

par méconnaissance des possibilités d'innovation. Quel énarque aurait pensé aux traitements des images par l'informatique ?

Les machines actuelles multimédia fonctionnent parce qu'un ordinateur peut calculer 50 millions de cosinus par seconde et ainsi calculer une image avec tous les éclairages et la puissance du traitement est telle qu'on ne distingue plus les images virtuelles des images réelles. Actuellement, aux États-Unis, on vend autant d'ordinateurs que de téléviseurs, ce qui montre la concurrence du virtuel calculé et du réel.

Il y a eu d'autres effets inattendus de la révolution informatique. Ainsi l'horlogerie. Il y a 25 ans les professionnels pensaient : « Il n'est pas possible de réaliser des petites montres-bracelets autrement que par les dispositifs traditionnels, les montres en mécanique à échappement ». La disparition partielle du métier d'horloger était complètement inattendue dix ans avant qu'elle se produise. Des quantités de métiers disparaissent ou sont profondément modifiés par l'emploi d'un microprocesseur. Même la musique : le terme de musique techno est significatif. Il est assez ridicule de dire c'est bien ou c'est mal. Nous vivons une révolution : l'essentiel est de la comprendre.

LE MATHÉMATICIEN ET L'INFORMATICIEN

Les scientifiques étaient-ils armés pour prévoir ce qui allait se passer ? Les mathématiciens, qui auraient dû être intéressés au premier chef, n'ont rien vu venir, à part quelques exceptions. Ils ne voulaient pas entendre parler de ces machines calculantes. J'ai des amis, mathématiciens

de très haut niveau, qui n'ont jamais touché un ordinateur autrement que pour faire du traitement de texte. Pour eux, l'utilisation de l'informatique était une humiliation. Pourquoi ? Peut-être parce que les mathématiciens se préoccupent essentiellement de l'infini et que l'ordinateur, pensaient-ils, ne fera jamais qu'un calcul fini. Il se trouve toutefois qu'entre les pratiques des mathématiciens concernant l'infini et les algorithmes des informaticiens, les liens sont plus profonds qu'on ne pouvait le croire.

Avec un calcul fini, un algorithme, Euclide a démontré qu'il y a un nombre infini de nombres premiers. Euclide suppose qu'il existe un plus grand nombre premier p . Il construit alors le produit des nombres premiers inférieurs à p auquel il ajoute 1. Ce nombre est soit premier, et alors plus grand que p , ou est divisible par un nombre premier supérieur à p . Donc pour tout nombre premier, il en existe un qui est plus grand et le mathématicien tout réjoui énonce : l'ensemble des nombres premiers est infini. Avec un raisonnement court, fini, il est parvenu à un résultat infini. Cette stratégie s'appelle la récurrence ou plutôt, chez les informaticiens, la récursivité.

Pour passer du fini à l'infini, l'informaticien transforme une donnée en variable. Prenons un exemple tout à fait différent, le jeu des chiffres et des lettres. On donne des chiffres et six plaques sur lesquelles est écrit 50, 9, 3, 100, 25 et 4 ; avec les quatre opérations, l'addition, la soustraction, la multiplication et la division quand elle tombe juste, il faut obtenir un certain résultat, ici 531. Peut-on écrire un programme informatique qui résolve ce problème ? Nous souhaitons

traiter ce problème par récursivité, mais récursivité sur quoi ? Rien ne bouge ! Alors là, il faut faire un acte de création, imaginer une règle infinie qui contiendra cette règle finie. On suppose tout simplement que le nombre des plaques est une variable dénommée p . Si nous savons résoudre le problème avec p plaques, nous saurons très bien résoudre le problème avec $p + 1$ plaques. Autrement dit, pour résoudre le problème à p plaques, il suffira de résoudre le problème à $p - 1$ plaques, pour résoudre le problème à $p - 1$ plaques, on examine le problème à $p - 2$ plaques, etc.

Autrement dit, dans le jeu des chiffres et des lettres, le programme prend deux plaques et il les remplace par une seule, mais cette plaque est une variable dont la valeur peut prendre tous les résultats des quatre opérations sur les couples de nombres des deux plaques. La démarche consiste ainsi à ramener le problème à p plaques à beaucoup de problèmes à $p - 1$ plaques. Et la machine continue ainsi en diminuant le nombre des plaques. Pour chaque opération, elle compare le résultat obtenu avec 531 et s'arrête quand elle a une coïncidence. Si elle n'a pas de coïncidence après avoir examiné toutes les possibilités, le problème est impossible.

Pour résoudre un problème fini d'informatique, la bonne méthode de programmation consiste à l'envisager comme un problème infini. Les mathématiciens ne se rendaient pas compte que les informaticiens adoptaient la même tactique qu'eux : transformer un nombre en une variable, ce qui revient à faire un détour vers l'infini. Quand on vous raconte la règle du jeu, vous entendez le nombre

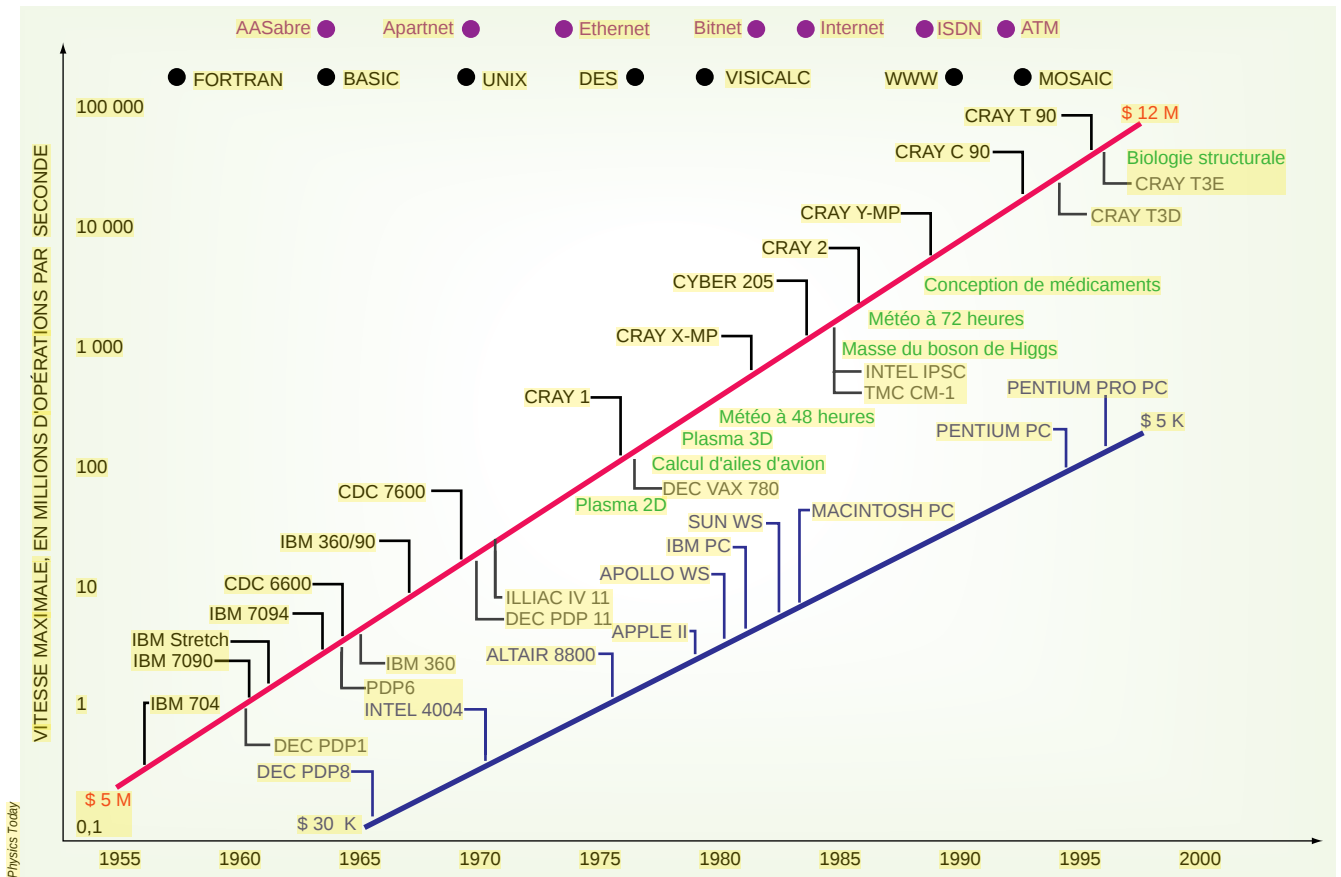


DR

Il dit que notre intelligence est réelle, et que la nôtre est artificielle...



Derrière tout grand homme, il y a un grand ordinateur...



Évolution de l'informatique depuis 1955. On a distingué les performances des grands ordinateurs et des ordinateurs personnels.

6, mais vous savez que ce n'est pas très important. Vous savez déjà que ce nombre pourrait être variable et la récursivité fait ainsi partie de notre pensée. La démarche utilisée est proche de celle d'Euclide pour démontrer qu'il y a un nombre infini de nombres premiers.

Dans l'exemple que je vous ai donné, la solution relativement difficile à trouver est la suivante : on commence par multiplier 50 par 100, on trouve 5 000, on ajoute 4, on obtient 5 004. On divise par 9, ce qui donne 556, et, ô merveille, 556 moins 25, est égal à 531, le résultat cherché.

LA MACHINE DÉVOILE NOTRE PENSÉE

Ce qui est inattendu, c'est que le dialogue homme-machine nous renseigne sur notre façon de penser. Et sur une nouvelle manière de concevoir certaines démonstrations de théorèmes. Ainsi, des mathématiciens ont utilisé l'informatique pour démontrer des théorèmes, le théorème des quatre couleurs par exemple. Alors l'aide de l'informatique est précieuse, si elle est bien employée. Il me semble que le mathématicien doit interroger lui-même la machine, c'est-à-dire programmer son problème, sans laisser ce soin

à d'autres. S'il laisse la programmation à un programmeur, il se crée deux espèces d'individus, les uns qui savent une chose et les autres qui en savent une autre, et c'est très dangereux pour l'avenir de l'humanité. Il est infiniment préférable et plus efficace que les scientifiques connaissent les deux approches pour les faire progresser en synergie.

D'autres progrès décisifs dans l'utilisation de l'informatique ont été les icônes et les fenêtres. On croit trop souvent que c'est Apple qui a inventé ces possibilités de conversation, en fait ce sont des ingénieurs de la Société Rank Xerox qui désiraient classer des documents. Les relations homme-machine s'amélioreront encore avec les machines à reconnaissance vocale et à reconnaissance de caractère. Personne n'avait prévu ces moyens de conversation : ils cachent à l'utilisateur le fait qu'il y a un calcul derrière.

La reconnaissance des caractères introduit de nouvelles techniques de programmation utilisant des réseaux de neurones. Dans cette technique, le programme doit être éduqué. Il demande à Monsieur Dupont, son acquéreur, d'écrire quelques phrases. Le programme examine cette information, et au bout d'un certain temps la machine sait lire l'écriture de M. Dupont. Jamais le programmeur

n'a dit : il y a des 0, des courbes fermées, des points sur les *i*. Il a dit à la machine, éduquez-vous vous-même et la façon dont elle s'éduque c'est son affaire, ce qui importe c'est qu'elle obtienne les résultats analogues aux nôtres. Nous réfléchissons sans savoir comment notre cerveau travaille, et ces programmes font de même. Nous ne savons pas, ni sous quelle forme, ni comment ils ont mémorisé l'information.

Des travaux de ce genre sont à l'origine de ce qu'on appelle les neurosciences, les sciences cognitives. Évidemment neurosciences, sciences cognitives, c'est un peu ronflant, et parfois le refuge des farfelus. Je pense néanmoins que c'est une discipline riche de promesses.

Les machines nous enseignent des aspects de notre propre pensée, et c'est cela qui était inattendu...

Jean-Marie SOURIAU est mathématicien, physicien et cosmologiste, professeur émérite à l'Université de Provence.

Ce texte est une transcription du débat enregistré, avec Émile Noël, au Palais de la Découverte. Ce débat sera diffusé sur France Culture le 5 février 1997, à 9h05.