



Introduction : l'intelligence artificielle

L'ordinateur est-il aujourd'hui capable d'intelligence ? Oui, sans conteste, il l'est, n'en déplaise au commun des mortels. Vous n'auriez quand même pas l'outrecuidance de traiter différemment un champion d'échec ! Il est intelligent, oui, mais à sa manière à lui, en profitant de ce que l'informatique a de mieux à lui offrir, en évitant aussi les nombreux travers de la nature humaine. Il est le meilleur joueur qui soit dans un nombre croissant de jeux de société, à commencer, de fait, par le plus célèbre d'entre eux : les échecs. Mais il est vrai que son style est à ce point informatique et froid ! Il prend fréquemment de meilleures décisions que de nombreux médecins, banquiers, assureurs, commerciaux et autres. Des décisions en tout point optimales, parfois jusqu'à l'excès : dépourvues de toute fantaisie, sans la moindre coloration émotive, sans le dérapage de l'arbitraire ou des sens, optimales au sens restreint de la logique, optimales car tout est prévu. Malgré un physique encore rudimentaire, une gestuelle sommaire, il commence à se débrouiller dans de nombreux sports et de nombreuses pratiques « physiques ». Il est capable, par exemple, de conduire une voiture dans des conditions de trafic assez tranquilles, de piloter un hélicoptère, un bateau ou un métro... Des chercheurs japonais prétendent qu'en 2050, la meilleure équipe de football sera

constituée uniquement de robots, lesquels coûteront certainement moins cher que les transferts des vedettes du ballon rond !

L'ordinateur montre des compétences qui vont croissant dans de nombreuses disciplines, chasses gardées jusqu'à présent de l'être humain. S'il brille ainsi, c'est parce qu'il tire un maximum de profit de ce qu'il détient d'unique, de plus gros, de plus rapide, de surhumain : sa mémoire, sa vitesse, sa puissance de calcul. Lorsque l'intelligence artificielle est née (IA pour les intimes), il y a cinquante ans de cela [1], ses disciples s'étaient fixés comme mission de remplacer l'humain par un ordinateur dans toutes les tâches où le premier semblait jusqu'alors irremplaçable. Au départ, il leur paraissait naturel de privilégier parmi ces tâches celles pour lesquelles l'homme fait preuve d'intelligence et qui étaient, apparemment les plus difficiles à informatiser. Ainsi, le jeu d'échec, une bonne maîtrise du langage naturel et la capacité à résoudre des problèmes logiques y figuraient en excellente position. Avec le temps, ces mêmes disciples et ceux qui les suivirent, prirent conscience que l'intelligence humaine et celle qu'ils leur fallait déployer à l'informatisation de ces tâches n'étaient pas tellement corrélées, et que voir ou bouger s'avérait aussi difficile sinon plus pour un ordinateur que jouer aux échecs. Dès lors, ils étendirent leur mission à toutes les tâches humaines, quelle que soit la dose d'intelligence que celles-ci semblent exiger. Toutes méritaient un détour informatique. La perception et, de manière générale, l'ensemble des processus sensori-moteurs (même les plus primitifs) se rajoutèrent comme contrées mentales à découvrir pour ces explorateurs de la pensée machine. L'ordinateur se devait de cogiter, bien sûr, mais aussi de voir, entendre, bouger, tout comme la « version originale », celle en chair et en os.

Mais s'agit-il là du même ordinateur que celui que vous utilisez au quotidien pour surfer sur le Web, écrire votre courrier, vos courriels ou tenir votre comptabilité ? En partie oui, la fraction matérielle en fait. La fraction logicielle, elle, change du tout au tout. Le caractère

universel de l'ordinateur : mémorisation, traitement et communication de l'information, explique son extraordinaire don d'ubiquité et sa faculté unique à se substituer au plus grand nombre d'objets, de fonctionnalités et de machines. Il est la parfaite « machine » à tout faire, le « Zelig » fonctionnel incontournable, le « couteau suisse logiciel ». Afin d'augmenter encore ce pouvoir de substitution et ce côté multifonction, l'humanité fit un pas de géant lorsque John Von Neumann [2] effectua le petit pas qui consista à faire de cet ordinateur une machine programmable. Au même titre que les données à traiter, on peut charger dans la mémoire de l'ordinateur le traitement approprié de ces données, c'est-à-dire le programme. Très simplement, le traitement devient un deuxième type d'information, à part entière, hormis qu'il manipule le premier. L'ordinateur peut stocker les nombres « 1 » et « 2 » dans sa mémoire ainsi que toutes les opérations possibles qui portent sur ces deux nombres : « $1 + 2$ », « 1×2 », « $1 / 2$ », « 1^2 » ...

Un ordinateur n'agit que d'une unique manière : en exécutant un programme. Mais il possède en mémoire une énorme quantité de ces programmes : du plus simple au plus sophistiqué. Un vélo ne fait office que de vélo, une pelle à tarte que de pelle à tarte, de même qu'un appareil photo, mais un ordinateur, lui, peut se substituer en agenda, album photos, radio ou télévision, console de jeu (flipper ou tapis de carte), expert en ces jeux, calculette... Dans tous les cas, il s'agit toujours de la même machine, car il n'y a que le programme à exécuter qui change, excusez du peu... Quand vous chantez ou cuisinez, votre cerveau n'exécute pas le même programme que lorsque vous conduisez, au grand soulagement des automobilistes qui vous croisent. Pourtant, ce sont les mêmes neurones qui turbinent. Quand l'ordinateur joue ou réfléchit, le processeur n'exécute pas le même programme, pourtant ce sont les mêmes portes électroniques qui fonctionnent. Les neurones, tout comme ces portes électroniques, pièces maîtresses du fonctionnement élémentaire de l'ordinateur,

composent un substrat matériel unique et indifférencié aux milliards de programmes mentaux qu'ils sont capables de faire fonctionner.

La mission première de ce livre est de vous expliquer, le plus simplement du monde, parmi cette multitude, le type de programme qui confère, non pas la faculté de calculer, ni celle de chercher sur le Web, ni celle d'agrandir ou d'embellir une image, ni celle de visionner un film, mais ce début d'intelligence que l'ordinateur manifeste face à Kasparov, au volant d'une voiture, derrière le guichet de banque, en lisant un texte, ou devant un patient. Nous répondrons à la question suivante : entre tous ces programmes que l'ordinateur est capable d'exécuter aujourd'hui, quels sont les ingrédients algorithmiques de base que ceux-ci possèdent lorsque ce même ordinateur nous paraît intelligent ? Quelles sont les recettes de l'intelligence informatique ? Dans un premier temps bien sûr, il sera nécessaire de s'interroger sur la manière dont l'humain a inspiré ces travaux. Puisque nous ne reconnaissons de vraiment intelligent que nos semblables, en tant que premiers modèles qui se présentent à nous, à les voir penser, qu'avons-nous compris et retirés de ceux-ci pour la conception de ces ingrédients de base ? Qu'avons-nous emprunté aux humains afin d'accroître le QI de nos machines ?

Nous nous en apercevons très vite : l'ordinateur n'est pas intelligent à la manière de l'humain. Il s'en inspire, il s'en approche. Son comportement, bien que manifestement intelligent, est le produit de mécanismes internes qui ne doivent plus grand-chose à leur contrepartie cognitive. En réalité, il pousse à l'excès, jusqu'à la caricature sans doute, quelques mécanismes, quelques traits d'esprits qui certainement sous-tendent l'intelligence humaine. À l'issue de cette réappropriation algorithmique, l'intelligence devient une manifestation universelle, déshumanisée, dont l'humain est bien évidemment doté en partie, mais à la manière de l'humain, et dont l'ordinateur est également pourvu, mais cette fois à la manière de l'ordinateur. Il s'agit pour l'intelligence artificielle d'inventer un style

propre d'intelligence, sans faille, à l'instar de l'avion, qui révèle une manière toute aéronautique de voler, partageant bien peu avec le vol des oiseaux [3]. Plus proche de nous et bien qu'il soit devenu son adversaire le plus sérieux à l'heure actuelle, Kasparov n'a jamais aimé la manière dont l'ordinateur joue aux échecs. Et pour cause, il ne s'y est jamais retrouvé. Il y a des recoupements, c'est incontestable, mais il y a aussi des écarts, car le type de problème souvent impose sa logique et dicte la procédure résolutive mieux que le sujet humain ne nous l'enseigne. Les règles du jeu d'échec recèlent tout en elles pour déboucher sur la mise au point de l'algorithme du joueur optimal, quelle que soit la manière dont les maîtres excellent à ce jeu. Devant un problème à résoudre, l'ordinateur et l'homme se valent parfois, même si ce problème n'est nullement affronté de la même manière. Chomsky [4], à l'origine des premières modélisations informatiques de la syntaxe et de la grammaire des langues, insiste sur la distinction entre « compétence » et « performance » linguistique. Les grammaires génératives « chomskyennes » sont une idéalisation des langues humaines, notre langage s'apparentant plutôt à « une vieille ville : un labyrinthe de ruelles et de petites places, de vieilles et de nouvelles maisons, et de maisons agrandies à différentes époques » là où les grammaires informatiques y voient « une quantité de nouveaux faubourgs aux rues rectilignes bordées de maisons uniformes » (on trouve cette métaphore dans « les investigations philosophiques » de Wittgenstein [5]).

Retranscrire dans l'ordinateur les bases mécaniques de l'intelligence humaine et faire en sorte qu'elles débouchent sur un comportement idéal, infaillible, permet en retour d'aider les psychologues à mieux cerner l'intelligence humaine, dans ce qu'elle a effectivement de distinctement humain, pour le meilleur et aussi pour le pire. Si Kasparov ne joue en rien comme l'ordinateur, qui pourtant lui doit beaucoup, comment fait-t-il pour continuer à se mesurer à cette machine, dont les transistors communiquent à une vitesse un million

de fois plus rapide que ne le font entre eux les neurones du maître ? Et cela, c'est pour le meilleur. Quant au pire, on sait que l'homme est étonnamment faillible quand il s'agit, par exemple, de suivre sans écart les règles de la logique ou le raisonnement probabiliste, qui constituent pourtant la norme en matière de décision. L'homme n'a pas la capacité prédictive et inférentielle de la machine. Il n'est pas doté de sa puissance de calcul et de sa sage froideur à assigner à tout fait sa même vraisemblance statistique, quelle que soit sa gravité. Il est victime d'effet de mode, de contenu ou de simples et grossières erreurs de logique. C'est certainement parce qu'au départ de l'homme, les informaticiens ont réussi à imaginer et à mécaniser le raisonnement parfait, qu'il est possible, en retour, de comprendre pourquoi cette muse cognitive, n'est plus, à un certain point, capable de faire aussi bien. Pourquoi l'homme, premier décideur sur terre, premier inspirateur de la logique, n'est finalement pas si logique que cela ? Concevoir l'intelligence informatique, c'est aussi mieux saisir les limitations de celle humaine. On assiste à un étonnant pas de deux, entre l'homme et l'ordinateur, fait de rapprochements, lorsque l'informaticien revient, en quête d'inspiration, du côté de l'intelligence humaine, et d'éloignements, lorsque le problème et ses exigences d'optimalité reprennent le dessus et gagnent à s'affranchir de l'humain.

Nous verrons également que l'humain n'est pas la seule source d'inspiration et que l'intérêt porté sur des mécanismes cognitifs moins nobles tel que la perception ou la motricité étend cette source au règne animal et à notre « réalité biologique ». Rien de tel que l'animal pour comprendre et apprécier au mieux toute la puissance adaptative de ces primitives sensori-motrices, de cette « intelligence ingénieuriste » qui doit tout à l'excellence du câblage neuronal, pour la différencier d'une intelligence cognitive essentiellement virtuelle. L'homme a construit, au-dessus de ses réflexes et à partir de ceux-ci, des processus symboliques qui lui permettent plus de distance, plus

de recul, et donc une adaptabilité accrue, face aux données immédiates des sens et à la pression du dehors. Néanmoins, ces réflexes primitifs, de ceux qui se dérobent à la conscience, de ceux qui s'arc-boutent dans le monde qui nous oppresse, nous confèrent, comme ils le font presque essentiellement pour l'animal, une extraordinaire aisance à affronter ce même monde.

Il est sans doute impossible, lorsqu'il s'agit de l'humain, de séparer intelligence et vie, impossible de comprendre nos pensées les plus rationnelles, sans admettre que celles-ci puisent leur origine et n'existent que dans le sillage de mécanismes plus primitifs, imbriqués dans notre matière et nos fonctions biologiques. Ces mécanismes nous permettent avant tout de survivre, et de survivre avant de solutionner quel qu'autre problème qui soit. Il lui est sans doute impossible de dire quoi que ce soit de sensé d'un verre d'eau, sans avoir jamais ressenti la soif, ou d'un fauteuil sans s'y être affalé, épuisé. En va-t-il de même pour un ordinateur qui ne boit ni ne s'affale et dont la vie ou la survie n'est pas la préoccupation première ? Celui-ci est-il obligé de voir avant de comprendre ou de penser ? Celui-ci a-t-il besoin de s'émouvoir et de se mouvoir, de ressentir pour bien penser ? Sa cognition à lui doit-elle se trouver autant conditionnée par son interfaçage intime au monde et par ce corps métallique qui lui offre l'hospitalité ? Pour ma part, je ne le pense pas. Que l'ordinateur puisse se passer du monde pour penser revient à adopter selon Fodor [6], le philosophe clef des sciences cognitives, une forme de méthodologie solipsiste. En effet, l'ordinateur reste pour l'essentiel incapable, et encore pour longtemps, d'une expérience sensible semblable à la nôtre des objets que sa connaissance réfère. Sa connaissance n'est pas de nature empirique : pour lui le monde n'existe pas, il se borne à rêver. Dans la plupart des situations où il fait montre d'intelligence, le programmeur lui aura injecté une connaissance toute faite, en court-circuitant ainsi tout le processus d'apprentissage qui, chez l'homme, élabore cette connaissance, petit à petit, en l'installant et l'organisant

graduellement en fonction des expériences et du soutien indispensable que cette connaissance apporte à celles-ci.

Les chapitres suivant montreront qu'il y a, là encore, une disposition propre à l'ordinateur d'être intelligent, inspiré mais suffisamment détaché du modèle humain. Ils montreront qu'une intelligence sans corps, une intelligence sans monde, une intelligence flottant dans un éther de pure rationalité, une intelligence faite d'inférences syntaxiques que seul l'utilisateur humain peut enrichir de sens, est ce à quoi l'ordinateur se prête le mieux. Aujourd'hui et pour longtemps encore... Nous allons détailler par la suite ces différentes manières informatiques de se sortir de postures problématiques, en décrivant l'ordinateur dans de nombreuses situations dans lesquelles les hommes ont l'habitude de se trouver. Le registre de situations rencontrées sera vaste et varié : du raisonnement aux jeux de société en passant par le restaurant, la conduite automobile ou l'habileté manuelle. Les différents ingrédients algorithmiques responsables des compétences informatiques seront présentés brièvement, mettant l'accent sur les principes fondamentaux : système à base de règles, représentation des connaissances, graphe de résolution, arbre de décision, réseaux de neurones, logique floue, algorithme génétique, suffisant à comprendre la ou les raisons qui expliquent comment et pourquoi l'ordinateur se tire avec succès de ces situations. Nous verrons aussi que certaines associations, certains mélanges réussis entre ces ingrédients, contribuent à augmenter davantage encore le QI de nos machines, à l'instar de l'apprentissage qui peut se greffer sur tout le reste. Il existe aujourd'hui de nombreux ouvrages, soit de psychologie soit de neurologie qui cherchent à expliquer simplement le fonctionnement et les bases cérébrales de notre intelligence. Il m'a semblé qu'il en existait moins ou moins accessibles qui cherchent à expliquer tout aussi simplement les bases logicielles de l'intelligence de notre alter ego informatique. Je souhaite que les pages qui suivent permettent de combler ce vide. Bien qu'adepte de la première