

Herbert A. SIMON*

L'explication en termes de traitement de l'information des phénomènes de Gestalt**

La psychologie de la Gestalt a souligné l'importance, que ce soit dans la pensée humaine ou dans la résolution des problèmes, d'un type de comportement qu'elle désigne par les termes d'«intuition», d'«insight» ou encore de «compréhension». Cet article porte sur des programmes d'ordinateur, déjà décrits dans la littérature existante, qui simulent exactement ce type de comportements. Il vise à montrer qu'un bon nombre de discussions qui ont eu lieu autour de la notion d'«insight» peuvent être ramenées à une explication en terme de processus de reconnaissance facilement simulables. La simulation par ordinateur s'est avérée être un outil puissant pour interpréter et expliquer un vaste ensemble de phénomènes associés à la pensée et à la compréhension, phénomènes dont l'importance a été si utilement mise en évidence par la littérature de la Gestalt.

Mots-clés : Gestalt, psychologie, traitement de l'information, résolution de problèmes, intuition, compréhension, simulation par ordinateur.

The Information Processing Explanation of Gestalt Phenomena.
Gestalt psychology has shown the importance in human thinking and problem solving of the behavior that it labels "intuition", "insight" and "understanding". This paper discusses computer programs, already described in the published literature, that simulate exactly these kinds of behaviors. It is shown that much of what has been discussed under the heading of "insight" can be explained in terms of recognition processes that are readily simulated. Computer simulation has shown itself a powerful tool for interpreting and explaining a wide range of phenomena associated with the kinds of thinking and

* Carnegie-Mellon University

** La version originale de cet article est parue dans la revue *Computers in Human Behavior*, Vol. 2, 1986, pp. 241-255 sous le titre "The information processing explanation of Gestalt phenomena". Nous remercions l'éditeur Elsevier Science de nous avoir donné l'autorisation de le reproduire ici.

understanding that have been so usefull emphazised in the Gestalt literature.

Key words: Gestalt, psychology, information processing, problem solving, insight, computer simulation.

Un des buts centraux de la psychologie du traitement de l'information contemporaine est d'expliquer les processus cognitifs à l'œuvre lorsqu'un sujet pense, apprend ou résout des problèmes. Ces explications prennent souvent la forme de programmes d'ordinateur qui simulent les processus de pensée réels et dont la validité empirique est testée en comparant les étapes du programme (program traces) avec la pensée effective de sujets humains telle qu'elle peut être révélée, par exemple grâce à des protocoles de pensée à haute voix ou à l'enregistrement de mouvements oculaires.

Il semble y avoir aujourd'hui un accord largement partagé, sinon un consensus parfait, sur le fait que de tels modèles peuvent rendre compte des processus de pensée qui sont observés dans de nombreux cas de résolution de problèmes ou de situations d'apprentissage relativement bien structurés. Un scepticisme considérable continue cependant à régner quant à savoir jusqu'à quel point les simulations informatiques peuvent rendre compte de phénomènes tels que l'insight, les expériences de compréhension soudaine (ou expériences dites de "aha"), l'apprentissage accompagné de compréhension, et autres phénomènes sur lesquels les psychologues de la Gestalt ont beaucoup insisté (Michael Wertheimer 1985).

Le but de cet article consiste précisément à montrer qu'il existe d'ores et déjà de nombreux programmes de simulation qui fournissent de réelles explications des phénomènes de gestalt dans plusieurs environnements comportant des tâches variées. Dans les différentes parties de cet article, je vais aborder la problématique de l'insight, des phénomènes de "aha" et de l'apprentissage avec compréhension, que je distingue de l'apprentissage "mécanique". Je proposerai ensuite une brève comparaison de mon point de vue avec celui récemment défendu par Michael Wertheimer (1983).

INSIGHT ET INTUITION

Avant de pouvoir simuler un phénomène comme celui de l'insight ou de l'intuition, ou de déterminer si une simulation que l'on propose d'un phénomène est vérifiée, nous devons fournir une

définition opérationnelle qui nous permette de décider quand le phénomène en question est présent. Une des grandes difficultés à tester les théories de la Gestalt réside dans le fait que les concepts qui jouent un rôle central dans ces théories ne sont souvent pas définis en termes d'opérations ou de mesures, mais passent généralement pour être directement compris et observables. Par exemple, j'ai été mis dans l'impossibilité de trouver dans l'ouvrage de Max Wertheimer intitulé *Productive Thinking* (1945) une définition d'"insight". En l'absence de telles définitions opératoires, nous devons partir de l'usage quotidien du langage et fournir notre propre critère pour juger de la présence ou de l'absence du phénomène.

Définitions de l'insight et de l'intuition

Commençons par les définitions de l'insight et de l'intuition données par le dictionnaire. Dans une première approximation, ils sont traités comme des synonymes, avec la signification centrale d'"appréhension ou de connaissance immédiate". La seconde édition du Webster's Unabridged Dictionary les distingue ensuite comme suit : "L'insight combine habituellement son sens premier de voir au moyen de son œil intérieur ou, intuitivement, avec l'idée plus tardive de voir dans la nature intérieure ou cachée des choses." Ainsi, nous devrions traiter l'insight comme une intuition qui nous fournit une compréhension relativement profonde. "L'appréhension immédiate" doit préférentiellement être traitée comme "soudaine" plutôt qu'"instantanée", puisque une intuition ou un insight peut avoir lieu après qu'une personne ait travaillé sur un problème pendant longtemps. Ce qui rend l'appréhension intuitive est qu'elle entraîne un changement substantiel dans la compréhension qui apparaît soudainement et sans qu'un raisonnement explicite ne soit détectable.

Ces définitions sont proches de celle donnée par Michael Wertheimer dans le résumé d'un de ses articles récents sur ce sujet (Wertheimer 1985:19). Il parle de "compréhension, c'est-à-dire de l'appréhension simultanée de ce qui, dans un problème, est crucial et de la raison pour laquelle il s'agit de quelque chose de crucial," et il assimile ensuite la compréhension avec "ce phénomène de l'insight".

Ces définitions verbales sont d'une utilité somme toute restreinte. Pour passer à l'étape suivante, il faut nous demander dans quelles circonstances nous appliquons les termes d'"insight" et

d'“intuition” aux comportements que nous observons. Nous disons ordinairement qu'un acte d'“insight” a eu lieu lorsque quelqu'un résout un problème ou répond à une question de manière plutôt soudaine (mais il est possible qu'un intervalle de perplexité et d'effort plus ou moins long ait pu prendre place) sans être capable de donner une description de la manière dont la solution ou la réponse a finalement été obtenue. Nous sommes plus enclin à utiliser le terme d'“insight” lorsque tout cela se produit immédiatement après la présentation du problème. Dans cette partie, j'utiliserai ces deux termes de cette manière, mais une partie ultérieure visera plus spécifiquement le type de compréhension qui est supposé être associé à l'“insight”.

Prenons un exemple d'intuition : si nous présentons à un médecin un ensemble de symptômes et que celui-ci fait immédiatement (c'est-à-dire en moins de deux secondes) son diagnostic, “rougeole”, et si, lorsque nous lui demandons comment il a pris cette décision, nous n'obtenons que des réponses comme “j'ai utilisé mon intuition”, “je ne sais pas”, “c'est une simple affaire de jugement médical”, “les symptômes sont ceux que nous attendons dans la rougeole”, alors nous pouvons dire que son jugement a été obtenu de manière intuitive. Nous serons d'autant plus inclinés à dire qu'il était intuitif que le sujet ne peut fournir un compte rendu véridique des étapes qu'il a suivies pour résoudre le problème ou répondre à la question, ou de la procédure d'identification dont il s'est servi pour arriver à cette réponse. Ainsi, lorsque nous demandons à quelqu'un comment il a reconnu que la personne qui s'approchait dans la rue était Fred, un ami proche, la réponse contiendra rarement les informations qui permettraient à quelqu'un d'autre de reconnaître Fred. Il est bien connu que les taxinomistes reconnaissent, dans leur domaine de spécialisation, des organismes communs en une ou deux secondes, et ce sans utiliser les critères formels (qui ne sont souvent visibles qu'au microscope) qui constituent une définition taxinomique de ces organismes.

L'intuition comme une reconnaissance

Si la rapidité avec laquelle surgit une réponse associée avec l'incapacité d'expliquer comment celle-ci a été trouvée est un indicateur de l'intuition, alors l'intuition et la reconnaissance sont fondamentalement des synonymes. Mais les processus de reconnaissance sont depuis longtemps modélisés par des programmes informatiques. Par exemple, le programme EPAM

(Feigenbaum 1963 ; Feigenbaum & Simon 1984) fournit un modèle des processus qui sont à l'œuvre durant l'effectuation de tâches d'apprentissage verbal, ainsi que de tâches apparentées. Lorsqu'un stimulus est présenté à EPAM, le programme lui applique une suite de tests et utilise les résultats de ceux-ci pour trier le stimulus au moyen d'un filet de discrimination jusqu'à ce qu'il soit distingué de stimuli alternatifs. (EPAM contient aussi des processus d'apprentissage pour "agrandir" le filet de discrimination)

Le résultat du processus de discrimination ou de reconnaissance effectué par EPAM consiste à placer dans la mémoire à court terme un symbole représentant le stimulus qui a été reconnu. Ce symbole, en "pointant vers" une connaissance concernant le stimulus précédemment stocké dans la mémoire à long terme, permet de relier le stimulus à l'information qui le concerne. Cependant, aucune information concernant les tests spécifiques propres au réseau de reconnaissance de l'EPAM qui a permis cette reconnaissance n'est stockée dans la mémoire à court terme. Le processus de reconnaissance, à distinguer du résultat de ce processus, n'est pas accessible à la conscience et ne peut pas, par conséquent, être rapporté. Puisque ce processus n'est pas accessible à la conscience, le sujet est amené à dire, lorsqu'on lui demande comment la reconnaissance s'est effectuée, que tout cela s'est produit "intuitivement". De plus, le processus de reconnaissance est rapide. A 10 msec par test, dans un réseau de discrimination sérielle avec un facteur d'embranchement (branching factor) moyen de quatre, la reconnaissance d'un stimulus particulier parmi un millions de millions — 10^{12} — de possibilités ne prendrait qu'environ 200 msec. Bien entendu, un filet de discrimination parallèle pourrait effectuer la tâche encore plus vite.

Le modèle EPAM a été étendu par Simon et Gilmarin (1973) vers le modèle MAPP, qui simule la reconnaissance intuitive de structures qui prend place lorsque des joueurs expérimentés — maîtres ou grands maîtres — regardent durant quelques secondes une position sur un échiquier. Une telle intuition (ou reconnaissance) fournit une explication toute prête pour quelques-unes des plus extraordinaires prouesses de mémoire dont les experts sont capables au sein de leur domaine d'expertise.

Les structures n'ont pas à être identiques pour être reconnues comme semblables par EPAM. Etant donné qu'EPAM ne teste qu'une partie des traits d'une structure, la nature exacte des tests étant

dépendante de la structure du filet de discrimination qui s'est développé, tout ensemble de structures qui conviendra à ses traits particuliers sera associé à une même structure. En outre, les structures appartenant à la même classe (par exemple toutes celles qui sont du type "chat") peuvent être vues comme similaires même si EPAM est capable d'opérer des discriminations sur la base de différences individuelles (par exemple, ce chat noir et ce chat roux). Par là, EPAM peut prendre en charge aussi bien des similarités que des identités de structures.

Le mécanisme d'EPAM postule que la reconnaissance est obtenue par discrimination à partir de traits. La possibilité de simuler la reconnaissance, et par conséquent l'intuition, avec un ordinateur ne dépend pas de l'exactitude de ce postulat particulier. Il est également envisageable de mettre au point des programmes qui opèrent une reconnaissance en se fondant sur la similarité d'un stimulus avec un stimulus prototypique du concept visé, tel que le postule Rosch (1973).

Sur la base de ces modèles et de ces expériences, il apparaît que le processus nommé "intuition" par les psychologues de la Gestalt n'est rien d'autre que notre vieille amie la "reconnaissance", et les processus de reconnaissance ont d'ores et déjà été modélisés par les programmes informatiques.

On pourrait m'objecter que j'ai mal compris ce que les gestaltistes appellent "intuition". Les mécanismes que j'ai décrit couvrent certainement "l'acte d'accéder à une connaissance ou à une certitude directe sans raisonnement ou inférence" — une autre entrée du mot "intuition" dans le Unabridged Dictionary. Mais les gestaltistes parlent également de "compréhension intuitive", ou d'"insight", phénomène qui n'est peut-être par inclus dans mes exemples. La compréhension intuitive, et donc l'insight, semble renvoyer à une compréhension acquise rapidement sans que le sujet ne soit capable de dire comment cette compréhension a été obtenue. La question de savoir si ce processus peut être simulé sur ordinateur sera discutée lorsque nous en viendrons au terme de "compréhension".

LE PHENOMENE DU "AHA"

Le phénomène du "aha" diffère des autres exemples de résolution de problème par insight ou intuition seulement par le fait que la solution soudaine est précédée par une période plus ou moins

longue pendant laquelle le sujet est incapable de résoudre le problème, et semble même ne faire aucun progrès vers la solution. Le “aha” peut avoir lieu pendant que le sujet travaille au problème, ou après que le problème ait été mis de côté pendant une période d’“incubation”. La période d’incubation peut durer quelques minutes mais des cas de résolution soudaine de problème après une mise à l’écart de plusieurs mois ont été rapportés (par exemple la célèbre anecdote de Poincaré sur les circonstances de sa découverte portant sur l’identité des transformations de fonctions Fuchsiennes définies avec celles de la géométrie non-euclidienne).

La planification comme source d’insight soudain

Koehler (1925), dans sa recherche sur la résolution de problème par les singes, mit en parallèle la résolution de problème par insight, incluant un “aha”, avec la résolution de problème par essai et erreur. Le phénomène montrait à l’évidence que les singes passaient relativement soudainement d’une tentative (littéralement !) infructueuse pour atteindre leur but à une séquence apparemment intentionnelle de comportements reliés les uns avec les autres de manière appropriée (par exemple en déplaçant une caisse sous un régime de bananes, en récupérant un bâton, en montant sur la caisse et en frappant sur les bananes pour les faire tomber).

La rapidité du changement de comportement peut être attribuée, de la même manière que dans notre discussion sur l’intuition et l’insight, à un acte de reconnaissance. Cependant, attribuer le changement à la reconnaissance n’explique pas la succession des connexions entre les moyens et les fins sous-tendant la conception du plan de résolution couronné de succès. Mais il existe aussi des arguments qui vont dans cette direction.

Dans les résolutions de problèmes étudiées par Newell et Simon (1972), les sujets trouvaient parfois des plans de résolution dans un espace de planification abstrait, puis revenaient à l’espace de problème initial afin de compléter les plans et atteindre la solution au problème qui leur était posé. Au moment où ils acquéraient un plan et étaient sur le point de revenir aux détails de l’espace de problèmes initial, ils exprimaient fréquemment un “aha” — une interjection indiquant que la voie vers la solution était maintenant ouverte. Comme les plans que les sujets avaient construits n’étaient pas toujours exécutables lorsque toutes les conditions détaillées du problème étaient réintroduites, ces expressions de triomphe étaient

parfois prématurées, mais l'échec du plan n'affecte pas notre interprétation du "aha". Les singes de Kohler, arrivés à un plan de résolution leur permettant d'atteindre les bananes, pourraient exhiber la même transition rapide d'une apparente impasse à une exécution systématique du plan. Ils pourraient également arriver parfois à des plans qui ne sont pas exécutables, faute de n'avoir pas pris en compte toutes les données de la situation.

Les planifications du type de celles décrites par Newell et Simon ont été simulées dans le programme GPS (Newell et Simon 1972:414-438), et Sacerdoti (1977) fournit un compte rendu plus récent des programmes d'ordinateur qui élaborent des plans. Il semblerait donc que les "aha" associés au succès de la découverte d'un plan pour la résolution d'un problème peuvent être et ont été simulés par des programmes informatiques. De plus, ce sentiment de confiance associé au fait qu'un problème est résolu lorsqu'un plan de résolution a été trouvé, et cela avant même de s'attaquer aux détails concrets de la solution, apparaît être une forme assez générale de l'expérience du "aha".

L'insight soudain après incubation

Le "aha" après incubation pose le problème de savoir comment l'incubation peut faire d'un problème insoluble avant incubation un problème soudainement résoluble. Cette question a été le plus souvent résolue en postulant que l'incubation est un processus actif (quoique inconscient) qui implique la génération de plusieurs solutions potentielles. Lorsqu'une solution concrète (ou plausible, puisque ces "aha" sont aussi faillibles) est obtenue, elle apparaît à l'attention consciente.

Mais la résolution soudaine de problèmes après incubation peut aussi être expliquée sans rien avoir à postuler d'autre que l'oubli durant la période d'incubation. La personne impliquée dans la résolution de problème, qui a travaillé en direction de sous-buts spécifiques, oublie durant la période d'inattention l'"Einstellung" — les sous-buts et les autres éléments du contexte immédiat qui ont limité la portée de ses attaques du problème. Un tel oubli permet d'extraire le problème de l'ornière dans laquelle il est pris et, en refocalisant son attention sur le problème, le sujet engagé dans la résolution l'attaque sous un angle nouveau, qui apparaît maintenant être le bon. Cette explication alternative du "aha" post incubatoire semble avoir été proposée pour la première fois par Woodworth

(1938:38. 823) et elle a été élaborée plus tard par un procédé qui peut être modélisé grâce à un ordinateur (Simon 1966). Elle a l'avantage d'être parcimonieuse par rapport aux autres explications en ce sens qu'elle utilise un mécanisme bien connu, l'effet *Einstellung*, et qu'elle ne requiert pas fondamentalement d'autres hypothèses.

Nous voyons que l'expérience du "aha" peut être expliquée comme un cas de reconnaissance, et qu'aussi bien les "aha" qui sont les produits d'une planification couronnée de succès que ceux qui accompagnent une découverte soudaine après incubation ont été simulés par ordinateur. Etant donné que ces simulations dérivent d'une interprétation de l'intuition en tant que reconnaissance, il pourrait nous être objecté que nous n'avons toujours pas expliqué l'intuition "inspirée", c'est-à-dire l'intuition avec compréhension. Nous nous attaquerons tout à l'heure à cette objection.

LA COMPREHENSION

Une fois encore, le dictionnaire montre à quel point il est difficile de donner une définition opératoire du terme "compréhension". Le Webster Third New International Dictionary assimile la compréhension à des concepts tels que : "l'acte de saisir mentalement", "le pouvoir de comprendre, d'analyser, de distinguer, de juger", "la condition pour avoir atteint une compréhension totale", "la faculté ou la capacité à subsumer le particulier sous le général ou d'appréhender les relations générales des objets particuliers", "le pouvoir de rendre l'expérience intelligible en rapportant des objets particuliers perçus à des concepts généraux", "la capacité de formuler et d'appliquer à l'expérience des concepts et des catégories, de juger et de tirer des inférences logiques".

Michael Wertheimer (1985:23) offre une caractérisation de la compréhension qui complète les définitions du dictionnaire. Il dit qu'"un test pour savoir si l'apprentissage [avec compréhension] s'est réellement produit consiste à vérifier si ce qui a été appris est généralisé à une tâche apparentée... Le transfert d'apprentissage est une question centrale pour la théorie de la Gestalt".

La philosophie, de Platon à Kant et Hegel, a cherché à distinguer la compréhension de la raison, la première impliquant une saisie soudaine, holistique, d'une situation, la seconde un calquage pas à pas (step-by-step tracing) conscient des relations présentes entre les éléments qui la compose. Si nous acceptons cette distinction (et il

apparaît que les psychologues gestaltistes utilisent habituellement “compréhension” dans ce sens plus étroit), alors la notion de soudaineté de l’acquisition doit être ajoutée à la notion de saisie des relations. Lorsque je voudrai insister sur les deux éléments, j’utiliserai parfois l’expression de “compréhension intuitive” — qui, comme nous l’avons vu, est quasiment le synonyme d’“insight”.

Apprendre avec compréhension

Dans les écrits de Max Wertheimer portant sur la résolution de problèmes et dans d’autres travaux menés par les psychologues gestaltistes, beaucoup d’importance est donnée à la distinction entre l’apprentissage par cœur machinal et l’apprentissage avec compréhension. Même si une telle distinction est difficile à rendre opérationnelle, tous les enseignants expérimentés en sont néanmoins conscients et tous sont persuadés de son importance. Nous savons tous que les contenus des manuels peuvent être (et le sont souvent) appris par cœur sans être compris. Nous mettons en garde nos étudiants contre l’apprentissage par cœur, même si nous ne sommes pas toujours capables de leur dire comment le reconnaître ou que faire pour l’éviter.

George Katona, dans son *Organizing and Memorizing* (1940), a fourni quelques bases expérimentales pour distinguer l’apprentissage par cœur de l’apprentissage avec compréhension. Dans une série d’expériences, il montra que lorsqu’une quelconque explication est fournie sur la manière dont fonctionne la solution à un problème, la solution est mieux remémorée et transférée à des problèmes similaires mais non identiques que lorsque la solution est simplement apprise sans explication. En généralisant ces résultats, la procédure pour distinguer entre ces deux formes d’apprentissage consiste à découvrir exactement ce que le sujet a appris. Et la manière pour découvrir ce que le sujet a appris est de lui donner un ensemble de tâches variées, reliées de différentes manières à la tâche apprise, et d’examiner la performance associée à ces nouvelles tâches. Comme nous l’avons déjà vu, Wertheimer (1985) a aussi insisté sur le transfert comme critère clé de la compréhension.

Comme exemple, considérons l’exercice d’algèbre consistant à résoudre une simple équation linéaire à une inconnue : disons, $5x + 4 = 10$. Nous pouvons tester si un étudiant est capable de réciter les étapes à suivre pour résoudre cette équation (“Si il y a une constante à la gauche de l’équation, vous la soustrayez des deux

côtés et groupez les termes similaires. S'il y a un terme en x sur la gauche avec un coefficient différent de l'unité, divisez les deux côtés par ce coefficient").

Ensuite, on peut vérifier si l'étudiant est vraiment capable de résoudre l'équation. Certains étudiants qui peuvent réciter la procédure correctement ne sont pas capables de la mener à bien, et certains qui sont capables de la résoudre ne sont pas capables de la réciter. Ensuite, nous pouvons demander à l'étudiant de vérifier si la bonne réponse a été obtenue. Ou nous pouvons lui demander d'énoncer en mots la manière de vérifier si c'est la bonne réponse qui a été obtenue. De plus, nous pouvons demander pourquoi la procédure suivie pour obtenir la solution est valide — pourquoi elle mène à une valeur de x qui satisfait l'équation d'origine.

Finalement, nous demanderons certainement à l'étudiant de résoudre un certain nombre d'autres équations qui seront résolues pour l'essentiel par la même méthode de résolution que l'équation originale. Si la première équation contenait seulement des coefficients entiers, comme dans notre exemple, nous pouvons tester le transfert à des équations contenant des coefficients rationnels ou décimaux. Bien que ceci ne soit pas une liste exhaustive des tâches associées à la résolution d'une équation (si les sujets étaient des étudiants diplômés en mathématiques, nous pourrions les interroger sur l'axiomatisation sous-tendant l'arithmétique et l'algèbre), peut-être serions-nous d'accord de conclure qu'un étudiant capable de les résoudre correctement maîtrise véritablement ce sujet d'algèbre avec un certain degré de profondeur.

Il n'y a pas de grandes difficultés à élaborer des programmes d'ordinateur qui peuvent exécuter toutes ces tâches. En fait, Neves (1978) a écrit et testé un programme qui non seulement peut résoudre des équations linéaires mais peut également apprendre à les résoudre en examinant des exemples résolus. En comprenant les étapes successives suivies dans ces exemples pour résoudre le problème, et en comprenant la contribution de chaque étape en direction de la solution, le programme de Neves était capable de construire un ensemble de nouvelles instructions adéquates pour résoudre un vaste ensemble d'équations algébriques.

La compréhension comme perception des relations

Le fameux exemple de Max Wertheimer consistant à tester la compréhension d'un étudiant de la formule portant sur l'aire d'un rectangle en lui demandant de calculer l'aire d'un parallélogramme fournit une autre illustration de la relation entre la compréhension et la capacité à transférer le savoir acquis à une nouvelle tâche. Wertheimer l'utilise également comme une illustration de sa perspective holistique. L'étudiant "voit" immédiatement que le triangle "indésirable" qui se dessine sur une des extrémités du parallélogramme peut être coupé et reporté sur l'autre côté afin de constituer un rectangle de la même aire. Une permanence de l'objet piagétienne est également incorporée dans cet acte de visualisation. Pour comprendre, l'étudiant doit être capable d'exécuter cette séquence d'opération en imagerie mentale.

Le problème du parallélogramme illustre très bien la distinction entre insight, ou compréhension intuitive, et raisonnement. Probablement peu, et peut-être aucun des enfants qui comprennent la solution du problème pourraient donner une preuve formelle de sa rectitude — même au niveau plutôt modeste de rigueur qui est toléré dans la classe secondaire de géométrie. L'étudiant n'aboutit pas à la solution en raisonnant; il la "voit". Ce qui est requis est un acte de reconnaissance, bien que celui-ci soit d'un type complexe.

Un exemple différent mettra en lumière les processus de reconnaissance impliqués dans la compréhension, et l'apparence d'une saisie holistique de la situation qu'ils suggèrent. Tichomirov et Poznayanskaya (1966-1967) ont analysé les mouvements des yeux d'un maître d'échec durant les deux premières secondes de l'examen des positions inconnues d'un échiquier. Ils ont montré que les yeux ne se fixent pas de manière égale sur tous les cases de l'échiquier mais se focalisent presque exclusivement sur les cases qui sont pertinentes pour le problème d'échec qui découle de la configuration. Le maître d'échec semble acquérir une saisie presque "instantanée" (deux secondes) des relations importantes présentées par cette situation, et les auteurs n'ont pas pu voir comment cela pourrait se produire sans l'aide d'un quelconque processus holistique qui saisit d'un coup toute la signification de la position.

Pour montrer que les mouvements des yeux du maître d'échec peuvent être expliqués sans postuler aucun processus holistique — sans postuler, en fait, autre chose que des processus de

reconnaissance locaux, simples — Simon et Barenfeld (1969) ont écrit un programme d'ordinateur qui simule les mouvements saccadés des yeux d'un point de focalisation sur un stimulus à un autre. Quand l'attention du programme était focalisée sur une pièce particulière de l'échiquier, il notait les autres pièces environnantes qui étaient attaquées ou défendues par cette pièce. Chaque saccade successive refocalisait son attention sur l'une des cases situées dans une telle relation d'attaque ou de défense avec la case concernée précédemment.

Lorsqu'on lui présentait la même position sur l'échiquier que celle utilisée par Tichomirov et Poznyanskaya (1966-1967), le programme de simulation suivait les mêmes voies que le maître humain pour balayer l'échiquier, et concentrait son attention, comme le faisait le maître, sur les cases qui étaient significatives du point de vue des échecs, en ignorant largement les autres (c'est-à-dire en ne faisant aucune saccade dans leur direction). Ainsi, la performance humaine était simulée par un simple processus de reconnaissance basé sur la connaissance des échecs, et ne requerrait aucune saisie simultanée ou "holistique" de la totalité du réseau de relations.

Nous pouvons facilement voir comment le mouvement de simulation oculaire pourrait être appliqué à la solution par l'insight du problème du parallélogramme. Les rectangles et les triangles doivent être disponibles comme des signaux familiers que l'étudiant est capable de reconnaître (et qui sont même reconnus dans certaines situations où l'un des côtés n'est pas dessiné et doit être rajouté mentalement (implied)). Etant donné cette capacité de reconnaissance, un système manipulant des symboles pourrait détecter le rectangle et les triangles implicites à l'intérieur et sur les côtés du parallélogramme, et construire la dérivation de l'aire à base d'insight. Les actes de reconnaissance fournissent la compréhension qui est nécessaire pour résoudre le problème et rendent compte de la vitesse relative avec laquelle il est résolu.

La découverte scientifique

Comme les événements conduisant à des découvertes scientifiques importantes sont souvent cités comme des exemples révélateurs de pensée créatrice mettant en jeu l'insight, nous pouvons nous demander si ces événements peuvent être simulés. Aujourd'hui, il existe des programmes d'ordinateur qui sont en mesure de récapituler l'historique de découvertes scientifiques de tout premier

ordre en partant des “données” qui étaient à la disposition des premiers découvreurs ; ils nous fournissent ainsi des modèles opératoires de certains processus propres à la pensée créative. (Je laisse de côté les nombreux cas où les ordinateurs ont découvert et prouvé de nouveaux théorèmes mathématiques et ne se sont pas bornés à simuler les découvertes humaines.) Les logiciels de découverte contemporains trouvent non seulement des lois au sein des données mais inventent également de nouveaux concepts pour décrire des phénomènes, planifient des suites d’expériences, et tirent des inférences de la théorie. Pour une étude de ces cas, des descriptions de certains de ces programmes et une revue de la littérature, voir Langley, Simon, Bradshaw et Zytkow (1986) et Kulkarni et Simon (1986).

Créer des représentations

Un autre aspect de la compréhension doit être discuté : il est parfois dit qu’un problème est compris lorsqu’il peut être formulé ou représenté de manière appropriée. “Un problème bien posé est à moitié résolu”. Michael Wertheimer ne considère la représentation comme satisfaisante que si elle rencontre trois critères :

“... la représentation correspond à la structure réelle du problème...; la représentation est bien intégrée dans le sens où tous ses composants sont interconnectés de manière appropriée... la représentation est bien intégrée avec les autres connaissances du sujet impliqué dans la résolution du problème” (Wertheimer 1985:22).

Il avance que “la résolution de problèmes (...) consiste typiquement dans le développement d’une représentation raisonnable du domaine du problème, celle-ci étant organisée de manière appropriée” (Wertheimer 1985:23).

La conception de systèmes capables de créer leurs propres représentations de problèmes est actuellement un champ de recherche très actif dans l’intelligence artificielle et les sciences cognitives. Cependant, la possibilité de simuler le processus de construction des représentations par un ordinateur a déjà été démontrée depuis plus d’une décennie. En fait, on peut trouver des exemples (voir Donald Williams 1972) qui remontent à une décennie et demie. Je vais illustrer comment cet aspect de la compréhension est simulé en décrivant deux programmes bien connus de ce type.

Les problèmes sont souvent posés aux étudiants comme des énoncés en langage naturel tirés de manuels ou dits oralement par

les professeurs. De la même manière, des instructions écrites ou orales définissent dans les laboratoires de psychologie les problèmes pour les sujets. Le programme UNDERSTAND (Hayes et Simon 1974) simule ces processus. Il accepte des problèmes simples énoncés en anglais et il en construit des représentations qui sont appropriées aux entrées d'un programme général de résolution de problème comme GPS. De ce fait, Wertheimer se trompe lorsqu'il dit : "il n'existe aucun programme capable de poser le problème de telle manière qu'un ordinateur puisse le résoudre" (Wertheimer 1985:29). Laissez-moi décrire brièvement comment UNDERSTAND effectue précisément ceci, et mentionner ensuite d'autres programmes qui ont la même capacité.

Le programme UNDERSTAND comporte deux composants principaux. Le premier fait l'analyse grammaticale de la description en langage naturel du problème (parsing), le second transforme cette description en une représentation interne utilisable par GPS. En tant qu'implémentée réellement, il n'y a rien qui mérite d'être noté quant à la procédure d'analyse grammaticale ; en fait, pour les tâches simples sur lesquelles le programme a été testé, seule une analyse très sommaire a été requise. Le composant responsable de la construction de la représentation est plus intéressant.

Considérez l'énigme de la Tour de Hanoi. Les instructions du problème (si le problème est posé verbalement, sans un diagramme ou une réalisation physique du puzzle) décrivent trois chevilles sur lesquelles sont enfilés un certain nombre de disques de tailles différentes. Au départ du problème, tous les disques sont sur un des bâtons et forment une pyramide qui a à sa base le plus grand disque et à son sommet le plus petit. La tâche consiste à transférer tous les disques sur l'un des autres bâtons (qui est spécifié) de telle manière qu'ils forment à nouveau une pyramide. Seul un disque à la fois peut être déplacé, et un disque ne peut jamais être placé sur un disque de moindre dimension.

La représentation construite par UNDERSTAND comprend un schéma consistant en une liste de nœuds désignant les bâtons. Chacun de ces nœuds possède un attribut "disque" qui dénote la liste des disques actuellement sur ce bâton. UNDERSTAND construit aussi un nouvel opérateur qui efface le nom d'un disque particulier de la liste sur laquelle il était inscrit, et l'ajoute à la liste d'un autre bâton. Cet opérateur fera un mouvement de ce type seulement si deux conditions (qu'il teste) sont satisfaites : le disque est le plus petit de

la liste d'où il doit être effacé, et il est plus petit que tout ceux qui sont déjà sur la liste où il doit être ajouté. UNDERSTAND construit aussi, à partir des instructions du problème, le but qui consiste à déplacer tous les disques du bâton initial à un autre bâton.

Le schéma et les opérateurs de déplacement que UNDERSTAND construit représente un modèle interne assez littéral de la situation de la Tour de Hanoi, fournissant une image mentale de la situation. Ce modèle peut maintenant être manipulé par un programme comme GPS, utilisant les opérateurs de mouvement pour conduire une recherche à travers l'espace des mouvements autorisés et les distributions des disques entre les bâtons qui en résultent. Les lecteurs familiers de GPS remarqueront que le programme aura besoin de quelques capacités d'apprentissage pour construire la "table de connexions" qu'il utilise pour guider sa recherche, mais il a été montré que le système lui-même peut être amélioré afin d'apprendre cette table indépendamment (Newell, Shaw & Simon 1960).

Je renvoie le lecteur à la littérature pour une description détaillée de la manière dont UNDERSTAND acquiert sa compréhension du problème (Simon, 1979, chapitres 7.1 à 7.3), me limitant ici à quelques remarques. UNDERSTAND examine les instructions du programme analysé grammaticalement afin de trouver les ensembles d'objets qui y sont mentionnés. Ainsi, il découvre qu'il y a des "chevilles" et des "disques" dans ce problème. Ensuite, il découvre qu'il y a une relation, "sur", qui connecte des disques avec des bâtons. A partir d'indicateurs modaux et d'autres indicateurs syntaxiques, il identifie certaines phrases comme définissant les mouvements admissibles. A partir de ces phrases, il apprend qu'un mouvement implique de se saisir d'un disque lié à un bâton par la relation "sur" et de le placer sur un autre bâton en conservant cette relation. Une sémantique relativement minimale permet au programme de comprendre qu'une relation comme "sur" peut être représentée en associant un type d'objet avec l'autre dans un format de schéma standard. Un lecteur qui est familier avec le problème des Missionnaires et des Cannibales verra que le programme construira de la même manière une représentation pour ce problème.

Le programme UNDERSTAND, parce qu'il a une sémantique très appauvrie, n'est capable de traiter que de problèmes du type "casse-tête" semblables à ceux qui ont été mentionnés, problèmes qui ne requièrent quasiment aucune connaissance du monde réel.

Cependant, d'autres programmes de résolution de problème n'ont pas cette limitation. Le programme ISAAC (Novak 1977), par exemple, dispose d'une connaissance portant sur la physique de l'équilibre statique. Cette connaissance prend la forme de schémas, stockés dans la mémoire, qui permet à ISAAC, lorsqu'il rencontre, par exemple, le mot "levier", d'apprendre à partir du schéma des leviers qu'il possède que son but consiste à chercher un point d'appui et des forces. En tenant également compte de la dimension du levier, il associe ensuite ces informations de manière à former un nouveau schéma de levier qu'il peut ensuite relier aux autres schémas qu'il dérive de la description du problème. Mettant ensemble tous ces schémas d'une manière appropriée, il construit un schéma de problème qui décrit la situation du problème. Une démonstration du fait qu'ISAAC comprend un problème est qu'il peut utiliser le schéma du problème qu'il a construit pour dessiner sur un tube cathodique une image de la situation du problème correspondant aux instructions verbales du problème. Ainsi ISAAC peut construire une image mentale et visuelle d'une scène décrite verbalement. Une autre démonstration de la compréhension d'ISAAC est que, une fois le schéma interne du problème construit, il peut ensuite l'utiliser pour résoudre le problème de physique.

Les schémas de mécanisme composant qu'ISAAC utilise pour comprendre les énoncés du problème lui sont fournis par son programmeur. Cependant, un programme comme UNDERSTAND, une fois combiné avec ISAAC, pourrait aussi apprendre ces procédés à partir des descriptions verbales de mécanismes comme ceux des leviers. Un tel système combiné pourrait aussi bien apprendre de nouveaux sujets en physique que résoudre des problèmes physiques reliés à ces sujets. Le système n'a pas non plus besoin d'être limité à des entrées ayant la forme de mots, car on a aussi pu élaborer des systèmes utilisant des représentations imagées pour construire des schémas internes — ce qui correspond à l'inverse des capacités d'ISAAC quant à sa faculté de dessiner des images (Coles 1972).

Je ne peux pas fournir ici un panorama complet des recherches, passées et présentes, portant sur les systèmes capables de créer des représentations, mais j'ai présenté un petit échantillon de cette recherche afin de corriger l'impression, encore largement partagée, que les ordinateurs n'ont pas fait montre de capacités de compréhension suffisamment bonnes pour créer leurs propres représentations des problèmes. L'utilisation d'analogies pour

former de nouvelles représentations, qui est sans aucun doute une ressource importante pour les humains, a également commencé à être mise à l'étude, et il existe maintenant plusieurs systèmes qui disposent au moins de capacités simples pour utiliser l'information analogique de cette manière. Une revue de travaux récents sur l'analogie et la simulation de processus analogiques peut être consultée in Carbonell (1986).

Une définition modifiée de la compréhension

Laissant maintenant l'insight qui implique l'imagerie visuelle et la création de représentations pour revenir à la compréhension en général, nous allons maintenant faire un nouvel essai de définition. En mettant ensemble tous les aspects de la compréhension que nous avons explorés, nous pouvons dire qu'une personne comprend une situation problématique dans la mesure où elle peut induire, au moyen d'une certaine combinaison de reconnaissance et de raisonnement, un riche réseau de relations parmi les éléments de la situation ; en fin de compte, elle est capable d'effectuer un ensemble de tâches qui impliquent d'une manière ou d'une autre une opération sur la situation ou une transformation de cette dernière. Bien que cette définition ne soit pas aussi précise que nous le souhaiterions, et qu'elle fait de la compréhension une affaire de degré, nous pouvons en dériver un certain nombre de conséquences.

Une conséquence importante est que la compréhension dépend fortement de la capacité à reconnaître des relations et que cette capacité, à son tour, requiert l'acquisition de connaissances indexées par des signaux caractérisant le domaine de la compréhension. De ce fait, pour saisir la signification d'une position d'échec de la manière dont le fait un maître, une personne doit reconnaître "instantanément" (c'est-à-dire dans un laps de temps de quelques centaines de millisecondes) les relations d'attaque et de défense présentes parmi les pièces de l'échiquier. Pour comprendre comment calculer l'aire du parallélogramme, l'étudiant doit reconnaître les figures rectangulaires et triangulaires, et les avoir associées à une procédure de calcul de l'aire.

Le processus est exactement le même lorsqu'aucune imagerie visuelle n'est impliquée. Une personne qui dispose de connaissances musicales reconnaît des relations harmoniques entre les notes d'un morceau qu'il ou elle est en train d'écouter. L'avocat d'un éditeur reconnaît certaines déclarations d'un livre à publier comme

potentiellement diffamatoires, sauf si elles peuvent être prouvées exactes, ou sauf si la cible de la déclaration “a provoqué le commentaire”. L’avocat “saisit” la situation parce que des signaux reconnaissables lui rappellent en mémoire des principes de loi pertinents. La profondeur de sa compréhension est mesurée par la richesse de l’ensemble de signes qui vont évoquer une réponse, et la richesse de l’ensemble des informations qui vont être évoquées par ces indices.

Les nombreux “systèmes experts” qui ont été construits ces dernières années pour mener à bien diverses tâches de niveau professionnel partagent généralement une architecture commune. Ils ont une large base de données sur la connaissance du domaine de la tâche, et des capacités modestes (souvent sous la forme de processus pour mener à bien une analyse en termes de moyens-fins) destinées à tirer des inférences à partir de ce savoir. La base de données est souvent organisée comme un ensemble de productions, de formulations de la forme si-alors qui reconnaissent les signes qui sont appropriés à la situation du problème et recherchent dans la base de données les informations pertinentes associées à ces signaux. De ce fait, ces systèmes ont tous un certain degré de compréhension de (et un insight dans) leurs domaines de tâches, l’étendue et la profondeur de leur compréhension variant d’un programme à l’autre. Collectivement, les systèmes experts existants fournissent un grand nombre de démonstrations de la capacité des programmes informatiques à exhiber de la compréhension et de l’insight.

GESTALTS

La psychologie de la Gestalt donne une grande importance au caractère connecté des choses — aux propriétés globales. Une de ses récriminations contre les vues alternatives est qu'elles violent cette totalité en découpant les systèmes holistiques en parties dont les relations sont simplement "additives". Parfois, cette objection semble presque se ramener à la position selon laquelle toute analyse d'un système détruit son intégrité et est, par là même, inadmissible. Sans attribuer cette position extrême au gestaltisme, quelques commentaires peuvent être faits sur la manière dont les programmes de simulation par ordinateur représentent ou non la colle qui relie des systèmes et qui leur donne l'unité qu'ils manifestent dans leur comportement.

Bien entendu, chaque programme représente un système par un ensemble de composants — instructions du programme et éléments de la base de données. Ces composants sont hautement reliés les uns aux autres de manières diverses. Les composants de la base de données contiennent des adresses qui "pointent" vers d'autres composants, les reliant ainsi. C'est par ce moyen que les structures de données peuvent représenter des concepts complexes, des descriptions de systèmes, et même des diagrammes et des images. Les instructions contiennent les conditions qui doivent être associées avec les données de façon à ce que les instructions soient exécutées. Et les instructions modifient les bases de données, modifications qui causent ou empêchent l'exécution d'autres instructions.

De ce fait, un programme d'ordinateur avec la base de données qui lui est associée est certainement un "tout" qui dépasse de loin les opérations indépendantes et simultanées qui le composent. Il s'agit d'un tout dans le même sens qu'un organisme, avec ses systèmes métabolique et circulatoire intégrés, constitue un tout, et on ne voit pas pourquoi un programme ne serait pas capable de simuler un organisme ou un quelconque système fonctionnel d'un organisme.

Parfois, le fait que la plupart des simulations par ordinateur soient sérielles au lieu d'être parallèles est utilisé comme argument contre leur adéquation à modéliser la pensée humaine. Il y a plusieurs vices de forme dans cet argument. Premièrement, nous disposons de toutes les preuves que la pensée humaine, du moins pour autant qu'elle requiert de l'attention, est sérielle plutôt que parallèle. Deuxièmement, tout système parallèle peut être simulé par

un système sériel, même si un pouvoir computationnel considérable peut être exigé pour l'accomplir. Etant donné que les processus électrochimiques du cerveau humain sont de façon évidente plutôt lents — ayant besoin d'environ une milliseconde pour traverser une seule synapse — les ordinateurs modernes peuvent bien être capables de compenser en vitesse tout manque de parallélisme.

Mais le vrai test, évidemment, n'est pas de savoir si les programmes d'ordinateur sont des systèmes "holistiques" en se basant sur un quelconque critère a priori de ce que cela signifie. Nous n'avons pas à accepter cet article de foi de la Gestalt comme une spécification du système. Le vrai test des programmes consiste à voir s'ils peuvent simuler le comportement humain qu'ils prétendent modéliser. Dans les parties précédentes de cet article, nous avons proposé un certain nombre d'exemples où les programmes informatiques contemporains ont exhibé leur capacité à simuler les types d'activités mentales qui sont souvent prises pour des cas qui prouveraient le besoin de recourir au holisme.

UNE CRITIQUE A LA CRITIQUE DE WERTHEIMER

Quelques commentaires sont à apporter sur la manière dont Michael Wertheimer (1985) exprime ses doutes sur la compatibilité des simulations informatiques contemporaines avec les principes de la psychologie de la Gestalt. Il soulève en fait deux problèmes distincts sans cependant les séparer clairement dans sa discussion. Le premier problème consiste à savoir si les programmes de simulation par ordinateur peuvent représenter, et par conséquent expliquer, la large variété de comportements d'apprentissage et de résolution de problèmes sur lesquels la psychologie de la Gestalt s'est concentrée. Le second problème vise à savoir si de tels programmes (qui satisfont ou non au premier critère) incarnent les principes que les gestaltistes croient être au fondement du comportement humain intelligent.

La première question doit être résolue au moyen d'une investigation empirique : comparer les programmes, au niveau de détail le plus fin possible, avec le comportement humain dans des tâches identiques. Si les programmes sont en fait aptes à se comporter exactement comme des êtres humains intuitifs, plein d'insight et de compréhension, alors nous n'avons pas d'autre choix que de conclure qu'ils fournissent des théories valables des phénomènes de l'intuition, de l'insight et de la compréhension. Tout

ce que nous pouvons demander à une théorie est qu'elle concorde avec les phénomènes qu'elle cherche à expliquer. J'ai essayé dans cet article de fournir quelques exemples qui illustrent à quel point nous sommes proches, dans la simulation informatique, du succès dans l'élaboration de ces théories.

La seconde question est d'une autre teneur. Il s'agit de savoir si deux paradigmes théoriques sont compatibles ou non ; si une traduction cohérente, préservant la signification, peut être faite de l'un à l'autre. Nous disons que les versions de Schroedinger et d'Heisenberg de la mécanique quantique sont compatibles parce qu'une telle traduction (au moins approximative) a été trouvée. Comme ces deux théories sont compatibles, on n'a pas à faire un choix entre celles-ci ; chacune peut être utilisée selon sa commodité pour la compréhension ou le calcul. Si deux théories ne sont pas compatibles, alors tant pis pour celle qui ne peut expliquer les données empiriques, ou qui contient des hypothèses superflues qui vont au-delà du phénomène dont il faut rendre compte. Si tel est le cas, nous devons abandonner cette théorie en faveur de celle qui correspond de manière plus parcimonieuse avec le monde réel.

Je ne tiens pas pour certain que la théorie de la Gestalt soit compatible avec les théories contemporaines qui rendent compte des fonctions mentales humaines en terme de traitement de l'information. J'ai toujours pensé que tel était le cas, à condition qu'une tentative honnête soit faite pour interpréter de manière favorable les termes de la théorie de la Gestalt qui ne sont pas fournis avec une définition opérationnelle adéquate. Une déclaration antérieure de ce point de vue a été exposée dans Newell, Shaw et Simon (1958). Cependant, je suppose que ce sont principalement les personnes qui se nomment elles-mêmes gestaltistes, et qui préfèrent le langage traditionnel de la théorie de la Gestalt, qui devraient décider comment elles veulent que leur langage soit utilisé. Par exemple, Michael Wertheimer insiste sur le fait que "l'utilisation de l'expression «top-down» dans la psychologie cognitive moderne ... est... complètement différente de son usage dans la théorie de la Gestalt" (Wertheimer 1985:25). Savoir si cette déclaration est vraie est une question historique, à laquelle il faut répondre en examinant les textes. Mais savoir si la pensée humaine est «top-down» dans le sens de Wertheimer ou dans le sens revendiqué par la psychologie cognitive contemporaine est

une question empirique, qui doit être résolue par l'observation du comportement.

J'éprouverais bien un peu de regret si le vocabulaire chatoyant de la psychologie de la Gestalt était rayé de la carte par la psychologie du traitement de l'information, car des mots subtils comme "intuition", "insight", "compréhension", et même "Gestalt" peuvent sûrement être affinés et devenir utiles pour la psychologie expérimentale. Mais si les psychologues de la Gestalt persistent à affirmer que nous sommes en train de tordre la signification de ces termes de telle manière qu'ils n'ont plus aucune ressemblance avec la signification qui était la leur, il pourrait être plus simple d'y renoncer et de les remplacer par d'autres.

Il ne doit cependant pas y avoir d'erreur sur les conséquences d'une telle décision. Le test final d'une théorie psychologique consiste à voir si elle correspond avec le comportement. Si la psychologie du traitement de l'information explique les phénomènes, ainsi qu'elle le fait de plus en plus, alors nous sommes obligés de rejeter toute interprétation de la théorie de la Gestalt qui persiste à se distancer des tests empiriques. En répondant au Professeur Wertheimer, j'ai par conséquent dirigé la plus grande part de mon énergie à montrer à quel point la psychologie du traitement de l'information et la simulation informatique ont progressé en direction d'une explication des phénomènes qui ont historiquement été conçus comme étant en faveur de la théorie de la Gestalt. Savoir si nous devons continuer à utiliser le langage de la Gestalt pour dénoter ces phénomènes est une question distincte.

CONCLUSION

Le Professeur Wertheimer demande où sont l'insight et la compréhension dans les modèles informatiques. J'ai montré exactement où ils sont lorsque j'ai fait référence aux programmes qui exhibent les comportements habituellement étiquetés comme faisant intervenir de "l'insight" ou de la "compréhension". Il affirme que l'étape de Hoeffding, qui permet aux experts de comprendre de nouvelles situations, est manquante. Mais j'ai montré qu'elle réside dans les mécanismes de reconnaissance des programmes qui exécutent des diagnostics médicaux ou qui jouent aux échecs. Il avance que les programmes d'ordinateur ne peuvent comprendre ou apprendre mais qu'ils doivent recevoir à l'avance une représentation du problème. Mais j'ai décrit des programmes

d'ordinateur existant (certains vieux de plus de dix ans) qui peuvent générer leurs propres représentations du problème et qui sont capables d'apprendre à partir d'exemples.

Savoir si les mécanismes que j'ai décrits correspondent aux mécanismes que les gestaltistes ont à l'esprit lorsqu'ils utilisent des termes comme "intuition", "insight", "compréhension", "bonne forme" ou "étape de Hoeffding" est une question à laquelle ils sont les seuls à pouvoir répondre. Mais un vaste ensemble de preuves empiriques montrent maintenant que les phénomènes qui ont habituellement été exhibés par les gestaltistes comme des preuves de la présence de ces processus peuvent, en fait, être simulés par des ordinateurs digitaux.

Si nous mettons de côté notre nostalgie pour un vocabulaire riche mais largement non opérationnel et que nous nous focalisons plutôt sur les processus de pensée observables, nous voyons que nous sommes beaucoup plus avancés dans la compréhension de ces processus que ce que nous accorde le Professeur Wertheimer. Nous n'avons pas à attendre l'"ordinateur de demain" pour comprendre l'insight. Le phénomène de l'insight est entièrement visible dans le comportement des ordinateurs d'aujourd'hui lorsqu'ils sont programmés de manière appropriée pour simuler la pensée humaine.

(Traduction de Fabrice Clément)

Bibliographie

- Carbonell, J. G. (1986) Derivational analogy: A theory of reconstructive problem-solving and expertise-acquisition. In R. S. Michalski, J. G. Carbonell, & T.M. Mitchell (Eds.), Machine learning, (Vol. 2. Ch. 14). Los Altos, CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.*
- Coles S. (1972) Syntax directed interpretation of natural language. In H. A. Simon & L. Siklossy (Eds.). Representation and meaning (Ch.5). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.*
- Feigenbaum, E. A. (1963) Verbal learning and concept formation . In E. A. Feigenbaum & J. Feldman (Eds.), Computers and Thought (Part 2, section 2). New York: McGraw Hill.*
- Feigenbaum, E. A., & Simon, H. A. (1984) EPAM-like models of recognition and learning. Cognitive Science, 8, 305-336.*

- Hayes, R., & Simon, H. A. (1974) *Understanding written problem instructions*. In L. W. Gregg (Ed.), *Knowledge and cognition*. Potomac, MD: Lawrence Erlbaum Associates.
- Katona, G. (1940) *Organizing and memorizing*. New York: Columbia University Press.
- Koehler, W. (1925) *The mentality of apes*. London: Kegan, Paul.
- Kulkarni, D., & Simon, H. A. (1986) *The processes of scientific discovery: The strategy of experimentation*. CMU-CS Department Tech. Report CMU-CS-86-111.
- Langley, P., Simon, H. A., Bradshaw, G. L., & Zytkow, J. M. (1986) *Scientific discovery*. Cambridge, MA: M.I.T. Press.
- Neves, D. M. (1978) *A computer program that learns algebraic procedures*. Proceedings of the 2nd Canadian Conference on Computational Studies of Intelligence. Toronto.
- Newell, A., Shaw, J. C., & Simon, H. A. (1958) *Elements of a theory of human problem solving*. *Psychological Review*, 63, 151-166.
- Newell, A., Shaw, J. C., & Simon, H. A. (1960) *A variety of intelligent learning in a general problem solver*. In M.C. Yovits & S. Cameron (Eds.), *Self-organizing systems*. Elmsford, NY: Pergamon Press.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972) *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Nowak, G. S. (1977) *Representations of knowledge in a program for solving physics problems*. Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI, Cambridge, MA.
- Rosch, E. (1973) *On the internal structure of perceptual and semantic categories*. In T. E. Moore (Ed.), *Cognitive development and the acquisition of language*, New York: Academic Press.
- Sacerdoti, E. D. (1977) *A structure for plans and behavior*, New York: Elsevier.
- Simon, H. A. (1966) *Scientific discovery and the psychology of problem solving*. In R. Colodny (Ed.), *Mind and cosmos*. Pittsburgh, PA: Pittsburgh University Press.
- Simon, H. A. (1979) *Models of thought*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Simon, H. A., & Barenfeld M. (1969) *Information processing analysis of perceptual processes in problem solving*. In H. A. Simon, *Models of thought* (1979, Ch. 6.2). New Haven, CT: Yale University Press.
- Simon, H. A., & Gilmarin, K. J. (1973) *A simulation of memory for chess position*. In H. A. Simon, *Models of thought* (Ch. 6.3). New Haven, CT: Yale University Press.

- Tichomirov, O. K., & Poznayanskaya, E. D. (1966-67) An investigation of visual search as a means of analyzing heuristics. Soviet Psychology, 5, 2-15.*
- Wertheimer, M[ax]. (1945) Productive thinking. New York: Harper.*
- Wertheimer, M[ichael]. (1985) A Gestalt perspective on computer simulations of cognitive processes. Computers in Human Behavior, 1, 19-33.*
- Williams, D. (1972) Computer program organization induced from problem examples. In H. A. Simon & L. Siklossy (Eds.), Representation and meaning. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.*
- Woodworth, R. S. (1938) Experimental psychology. New York: Holt.*