut cognitif : comment l'intelligence artificielle change le monde*

Jean-Philippe COUTURIER (2019).

*Lorsque mon boss sera une intelligence artificielle*

Hervé CUILLANDRE (2018).

*Un monde meilleur : et si l'intelligence artificielle humanisait notre avenir ?*

Hervé CUIILLANDRE (2020).  
*Après l'intelligence artificielle et la robotisation : remettre l'humain au cœur du monde : mixité, diversité, inclusion*

Serge DALLA PIAZZA (2019).  
*Ma vie avec les robots*

Marie DAVID et Cédric SAUVIAT (2019).  
*Intelligence artificielle : La nouvelle barbarie*

Cécile DEJOUX et Emmanuelle LEON (2018).  
*Métamorphose des managers : à l'ère du numérique et de l'intelligence artificielle*

Arnaud DE LACOSTE (2017).  
*Le seigneur des robots : et si l'intelligence artificielle nous rendait plus humains ?*

Luis DE MIRANDA (2019).  
*3 minutes pour comprendre - 50 avancées majeures de l'intelligence artificielle*

Joël DE ROSNAY (2016).  
*Je cherche à comprendre : les codes cachés de la nature*

Jean-Philippe DESBIOLLES (2019).  
*L'IA sera ce que tu en feras : les 10 règles d'or de l'intelligence artificielle*

Sonia DESMOULIN-CANSELIER et Daniel LE MÉTAYER (2020).  
*Décider avec les algorithmes : Quelles place pour l'homme, quelle place pour le droit ?*

C. DE SOUSA CARDOSO, E. GALOU, A. KERVELLA et P. KWOK (2020).  
*Data power : comprenez et exploitez la valeur de la donnée*

Jean-Louis DESSALLES (2019).  
*Des intelligences très artificielles*

Laurence DEVILLERS (2017).  
*Des robots et des hommes : mythes, fantasmes et réalité*

L. DEVILLERS, A. KYROU et V. MARTIN (2018).  
*ORLAN-oïde robot hybride avec intelligence artificielle et collective*

Alain DE VULPIAN et Irène DUPOUX-COUTURIER (2019).  
*Homo sapiens à l'heure de l'intelligence artificielle : la métamorphose humaniste*

Gilles DOWEK et Serge ABITEBOUL (2017).  
*Le temps des algorithmes*

Gilles DOWEK (2018).  
*Les métamorphoses du calcul*

Olliver DYENS (2019).  
*La terreur et le sublime : humaniser l'intelligence artificielle pour construire un nouveau monde*

Loïc ÉTIENNE (2020).  
*Les sorciers du futur : l'intelligence artificielle pourrait-elle nous guérir ?*

Boi FALTINGS et Michael SCHUMACHER (2017).  
*L'intelligence artificielle par la pratique*

FibreTigre, Arnold ZEPHIR et Héroïse CHOCHOIS (2019).  
*Intelligences Artificielles. Miroirs de nos vies*

Jean-Gabriel GANASCIA (2017).  
*Intelligence artificielle : vers une domination programmée ?*

Jean-Gabriel GANASCIA (2019).  
*Le mythe de la Singularité : faut-il craindre l'intelligence artificielle ?*

Génération SNOOZE (2019).  
*Réveillons-nous ! L'intelligence artificielle, le travail et les microtâches*

Rodolphe GELIN et Oliver GUILHEM (2019).  
*L'IA et Nous*

Laurent GENESLAY et Rasmus MICHAU (2019).  
*Les robots n'auront pas notre peau : ce qui va changer dans l'entreprise à l'heure de l'IA*

Rachid GUERRAOUI (2019).  
*L'algorithmique répartie : À la recherche de l'universalité perdue*

Agnès GUILLOT et Jean-Arcady MEYER (2014).  
*Poulpe fiction : quand l'animal inspire l'innovation*

Jean-Claude HEUDIN (2017).  
*Intelligence artificielle : Manuel de survie*

Jean-Claude HEUDIN (2016).  
*Comprendre le Deep Learning : Une introduction aux réseaux de neurones*

Lê Nguyễn HOANG et El Madhi EL MHAMDI (2019).  
*Le fabuleux chantier : Rendre l'intelligence artificielle robustement bénéfique*

Olivier HOUDÉ (2019).  
*L'intelligence humaine n'est pas un algorithme*

Aurélien JEAN (2019).  
*De l'autre côté de la machine : voyage d'une scientifique au pays des algorithmes*

Luc JULIA (2019).  
*L'intelligence artificielle n'existe pas*

Alain KIYINDOU (2019).  
*Intelligence artificielle : pratiques et enjeux pour le développement*

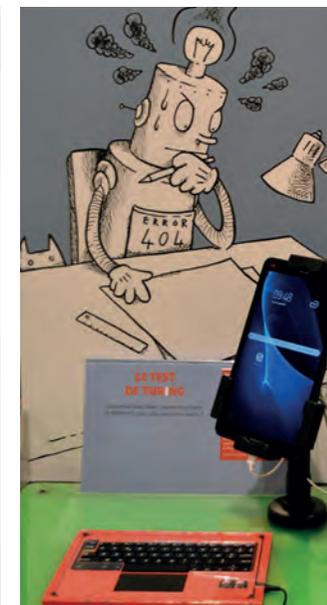
Gaspard KOENIG (2019).  
*La fin de l'individu : voyage d'un philosophe au pays de l'intelligence artificielle*

- Jean-Noël LAFARGUE et Marion MONTAIGNE (2016).  
*L'intelligence artificielle : fantasmes et réalités*
- Dominique LAMBERT (2019).  
*La robotique et l'intelligence artificielle*
- Emmanuel LAZARD et Pierre-Éric MOUNIER-KUHN (2019).  
*Histoire illustrée de l'informatique*
- Yann LE CUN (2019).  
*Quand la machine apprend : la révolution des neurones artificiels et de l'apprentissage profond*
- Kai-Fu LEE (2019).  
*I.A. la plus grande mutation de l'histoire : comment la Chine devient le leader de l'intelligence artificielle et pourquoi nos vies vont changer*
- Christian LEXCELLENT (2019).  
*Pourra-t-on pirater l'être humain? Intelligence artificielle versus intelligence humaine*
- Henri LILEN (2019).  
*La belle histoire des révolutions numériques : électronique, informatique, robotique, internet, intelligence artificielle*
- Stéphane MALLARD (2018).  
*Disruption : intelligence artificielle, fin du salariat, humanité augmentée : préparez-vous à changer de monde*
- François-Xavier MARQUIS et Pierre JOURLIN (2018).  
*Société numérique : patrimoine humain ou crime contre l'humanité ?*
- Virginie MATHIVET (2017).  
*L'intelligence artificielle pour les développeurs : concepts et implémentations en C#*
- Virginie MATHIVET (2019).  
*L'intelligence artificielle pour les développeurs : concepts et implémentations en Java*
- Pascal MONTAGNON (2018).  
*Intelligence artificielle : demain est déjà là*
- Pascal MONTAGNON (2019).  
*Intelligence artificielle : l'être humain, maître du jeu*
- Hans MORAVEC (2019).  
*L'avenir des robots et l'intelligence humaine*
- John Paul MUELLER et Luca MASSARON (2019).  
*L'intelligence artificielle pour les nuls*
- Cathy O'NEIL (2018).  
*Algorithme, la bombe à retardement*
- Ouvrage collectif - Ed. Le Monde HS n°60 (2018).  
*Dans la tête des robots*
- Pascal PICQ (2019).  
*L'intelligence artificielle et les chimpanzés du futur : pour une anthropologie des intelligences*
- Roland ROBEVEILLE et Michelle VEYSSIERE (2019).  
*Manager l'intelligence artificielle*
- Stéphane RODER (2019).  
*Guide pratique de l'intelligence artificielle dans l'entreprise*
- Jean-Michel RODRIGUEZ (2018).  
*Intelligence artificielle et cognitive business*
- Samuel RONCE (2018).  
*Comprendre et développer un chatbot : messagerie instantanée, paiements en ligne, intelligence artificielle...*
- Stuart RUSSEL et Peter NORVIG (2010).  
*Intelligence artificielle, 3<sup>ème</sup> édition : avec plus de 500 exercices*
- Nicolas SABOURET (2019).  
*Comprendre l'intelligence artificielle*
- Éric SADIN (2018).  
*L'intelligence artificielle ou l'enjeu du siècle : anatomie d'un antihumanisme radical*
- Arturo SANGALI (2018).  
*Éloge du flou : aux frontières des mathématiques et de l'intelligence artificielle*
- F. SCIBETTA, Y. MOYSAN, E. DOSQUET et F. DOSQUET (2018).  
*L'internet des objets et la data : l'intelligence artificielle comme rupture stratégique*
- Murray SHANAHAN (2018).  
*La singularité technologique : intelligence artificielle, superintelligence et futur de l'humanité*
- Claude SHANNON et Warren WEAVER (2018).  
*La théorie mathématique de la communication*
- Nicolas SPATOLA (2018).  
*L'intelligence artificielle : de la révolution technologique à la révolution sociale*
- Max TEGMARK (2018).  
*La vie 3.0 : être humain à l'ère de l'intelligence artificielle*
- Richard URWIN (2020).  
*Intelligence artificielle : À la recherche de la machine pensante*
- Aurélien VAUNNIEUWENHUYZE (2019).  
*Intelligence artificielle vulgarisée – Le Machine Learning et de le Deep Learning par la pratique*
- Christophe VICTOR et Lydia BABACI-VICTOR (2017).  
*Révolution digitale: transformer la menace en opportunités*
- Cédric VILLANI et Bernard NORDLINGER (2018).  
*Santé et intelligence artificielle*



# L'EXPO EN QUELQUES PHOTOS

COMPUTER MIND  
I.A.  
L'ESPRIT INFORMATIQUE





Cette exposition a été réalisée par Centre•Sciences, CCSTI de la région Centre-Val de Loire.

Avec le concours scientifique des laboratoires de recherches et des établissements d'enseignement supérieur en région, des Universités de Tours et d'Orléans, de l'Université Pierre et Marie Curie de Paris-Jussieu et de l'INRIA

Avec le soutien financier du Conseil régional Centre-Val de Loire et du Fonds européen de développement en région. L'Europe s'engage en région Centre-Val de Loire