

Les Introuvables en langue française de H.A.Simon .(Document n° 7)

Herbert A. SIMON
 Université Carnegie-Mellon, Pittsburgh

Les Nouvelles sciences :
Comprendre les sciences de l'artificiel

Texte de sa Conférence aux « Débats de l' AFCET »

Paris, Maison des Ingénieurs et Scientifiques de France, 6 février 1984

Après sa participation au Séminaire de la Grande Motte, fin janvier 1984 (cf. les introuvables n° 2 & 3), H A Simon fut convié à donner plusieurs conférences à Paris. Notamment aux « Débats de l' AFCET », organisé exceptionnellement avec la concours du Collège international de philosophie, et du CNRS. Les actes de cette Conférence – Débat du 6 février 1984 furent édités peu après par l' AFCET (présidée alors par J. P. de Blasis) sous la forme d'une plaquette depuis longtemps épuisée. Cette pièce rare a sa place dans les introuvables de H Simon en langue française. Outre son intérêt historique (« 20 ans après), elle a le mérite de mettre en perspective la naissance des « sciences de l'artificiel », dont on peut dire qu'elles sont au fond les plus naturelles des sciences, dès lors que nous leur demandons de nous aider à réfléchir et à comprendre plutôt qu'à calculer et à prédire. La thèse de l'inséparabilité pragmatique de la syntaxe et de la sémantique dans tout traitement de l'information va prendre ici toute sa force.

On a conservé la forme orale (traduite de l'anglais) de cette conférence, et on a pu retrouver le script des réponses de H Simon aux questions qui suivirent ce débat. On verra que, pour l'essentiel, ce texte rédigé avant le prodigieux développement des micro ordinateurs et de l'Internet comme avant la chute du mur de Berlin, reste d'une remarquable pertinence pour enrichir notre Intelligence collective de la complexité.

(JLM, aout 2003)

1. Les origines du Traitement de l'Information en tant que science.

Je voudrais tout d'abord rappeler l'histoire des événements qui ont conduits à la reconnaissance de nouvelles formes de sciences, les nouvelles disciplines, dont voudrais parler aujourd'hui.

Nous savons qu'une grande partie de la puissance des Sciences Naturelles vient de la possibilité qu'elles offrent d'isoler le comportement et d'analyser des sous-systèmes assez petits; de prendre un tout petit morceau de nature. et de l'étudier. Comme les phénomènes naturels sont organisés de façon hiérarchisée, on peut sélectionner des morceaux de nature au niveau des planètes, au niveau des atomes, et les étudier en utilisant des méthodes expérimentales puissantes. Les sciences dont nous parlerons aujourd'hui sont telles que ces méthodes sont utilisées aussi pour comprendre d'autres phénomènes très importants, tout particulièrement le phénomène que j'appellerai, en utilisant une métaphore, celui de l'Artificiel.

Je veux parler de systèmes qui s'adaptent à leur environnement extérieur dans les limites imposées par les contraintes de leurs propres structures sous-jacentes.

Cette idée était, je crois, déjà parmi nous en biologie au cours du siècle dernier, peut-être même avant en France; Vous connaissez tous Claude BERNARD bien sûr: Elle est à l'origine du concept de systèmes qui s'auto équilibrent grâce à des mécanismes puissants qui les conservent dans un état d'équilibre, ou qui les ramènent à l'équilibre si nécessaire. Les précurseurs de ces nouvelles sciences sont d'une part les débuts de la logique symbolique au cours du siècle dernier, associés au nom de BOOLE, du mathématicien PEANO, de bien d'autres encore, trop nombreux pour être cités. La logique nous a amené à considérer les processus de la pensée comme étant des mécanismes qui pouvaient être étudiés de façon très formelle, très rigoureuse, par des méthodes scientifiques. BOOLE avait appelé l'un de ses livres principaux "les lois de la pensée", indiquant ainsi qu'il voyait un lien entre la formulation de la logique et une compréhension plus profonde. de la façon dont pense l'homme.

Au cours de la deuxième guerre mondiale pour analyser les opérations, les alliés ont fait appel à des scientifiques, des statisticiens, qui ont adapté les méthodes de la science naturelle et de la statistique pour les appliquer aux systèmes militaires et sociaux, structurés, complexes. C'est ce qui a donné naissance, immédiatement après la deuxième guerre mondiale, à la Recherche Opérationnelle et aux sciences du management ou de la gestion.

Ce qui fut particulièrement remarquable, et nouveau. en ce qui concerne la recherche opérationnelle, ce fut le développement de nouvelles techniques. La programmation linéaire en est un exemple: Il peut exister des nouvelles méthodes analytiques permettant de traiter un très grand nombre de variables ; Je suppose que l'on pourrait trouver des programmes linéaires, prenant en compte des dizaines de milliers d'inégalités linéaires ou de variables. Voici donc le départ d'une technique qui est absolument typique des sciences naturelles, où nous avons des

petits systèmes qui sont isolés pour une étude, et auxquels on substitue des techniques puissantes pour accéder à des systèmes complexes contenant un nombre de variables très important.

Je crois que ces développements n'auraient pas été très loin ,si très heureusement, on n'avait pas inventé l'ordinateur. Il y a des programmes linéaires, que l'on peut résoudre sur un calepin avec un petit crayon, mais ce ne sont pas des "grands" problèmes. En pratique avec ces outils, avec l'ordinateur, on avait le sentiment que l'on avait là tout un nouvel éventail de programmes scientifiques et d'applications qui pouvaient être traités. Ce sentiment est du au fait que, non seulement on disposait de la théorie de la computation et du calcul, mais que l'on disposait aussi d'une machine de computation qui permettait à cette théorie de s'appliquer à ces très grands systèmes: C'est la différence si vous voulez, entre mettre l'accent sur la calculabilité théorique que l'on peut atteindre si l'on a un temps infini et la calculabilité pratique en une période de temps qui ne soit pas déraisonnable par rapport à la vie humaine et à la vitesse avec laquelle les hommes doivent prendre leurs décisions et faire leur travail. Et ainsi nous en sommes arrivés avec l'ordinateur à l'analyse numérique, à la simulation et au calcul avec les très grandes possibilités de la programmation linéaire et à d'autres outils des sciences de gestion.

Très peu de temps après la deuxième guerre mondiale, un certain nombre de nouvelles idées ont commencé à être d'actualité. On a commencé à voir le lien, l'interaction, entre ces différentes idées. Des personnes comme Alan Turing en Angleterre, qui est certainement un des grands pionniers ou comme le mathématicien Norbert WIENER, voyaient trois choses:

- d'abord la théorie du contrôle par "feedback" qui avait été développée pendant la deuxième guerre mondiale et qui provenait de l'observation des organismes vivants;

- puis là théorie de l'information, découverte par Claude SHANNON et Norbert WIENER et d'autres, mais surtout ceux-là. La théorie de l'information qui, comme la logique, commençait à nous dire que les idées, ou au moins les symboles qui transmettent les idées, pourraient, d'une certaine façon limitée, être mesurés, et qu'une théorie de ces mesures pourrait être mise au point. On en reparlera tout il. l'heure.

- troisième élément, l'ordinateur n'est pas simplement considéré comme une grosse machine qui produirait des tas de chiffres, mais une machine qui pouvait être considérée comme faisant partie de cette révolution des capacités humaines pour traiter les informations se présentant sous forme de symboles, et pour contrôler de grands systèmes très complexes. Nous avons commencé alors à entendre parler de cybernétique. Elle a été mise au point par Norbert WIENER. Cette collection un petit peu disparate d'idées fut appelée "théorie des systèmes". Je

ne crois pas que nous ayons à nous demander s'il y a une entité vraiment bien déterminée de la théorie des systèmes, ni de la théorie du calcul, ni de la théorie des mécanismes, ni de la théorie d'autre chose. Il s'agissait, si vous voulez, d'une fédération d'idées qui rassemblées, illuminaient d'autres théories, lesquelles à leur tour jetaient un éclairage nouveau sur les premières

Donc pendant la période 1945 à 1955 et peut-être un petit peu au-delà, eut lieu un foisonnement de tous les éléments dont j'ai parlé sous l'étiquette des théories du contrôle et de la cybernétique. Un certain nombre d'applications très importantes pour les affaires de l'humanité et aussi des spéculations particulièrement intéressantes en résultèrent. Par exemple, on construisit des petites tortues mécaniques pouvant se promener et qui, lorsque leur batterie était à plat, pouvaient aller rechercher une prise électrique pour recharger leurs accus afin de pouvoir ensuite continuer à se promener. A l'époque, on commençait à parler de réseaux neuronaux et on en cherchait des théories sous forme de l'algèbre booléenne. C'était le début de la réflexion sur la nature du cerveau sans cet énorme fossé entre l'esprit et la matière. On se demandait, en fait, comment des objets matériels, comme ces tortues, comme un réseau de commutation, pouvaient se conduire de façon raisonnée, et comment à partir de là on pourrait expliquer certaines des caractéristiques du raisonnement.

C'était, si vous voulez, la première synthèse, la synthèse cybernétique. Elle fut rapidement suivie par une deuxième synthèse que j'appellerai: la synthèse du traitement de l'information. Et là encore, je dirai que nous considérons cette synthèse comme étant une fédération d'idées; le "traitement de l'information" va permettre à des personnes de disciplines très différentes d'échanger des idées, d'écouler des idées au-delà de ce que l'on considère comme les frontières rigides des disciplines traditionnelles ; et je crois que le traitement de l'information a quelquefois fait des miracles par cette fonction là.

Il faut ici mettre en lumière une différence fondamentale entre la théorie de l'information et le traitement de l'information que l'on a tendance à confondre.

La théorie de l'information, c'est simplement une syntaxe portant sur des symboles. On s'intéresse à la quantité d'informations qui peuvent être envoyées sur une ligne téléphonique sans s'intéresser à la nature du message.

Lorsqu'on parle du traitement de l'information, l'on s'intéresse également à la sémantique, c'est-à-dire au sens porté par les messages. Donc c'est en établissant la distinction entre sémantique et syntaxe de l'information qu'on établit la différence entre le traitement et la théorie de l'information; Ce faisant on met en lumière une propriété des ordinateurs qui était toujours présente, mais l'on ne reconnaissait pas toujours, à savoir que les ordinateurs sont

capables de faire beaucoup plus que la simple arithmétique. Un ordinateur doit pouvoir construire des structures, qui peuvent multiplier, diviser, additionner ; Il doit pouvoir comparer des nombres, les manipuler; Mais il doit également pouvoir traiter des symboles qui ne sont pas des nombres et notamment ses propres commandes. On pourrait généraliser cette idée en disant que les ordinateurs ont la capacité de pouvoir comprendre des symboles porteurs de sens. Autrement dit des symboles qui expriment un langage.

Sii l'on considère cette propriété de l'ordinateur on commence à se demander si il ne serait pas capable de faire autre chose que de la simple arithmétique. Ne serait-il pas capable de simuler certains des mécanismes de la pensée humaine? A savoir le langage, le traitement des images, ou tout ce qui est fait par les êtres humains lorsqu'ils pensent. Mais bien plus, ne peut-on se demander si les ordinateurs imitant les êtres humains ne pourraient pas également faire preuve d'intelligence et effectuer toutes sortes de fonctions dont normalement s'occupent les êtres humains et qui sont considérées comme intelligentes

Cette idée du traitement de l'information effectué par l'ordinateur est apparue au milieu des années 1950. C'est elle qui a conduit à la "science de la cognition". On s'est alors rendu compte que les êtres humains pouvaient considérer les programmes informatiques pour mieux comprendre les mécanismes de la pensée: C'est là que l'intelligence artificielle a fait ses débuts. On se sert aussi de l'ordinateur pour augmenter la puissance de réflexion de l'être humain pour faire des choses que l'être humain n'était pas capable de faire avec sa propre intelligence. Mais alors jusqu'où l'ordinateur peut-il aller ? Non seulement par exemple pour comprendre le langage informatique, mais également le langage naturel. le langage normal comme le français, l'anglais ou le chinois?

L'accent est donc mis maintenant sur autre chose. On ne s'intéresse plus tout bonnement à la cybernétique ou aux systèmes à proprement parler, mais à des systèmes que l'on imaginait jusqu'alors ultra-complexes, les systèmes qui étaient censés imiter les mécanismes de la pensée. Peut-être est-ce là une preuve de l'orgueil humain que d'avoir pensé que notre esprit était ultra-complexe. J'y reviendrai un peu plus tard.

Ainsi, et je crois que cela fait également partie de la seconde synthèse, on s'intéresse aux systèmes intelligents c'est-à-dire à des systèmes qui sont capables de faire des choses qui nécessitent de l'intelligence, mais qui également imitent l'être humain pour ce qui est du traitement de l'information.

Les résultats des recherches en Sciences de la cognition

Maintenant, je voudrais parler de ce que l'on pourrait qualifier de: « résultats », obtenus en la matière au cours des 30 années qui se sont écoulées depuis le début de cette science. Je voudrais ensuite parler des perspectives d'avenir ; Je voudrais dire enfin ce que je pense de l'impact sur notre société.

A partir de ces recherches il apparaît aujourd'hui que nous comprenons relativement bien la façon dont les êtres humains sont capables de résoudre les problèmes, les problèmes difficiles: Ceux que rencontrent les ingénieurs, les professeurs, ou encore ceux que doivent résoudre les étudiants pour obtenir leur diplôme universitaire. Nous savons le genre de traitement de symboles auquel ils donnent lieu. Nous connaissons également les mécanismes de réflexion qui partant de la fin à atteindre reviennent jusqu'aux moyens pour y parvenir. Ces systèmes, nous les comprenons, et je crois que leur compréhension nous permet de programmer les ordinateurs et d'établir des comparaisons entre, d'une part, la suite d'opérations accomplies par un programme informatique, et d'autre part, celles accomplies par l'être humain qui rencontre le problème. Je crois que nous avons appris des choses fondamentales sur le mécanisme de la pensée, même s'il y a encore bien des choses que nous ne savons pas.

Ensuite, je crois que nous avons des façons de savoir un peu comment le langage humain se forme, et comment il est compris. Je ne parle pas seulement de la syntaxe et de la grammaire. Je parle également d'autre chose; Nous avons des programmes informatiques qui peuvent lire et comprendre des textes relativement simples bien sûr.

Comment le sens est-il compris?

Eh bien. laissez-moi vous donner un exemple :

Il y a un système qui s'appelle ISAAC, baptisé d'après Isaac NEWTON bien sûr. Ce programme peut lire les problèmes qui se trouvent à la fin d'un chapitre d'un manuel scolaire de physique. Le programme peut donner une description du problème: par exemple il y a un homme qui se trouve sur une échelle, dans une pièce; l'échelle forme des angles avec le mur, le sol, etc. Le programme est capable de comprendre les données, et de ce fait, il est capable de construire dans sa propre mémoire une image de la scène en question ; Il peut ensuite non seulement résoudre le problème, mais aussi transmettre cette image sur un écran.

Aujourd'hui, nous savons également comment sont traitées les données dans la mémoire de l'être humain. L'exemple le plus courant est celui des jeux d'échecs. A partir des systèmes relativement

simples, nous pouvons construire des systèmes plus évolués, dits experts. Par exemple, nous savons que personne ne peut devenir expert en échecs, ou en diagnostic médical, avant d'être capable de reconnaître dans ces domaines environ 50 000 configurations ou formes organisées qui lui sont déjà connues. Un joueur d'échecs doit donc pouvoir reconnaître 50 000 configurations qui lui disent que faire à partir de chacune d'entre elles. Rappelez-vous ce nombre de 50 000 formes organisées. C'est un nombre considérable. Certains prétendent même qu'il faut, en fait, en connaître 100 000.

Actuellement, nous commençons à nous pencher sur les mécanismes d'apprentissage de l'être humain. Nous découvrons comment l'être humain peut apprendre, non seulement en écoutant les instructions qu'il reçoit ou en les mémorisant, donc en apprenant par cœur des choses, mais également quel processus d'apprentissage à proprement parler il utilise.

Les applications de l'Intelligence Artificielle

Maintenant, je voudrais me tourner vers le côté des "application de ces sciences".

Je parlais jusqu'ici de la nouvelle synthèse, c'est-à-dire la Science de la Cognition ou même de la psychologie cognitive. Je voudrais plutôt ici vous parler de l'Intelligence Artificielle.

Les deux disciplines ont travaillé conjointement au cours de ces années. Nous avons des programmes informatiques qui ne ressemblaient certes pas aux mécanismes de la pensée humaine, mais il y a quand même des points communs. Nous avons remarqué que les ordinateurs pouvaient tirer des leçons des mécanismes de la pensée humaine, et vice versa. Nous pouvons alors nous inspirer aussi du fonctionnement d'un ordinateur pour résoudre nous-mêmes des problèmes

Les Systèmes Experts

Pour en revenir aux applications, on parle beaucoup ces temps-ci de systèmes dits "experts", et je suis sûr qu'on en parle également beaucoup en France. Il ne s'agit pas simplement de simuler des mécanismes de la pensée humaine, mais également des systèmes qui permettent d'établir des diagnostics médicaux, des systèmes qui peuvent analyser des spectrographes de masse, des systèmes qui permettent de prendre des commandes médicales, des systèmes qui sont capables d'interpréter des informations et de pouvoir prévoir l'endroit où se trouveront des matières précieuses dans le sol. Nous sommes capables d'avoir de tels systèmes qui fonctionnent

assez rapidement, et qui peuvent remplir des fonctions qu'un professionnel normalement serait chargé de faire.

Bien entendu, je ne veux pas exagérer le nombre de systèmes de qui -existent, qui ont donc des applications pratiques, mais ces systèmes ont commencé à voir le jour depuis deux ou trois ans. Déjà nous avons un certain nombre d'exemples qui montrent que l'on peut écrire un programme informatique qui aurait une connaissance médicale suffisante pour qu'il soit utile de faire appel à l'ordinateur au cas où le médecin lui-même ne serait pas capable d'établir un diagnostic. Je ne dis pas que l'ordinateur aura toujours raison, et le médecin toujours tort, mais je ne dis pas non plus que ce soit toujours le contraire.

Robotique

Le nouveau sujet d'aujourd'hui. c'est la robotique, c'est-à-dire l'idée selon laquelle on peut se servir des mécanismes de l'intelligence artificielle pour créer des robots ayant des organes sensoriels, c'est-à-dire des moyens de capter l'information. On parle d'un robot qui aurait des yeux qui voient mieux, des mains qui tiennent mieux. Pour cela il faut qu'il ait un cerveau qui comprenne mieux. Je crois savoir qu'il y a eu des nouveautés fascinantes qui nous inquiètent aux Etats-Unis, et je crois que l'on observe les mêmes phénomènes en France. On voit des robots dans des usines au Japon qui sont capables d'exécuter certaines tâches et qui disposent d'un minimum d'intelligence. Ils se servent essentiellement de méthodes d'ingénierie classique, bien entendu, ce sont des méthodes qui existaient par passé qui ont été raffinées.

Mais pour vraiment développer ces robots à un stade ultérieur, il faudra faire intervenir l'intelligence artificielle. D'abord, il faut nous rendre compte que nous en sommes encore aux balbutiements de la création artificielle d'organes sensations figuratives, c'est-à-dire de reconnaître des objets, de savoir où ils sont, etc. Nous savons très très peu de choses à ce sujet, et nous en savons certainement moins que nous en savons sur les mécanisme de la pensée.

Les mains, les oreilles, la vue. et l'ouïe même. sont des choses que nous utilisons depuis un milliard d'années, et ces sens si utilisés sont aussi évolués qu'il y a un milliard d'années. Par contre, le cerveau humain a évolué depuis seulement deux millions d'années; On peut comprendre qu'en fait il est plus facile d'imiter le cerveau humain que d'imiter l'œil et l'ouïe. De ce fait, il n'est pas étonnant de voir que les produits artificiels sont bien plus capables de jouer aux échecs, que par exemple de piloter un bulldozer.

Ce deuxième but est bien plus ambitieux, et je crois que c'est vers là que devrait se tourner aujourd'hui l'intelligence artificielle

Les systèmes de communication

Je voudrais vous parler d'un autre aspect de cette question dont je n'ai pas encore parlé, qui pourtant y est très lié. C'est le lien qui existe entre la communication et le traitement de l'information. Au cours des cinq dernières années ont été établis des réseaux informatiques de plus en plus vastes, dont les nœuds peuvent être des êtres humains ou des ordinateurs ou les deux. Au cours des cinq dernières années ont été établis des réseaux informatiques de plus en plus vastes dont pôles peuvent être des êtres humains ou des ordinateurs ou les deux.

On construit d'énormes réseaux dans le cadre d'entreprises et le cadre d'universités; Par exemple dans notre université, nous disposerons d'un tel réseau dans quelques années, et dans ce réseau qu'est-ce que nous avons ? Nous avons des étudiants qui peuvent se relier au corps enseignant. Et comment y sont-ils reliés ? Par le biais d'ordinateurs.

Maintenant ces ordinateurs sont bien sûr très différents des calculatrices portatives. Dans un tel réseau informatique, l'étudiant aura directement accès à toutes les autres personnes faisant partie du campus, il aura accès à des banques de données, et donc, il entrera dans un nouveau régime de communications considérables.

Donc, nous avons des réseaux informatiques qui sont intelligents parce qu'ils disposent de beaucoup de composants intelligents et nous avons donc le début de communication avec l'ordinateur, et d'ordinateurs à ordinateurs.

Lorsque l'on crée un tel système. la première chose à faire est de voir quels sont les problèmes, les pierres d'achoppement. Quels sont donc les obstacles importants que le système devra surmonter. Une fois que le système saura surmonter ces obstacles. il sera ensuite capable de s'occuper de moindres obstacles, mais il faut commencer par les obstacles les plus importants.

Quels sont les grands obstacles lorsqu'il s'agit de construire un réseau informatique dans le cadre d'une partie de notre société, ou dans le cadre de toute la société. Je crois que l'obstacle fondamental n'est pas l'information. Nous disposons suffisamment d'informations. Elles sont en quantités absolument illimitées, et ce à des prix extrêmement faibles; Bien souvent cette

information n'a guère de valeur, mais il est indiscutable que les prix sont très faibles. Ce qu'il nous faut faire, ce n'est pas accumuler l'information, mais concentrer l'attention humaine.

Nous disposons de trop d'informations, nous ne sommes pas capables de concentrer notre attention sur toutes les informations dont nous disposons. Lorsque l'on crée un réseau informatique dans une entreprise ou dans une université, la première chose à faire ce n'est pas se demander combien d'informations l'ordinateur peut traiter. La question est de savoir quelle est sa capacité de filtrage et d'analyse des informations. Il faut savoir dans quelle mesure l'ordinateur est capable de réduire les contraintes qu'il impose à l'homme. Car l'homme après tout est celui qui doit finalement se tourner vers toutes les informations que lui donne l'ordinateur.

L'un des héros des Etats-Unis était le Président Abraham LINCOLN qui est né dans une petite baraque en bois. Il devait se marcher pendant des kilomètres pour emprunter un livre, et vous voyez que, à l'époque, l'information était une chose très rare. Abraham LINCOLN avait donc un problème de pénurie d'informations! Ce n'est pas un problème que nous connaissons aujourd'hui. Nous en sommes au point où nous avons trop de livres. Je ne veux bien sûr pas parler de brûler des livres parce que cela rappelle mauvais souvenirs, mais il faut que nous apprenions à ignorer une grande partie de l'information, à nous mettre en garde contre cette marée d'informations, et il faut que nous apprenions à les filtrer.

Comment le faire?

Eh bien, en se servant de notre intelligence, et justement le problème est là. L'intelligence elle-même, est rare. Il y a une pénurie d'intelligence. Comment combler cette pénurie recours à l'intelligence artificielle, celle des ordinateurs.

Comment faire cela?

Eh bien, il faut augmenter l'efficacité de l'ordinateur ! En améliorant l'efficacité des ordinateurs nous pourrions améliorer ses capacités d'intelligence. Il faut créer des réseaux de communications qui permettent d'équilibrer la communication de l'information avec l'enregistrement de l'information et l'analyse de l'information.

Il s'agit donc d'un nouveau monde dans lequel il faut que nous sachions ce que nous entendons par la "connaissance" de quelque chose. Est-ce que cela veut dire : je sais quelque chose lorsque quelque chose se trouve dans ma tête ? Ou bien est-ce que cela veut dire : Je sais où se trouve le livre qui contient l'information que je recherche" ?

Demain, la connaissance d'une information ne signifiera pas simplement que cette information se trouve dans un livre ou dans l'esprit d'une personne mais dans un endroit auquel on a accès. Si je sais que mon ami Dupont dispose d'une information qui m'est importante, je n'ai qu'à lui téléphoner, et il me communiquera l'information. Autrement dit, l'information des autres, cela fait partie de mon information. L'ensemble des informations constitue donc une immense encyclopédie universelle pour ainsi dire, c'est-à-dire l'ensemble de tous les esprits humains et de toutes les banques de données¹.

Les conséquences sociales de l'informatisation

Partout où je vais aujourd'hui, je me rends compte que l'homme parle beaucoup du traitement de l'information. On parle beaucoup d'ordinateurs, de réseaux informatiques, de leur impact sur notre vie, sur notre société. Et je voudrais vous faire part de certains de mes pressentiments.

Nous nous tournons bien sûr vers une boule de cristal, et nous essayons de prédire l'avenir. Je crois que j'ai de bonnes raisons pour avoir une vision de l'avenir, je ne pense pas que je parlerai ici complètement à l'improviste.

D'abord, je ne pense pas que nous vivions dans un monde où le changement se produise à un rythme catastrophique. Un essayiste a publié un livre aux Etats-Unis qui s'appelle "le choc du futur". Bien entendu, c'est un titre alarmant. Mais justement les choses ne changent pas si vite. Bien sûr, pour mes grands-parents, le monde a beaucoup changé, et ils ont connu le choc du changement. Le monde qu'ils avaient connu au début, ressemblait à celui d'Alexandre le Grand, et très rapidement ce monde a évolué pour devenir un monde où évoluent justement les avions et les ordinateurs

Là c'était le choc du futur ! Mais la plupart de nos parents et grands parents sont morts sains d'esprit, ils ont survécu à ce choc ! Et même certains d'entre eux ont trouvé que ce choc était très intéressant. Evidemment cela les amusait aussi de s'en plaindre, mais ils ont quand même subi ce changement.

¹ Note de JLM , aout 2003. Je crois utile de renvoyer ici à un article récent de Jacques Pitrat intitulé « Herber Simon et le méta », publié dans le volume 16 – n° 1-2/2992 de la RIA, p. 87-99. Il synthétise les arguments souvent développés par H Simon pour souligner l'importance de ce que J.Pitrat appelle de façon imagée, 'le travail au niveau Méta '.

Nos changements sont aussi des changements importants, mais ils sont pas aussi perturbant que ce changement d'une société totalement agricole (qui a duré pendant des milliers d'années) en un monde industriel. Nous voyons ce changement se produire encore dans le Tiers Monde, et les gens s'en accommodent plus ou moins bien d'ailleurs.

Dans l'ensemble, ces changements dans le monde d'aujourd'hui me paraissent à moi assez modérés. La raison pour laquelle ils sont modérés, c'est parce qu'ils sont limités par le taux d'investissement. Par exemple on ne peut pas avoir des ordinateurs en claquant les doigts. L'informatisation de notre société nécessite l'utilisation d'une grande partie des investissements nationaux, car il faut acheter de grands systèmes et d'autres équipements très vastes. Et puis il y a aussi les progrès du logiciel. Cela ne progresse pas rapidement. Ces grandes boîtes ne nous aurons pendant longtemps servi bêtement que de machines à compter, parce que nous n'avons pas le logiciel pour les utiliser de façon intelligente. Je pense donc que ce qu'il faut considérer, lorsqu'on se demande quel est le taux de vitesse de changement, c'est quel est le taux d'investissement dans le matériel, quel est aussi le taux d'investissement dans le logiciel, et quel est le développement de l'intelligence artificielle.

Deuxièmement, je ne crois pas que notre problème soit tellement le problème du chômage. Il y a des problèmes de chômage chez nous comme chez vous. Mais je ne vois pas de raisons de supposer que cela ait le moindre rapport avec le taux d'automatisation de la société. Je crois que cela dépend beaucoup plus de la crise pétrolière, des politiques gouvernementales, du moral du public, du moral de nos milieux d'affaire et de leurs supputations en ce qui concerne l'avenir. Il serait très difficile de prouver que les 10 % de chômage, 10 % ou autres, dans nos sociétés occidentales, aient le moindre rapport avec l'automatisation, ou que cela puisse être réduit en réduisant le taux de croissance de la productivité. N'y a toutes sortes de besoins humains qui n'ont pas encore trouvé satisfaction ? On ne produit pas plus qu'on ne peut utiliser dans la société américaine aujourd'hui, on fait toutes sortes de choix difficiles entre ce qui nous paraît être le besoin militaire et le besoin social, et personne ne cherche à dire que tous ces besoins sont satisfaits à 100 %. Il est donc toujours important pour le monde industrialisé, et encore plus pour le Tiers Monde, que nous continuions à augmenter notre productivité, notre possibilité de satisfaire les besoins humains, et à nous donner les moyens de continuer cet accroissement de productivité qui nous a amenés jusqu'au niveau de confort que nous éprouvons aujourd'hui.

Eh bien, ces moyens, l'intelligence artificielle, les ordinateurs, l'automatisation, sont précisément tout ce dont je viens tout ce dont je viens de vous parler. Nous avons une expérience. Nous avons suffisamment de bureaux d'assurances, de banques. qui sont déjà à un niveau d'automatisation très élevé. Nous avons une expérience de fabrications totalement automatisées où il y a une automatisation très poussée, où l'être humain n'est là que pour s'assurer que le système marche, et pour entretenir le système. Sur la base de cette expérience, nous pouvons dire que l'introduction de ce type d'automatisation, en moyenne, ne change pas de façon dramatique la nature du travail humain.

Il y a des changements bien sûr dans tel ou tel poste de travail, mais les qualités professionnelles qui sont encore nécessaires dans les nouvelles industries là où il y a de l'automatisation, et dans les nouvelles industries de services qui augmentent au fur et à mesure que notre productivité augmente, eh bien ces capacités, l'expérience montre qu'elles ne sont pas très différentes de celles qui étaient jusqu'alors. L'interaction humaine dans le poste de travail, la sociabilité, n'ont guère été changées. Evidemment il y a des exemples dans les deux sens. Lorsque vous automatisez une chaîne de montage, vous pouvez même avoir des relations humaines qui sont meilleures qu'avant. Et il y a d'autres situations où les possibilités d'interaction sociale pourront être réduites par l'informatisation.

Mais des douzaines d'études ont été faites sur les résultats de l'automatisation dans les bureaux et dans l'industrie, on n'a pas pu dans ces études identifier des changements significatifs dans la nature du travail pour un homme au travail. Quand nous utiliserons un petit peu plus les réseaux, il se peut que la communication remplace les transports. Par exemple, au lieu d'avoir des embouteillages dans Paris, chacun sera chez soi, et on pourra communiquer très tranquillement depuis son fauteuil par des vidéo-téléphones avec Pittsburgh. Quelquefois j'ai des doutes pour savoir si cela se fera. Car il me semble que les êtres humains aiment voyager et pas uniquement parce qu'il leur est utile de voyager. Je suis à Paris, c'est quand même plus agréable d'être à Paris que d'être à Pittsburgh. Cela change un petit peu. Les gens aiment bien voyager, même souvent. Ils aiment bien savoir survivre dans les conditions difficiles du voyage. Il est donc difficile de prévoir si la communication remplacera les transports. Les prix de communications vont baisser beaucoup par rapport aux prix du transport. Cela. on peut dire que ça se produira; Mais il est difficile de prévoir dans quelles mesures l'un se substituera à l'autre. Il y aura une certaine substitution. De même qu'il y a déjà beaucoup de personnes qui regardent la télévision au lieu d'aller au théâtre. Je suppose que c'est le cas en France aussi, et pas seulement aux Etats-Unis.

Enfin, nous ne devons pas penser - et je ne crois pas que quiconque ici aurait la tentation de le faire (bien que ce soit une erreur assez facile) - que les ordinateurs soient des boîtes noires avec de la magie à l'intérieur. Souvent les gens disent 'un ordinateur ne peut faire que ce pourquoi il a été programmé'. C'est vrai. Mais quelquefois on ne sait pas ce pourquoi a été programmé l'ordinateur. Et quelquefois on peut le programmer pour faire toutes sortes de choses qu'on ne sait pas faire soi-même. Cela, c'est un côté de l'image. Mais il ne faut pas s'imaginer qu'il s'agit de magie ou de sorcellerie. En particulier, comme les êtres humains, l'ordinateur ne peut résoudre un problème que s'il le comprend.

On aimerait bien avoir des solutions faciles à nos problèmes de politique économique, et on se demande pourquoi les économistes ne peuvent pas se mettre d'accord sur les solutions. Je ne suis pas venu ici pour défendre les économistes; Mais il ne peuvent pas se mettre d'accord parce que nous n'avons pas encore de structures théoriques qui décrivent précisément le système économique. Plus exactement nous n'avons pas de théories économiques bien vérifiées décrivent la façon dont les gens prennent des décisions en cas d'incertitudes.

Comment obtient-on de telles théories? Eh bien comme fait la science, toujours à l'aide de beaucoup d'expériences, de beaucoup de recherches, de beaucoup d'études du comportement humain. Il n'y a pas de sorcellerie là-dedans. Et le fait qu'il y ait des ordinateurs ne va pas nous permettre d'être plus intelligents que nous ne le sommes déjà en ce qui concerne la politique économique! Il y a déjà de grands ordinateurs dans la plupart des pays occidentaux pour faire des prévisions à partir de mauvaises hypothèses, sur les six mois il venir, l'année il venir. Mais cela ne résoudra pas le problème, tant que nous n'aurons pas vraiment de théories vérifiables.

Comment fonctionne une économie sur les ordinateurs ? Les ordinateurs ne pourront nous aider à trouver des théories que s'ils sont aussi intelligents que les êtres humains. Il faudra qu'ils soient programmés pour être plus intelligents que nous ne le sommes aujourd'hui.

La conception humaine de l'être humain

Enfin une dernière observation, Je crois que, par beaucoup de côtés, la répercussion la plus importante du développement que je viens de décrire, peut-être pas pour notre génération, mais au moins pour nos enfants, et soyons prudents, nos petits-enfants, l'effet le plus fondamental de tous, ce sera l'effet sur la façon dont nous nous comprenons nous-mêmes, la façon dont nous comprenons l'homme, la condition humaine, et l'humanité.

Parce que voici quelque chose de vraiment neuf dans le monde. Pour la première fois, nous voyons comment un système physique, comme un ordinateur d'ailleurs, peut manipuler des symboles, c'est-à-dire raisonner et peut résoudre des problèmes, comprendre des symboles; Et nous apprenons comment un système biologique, comme le cerveau humain, avec ses molécules, ses protéines, toutes sortes de structures, nous apprenons à voir comment un système logique de ce genre peut effectuer ce mécanisme que nous appelons la pensée, qui est toujours apparue si mystérieuse, si éthérée, si peu liée à la substance, au protoplasme qui composent notre corps.

Nous commençons à voir quel peut être le lien entre ce cerveau et ce corps. Une première conséquence est que cela diminue un petit peu notre sentiment d'être singulier. Nous ne sommes plus une espèce créée spécialement. Nous pensons tous que, au fond, nous sommes le résultat de l'évolution, comme toutes les autres espèces, selon les théories de Darwin. Mais nous avons toujours imaginé que nous, au moins, on "pensait", avec plus d'intelligence, par plusieurs ordres de grandeur que les autres espèces; Nous sommes l'homo sapiens : l'homme. Nous voyons que nous savons penser, c'est vrai, mais parce que nous sommes un système artificiel qui est construit de matériaux biologiques.

Ce système peut acquérir de nouvelles organisations face à son environnement, par l'apprentissage. Et nous y gagnons. Nous y perdons quelque chose, bien sûr. Nous y perdons évidemment ce sentiment de singularité qui faisait notre fierté. Mais nous y gagnons cette nouvelle conscience que nous faisons partie intégrante de la nature. C'est pourquoi il nous faut trouver un moyen de vivre sur cette planète et dans cet espace, qui soit compatible avec nos natures en tant qu'être humain certes, mais en tant qu'organisme biologique, en tant que système de symboles aussi.

Merci

(Applaudissement)

Notes prises lors du débat avec l'assistance, débat qui suivit la conférence

A partir de la traduction du script des réponses de H A Simon

Voir pages suivantes.

Notes prises lors du débat avec l'assistance, débat qui suivit la conférence

A partir de la traduction du script des réponses de H A Simon

Q. 1. *Question sur les impacts de l'informatisation. Affectent ils les changements des structures ou des comportements ?*

R. 1. J'ai dit que le taux de changement était modeste par certain côté, mais je ne voudrais pas laisser entendre par-là que nous ne devons pas accorder une attention très intelligente et très particulière à la façon dont l'automatisation se fera. Souvent des changements qui sont bénéfiques à la longue ont des effets très maléfiques à court terme, et nous avons besoin de voir cela de très près. Une recherche et permettra de savoir comment réagiront les gens, s'ils réagiront bien, ou s'ils réagiront mal.

Deuxième observation, et vous l'avez dit très justement : De nouvelles connaissances, c'est un petit peu comme une grande pyramide de sable. Il y a un angle de talus naturel. Si vous voulez avoir une pyramide de sable très haute. il faut que la base soit très large. Nous n'aurons pas très rapidement cette pyramide de gens capables d'effectuer les différents traitements de l'information et nous avons déjà vu cela dans plusieurs occasions. En haut de la pyramide se trouveront des personnes très expertes. Et puis ensuite un peu moins expertes, et puis dans le plus grand nombre un peu moins expertes encore. Et ainsi de suite jusqu'à la base où il faut que l'information passe. Il faut que la base soit très grande; Par exemple il n'y a que très peu de personnes dans notre société qui savent concevoir une automobile, il y en a plus qui savent en réparer une. Mais presque tout le monde sait en conduire une.

Donc. l'une des tâches que nous avons devant nous. c'est de diffuser les informations pas uniquement les connaissances du chercheur en informatique, du programmeur, mais celles que doit avoir toute personne qui doit être familiarisée avec l'ordinateur. Ceci pour qu'on vive avec l'ordinateur. Cela c'est un processus éducatif énorme pour toute notre société. Pour l'informatique d'ailleurs, la jeunesse voit cela comme une aventure et heureusement dans ce type particulier de changement, l'ordinateur lui-même peut-être un enseignant. Mettez un enfant curieux dans une pièce avec un ordinateur. Eh bien vous aurez très vite un enfant qui sait utiliser un ordinateur. C'est suffisamment complexe pour que l'ordinateur puisse participer au processus éducatif. Je ne parle pas de l'enseignement par ordinateur. Je parle d'une société où il y a tellement d'ordinateurs que tout le monde peut réagir aisément en les utilisant. Je sais qu'en France comme aux Etats-

Unis, on fait tout ce que l'on peut pour utiliser les ordinateurs dans les écoles. Je sais que cela va créer quelques difficultés, notamment parce qu'il y a toutes sortes d'instructions qui sont parfaitement inutiles. Mais l'important, c'est que l'ordinateur soit dans la salle de classe, que les écoliers qui y sont apprennent à les utiliser et nous apprennent à le faire. C'est ce qui s'est produit dans les universités il y a 20 ans. Ce sont les étudiants. qui ont appris les premiers l'informatique; les enseignants y sont venus après car ils ont eu honte de ne pas savoir s'en servir.

Q 2. *Question sur la différence entre théorie de l'information et théorie du traitement de l'information ?*

R. 2- Vous parlez donc de la distinction entre la théorie de l'information et le traitement de l'information.

La théorie de l'information concerne le nombre de symboles qui peuvent traverser un canal, la manière dont ces symboles peuvent être codés, et la façon dont l'information que ces symboles portent peut être codée.

Maintenant, lorsque l'on parle de traitement de l'information, nous parlons du contenu de ces messages, de leur sens, et comme je l'ai dit tout à l'heure, notre intérêt est surtout de savoir comment le sens est communiqué, et cela bien sûr dépasse le cadre classique de la théorie de l'information. Comment pouvons-nous rédiger un programme de telle façon que l'ordinateur soit capable, non seulement d'analyser les mots qui y figurent de manière syntaxique et grammaticale, mais également qu'il soit capable d'en extraire un sens, afin d'en tirer une image figurative? Les ordinateurs actuels sont capables du traitement de l'information sémantique.

Q. 3. *Entre l'informatique centralisée et décentralisée, dite conviviale, y a t il une différence ?*

R.3.: Concernant la centralisation ou la décentralisation, je crois qu'il s'opère en ce moment une mutation fondamentale. Il y a eu cette fameuse loi de GROSCHE selon laquelle le prix de l'ordinateur a augmenté en fonction directe de la racine carrée de son volume. Eh bien, cette loi ne tient plus, ou du moins elle ne tient pas pour la plupart des applications commerciales des ordinateurs. Donc les ordinateurs sont de plus en plus placés dans d'énormes réseaux et concepteurs de ces réseaux cherchent à créer systèmes tels que les utilisateurs de ces ordinateurs travaillent, de façon autonome, indépendante, décentralisée. Les cadres seront capables d'acquérir leur propre ordinateur. Vous ne pourrez pas empêcher le cadre de s'acheter un

ordinateur peu coûteux.

Bien entendu l'établissement de réseaux donne lieu à des systèmes moins centralisés, mais il nous faut respecter des normes, afin que la communication puisse se poursuivre. Autrement dit, il nous faudra des groupes centraux, des groupes de gestion, des groupes d'opérations qui traiteront donc des aspects de communications entre ordinateurs. Ce seront eux qui auront la charge de la régulation entre ces systèmes. Par exemple, une liaison téléphonique qui ne fonctionne que tant que quelque chose se dit, quelle que soit la chose qui est dite.

Q. 4. *Question sur le terrorisme culturel du changement par l'informatisation ?*

R. 4. -: L'histoire nous montre que la peur devant la vitesse du changement n'est pas propre à notre génération. Il vous suffit de lire le manifeste du Parti communiste pour vous rendre compte que, en 1848, ses préoccupations correspondaient à ce qu'on appelle aujourd'hui le choc du futur. Beaucoup d'ouvrages écrits au XIXème siècle parlaient d'un rythme effroyable du changement. Peut-être est-ce là un trait du caractère humain?

Q. 5. *Question sur la dramatique augmentation du chômage que va provoquer l'informatisation à tout crin.*

R. 5. Voilà évidemment une question du débat où il y a désaccord.

Je suppose que mon point de vue est minoritaire. Mais je voudrais essayer quand même de le défendre. Certes les progrès techniques dans certains domaines, ont donné lieu à un accroissement du chômage. Je crois cependant que ceci est exceptionnel, et que c'est le contraire qui se produit.

Revenons en arrière. En France, aux Etats-"Unis, 85 % de la population active nourrissaient le reste de la population et les 15 % qui ne travaillaient pas la terre, faisaient autre chose.

Maintenant, cette population qui travaille à la terre s'est réduite considérablement. Je ne dis pas cependant que 85 % des agriculteurs sont au chômage; En fait ces gens travaillent dans des villes, dans des bureaux, ils font autre chose.

De même je crois qu'il est facile de prévoir que d'une manière générale, les coûts de production vont baisser. De ce fait, les besoins que nous essaierons donc de satisfaire à mesure que la productivité augmente ne seront pas ceux que les services accomplissaient par le passé, mais d'autres besoins verront le jour, des besoins qui seront justement des besoins de plus de services.

Une organisation américaine de statistiques a remarqué que l'augmentation du chômage au cours des 20 prochaines années se fera dans le secteur de la construction ou du gardiennage. Il y aura donc une modification considérable de l'occupation humaine. Je pense que nous aurons un grand besoin de plus de productivité, et je crois que des politiques économiques correctes permettront au niveau d'emploi de rester où il est, même si la productivité elle, augmente dans un rapport de 1 à 20 %. Dans certaines régions du monde, bien entendu, le taux de productivité n'augmente pas, au contraire, il diminue. Je ne parle pas des taux que nous avons connus au début de l'administration REAGAN. Mais je constate qu'une grande partie du chômage qui existe en ce moment aux Etats-Unis a été créée de façon artificielle par des politiques de l'Etat, l'Etat qui pensait qu'il était plus important de stabiliser les prix que de réduire le chômage. C'est ce qu'a dit le Président REAGAN. Il a dit que telle serait sa politique. Il l'a fait. Maintenant, je ne veux pas prendre parti. Je le ferai au moment des élections en novembre. Mais l'Administration, le Gouvernement avaient ce qui a créé le chômage. Cette augmentation du chômage était une action réfléchie pour réduire l'inflation. Je crois que Mme THATCHER a suivi la même politique avec les mêmes arguments.

De plus, je crois que nous avons des définitions différentes de la productivité et certaines sont tout à fait insuffisantes. Les définitions actuelles de la production de biens sont d'autant plus insuffisantes qu'il s'agit du domaine des services, du secteur tertiaire. Lorsque l'on parle de productivité en terme de production de biens qui ne remplissent pas certaines fonctions bien utiles, je crois qu'il convient d'être un peu sceptique.

Peut-être st-il inutile de produire des télévisions installables dans des voitures. Mais ce n'est pas à moi de faire un tel commentaire. Ce que je tiens à dire, c'est qu'il est extrêmement difficile de mesurer le taux de productivité dans le secteur tertiaire et qu'il est donc difficile de mesurer la répercussion de l'augmentation de la productivité sur l'économie. C'est ainsi qu'il semble difficile de juger de l'évolution de notre société

Q. 6. Question sur l'impact de l'informatisation sur la fragilité des civilisations contemporaines.

R. 6. Il est très difficile de porter un jugement sur la fragilité d'une civilisation: c'est une hypothèse que nous ne pouvons vérifier qu'après coup. Mais je crois qu'il convient de faire remarquer que cette fragilité dépendra des systèmes et de notre sagesse lorsque nous concevons des systèmes. Par exemple, nous devons nous assurer que chacun a accès à l'information enregistrée sur de tels systèmes, pour que ces instruments ne servent pas qu'à accumuler les

connaissances et le pouvoir d'une poignée d'individus. Nous devons procéder de façon identique à ce que nous avons fait pour la liberté de la presse et l'éducation libérale dans les sociétés démocratiques; nous avons essayé de diffuser les connaissances et de les faire connaître au public. Je crois que nous devons faire la même chose lorsqu'il s'agit des systèmes de réseaux informatiques. Les nouvelles sociétés qui seront équipées de tels systèmes devront s'assurer que chacun a accès à l'information et à la technique qui permet de construire les systèmes.

Lorsque je pense à la fragilité du monde dans lequel nous vivons aujourd'hui, je m'inquiète davantage de l'aspect énergétique que de l'aspect communication. Je ne dis pas que les deux soient indépendants, mais je m'inquiète surtout de la question de l'énergie. Je crois que s'il convient de concentrer nos efforts sur quelque chose, ce serait bien plus sur la question de la Bombe. Je crois qu'il nous faut concilier nos besoins énergétiques avec les exigences que nous impose la nature, et ce n'est que bien plus tard que je parlerai de la fragilité du système. Je préférerais réfléchir d'abord sur les problèmes de l'énergie ou de la bombe, avant de parler de la fragilité des systèmes de communication.

Q. 7. *Question sur le fonctionnement du cerveau humain : linéaire ou stochastique ?*

R. 7. Je n'ai pas pu parler beaucoup pour des raisons de temps des raisons pour lesquelles je pense qu'à mesure que nous acquérons de plus en plus de connaissances sur les mécanismes de la pensée humaine, il ne semble pas que les mécanismes stochastiques jouent un grand rôle. Au contraire il me semble que plus nous comprenons ce qui se passe dans notre tête lorsque nous réfléchissons, plus nous sommes capables d'expliquer même les intuitions sans faire l'hypothèse de mécanismes stochastiques.

Je voudrais faire ici une comparaison avec la pensée de FREUD. Lorsqu'une personne fait un lapsus si on analyse ce lapsus on peut y voir en dessous des mécanismes de raisonnement.

Evidemment certains pensent que les systèmes stochastiques ont un rôle plus important à jouer que celui-là, mais nous estimons dans mon équipe de recherche que le rôle des systèmes stochastiques est extrêmement limité.

Actuellement vous pouvez programmer un ordinateur pour qu'il soit intelligent. Il existe par exemple des ordinateurs qui jouent aux échecs. Ce sont les ordinateurs les plus puissants. Certains de ces ordinateurs sont capables de prévoir 2 à 3 millions de résultats possibles d'un coup. Les êtres humains ne sont pas du tout capables de prévoir les 2 ou 3 millions d'issues

possibles, mais intuitivement ils trouveront le bon coup.

Comment avons-nous ces intuitions? Eh bien nous apprenons peu à peu à découvrir les mécanismes de l'intuition. Aujourd'hui nous pouvons programmer l'ordinateur pour que celui-ci arrive au bon résultat. Mais par la force brutale et non par l'intuition. Peu à peu, nous pouvons faire imiter par l'ordinateur la démarche sélective de la pensée humaine. L'ordinateur donc choisira un certain nombre d'issues possibles et non pas toutes les issues possibles et sera ainsi capable de raisonner plus rapidement.

Q. 8. *Question sur la différence entre Intelligence artificielle et Cybernétique.*

R. 8. En ce qui concerne la différence entre la cybernétique et l'intelligence artificielle, bien que quelquefois les termes soient interchangeables, on considère généralement la cybernétique comme un terme utilisé par ceux qui s'intéressent aux systèmes logiques, aux systèmes techniques, aux systèmes analogiques, plutôt qu'aux systèmes digitaux

Les questions d'intelligence artificielle intéressent, elles, surtout les personnes qui s'intéressent non pas aux systèmes analogiques mais aux systèmes digitaux.

En Europe de l'Est on constate que le terme cybernétique a un sens beaucoup plus vaste. Le mot cybernétique peut y définir ou plutôt cacher des réalités politiques qui seraient embarrassantes pour les gouvernements qui se livrent à des activités que la politique réprouve. Donc on cacherait, sous le terme cybernétique des travaux en neuropsychologie ou en psychiatrie qui, en fait n'ont rien à voir avec la cybernétique.

Q. 9. *Question sur le rôle de l'émotion dans les raisonnements logiques.*

R. 9. Eh bien tout d'abord il faut définir ce que l'on entend par la logique.

On dit qu'un ordinateur ne comprend que la logique. Or on peut programmer un ordinateur pour faire des choses illogiques aussi. Et bien souvent d'ailleurs il y a des erreurs dans les programmes qui les conduisent à faire des choses illogiques.

On ne peut pas opposer la logique à l'émotion. Mais supposons que l'ordinateur puisse être programmé pour faire toutes sortes de choses, dont seulement certaines sont des processus logiques. Comme vous l'avez signalé il n'y a pas grande difficulté à faire comprendre un problème de physique à un ordinateur mais l'ordinateur bien sûr ne comprend pas l'émotion.

Cependant il existe déjà quelques programmes qui en fait comprennent les contes pour enfants. Alors, qu'est-ce que cela veut dire? Simplement que si je donne à ce programme un conte pour enfants, très simple, et qu'ensuite on demande pourquoi tel ou tel personnage fait ceci ou cela dans l'histoire, eh bien le programme donne des raisons plausibles, des motifs pour chaque action.

De même si on lui demande de faire un résumé du conte, alors que les enfants ne savent pas très bien le faire, il fait un résumé raisonnablement structuré qui donne le début du conte, indiquant les personnages, et quelle a été la fin de l'histoire. Ce programme ne comporte évidemment pas d'émotion, quel que soit le sens que l'on attache au mot. Mais il sait que l'émotion existe chez l'homme.

Vous avez peut-être eu des professeurs qui enseignaient la littérature, qui vous parlaient de Racine, de Proust, de Stendhal, ou de qui vous voudrez., et qui pouvaient parfaitement interpréter ces œuvres. Mais vous aviez l'impression que ces enseignants étaient ennuyeux comme la pluie, qu'ils ne connaissaient pas l'émotion.

Peut-être d'ailleurs que ce genre d'enseignants n'existent qu'Etats-Unis, et pas en France? Il n'y a eu jusqu'alors que très peu de recherches sur ce qui relie l'émotion et la cognition.

Un scientifique américain à l'université de LOS ANGELES a écrit un programme qui peut parler par le truchement d'un terminal d'ordinateur et faire une conversation de façon très raisonnable, si vous abordez des sujets qu'il connaît. Il y en a beaucoup. S'il a le sentiment que vous êtes en colère, que vous lui manquez de respect, et toutes sortes d'autres choses de ce genre, à ce moment-là, son discours change, le dialogue commence à paraître très anxieux, il a des symptômes de paranoïa, il commence à parler de persécution, etc. Les mécanismes sont très simples, les psychologues les connaissent très bien. Ce sont des modèles peut-être un petit peu simplifiés de la phénomènes de paranoïa. C'est le début d'une étude pour chercher à comprendre comment nos émotions ont une interaction avec le côté cognitif de notre nature.

Quand on met un étudiant dans une situation où il cherche des solutions, il faut qu'il ait des émotions, qu'il n'ait pas peur, qu'il ait envie de le faire, etc. Mais dans les limites de temps pendant lequel il peut accorder de l'attention à sa tâche, les facteurs émotifs ne jouent pas souvent un très grand rôle dans la résolution du problème.

Evidemment, on n'a pas encore fait beaucoup de recherches pour la résolution de problèmes dans une condition de stress.

Q. 10. *Question sur les formes de l'interaction cerveau humain – ordinateur.*

R. 10. Dans mon exposé, j'ai surtout présenté l'ordinateur comme un objet séparé, autonome. Nous n'avons donc pas parlé de toutes ces possibilités, mais évidemment lorsqu'on se sert des ordinateurs, et surtout de l'intelligence que présentent les ordinateurs, il y aura de plus en plus interaction entre les êtres humains et les ordinateurs. Ces interactions, ces rapports se modifieront au fur et à mesure que nous saurons comment les uns peuvent coopérer avec les autres. Pour ce qui est de la C.A.O. et des systèmes d'aide à la décision, ce domaine évidemment ne se développe pas à un rythme extrêmement rapide, mais je crois qu'il ne faut pas avoir d'idées préconçues sur le rôle que devrait y jouer l'ordinateur par rapport à l'homme. Doit-il y avoir collaboration? Il a bien d'autres possibilités auxquelles nous n'avons pas encore songés.

Q. 11. Que peut-on dire de la façon dont le cerveau organise l'information pour la retrouver ?

R. 11. On effectue beaucoup de recherches sur la mémorisation humaine; c'est l'un des domaines de recherche les plus actifs en ce moment. Je crois que mes collègues psychologues qui font ces simulations sur l'ordinateur s'intéressent beaucoup à la question. Il y a des points de vue divergents sur la question, je pourrais vous donner le mien, et même dans mon université, certains de mes collègues ont des points de vue différents du mien.

La façon dont je conçois la mémorisation des informations par l'être humain est la suivante: Je pense que les choses se produisent de la même façon que celle dont on a accès à l'information dans une encyclopédie, je ne sais pas comment les encyclopédies sont rédigées en français, mais je sais que l'Encyclopédie Britannica comporte un index. Cet index vous permet de consulter simplement quelques pages. Si vous connaissez certains mots-clés vous allez directement à l'index et vous n'aurez pas besoin de feuilleter l'ouvrage tout entier.

Si je dispose de 20 caractères binaires, je peux distinguer un million de possibilités différentes. En une seconde je peux avoir accès, grâce à la vitesse des ordinateurs, à toutes les informations qui se trouvent dans une encyclopédie. Je ne pense pas que l'on reconnaisse, une personne en moins d'une seconde. Je crois que, lorsque nous apprenons quelque chose, en même temps que nous enregistrons l'idée, nous accumulons certaines données qui sont enregistrées dans l'index. Le médecin en vous écoutant parler, reconnaîtra dans tout son répertoire de données, les symptômes de la varicelle si vous êtes atteint de cette maladie. Un grand nombre de systèmes experts s'appuient sur cette propriété. Ces systèmes s'appuient sur l'idée que l'on peut

d'abord reconnaître une situation et ensuite, à partir de celle-là, extraire les symptômes intéressants.

Je ne crois pas que les êtres humains puissent reconnaître en un millième de secondes un objet parmi des millions d'autres. Peut-être en une seconde? Si le système fait un choix binaire en dix millisecondes cela peut permettre de distinguer plusieurs millions de possibilités en une seconde puisque $2^{100} \sim 10^{30}$.

Q 12. *Question sur les difficiles contributions de l'I. A. à la linguistique : le cas de la traduction artificielle*

R. 12. -'l'out d'abord je n'ai pas trop de craintes concernant les clivages entre disciplines. . Dans tous les domaines de recherche, si personne ne vous croit, vous ralentissez; si par contre, vous avez des réponses sur lesquelles tout le monde est d'accord, vous pouvez avancer.

Il y a des gens qui pensaient que l'on pouvait faire de la traduction automatique grâce à un lexique et des règles de grammaire; Eh bien tout ceci n'est pas vrai, pour des tas de raisons, notamment parce que l'on a prouvé expérimentalement que c'était impossible. Pour faire de la traduction automatique, il faut passer de la forme de l'enveloppe formelle jusqu'au sens afin de pouvoir traduire ce sens. Et là, on a recours à un aspect bien particulier des connaissances de l'homme. Même pour résoudre un problème de physique, il faut avoir recours à ce que l'homme sait de son propre langage. Bien entendu, ces domaines de la recherche artificielle n'ont pas directement trait à la littérature, parce que ceci est encore trop complexe, et nous en parlerons avec la prochaine génération d'ordinateurs mais tous ont trait au langage humain. En linguistique, les linguistes ont pris un certain temps pour s'accommoder de l'idée qu'un ordinateur pourrait les aider à comprendre le langage. Noam CHOMSKY a fait des contributions remarquables à la linguistique formelle, mais il était au début assez hostile à l'idée de l'existence d'une intelligence artificielle qui pourrait imiter le langage humain.

Bien entendu, il Y a des divergences entre les tenants des différentes disciplines, surtout lorsque chacun a un point de vue différent sur la résolution d'un même problème. Par exemple les biologistes et les physiciens, aux premières années de la biologie moléculaire étaient toujours à couteaux tirés. Il en était de même des physiciens atomistes et des physicochimistes, chacun se prétendait plus savant que l'autre.

Ces différences concernant le traitement du langage humain risquent de se perpétuer, mais les progrès ne s'en arrêteront pas pour autant. Et vous trouverez des incultes travaillant de manière

empirique qui seront cependant capables d'élargir les systèmes de simulation et de les faire ressembler de plus en plus au langage humain.

Q. 13. *Question sur l'impact des 'nouvelles sciences' sur la formation des managers.*

R. 13. Si je répondais sérieusement et longuement à cette question, vous n'auriez pas le temps de dîner ce soir. Je suis d'accord avec une observation faite tout à l'heure, disant que le rôle du manager n'a été jusqu'à présent que peu modifié par l'ordinateur. Je ne vais pas rentrer dans le détail de l'explication parce qu'il est beaucoup trop tard. Je n'ai pas parlé d'un certain nombre de qualités des gestionnaires qui ne changeront pas tellement vite à mon idée, et qui sont essentielles. Il est bon que les gestionnaires aient des capacités pour s'initier à de nouvelles technologies et les introduire dans leur société. Mais deux qualités sont essentielles: Insuffler de l'énergie à une entreprise et accepter la responsabilité.

Ce sont des qualités très simples qui n'ont d'ailleurs que peu de rapports avec l'intelligence. C'est une attitude d'esprit, une façon de faire, des habitudes. Lorsque des problèmes se posent dans une organisation, les uns se disent: Cela c'est mon problème, d'autres: oui il y a un problème, je vais dire ce qu'est ce problème; D'autres enfin: il y a un problème mais ce n'est pas de ma faute.

Je ne veux pas minimiser l'importance d'une formation technique pour les gestionnaires, et quand je dis technique, c'est un sens très large, mais je crois que tant que l'on sélectionnera les dirigeants, on continuera à insister sur ces deux qualités, le sens des responsabilités, le sens de savoir susciter l'enthousiasme des autres.