

INTELLIGENCE ET CONCEPTION

J-L LE MOIGNE (1986)

LIMINAIRE (2013)

Cet article fut initialement publié dans un ouvrage collectif intitulé « *INTELLIGENCE DES MECANISMES ET MECANISMES DE L'INTELLIGENCE ; Intelligence Artificielle et Sciences de la Cognition* », publié en 1986 pour la 'Nouvelle Encyclopédie des Sciences et des Techniques', Editions Fayard-Fondation Diderot, ouvrage coordonné par J L Le Moigne. (ISBN 2 213 7634 01, 367 pages).

Epuisé depuis de nombreuses années, et la collection de cette Nouvelle Encyclopédie ayant depuis changé d'éditeur, cet ouvrage présentait un état de l'art en langue française de la formation progressives, à partir des années 1970, des sciences de la cognition dans le creuset de l'intelligence artificielle apparue au milieu des années 1950. Vingt cinq ans plus tard l'aventure de ces 'Nouvelles Sciences' s'est bien sûr déployée et diversifiée, mais souvent en se spécialisant sans veiller assez à garder traces de leur enracinement original dans leur riche terreau épistémologique.

Ce constat est aujourd'hui sensible dans tous les champs des sciences dites appliquées qui n'identifient plus les sciences sur lesquelles elles devraient être appliquées ou qu'elles devraient appliquer dans les activités humaines. Pratiquement toutes les sciences d'ingénierie, sciences de conception plus que d'analyse, sont quotidiennement perçues dans cette situation : On comprend que les citoyens incitent de plus en plus enseignants et chercheurs à s'exercer en permanence à la critique épistémologique interne des connaissances qu'ils produisent et enseignent afin de les convaincre de la légitimité de ces connaissances

Diagnostic particulièrement sensible aujourd'hui dans le champ des sciences de conception ou plus explicitement **sciences des 'processus de conception'**, plutôt que sciences des produits tenus pour bien conçus, 'résultats de conception'. C'est ce qui m'a incité à rendre à nouveau accessible cette exploration du concept de conception-processus, tel qu'on pouvait le présenter il y a une trentaine d'années. Si les exemples datent d'avant les développements de la micro informatique, les arguments constitutifs du paradigme de la conception-processus gardent leurs valeurs 'génératrices', nous rappelant les enjeux éthiques qu'engagent sans cesse les activités humaines.

Précisons enfin qu'il sera possible de rendre accessible une autre étude, plus centrée sur '*la genèse de quelques nouvelles sciences, de l'intelligence artificielle aux sciences de la conception*' publiée dans le même volume. 40 pages. Mai 2013. – JL LM

INTELLIGENCE ET CONCEPTION

Jean-Louis LE MOIGNE*

Résumé

Concevoir : dispose-t-on d'un modèle de la continuité des opérations intellectuelles d'un esprit humain en train de concevoir ? interrogeait Paul Valéry. On propose ici une discussion de la conception entendue comme un acte cognitif (découvrir ou inventer ? appliquer ou projeter?...) visant à mettre en valeur les premiers modèles de ce processus de conception que suggère l'IA. On illustre cette discussion par deux applications pratiques aujourd'hui familières : la conception assistée par ordinateur (CAO) et les systèmes interactifs d'aide à la décision (SLAD) : leur développement illustre un certain nombre de concepts des théories de la conception, et de leur rapport à l'intelligence artificielle considérée comme traitement des symboles.

On poursuit par la mention de quelques repères, en exploitant l'antinomie entre analyse et conception, afin de mettre en valeur les processus de conception en architecture et urbanisme comme en « design », puis dans l'ordre de la création scientifique (développée notamment par H. Simon : ne peut-on écrire un programme d'IA qui « invente » des lois scientifiques ?).

Abstract

Conceiving: do we have at our disposal a pattern of the sequence of intellectual operations that the human mind undergoes while conceiving? The question was asked by Paul Valéry. We hereby intend to discuss conception viewed as a cognitive act (discover or invent? apply or plan?), with a view to highlighting the prime patterns of the conceiving process as outlined by AI. We try and make our point with the help of two well known practical applications: computer aided design (CAD) and the interactive decision-making systems (IDMS). Their development goes to illustrate some of the concepts of design theories as well as their relationship to artificial intelligence considered as a processing of symbols.

We continue by indicating a few landmarks, taking full advantage of the antinomy between analysis and conception, in order to bring out the different methods of conceiving in architecture, town-planning and « design ». We then proceed in order of scientific creation (developed in particular by H. Simon who enquires whether it isn't possible to work out an artificial intelligence program capable of « inventing » scientific laws).

* (Notule publiée en 1986) Jean-Louis LE MOIGNE est professeur de science des systèmes à l'université Aix-Marseille III (GRASCE, CNRS 935). Ingénieur ECP, après douze années de pratique dans un grand groupe industriel français et une année sabbatique au MIT et à Harvard (1971), il se consacre à l'enseignement et à la recherche dans le domaine des « nouvelles sciences » : science de la décision, systèmes d'information, sciences de l'organisation, intelligence artificielle, systémique. Il est membre de comités de rédaction de plusieurs revues scientifiques internationales, auteur ou coauteur de dix ouvrages et d'une quarantaine d'articles, et membre de la commission Diderot.

INTELLIGENCE ET CONCEPTION

JEAN-LOUIS LE MOIGNE

« Concevoir, disait à peu près Plaute, c'est chercher ce qui n'est nulle part et cependant le trouver. » « Qu'est-ce que Plaute entend par chercher, et par trouver ce qui n'est nulle part ? », s'interrogeait, avec inquiétude et rigueur, le maître incontesté de la conception en architecture au début du **XIXe** siècle, Quatremère de Quincy^{† 1}, après avoir rapporté cette autre formule de Plaute, paradoxale : « Ce qui existe peut se trouver. On n'invente que ce qui n'existe pas. Voilà peut-être la meilleure distinction à faire entre les mots inventer et trouver ². »

QU'EST-CE QUE LA CONCEPTION ?

Découvrir ou inventer ?

Ainsi, depuis deux siècles, le discours sur la science semble s'enfermer dans cet étonnant paradoxe : elle prétend chercher, ou découvrir, ce qui existe, révéler « le réel voilé ³ », et elle ne trouve de gratification sociale que dans sa capacité à inventer, à créer ce qui n'existe pas encore. On crut cependant, un temps, que la distinction facile entre les sciences et les arts, puis entre les sciences et les techniques, entre la recherche scientifique et la recherche technologique, allait proposer un compromis rassurant : à la science, l'analyse et l'anatomie de ce qui existe positivement (et donc nécessairement); à l'art et à la technique, la conception et l'invention de ce qui pourrait ou devrait exister. Compromis dangereux pour le crédit politique et moral de la science : allait-elle se résigner à abandonner aux ingénieurs, aux architectes, aux artistes ..., voire aux charlatans, la part perçue comme la plus utile, la plus noble même de l'activité de l'esprit humain élaborant ses projets d'intervention délibérée dans une nature souvent capricieuse ?

Appliquer ou concevoir ?

La tentation fut grande, et longtemps efficace, de substituer à *l'invention* ou à *la création*, *l'application* ou *l'imitation* : invitons les ingénieurs à *appliquer* les découvertes scientifiques plutôt qu'à inventer de nouvelles réalités ; incitons les architectes et les artistes à *imiter* les modèles que leur propose la nature ou que leur lèguent les anciens ; ainsi seront assez sauvegardées les apparences du primat intellectuel de la science : la découverte est noble, c'est l'affaire des savants ; et l'invention est servile, qui est l'affaire des ingénieurs ou des techniciens, voire des bricoleurs.

Ces discours, bien sûr, étaient à usage public : Auguste Comte pouvait clamer que

« l'imagination ne devait jouer qu'un rôle absolument subalterne » dans la recherche scientifique⁴, et chacun pouvait témoigner d'un positivisme sans faille, mais chaque chercheur, dans son for intérieur, convenait que son talent reposait sur cette petite étincelle de génie dont il était seul détenteur et qu'il tenait pour certaine et intransmissible : sa capacité à imaginer, à inventer, à concevoir.

L'analyste mélancolique

Puis vinrent les jours où il fallut peu à peu convenir de la stérilité de l'analyse et de la découpe : l'anatomiste devint « mélancolique⁵ » pendant que le physiologiste s'épanouissait en associant des systèmes que nul n'avait jamais vus, aussi fin que soit son bistouri : système digestif et système respiratoire, système social et système économique, système mécanique et système solaire, systèmes sans existence aucune, mais concevables, inventables, intelligibles... et bien commodes. A quoi sert un dispositif thermostatique qui ignore que la fenêtre est grande ouverte et qui ne sait la refermer ? A quoi sert un dispositif homéostatique qui ignore que l'artère est coupée et qui ne sait la ligaturer ? Ne peut-on donc pas concevoir ces situations et ces actions qu'imagine quasi spontanément un citoyen sans diplôme scientifique ? À quoi sert cette science qui semble incapable de poser correctement les problèmes les plus quotidiens et qui se désintéresse ostensiblement des problèmes dramatiques que suscitent... les *dégâts du progrès scientifique* ? Ainsi, après deux ou trois siècles d'une apparente éclipse, la conception, l'acte de concevoir, deviennent à nouveau objet et acte de science et de recherche scientifique : chercher ce qui n'existe pas, mais qui pourrait exister, et pourtant, parfois, le trouver, redevient un idéal scientifique, un acte digne de la science.

Nécessité d'une théorie de la conception

Qu'est-ce que concevoir ? La question dès lors redevenait pertinente. Quel est cet acte cognitif intentionnel, délibéré, qui s'exerce dans l'abstraction curieuse d'un schéma, d'un dossier, d'un plan, d'une vision, d'une intuition, qui ne se fonde sur rien d'autre que d'autres images, souvenirs, évocations, modèles fugaces, et qui pourtant produit : production de quelque forme, elle-même abstraite, et dont on sait que parfois elle deviendra concrète, ou tangible, artificielle sans doute, et délibérée, intentionnelle ; *œuvre artificielle d'une intelligence complexe..*

C'est ce processus cognitif de la conception qui va devenir, peu à peu, objet de science : peut-il être modélisé, reproduit, simulé, stimulé, assisté ? Peut-il être contraint, amplifié ? Dépend-il de ses environnements ? Requier-t-il des capacités cognitives spécifiques : capacité de mémorisation, vitesse et synchronisme des calculs et des manipulations de symboles ?

Ces questions qui obsédaient Paul Valéry commencent aujourd'hui à être mieux posées et connaissent quelques premières réponses que l'on doit aux premiers développements de l'intelligence artificielle et des sciences de la cognition : ce qui ne surprendra pas dès lors que l'on convient que la conception est une activité cognitive assurée par une intelligence. Une théorie de la conception s'écrit depuis quelques années, se fondant sur le même socle épistémologique que les sciences de l'intelligence, les sciences de la cognition et les sciences de l'artificiel.

DES PRODUITS DÉJÀ OPÉRATIONNELS

La conception assistée par ordinateur

S'il est prématuré de la présenter sur le mode d'une théorie achevée, il est possible de l'introduire par ses premiers produits, visibles et déjà familiers : les programmes de CAO : *conception assistée par ordinateur*.

Ce n'est pas dans les séminaires universitaires d'épistémologie ou de logique, ni même dans les gros et riches laboratoires de physique ou de biologie qu'apparurent au début des années 70 les premiers systèmes de conception assistée par ordinateur (souvent présentés sous leur sigle anglo-saxon : CAD, pour *Computer Assisted Design*) : l'idée d'assister les processus cognitifs de conception par un système automatique ne hantait guère alors ces institutions scientifiques. Elle apparut et se développa presque spontanément dans les bureaux d'étude de construction mécanique, d'architecture, d'urbanisme, dans les laboratoires de chimie de synthèse, dans les équipes de projets de définitions de nouveaux ordinateurs. Ce n'est pas une réflexion spéculative sur l'exercice de la conception qui suscita en général ⁶ ces nouveaux produits logiciels : ce fut, comme souvent, une volonté de réduction des délais d'exécution de tâches perçues comme fastidieuses — et donc automatisables — par les projecteurs et les ingénieurs (donc par les concepteurs) : recherches de données spécifiques, calculs de volumes ou de poids, détermination de devis sur coûts standard, etc. En gros, toute ce qui ne relevait pas (ou plus) de la conception proprement dite, mais de la part de l'exécution.

Le développement, à partir de 1970, de mini-ordinateurs meilleur marché, et accessibles par des terminaux à écran graphique, allait permettre de rentabiliser de tels programmes de calculs et de recherches documentaires par les gains de temps et les souplesses d'exécution qu'ils pouvaient permettre par rapport aux procédures classiques dites manuelles. Les premiers systèmes de CAO (et nombre de ceux qui ont été développés entre 1970 et 1985) ne faisaient pratiquement pas appel aux ressources (pourtant déjà disponibles) de l'intelligence artificielle ou des sciences de la cognition : il s'agissait de programmes informatiques mettant en œuvre des algorithmes classiques, dont l'originalité reposait sur les commodités d'accès interactif (les techniques informatiques interactives étaient pratiquement maîtrisées depuis 1968). Si bien que les sociétés qui proposaient

des progiciels de CAO aux bureaux d'études pouvaient alors rassurer leurs clients : « Dans CAO, c'est le O qui importe, l'ordinateur, mais pas la conception ! » La conception, si mystérieuse, reste l'affaire de l'homme, et l'ordinateur ne s'en mêlera pas, n'effectuant que les tâches, bêtes, d'exécution.

Le caractère ludique de la conception

Cet argumentaire commercial (« Ne pas affoler le client déjà inquiet de cette innovation technique qu'il ne maîtrise pas encore, en évoquant l'ordinateur capable de concevoir... mieux peut-être que les plus géniaux des ingénieurs ⁷ ! ») ignorait bien sûr le caractère étonnamment ludique de l'exercice de la conception : une fois assis devant son terminal à écran graphique, disposant de moyens de commande de plus en plus souples (les touches du clavier, puis le crayon lumineux, puis la souris, bientôt la voix), le concepteur se mit à jouer avec le système de CAO qui devait l'assister dans les seules tâches répétitives et fastidieuses (ce qu'en général il faisait correctement) : ainsi le maître qui joue avec son esclave, et qui joue plus volontiers encore lorsqu'il sait que parfois l'esclave gagne. Ce sont les utilisateurs, se servant de façon apparemment désordonnée de leur système de CAO, qui, rapidement, et à l'insu des fabricants, les firent entrer dans *le jeu de la conception* proprement dite, s'astreignant ainsi à repérer leur propre processus de conception : comment s'initialise-t-il ? comment s'interrompt-il ? Comment se définissent les branches de l'arbre qu'il serait tentant d'explorer ? Comment s'élaborent ces buts intermédiaires si arbitraires que se fixe souvent le concepteur ? Peu à peu, le processus de conception devenait un *processus de résolution de problème*, un jeu par excellence : jeu en solitaire peut-être, comme les mots croisés, les devinettes ou les puzzles ? Ou, peut-être, avec un partenaire invisible... mais *pas si bête* ? La réponse importait peu, puisque le jeu était plaisant. Plaisant et toujours visible : dans la CAO, ce n'était plus le O qui importait, mais le C ; l'ordinateur, on connaît, mais la conception, on ne sait pas encore bien ce que c'est... et c'est intéressant !

Le développement des systèmes interactifs d'aides à la décision (SIAD)

Les milliers de pratiques des concepteurs utilisant des systèmes de CAO allaient s'enrichir, à partir des années 75, de celles des chargés d'études mettant en œuvre des *Systèmes interactifs d'aide à la décision* (SIAD ; *Décision Support Systems* ou DSS en anglais), économiquement disponibles sur les micro-ordinateurs qui se diffusent de par le monde : concevoir ou élaborer une décision, ou un programme d'action, n'est-ce pas une opération cognitive de même nature que celle mise en œuvre pour concevoir un produit, un bâtiment ou un plan ? Initialement, les SIAD proposaient au chargé d'études une assistance dans l'exécution de calculs intermédiaires fastidieux et dans la recherche de données dispersées... Puis le même phénomène que celui que l'on observait dans

l'usage des systèmes de CAO se manifesta : les utilisateurs se mirent à jouer avec leur système, à explorer les idées nouvelles qui n'étaient pas prévues, mais qui étaient possibles, à *bricoler* le système pour lui faire assurer des tâches nouvelles... Ces comportements, empiriquement observables, n'étaient guère théorisés ou justifiés : ils prolongeaient apparemment le travail familier du concepteur, de l'ingénieur, du chargé d'étude, qui tâtonne en s'aidant du crayon et de la gomme.

Produire ou reproduire l'actif cognitif de la conception

Mais ils contraignaient à une certaine formalisation, à une explicitation plus détaillée et plus aisément enregistrable des processus cognitifs de conception : celle-ci perd ainsi une part au moins de son caractère présumé ineffable (l'éclair de génie, le *euréka* ou le *baba* du savant). On ne sait sans doute pas le produire, mais on commence à savoir le reproduire ; et on identifie certaines des conditions dans lesquelles il semble plus aisément susceptible de se produire.

INTELLIGENCE ET CONCEPTION

Les théories de la conception précèdent les pratiques

Cette compréhension progressive et empirique du processus de conception, partiellement extériorisée par l'usage des systèmes de CAO ou des SIAD, se poursuit et se poursuivra sans doute longtemps (la relation interactive *homme-écran-système artificiel* ne se développe que depuis une dizaine d'années). Il serait donc imprudent d'inférer des conclusions trop définitives à partir des premières observations empiriques qui commencent à peine à s'accumuler ; leur diversité est en outre extrême et décourage les analyses statistiques dont les chercheurs — en particulier américains — sont si friands (repérer des *types psychologiques* présumés mieux adaptés à des *types technologiques*, etc.).

Mais il apparaît que, dans ce domaine aussi, la théorie a précédé la pratique (ou, plus correctement, la conceptualisation a précédé l'expérimentation et l'observation). Les comportements des *concepteurs assistés* que l'on observe et que l'on interprète aujourd'hui ne sont pas surprenants dès lors que l'on prend connaissance des recherches sur la résolution de problèmes, la préparation des décisions et la conception architecturale ou industrielle qui furent développées entre 1952 et 1972 par une équipe de chercheurs à laquelle l'intelligence artificielle doit beaucoup, celle du *Carnegie Tech* (devenu *Carnegie Mellon University*) de Pittsburgh, animée notamment par H.A. Simon et A. Newell. Le chapitre intitulé *la Science de la conception*⁸ que H.A. Simon publie en 1969 (en le dédiant à A. Newell) synthétise en quelques pages une entreprise de conceptualisation qui avait été amorcée en juillet 1952, lors de la première rencontre de

l'économiste H. Simon et du jeune mathématicien A. Newell devant un écran de radar (l'écran, interface visible de communication, déjà !). Ils s'interrogèrent alors mutuellement sur les processus sur lesquels les contrôleurs de navigation aérienne élaboraient les décisions en considérant ces images scintillantes : ils ne calculent pas, ils ne manipulent pas beaucoup de chiffres, et pourtant ils raisonnent, ils délibèrent, ils *computent*, en manipulant des points sur une carte à deux dimensions, des *symboles* donc. Ils n'ont guère besoin d'une machine à calculer numérique... mais ils ont peut-être besoin d'une machine à manipuler des symboles pour prendre des décisions !

Une nouvelle intelligence de la conception

On sait que de cette rencontre de l'été 1952 dans un laboratoire de la Rand Corp. à Santa Monica, en Californie, allait naître une cascade de programmes de recherches qui constituent aujourd'hui des bases solides de l'intelligence artificielle et des sciences de la cognition. Nous intéressons ici la face de cette entreprise qui nous révèle *une nouvelle intelligence de la conception* : les titres de deux des ouvrages publiés, l'un en 1969 par H. Simon, l'autre en 1972 par A. Newell et H. Simon (synthétisant vingt années de coopération... et près de cinquante articles rédigés par l'école du *Carnegie Tech*) condensent l'argument : la science de la conception trouve ses fondements dans *la nouvelle science de la décision* (1960) et dans la théorie de la *résolution de problème* (1972 : « Concevoir, c'est élaborer une décision et donc résoudre un problème. ») Et le processus cognitif par lequel un esprit humain résout un problème est intelligible, modélisable, programmable, reproductible et simulable : c'est un processus intentionnel mais non prédéterminé ; il existe *a priori* plusieurs *itinéraires cognitifs* par lesquels un problème donné, quel qu'il soit, peut être résolu, et il existe *a priori* plusieurs *solutions* (résultats) différentes, satisfaisantes, de ce problème !

Les itinéraires cognitifs du concepteur

Telle est, en un mot, la thèse à la fois naïve et provocante que H. Simon et A. Newell surent argumenter et justifier en faisant notamment appel aux ressources empiriques qu'ils suscitèrent par des expérimentations en psychologie cognitive aidées par les techniques d'analyse de protocole de *pensée à voix haute*. Des milliers de pages reproduisent les tâtonnements d'un esprit humain cherchant à résoudre un problème : déterminer un prochain mouvement lors d'une partie d'échecs ; résoudre un problème de cryptarithmétique ⁹ tel que SEND + MORE = MONEY ; calculer une intégrale ; poser sous la forme d'équation algébrique un problème de la vie quotidienne (le problème des robinets) et donc *comprendre et poser* ce problème ; déterminer le tracé d'une route qui soit acceptable par toutes les parties concernées ; élaborer un programme d'enseignement pour former un auditoire à de nouvelles conditions d'action ; etc.

Les programmes interactifs de CAO ou les SIAD n'existaient pas encore que déjà l'ensemble

des concepts qui allaient permettre de les définir et de les mettre en œuvre étaient élaborés et solidement argumentés. Les premiers réalisateurs de SIAD en furent très explicitement conscients, que ce soit aux USA (la thèse de M.S. Scott-Morton paraît en 1970) ou en Europe (la thèse de D. Pascot paraît en 1975) : les modèles d'appui sont tous ceux du *paradigme du système de traitement de l'information*, étiquette sous laquelle H. Simon allait désormais présenter la théorie de la résolution de problèmes, la théorie des processus de décision et la théorie de la conception. En 1985, tous les résultats empiriques accumulés par les pratiques de la CAO ou des SIAD ne remettent pas en question la compréhension de la conception proposée par l'équipe du *Carnegie Tech* dans les années 60, et pour la plupart contribuent même à la corroborer.

Optimiser n'est pas concevoir

Cette mise en perspective historique doit être présentée dans le contexte culturel au sein duquel s'est progressivement édifiée une théorie — et une *nouvelle science* — de la conception : une culture qui se fondait volontiers par exemple sur *le principe de moindre action*, lequel tend à ignorer la spécificité du processus de conception et à lui substituer un processus analytique d'optimisation. On se souvient peut-être de l'étonnement admiratif des scientifiques du XVIII^e siècle constatant que la forme donnée à leurs cellules de cire par les abeilles était exactement celle résultant d'un calcul d'optimisation (par calcul différentiel : en cherchant la valeur qui annule la dérivée, dirions-nous aujourd'hui) permettant de minimiser le volume de cire nécessaire pour stocker une quantité donnée de miel. Les abeilles seraient-elles douées pour les mathématiques, plus et mieux que les humains qui venaient seulement, Leibniz et Newton aidant, de créer les méthodes du calcul différentiel ?

L'Académie des sciences de Paris et son secrétaire, Fontenelle, durent entrer dans le débat pour tenter de séparer les interprétations métaphysiques des observations de la physique ; mais ce principe de moindre action, symbolisant une perfection mathématique de la nature, bénéficiait d'une longue tradition et survécut à l'incident. Il a imprégné notamment la culture de bien des ingénieurs du XIX^e et du XX^e siècle, convaincus qu'il doit exister une méthode *optimale* permettant de conduire, dans un cadre de contraintes données, un résultat conforme à un objectif donné (telle forme, tel poids, telle vitesse...) en mobilisant un minimum de ressources. Ce principe du *one best way* a dominé (et souvent domine encore) la culture industrielle, en particulier occidentale, et sa doctrine d'une illusoire séparation des tâches entre ceux qui fixent la politique et ceux qui conçoivent (en les optimisant) les opérations qui permettent de la mettre en œuvre. Une technique de la recherche opérationnelle, la programmation linéaire, illustre parfaitement ce mode de détermination par un calcul de *la solution optimale* d'un problème. La recherche de méthodes efficaces de conception susceptibles d'être transcrites en un programme informatique conduisit ainsi au développement de plusieurs familles d'algorithmes d'optimisation, algorithmes dont le

résultat constituera la *meilleure* solution du problème que doit résoudre le concepteur. Un certain nombre de programmes de CAO industrielle sont en pratique de ce type, ce qui permet de considérer qu'ils abusent de leur titre : il ne s'agit plus de conception assistée, mais de calcul imposé, imposant l'acceptation d'un seul critère (le moindre coût, ou le moindre délai, ou le moindre poids) et *déqualifiant*¹⁰ l'ingénieur ou le projeteur qui le met en œuvre sans pouvoir, en pratique, *comprendre* le processus de calcul sous-jacent (souvent compliqué). On doit à la dynamique école britannique de CAO d'avoir à la fois suscité les programmes les plus audacieux dans l'ordre de l'automatisation (voire de la robotisation) de la conception, en architecture et en urbanisme notamment, avec les travaux de pionnier de Christopher Alexander en 1964¹¹ et les réflexions les plus provocantes à l'encontre de ce courant, avec les travaux du laboratoire d'aide à la conception en architecture d'Edimbourg et certaines livraisons de la revue *Design Studies* (Etudes de la conception), revue qui n'a encore aucun équivalent dans le reste du monde.

De « l'apprendre à faire » à « l'apprendre à concevoir »

Herbert Simon avait vu très tôt, dès 1960, l'efficacité et les sévères limitations de ces algorithmiques de la conception. Il développera souvent des exemples d'interprétation de solution de programmes linéaires, pour souligner à la fois leur vertu heuristique (ils aident à poser certains problèmes de conception) et leur effet inhibiteur. Ils restreignent, parfois dramatiquement, le champ des solutions admissibles et satisfaisantes¹² au regard des multiples critères susceptibles d'être considérés, solutions qui, en général, ne sont pas données à l'avance, mais doivent précisément être inventées ou construites par le concepteur.

C'est à ce processus d'invention de solutions possibles d'un problème de conception que va s'attacher précisément la *théorie de la conception* : peut-on parler de quelques logiques de la création ou de l'invention, de *logiques de la conception* ? Oui, répondra clairement H.A. Simon, notamment dans un article célèbre qui ouvrira une importante controverse avec K. Popper : « il existe une théorie normative — une *logique* si vous voulez — des processus d'invention et de conception » (dans cet article, H. Simon restreint son argumentation au cas de la découverte de lois scientifiques, que discute le célèbre ouvrage de K. Popper ; mais il la généralise en d'autres occasions¹³).

Etre explicite, comme jamais, sur l'acte de concevoir

On ne saurait ici présenter dans l'appareil axiomatique et critique qu'elle requiert, cette théorie de la conception. Théorie au demeurant inachevée encore, qui se développera sans doute au rythme des avancées prochaines des sciences de la cognition et de l'intelligence artificielle ; les fondements de la théorie sont pourtant aujourd'hui tenus pour acquis et synthétisés dans le court chapitre qu'H.A. Simon lui a consacré en 1969 (et réédité, pratiquement sans changement, en 1981). On peut en reproduire ici une conclusion qui met bien en évidence la nécessité, pour

comprendre la conception, de comprendre aussi *l'intelligence, cette capacité dont dispose un système de traitement de symboles de résoudre des problèmes et d'atteindre des buts dans des environnements complexes*:

« Cette aptitude à communiquer d'une discipline à l'autre tient au fait que tous ceux qui utilisent des ordinateurs de façon complexe les utilisent pour concevoir, ou pour participer à un processus de conception. De ce fait, en tant que concepteurs ou que concepteurs de processus de conception, *nous avons à être explicites comme jamais nous n'avions eu à l'être auparavant sur tout ce qui est en jeu dans l'acte de concevoir* et dans la mise en œuvre des processus de conception-création. » [268] (je souligne).

C'est bien la nécessité de cet effort d'explicitation et de formalisation qui suscite aujourd'hui cette entreprise encore originale de théorisation — et donc de communication — de la conception.

QUELQUES REPÈRES POUR LA THÉORIE DE LA CONCEPTION

Si l'on ne peut ici argumenter la théorie, on peut en revanche mentionner, en concluant, quelques repères suggérés au lecteur pour guider de plus amples explorations :

La conception est antinomique de l'analyse

Elle n'est pas non plus la synthèse, communément entendue comme l'activité complémentaire de l'analyse. Elle décrit une activité cognitive différente qui ne se fonde pas sur la *disjonction entre décomposition et recomposition*, mais sur la *conjonction d'un projet et d'un environnement, d'une intention et d'une action*. En terme instrumental, si le bistouri caractérise l'analyse, la spatule caractérise la conception¹⁴.

Cette proposition apparemment triviale est encore en pratique difficilement acceptée dans les cultures scientifiques occidentales qui se sont accoutumées pendant deux siècles à réduire la méthode scientifique à la méthode analytique (si bien que l'on pourra lire dans un ouvrage informatique récent : « Faire de la conception, c'est avant tout faire de l'analyse. »... Enoncé péremptoire qui illustre involontairement l'inconsciente fuite en avant d'esprits si exclusivement formés à l'analyse qu'ils ne parviennent plus à accepter d'autres modes d'appréhension cognitive des phénomènes).

La conception est une action cognitive finalisée, et donc intelligente

C'est la quête de solutions possibles à des problèmes artificiellement posés qui guide en permanence la démarche du concepteur : elle est, par construction, tâtonnante, s'auto jalonnant d'objectifs intermédiaires, mettant en œuvre de multiples heuristiques. Elle postule qu'elle *peut*

avoir à connaître des résultats qui n'existent pas encore... et que pourtant elle trouvera peut-être.

Action intelligente, la conception est donc une opération de traitements de symboles

On retrouve ici sans surprise la définition la plus stable de l'intelligence artificielle : « l'intelligence est computation de symboles » [200]. Elle conduit à rappeler l'importance du concept de *symbole*, auquel nous a conduits, depuis les premiers textes de A. Newell et H. Simon, la reconnaissance de l'intelligence artificielle : le *symbole est un opérateur artificiel assurant conjointement deux fonctions autonomes, celle de désignation et celle de production de symboles* ; cet opérateur est récursif en ce sens qu'il peut s'appliquer à lui-même, se désigner lui-même et se produire lui-même. Définition encore abstraite sans doute, mais nécessaire aujourd'hui à la compréhension de l'intelligence et à l'exercice reproductible de l'action de représentation symbolique : la modélisation de symboles par des symboles, médiatrice de la conjonction d'un projet et d'un environnement.

Ainsi introduite, la théorie de la conception peut être entendue par la *conjonction d'une théorie de la modélisation et d'une théorie de la symbolisation*. Cela en des termes suffisamment instrumentaux pour que l'on puisse décrire et simuler (c'est-à-dire computer), à l'aide de systèmes de symboles, leur processus cognitif de conception.

La conception nécessite l'ambiguïté

Cette formule d'apparence paradoxale ou provocante ne surprendra pourtant pas le lecteur pensif. Les situations parfaitement décrites, prévisibles et stables, appelant une intervention unique et nécessaire, référée à un seul critère, sont pratiquement celles où l'on peut sans risque se ramener au problème précédent. De tels cas ont déjà été fréquemment résolus par le passé — la culture et l'enseignement veillant à transmettre, de génération en génération, par dictons ou par démonstration, les modèles et les solutions : l'acteur concerné cherche — et trouve — ce qui existe déjà et qu'il sait préexister à son intervention. Il ne s'agit donc pas de conception. En revanche, les situations perçues comme complexes, que l'on tient pour de plus en plus fréquentes, dans lesquelles les problèmes sont difficilement et incomplètement perçus, les critères multiples et enchevêtrés, les effets induits et autres *boucles étranges* malaisément anticipables..., de telles situations qui défient la science depuis 1948 ¹⁵, appellent souvent une intervention cognitive de *conception* : il s'agit de modéliser, de concevoir des modèles possibles, et qui n'existent pas encore, et non plus de puiser dans le portefeuille des modèles tout faits. Ainsi entendus, *nous sommes tous des concepteurs*, et on comprend la demande universelle d'une *aide à la conception* qui facilite et généralise les capacités cognitives des acteurs humains, quelle que soit leur situation individuelle (concevoir les prochaines vacances), professionnelle (concevoir un programme de fabrication ou un produit), civique (concevoir un projet politique) ou ludique (concevoir une stratégie de jeu). On comprend l'étonnement d'Edgar Morin s'interrogeant sur ce qu'il appelle le problème du concepteur :

« Le problème de l'observateur-concepteur nous apparaît comme capital, critique, décisif... Il doit disposer d'une méthode qui lui permette de concevoir la multiplicité des

points de vue puis de passer d'un point de vue à l'autre. Il doit disposer de concepts théoriques qui, au lieu de fermer et d'isoler les entités, lui permettent de circuler productivement. Il doit concevoir en même temps l'individualité des êtres machinaux et les complexes de machines interdépendantes qui les associent... Il a besoin aussi d'une méthode pour accéder au méta-point de vue sur les divers points de vue, y compris son propre point de vue de sujet inscrit et enraciné dans une société. Le concepteur est dans une situation paradoxale... » [185].

L'attitude analytique chère à tant de scientifiques — *Je ne veux connaître que des problèmes clairement posés, sans ambiguïté aucune* — devient dès lors sclérosante : au lieu de récuser la question, ne vaut-il pas mieux remettre en question la *méthode*, et reconnaître la capacité instrumentale d'un système intelligent, qu'il soit cerveau humain, machine à computer, ou conjonction des deux, à concevoir des solutions possibles, plus pertinentes souvent qu'une impossible solution calculée ¹⁶.

La conception est organisation ¹⁷

Dans cette forme, le propos pourra sembler trivial : « Tout, et n'importe quoi, n'est-il pas organisation, ou susceptible d'être représenté par *cette énigme, l'organisation ?* » [185]. L'émergence progressive d'une théorie générale de l'organisation — depuis les premiers textes longtemps ignorés de A. Bogdanov (1913), jusqu'à l'édifice charpenté par E. Morin (1977 -1980) — met pourtant en valeur un argument qui va s'avérer essentiel pour notre intelligence de la conception : celui de la dynamique du processus de conception. Il s'exerce dans le temps et, dans ce temps, se transforme lui-même : organisé, il est organisant, et organisant, il est organisé (« Quoique le ordinateur ait computed », écrira H. von Foerster, « cet ordinateur a changé, c'est cela la notion d'une machine de Turing, c'est la notion d'une machine non triviale ¹⁸. »). Ce caractère autoréférentiel de l'acte de conception, organisé, organisant, s'organisant et donc différent, est encore mal maîtrisé par la théorie de la conception, même si elle perçoit la nécessité de cette auto créativité [171]¹⁹ consubstantielle à l'exercice de la conception. On peut sans risque anticiper des développements originaux et prometteurs dans cette voie, au fil des développements de notre intelligence collective (artificielle ou pas) de la conception.

Théorie de la conception et charlatanisme du design

Design et autre poudre magique de créativité : il faut enfin rassurer le lecteur qui s'étonnerait de n'avoir trouvé aucune référence aux recettes de créativité et méthodes secrètes de *design* (industriel ou pas) qui connaissent, au gré des modes, quelques éphémères semaines de popularité. La liberté de chaque dessinateur, consultant ou publiciste, désireux de convaincre un bailleur de fonds de son originalité exceptionnelle et de ses capacités de création artistique, est et doit demeurer

entière. Mais il arrive que tel ou tel d'entre eux auréole son entreprise d'un discours (en général léger) sur les fondements épistémologiques de la science de la conception et sur les ressources informatiques afférentes. Jusqu'ici, il s'est toujours agi de donner quelque respectabilité académique à des enseignements de type Arts Déco lesquels, au demeurant, conserveraient tout leur intérêt sans être embarrassés de ce bavardage... dissuasif : cet enrobage a en effet l'inconvénient réel de conforter les académies dans leur prudence — voire leur hostilité — devant tout discours sur les théories de la conception, retardant ainsi la progression des entreprises épistémologiquement assurées. (Réciproquement, pour ce qu'il faut bien appeler le *lobby* des *designers*, des formules du type : « Nous sommes tous des concepteurs, et susceptibles d'apprendre à l'être plus intelligemment », sont entendues avec inquiétude : ne leur ferait-elle pas perdre une rente de situation... au demeurant modeste !).

Du design art déco à la conception en l'architecture

Cette précision permet de mieux mettre en valeur l'originalité de l'entreprise d'un certain nombre d'enseignants, en architecture et en urbanisme notamment, qui ont entrepris en pionniers, longtemps solitaires, une recherche épistémologique difficile, dont nous pouvons tirer les fruits aujourd'hui et qui contribue désormais à alimenter le développement effectif de ce qu'il va falloir appeler désormais la science de la conception ²⁰. « L'architecture devient notre exemple » concluait déjà P. Valéry, méditant sur l'exercice de la conception.

Cette réintroduction de l'épistémologie dans un domaine des activités de l'esprit qu'elle n'aurait jamais dû quitter lorsque furent si tristement séparées (en France en particulier) la culture de l'ingénieur et la culture de l'architecte, se manifeste dans quelques autres domaines qu'Herbert Simon notamment a su reconnaître au fil des vingt dernières années : on doit, en achevant, ouvrir la porte qui mène de la théorie de la conception à la théorie de *l'invention scientifique*, au moins par quelques références ²¹, par une illustration de l'intelligence de l'invention suscitée par l'intelligence artificielle, et par une invitation à tourner la page de ce dossier afin de passer de l'intelligence de l'invention scientifique à l'intelligence de la création poétique ²².

L'exemple du programme BACON

L'illustration de l'intelligence de l'invention scientifique peut être présentée par un bref extrait d'un article de H. Simon édifiant un des programmes d'intelligence artificielle les plus étonnants dont nous disposons aujourd'hui, dû à sa coopération avec P. Langley ²³, extrait par lequel il semble adéquat d'achever cette étude sur les renouvellements de notre intelligence de la conception — et peut-être de la création... artificielle.

LA CRÉATIVITÉ SCIENTIFIQUE

« Johann Kepler, examinant les chiffres donnant les distances des planètes au soleil et les périodes de leurs orbites, découvrit que cette période variait selon la puissance $3/2$ de cette distance : $P = D^{3/2}$. Ohm, insérant des résistances de différentes longueurs dans un circuit et mesurant les intensités, découvrit que l'intensité variait en raison inverse de la longueur du fil : $I = a/R$.

Un programme informatique, Bacon, écrit initialement par Patrick Langley, et développé ultérieurement par Langley, Bradshaw et moi, peut reproduire ce type de découvertes de Kepler ou d'Ohm. Autrement dit, en utilisant les mêmes données que celles dont disposaient les premiers inventeurs, Bacon arrive aux mêmes lois. Bacon ne (re)découvre pas seulement la troisième loi de Kepler ou la loi d'Ohm, mais aussi la loi des gaz parfaits : $PV/T = Rn$. Pour découvrir une relation invariante entre des paires d'objets (par exemple, la constance du rapport des accélérations d'une paire d'objets donnée), il postule une propriété invariante de chacun de ces objets pour rendre compte de cette invariance. De cette façon, Bacon a réinventé le concept de masse inertielle, d'index de réfraction ou de chaleur spécifique. Il serait donc difficile de contester la créativité de Bacon. Certes, cette affirmation serait plus convaincante encore si Bacon trouvait quelque chose de complètement nouveau, qui n'ait jamais été découvert encore, au lieu de redécouvrir des lois, aussi significatives soient-elles, qui furent découvertes pour la première fois il y a plusieurs centaines d'années. Cependant, je pense qu'une inspection soigneuse du programme Bacon vérifierait que ses réponses ne se sont pas faufilées accidentellement, mais sont bien de véritables inventions.

Il n'y a pourtant rien de très complexe dans ce programme Bacon. Son organisation générale est typiquement celle des programmes capables de conduire une exploration sélective, l'exploration étant guidée dans ce cas par un petit nombre d'heuristiques qui déterminent les directions d'exploration les plus prometteuses. Il représente l'information qui lui est ainsi donnée et il l'accumule dans des structures de liste du type de celle que nous avons déjà commentée dans le contexte d'autres types de problèmes.

C'est ce caractère très ordinaire qui constitue l'importance de Bacon. Bacon démontre que l'organisation des processus nécessaires pour faire des découvertes scientifiques est essentiellement la même que celle requise pour la plupart des systèmes de résolution de problèmes. Certes, Bacon ne fait seulement qu'un seul type de découverte : ses découvertes sont toutes induites à partir des données (*data-driven*). Bacon est véritablement un pur système d'induction baconienne. Bien des découvertes — mais certainement pas toutes — sont faites de cette façon, induites à partir des données, les autres étant faites par déductions de théories. On note d'ailleurs que les lois découvertes par Bacon ont beaucoup plus l'allure de lois descriptives que de lois explicatives.

Ces limitations de la généralité de Bacon sont partiellement compensées par d'autres systèmes de découvertes que l'on a construits depuis lors. En particulier, Lenat a construit le système AM, qui est davantage piloté par les concepts que par les données : autrement dit, en partant d'un stock initial de concepts, AM recherche de nouveaux concepts qu'il peut définir à partir des premiers. Il possède non seulement des heuristiques pour générer de nouveaux concepts, mais aussi des critères pour évaluer *l'intérêt* d'un concept, ce qui lui permet de guider sa recherche en direction des concepts de plus grand intérêt.

Les comparaisons de ces programmes qui manifestent au moins des qualités rudimentaires de créativité

scientifique avec les programmes qui créent de la musique ou des œuvres picturales, ne révèlent nulles différences qualitatives entre eux. En particulier, les heuristiques d'explorations sélectives constituent bien leur principe organisateur central, et les structures de liste constituent bien les moyens essentiels de stockage organisé de l'information. »

*_*_*_*_*_*_*

NOTES

1. Quatremère de Quincy : *De l'imitation* (1823) (Essais sur la nature, les buts et les moyens de l'imitation dans les beaux arts), éd. AAM, Bruxelles, 1980, p. 176.
2. Id. p. 178.
3. Référence au titre du bel ouvrage du physicien B. d'Espagnat : *Un atome de sagesse, propos d'un physicien sur le réel voilé*, Ed. du Seuil, Paris, 1982.
4. Auguste Comte : *Opuscules de philosophie sociale* (1828) repris dans le *Cours de philosophie positive* (1842).
5. Référence au titre de l'étude de Jacques Guillerme « De l'anatomie mélancolique au systémisme conquérant » publiée dans *Sciences de l'intelligence, Sciences de l'artificiel*, A Demailly, éd. [65]. On trouvera dans cet ouvrage un chapitre présentant plusieurs études sous le titre « Théories de la conception ».
6. Il faut pourtant mentionner au moins deux exceptions importantes : dès la fin des années 60, l'architecte français Philippe Boudon, élaborant un *Essai d'épistémologie de l'architecture* qui dégageait bon nombre des questions que nous rencontrons ici. Grâce à lui, la contribution de l'architecture à la conceptualisation des sciences de la conception va s'avérer décisive. Voir par exemple : *Sur l'espace architectural, essai d'épistémologie de l'architecture*, Dunod, 1971 (rééditions 1976 et 1977).
- Dans le même temps, Mario Borillo développait, en l'appliquant à une étude de conception de l'habitat méditerranéen, un système de représentation de la connaissance et de formalisation du raisonnement. Cet essai fut publié en 1970 dans le n° 1, vol. 1 des cahiers du GAMS AU, laboratoire de l'école d'architecture de Marseille, pionnier en France des méthodes d'informatisations des processus de conception architecturale (analyse sémantique et opérations logiques dans la conception de l'aménagement).
7. L'importance tactique de cet argument commercial, diffusé notamment par la Cie IBM, a été fort clairement mise en évidence par E. Feigenbaum et P. McCorduck dans *la Cinquième Génération, le pari de l'intelligence artificielle à l'aube du XX^e siècle* » [79]. Cf. p. 54 et un des paragraphes de cet ouvrage — lui-même écrit à des fins quasi commerciales — propose un titre bien adapté à notre propos lorsqu'il présente les méthodes de CAO adaptée à la conception des microprocesseurs intégrés : « Reconcevoir la conception » (p. 69).
8. « The Science of Design » est le titre d'un des chapitres de l'ouvrage de H.A. Simon intitulé *The Sciences of the Artificial* — La première édition de ce livre [269] a été traduite en français par J.-L. Le Moigne [268], avec une postface du traducteur qui propose quelques réflexions sur la traduction de *design* par *conception*. H.-A. Simon a publié une nouvelle édition de ce même ouvrage, complétée de trois chapitres récents, en 1981 (MIT Press). La traduction de la nouvelle édition paraîtra en 1990 (Ed Dunod).
9. Un problème cryptarithmétique consiste à remplacer dans une addition de symboles alphabétiques chaque lettre par un chiffre et un seul de telle façon que l'addition arithmétique correspondante soit juste : la résolution de ce problème passe par des voies fort diverses — et souvent satisfaisantes selon les sujets. Cf. page 357.
- 10 Les effets déqualifiants de certains programmes dits de CAO sur les qualifications des ingénieurs, architectes et projeteurs qui les mettent en œuvre, ont été soulignés par un ingénieur informaticien et syndicaliste britannique, Mike Cooley. Cf. [58].
11. Ce travail de pionnier [1], qui initialisa sans doute les premiers programmes de CAO en architecture... et qui

caractérise une école, fut à son tour critiqué pour son monolithisme déterministe par d'autres équipes d'architectes britanniques, notamment par Lionel March. Il est sans doute plusieurs logiques de la conception et elles véhiculent divers systèmes de valeur. Une école japonaise, animée par H. Yoshibawa (université de Tokyo), propose de développer la thèse de C. Alexander par une théorie générale de la conception sous la forme d'un algorithme fortement axiomatisé : il s'agit en général d'une action de conception visant plus à reconnaître « ... ce qui existe déjà et que l'on a du mal à retrouver... qu'à trouver ce qui n'est nulle part ». Cette théorie supporte bien les programmes de CAO fréquemment développés pour les bureaux d'étude de conception mécanique (par combinaisons d'éléments prédéfinis). Voir par exemple: « CAD Framework guided by general Design Theory » dans K. Bo et F. Lillehagen (Ed.): *CAD Systems Framework*, North Holland Pub, 1983.

12. H. A. Simon créera le néologisme *satisficing* pour désigner les solutions satisfaisantes et acceptables d'un problème de conception (en anglais, satisfaisant se traduit par *satisfying*, on retrouve la racine du latin *satisfecit*). Pour accuser le contraste avec la solution *optimale*, on a proposé de traduire *satisficing* par le néologisme *satisfecum*.

13. H. A. Simon a rassemblé la plupart de ses études sur ce thème in [273]. La section 5 de cet ouvrage, intitulée « Theory of scientific discovery », présente les principaux arguments de notre discussion et en particulier l'article qui introduit sa controverse avec K. Popper.

14. La métaphore de la spatule qu'utilise le potier ou le sculpteur renvoie à la « métaphore n° 2 » proposée par Evelyne Andreevsky dans son article sur la compréhension du langage (dans le même ouvrage) : « Comprendre, c'est sculpter ».

15. 1945 prend valeur symbolique puisque c'est l'année de l'explosion de la première bombe atomique : la science construisant une situation d'une dramatique complexité qu'elle s'acharne depuis à poursuivre ! Pour notre propos, l'année 1948 serait un meilleur indicateur symbolique, encore plus pertinent, avec la publication de l'article prémonitoire de Warren Weaver, *Science and Complexity*.

16. H. A. Simon a proposé d'appeler « pauvrement structurés » ces problèmes posés de façon perçue comme ambiguë, « *ill-structured problems* ». Il en détaille et en illustre la définition, notamment dans un article intitulé : « The structure of ill-structured problems » in [273], p. 304. Dans le contexte, la *résolution de problème* consiste à résoudre le problème qui consiste à *poser* le problème !

17. « Design as an organisation process » sera le titre d'un des développements de l'article de H.A. Simon mentionné ci-dessus.

18. H. von Foerster, dans *Cahiers de la Fondation Archives Jean Piaget*, n° 2, 3. (Genève, 1982), p. 205.

19. Cette référence à *l'autopoïèse* rend intelligible la formule du grand architecte américain L. Kahn parlant de « ce que les bâtiments veulent être », observe un autre architecte, Ph. Boudon

20. L'œuvre de Ph. Boudon et des chercheurs qui depuis 1970 s'associent à son entreprise, doit être ici mentionnée pour son importance et son caractère exemplaire. Cf. note 6.

21. Gérard Holton : *l'Invention scientifique* (PUF, 1982), traduction par P. Scheurer de textes publiés pour la plupart en 1973.

N.R. Hanson : *Patterns of discovery* (Cambridge University Press, 1958) ; H.A. Simon soulignera sa dette à l'égard de cette recherche de pionnier.

Judith Schlanger : *l'Invention intellectuelle* (Fayard, Paris, 1983), présente une synthèse peut-être un peu trop académique des auteurs classiques sur le sujet (de H. Poincaré à À. Moles en passant par A. Koestler et Ch. Perelman) ; les références bibliographiques y sont assez détaillées pour permettre les accès aisés dans les bonnes bibliothèques.

22. Cf. l'étude de Mario Borillo qui suit le présent article.

23. Il s'agit d'un bref extrait de *l'adresse* rédigée par H.-A. Simon à l'Académie américaine des arts et sciences pour son bicentenaire (1982). Traduction française par J.-L. Le Moigne, publiée dans *AFCET-Interfaces*, n° 15 (Janvier 1984) p. 3-16. À la fin de ce paragraphe, H. Simon présente une nouvelle famille de systèmes de création scientifique appelée AM. On peut préciser que leur auteur, D. Lenat, a publié peu après une nouvelle famille de programmes intitulée

Eurisko, dont la presse spécialisée commence à rendre compte. On peut présumer que ce type de programmes... intelligents... se développeront rapidement au fil des prochaines années, plus vite que les encyclopédies qui tentent de les présenter dans leurs perspectives historiques !