

SYSTEMIQUE ET COGNITION
SUR L'EMERGENCE DE DEUX 'NOUVELLES SCIENCES' (1950-1990)
 Activant la résurgence contemporaine
 du **Paradigme Épistémologique de la Complexité**

Jean-Louis LE MOIGNE, mai 2015

LIMINAIRE

De la quête des fondements à l'exploration des enracinements des connaissances.

Si la quête des fondements de toute connaissance humaine conduit toujours à la quête décourageante des *fondements de ces fondements*, ne pouvons nous, raison gardant, nous attacher à *originer la connaissance humaine ?* : Autrement dit, *rechercher les enracinements et les dynamismes producteurs de la connaissance humaine*, nous rappellera Edgar Morin s'attachant à participer à *l'aventure de la connaissance, ... aventure infinie*.

Explorer les racines en s'intéressant à leurs formations, développements régénérations, ne s'avère-t-il pas auto-régénérant ? La relative jeunesse institutionnelle de deux 'Nouvelles Sciences' qui souvent s'entrelacent, science des systèmes et science de la cognition, incite, en 2015, alors qu'elles semblent gagner en maturité paradigmatique, à une modeste exploration des traces encore aisément visibles du murissement épistémologique activé par ces deux *nouvelles sciences* (qui n'étaient pas reconnues ni nommées avant 1950, même si leurs enracinements épistémiques antérieurs étaient parfois perçus).

L'occasion d'une relecture d'un article rédigé en 1990-91 (publié en 1993 dans un recueil collectif dirigé par E Andreewsky en 1993 sous le titre *Systémique et Cognition*), m'a incité à reproduire ce manuscrit à l'intention des navigateurs visitant le site du Réseau Intelligence de la Complexité ; Reconnaître les premiers enracinements à partir desquels ont germés puis se déploient ces deux 'Nouvelles Sciences', n'est ce pas reconnaître aussi les transformations toujours en œuvre des terreaux épistémologiques et éthiques qui ont permis leur émergence ? En se développant transversalement, elles contribuent si manifestement désormais à la résurgence du Paradigme Épistémologique de la Complexité.

Le texte qu'on va lire ici est le texte intégrale de l'édition originale (ce fut d'abord une 'Note de Recherche 1990 du GRASCE, URA CNRS 937) à quelques modifications typographiques près : Toutes les références sont donc antérieures à 1990. Je regrette depuis 1996 d'avoir intitulé cet article '*Sur les fondements épistémologique des sciences de la cognition...*' alors que j'aurais dû l'intituler : '*Sur les **enracinements** épistémologiques de...*'. Il était préférable de modifier le moins possible le texte initial pour aider le lecteur d'aujourd'hui à situer les différences de contextes : ceux de l'écriture en 1990 ne sont pas ceux de la lecture ni en 2015 ni au delà. Lire c'est déjà interpréter.

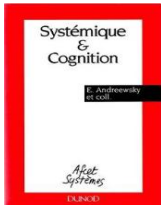
PS.1 La typographie des mises en note des 117 'notes de fin' est restée celle du manuscrit initial (dactylo manuelle), comme celle de la bibliographie des 90 références.

PS2 Le lecteur intéressé trouvera en outre : dans *le Constructivisme T 1 - Les Enracinements* (1994-2001), un chapitre intitulé '*Sur les fondements épistémologiques de la science des systèmes* (chap. 5), et dans le T 2 (1995-2002), deux chapitres intitulés '*Sur l'épistémologie des sciences de la cognition, sciences de l'intelligence symbolisant*' (chap. 4); et '*Sciences de la cognition, un exercice de paradiplomatie*' (chap. 5).

SUR LES FONDEMENTS EPISTEMOLOGIQUE DE LA SCIENCE DE LA COGNITION.

Jean-Louis Le MOIGNE

Article publié initialement dans SYSTEMIQUE ET COGNITION (E Andreevsky, ed),
Ed Dunod, 1993



*Il ne concevait pas de savoir véritable
auquel ne correspondit pas quelque pouvoir d'action
Créer, construire étaient pour lui
Inséparables de concevoir et de comprendre.*

P. VALERY. Préface à la traduction française
des CAR NETS de Léonard de Vinci, 1942.

La coïncidence n'est sans doute pas fortuite : c'est vers 1976-1977 que, simultanément autant que spontanément, la science de la cognition et la science des systèmes commencent à apparaître - ou à réapparaître - dans le champ des disciplines scientifiques, en Amérique du Nord de façon ostensible pour la première, en Europe (ou plutôt en Francophonie) (1) pour la seconde.

Cette co-naissance n'était manifestement pas anecdotique, puisque dix ans plus tard, l'une et l'autre disciplines, après avoir suscité sociétés, revues et congrès scientifiques selon l'usage, en sont à publier et à diffuser leurs manuels de base : les fondations (2) deviennent visibles et enseignables, et les domaines d'applications se manifestent, révélant quelques résultats que chacun tient pour intéressants. Argument plus convaincant encore, l'une et l'autre connaissent en leur sein de furieuses controverses qu'active déjà la définition des thèmes de recherche susceptibles d'être financés (3).

I. SCIENCES DES SYSTEMES ET SCIENCE DE LA COGNITION.

Ce parallélisme de l'histoire récente de ces deux disciplines suscite bien sûr depuis l'origine quelque perplexité chez les tenants de chacune d'elle : chaque camp doit se scinder en pro et anti. Pour les uns, dont je suis, science de la cognition et sciences des systèmes sont peut-être les deux faces d'un même tronc : les racines sont multiples, les branches se déploient dans des directions différentes, mais l'ossature centrale est unique et fait circuler une même sève épistémologique. Pour les autres, il s'agit de deux disciplines relativement contingentes, indépendantes dans leurs histoires comme dans leurs projets, qui n'ont de communauté qu'apparente, l'une et l'autre se définissant comme pluri- ou interdisciplinaires; mais elles ne sont pas les seules dans ce cas : qui voudrait associer science de gestion et astrophysique ou biochimie sous le prétexte de leur commune déclaration de pluridisciplinarité?

L'héritage chargée de ces deux nouvelles sciences

Ces deux écoles se différencient surtout, on le verra, par leurs a priori épistémologiques. Mais on identifiera peut-être mieux les enjeux de cette hypothèse de consanguinité disciplinaire, si l'on prête au préalable quelque attention à l'hérédité de ces deux Nouvelles Sciences (4). Les lignées de l'une et de l'autre sont sans doute fort chargées, et chacune revendique à juste titre d'éminents ancêtres communs, d'Héraclite à Aristote, de Platon à Guillaume d'Occam, d'Archimède à Léonard de Vinci, de R. Descartes à G.B. Vico, pour ne citer que les grands ancêtres : métaphysique, logique, rhétorique, arts mécaniques et sciences de l'ingénierie... Avant qu'Auguste Comte ne fige en 1828 pour plus d'un siècle *le tableau synoptique des disciplines scientifiques* (tableau qui ignorait bien sûr sciences des systèmes et science de la cognition), les deux nouvelles sciences se référaient à bon droit à une tradition scientifique prestigieuse et fréquemment commune à l'une et à l'autre.

La Science de l'Esprit, de Dilthey à Bergson

Au détour du XX^{ème} siècle, la science de la cognition put croire un instant qu'elle allait enfin l'emporter, sous un libellé prestigieux : on commence seulement à relire aujourd'hui l'œuvre de W. Dilthey (1833-1911), qui tenta de fonder *une science expérimentale des phénomènes spirituels* qu'il appela tour à tour les sciences morales, les sciences historiques, les sciences noologiques, les sciences de l'esprit (Geistwissenschaften), pour accuser leur différence 'positive' avec les sciences de la nature (5). Et on relira sans doute bientôt H. Bergson qui appelait à une tranquille audace : "*Avançons avec une hardiesse prudente. Dépassons la mauvaise métaphysique qui gêne nos mouvements et la science de l'esprit pourra nous donner des résultats qui dépasseront toutes nos espérances*" (6). Certes, les tenants contemporains des nouvelles sciences de la cognition contesteront une assimilation trop brutale de leur jeune discipline à une science de l'esprit définie de façon si ambitieuse. Mais on citera nombre de textes contemporains très argumentés qui réfèrent explicitement la science de la cognition à une noologie, *science des choses de l'esprit* : leur organisation notamment logique et paradigmatique" : cette définition anticipatrice d'E. Morin présentant *La Méthode, Connaissance de la Connaissance* en témoigne en même temps qu'elle éclaire la solide tradition épistémologique dans laquelle s'inscrit aujourd'hui la science de la cognition (7). Tradition qu'il importe d'autant plus d'assumer qu'elle est porteuse d'une différenciation entre les projets d'explication (*découvrir les causes efficaces*) et de compréhension (*construire les sens possibles*), différenciation solidement argumentée au siècle dernier par W. Dilthey (8) : distinction qui, on le verra, va permettre à la science des systèmes et à la science de la cognition de forger solidement le socle épistémologique sur lequel elles peuvent se définir.

Il reste que pendant plus d'un demi-siècle, l'accusation de 'psychologisme' allait compromettre un développement autonome des sciences de l'esprit : le positivisme triomphant ne pouvait tolérer les interprétations qu'elle développait du critère quasi sacré de l'objectivité scientifique et de la séparation absolue de l'objet observé et du sujet observant. Pour se redéfinir autour du concept de cognition, les anciennes sciences de l'esprit (annonciatrices de la future noologie) avaient besoin d'une remise en question du paysage épistémologique dans lequel elles peuvent se développer. La science des systèmes, que n'entachait pas le procès de psychologisme, contribua de façon décisive à susciter, dans les années soixante et soixante-dix, ce renouvellement paradigmatique, condition de la réémergence d'une science de la cognition à la fois nouvelle et riche de son histoire.

La science des systèmes, de la tectologie à la cybernétique

La science des systèmes ne connut sans doute pas les mêmes émergences prématurées. Si les sciences de l'ingénierie, les sciences de la musique ou les sciences de la peinture lui valurent au XVII^{ème} et au XVIII^{ème} siècle une maturation conceptuelle dont témoigne encore l'étonnant article *Système* de l'Encyclopédie de Diderot-d'Alembert, la discipline en tant que telle ne parvient guère à se manifester avant 1948 : on cite certes aujourd'hui d'étonnants travaux fort méconnus en leur temps de Trentowsky en Pologne vers 1843, qui fondaient peut-être la première cybernétique (9) et surtout de A. Bogdanov en Russie vers 1913-1921, qui fondaient la première systémique sous le nom de Tectologie (10), mais l'histoire des sciences contemporaines ne reconnaît l'embryon visible d'une science des systèmes, acceptable sinon acceptée par les académies, qu'à partir des textes fondateurs de N. Wiener (*Cybernetics* paraît en 1948) et de L. von Bertalanffy (*An Outline of General Systems Theory* paraît en 1950).

L'histoire de l'impressionnante montée en puissance socio-culturelle et bientôt scientifique, de la science des systèmes, ou systémique, entre 1950 et 1977 est sans doute assez familière pour qu'on ne la reprenne pas ici (11). A partir de l'étonnante année 1977, qui connut une impressionnante floraison de textes fondateurs en francophonie en particulier (12), à commencer par la parution du premier tome de *La Méthode* d'Edgar Morin, la systémique va se différencier d'un systémisme bavard qui masquait souvent le noyau épistémologique de cette nouvelle science. (L'analogie avec le psychologisme qui masquait hier la science de l'esprit que dégagait W. Dilthey ou avec un cognitivisme voire un connexionnisme, qui masquent parfois aujourd'hui la science de la cognition, est une analogie non seulement tentante, mais croyons-nous éclairante!). Si l'on convient de forger le néologisme *cognitique* pour désigner la science de la cognition, on pourrait peut-être plus sûrement la différencier du cognitivisme que suggère fréquemment le mauvais français, *science cognitive*, auquel se laissent aller trop d'institutions, par négligence sémantique (13) ;

La bipolarisation de l'épistémologie : réalisme et constructivisme

Cette montée en puissance épistémologique et paradigmatique de la science des systèmes à partir de 1977 va contribuer de façon décisive à susciter, dans l'ensemble du champ des sciences, une sorte de bipolarisation de la réflexion épistémologique contemporaine. Bipolarisation que l'on va succinctement argumenter en considérant les deux conjonctions qui la fondent : le dualisme du réalisme et du constructivisme d'une part, le dualisme des sciences de la nature et des sciences de l'artificiel, ou des sciences de la nature et des sciences de l'esprit d'autre part.

De cette réouverture du champ épistémologique, H.A. Simon pionnier à la fois de la science des systèmes et de la science de la cognition, sera le premier à prendre acte en publiant en 1980, peu après la naissance quasi officielle des deux disciplines, un article au titre provoquant : *La science de la cognition, la plus nouvelle des sciences de l'artificiel* (14). Notre propos ici sera, pour l'essentiel, de relire cette réflexion en 1990, dix ans après, en proposant de l'interpréter et peut-être de la généraliser, tant en termes épistémologiques qu'en terme ingénieurial voire proprement opérationnel.

Trois textes fondateurs de la renaissance du constructivisme

La quasi concomitance de la publication des trois textes affirmant explicitement la nécessité et la possibilité d'une vaste construction épistémologique constituant une alternative argumentée aux épistémologies positivistes et à leurs dérivées (post-néo-positivismes), qui dominaient la science occidentale depuis un siècle (1850-1950), corrobore sans doute notre hypothèse : le rôle crucial de la naissante science des

systèmes dans ce que l'on peut légitimement appeler, depuis *La Structure des révolutions scientifiques* de TS Kuhn (1962), la *révolution épistémologique* décisive du XXème siècle (15).

C'est en 1967 que Jean Piaget publie, en conclusion de son *Encyclopédie de la Pléiade : Logique et Connaissance scientifique*, un article intitulé "*Les courants de l'épistémologie scientifique contemporaine*" (16) : article qui restaure le statut des épistémologies constructivistes, statut désormais parallèle à celui des épistémologies positivistes, empiristes ou aprioristes et donc, plus généralement, des épistémologies 'réalistes' (17).

C'est en 1969 que Herbert A. Simon publie *The Sciences of the Artificial*, que l'on connaîtra en français (et en japonais) sous le titre symbolique : Science des Systèmes, Sciences de l'Artificiel (18) et en particulier un chapitre : *The Science of Design* (La science de la conception), dans lequel il argumente le caractère "fondamental" des sciences de l'ingénierie, invitant ces dernières à sortir du ghetto des seules 'applications' dans lequel le positivisme les avait enfermées.

C'est en 1970 enfin que Gregory Bateson prononce une conférence intitulée "*Forme, Substance, Différence*" (à la 19ème Conférence en la mémoire de A. Korzybsky, le théoricien de la sémantique générale, le 9 Janvier 1970) dans laquelle il proclame que la jeune systémique permet désormais de concevoir une base formelle permettant de réfléchir à tous les problèmes (autres que strictement énergétiques) *d'une façon qui eut été considérée comme absolument hétérodoxe entre 1850 et la seconde guerre mondiale.* (1945)

La science des systèmes pouvait-elle être une "bonne discipline" positiviste?

Trois textes que l'on privilégie ici d'abord parce qu'ils sont rédigés par trois penseurs dont on considère assez unanimement qu'ils ont contribué de façon décisive à la reconstruction de la science des systèmes ET de la science de la cognition. Mais aussi parce que ce sont les premiers textes présentant explicitement une alternative épistémologique au positivisme. Sans doute en 1934-1935, E. Husserl (20) et G. Bachelard (21) avaient-ils suscité les remises en question et suggéré les voies d'un redéploiement (Que l'on songe au *Rien n'est donné, tout est construit* de G. Bachelard) (22). Sans doute aussi, dans ses *Cahiers*, entre 1894 et 1945, Paul Valéry méditait-il une autre problématique que l'on peut aujourd'hui tenir pour constructiviste et systémique. Mais ces textes ne furent guère accessibles avant les années soixante-dix. On pourrait, il est vrai, nous objecter que le texte fondateur d'une épistémologie de la cybernétique, restaurant le statut de la téléologie dans le discours scientifique (et en particulier dans celui des sciences de l'ingénierie autant que dans celui des sciences du vivant, "*Behavior, Purpose and Teleology*" (23) fut publié par N. Wiener, A. Rosenblueth et J. Bigelow dès 1943. Mais cette bombe épistémologique (qui fut à l'époque reçue comme telle) ne prétendait pas proposer une alternative remplaçant l'édifice positiviste. Elle suggérait plutôt d'ajouter une aile téléologique à l'aile causaliste déjà connue. (A son insu probablement, N. Wiener rejoignait ainsi le projet d'une épistémologie herméneutique de W. Dilthey visant à ajouter à l'explication causaliste, la composante téléologique, sans pour autant contester le primat de l'objectivité positiviste). Sans doute enfin nous fera-t-on remarquer, L. von Bertalanffy, en 1962, contestait le primat du moderne positivisme (24). Mais à l'instar de la plupart des tenants de la première génération des *nouvelles sciences* du XXème siècle (1940-1970), il ne proposait pas explicitement d'alternatives épistémologiques : on récusait le positivisme (auquel on associait à juste titre le réductionnisme, sorte de bras séculier méthodologique), mais on ne s'interrogeait pas sur les conséquences de cette constatation. Sur quelle base dès lors légitimer la scientificité de ces nouvelles disciplines qui aspiraient déjà à prendre place dans les académies scientifiques? La notoriété académique du mathématicien N. Wiener et, dans une moindre mesure, celle des biologistes L. von Bertalanffy ou W. McCulloch étaient certes

de solides garants symboliques à court terme; mais ces garanties s'effaçaient avec eux (N. Wiener meurt en 1964; L. von Bertalanffy en 1972). On évitait, habituellement, de poser la question, et lorsqu'il fallait l'affronter, on s'en tirait par la pirouette d'usage : *La cybernétique est un art* disait L. Conffignal (25). Le seul épistémologue professionnel qui s'attaqua sérieusement à la question, M. Bunge, devait conclure que la science des systèmes ne pouvait être une science au sens classique (puisque ses énoncés n'étaient pas *falsifiables* au sens Poppérien du terme), et qu'il fallait donc la tenir pour une philosophie ou une sorte de *science morale* : un humanisme, mais pas une science (26).

La systémique faillit disparaître dans le tourbillon verbal et moralisateur d'une idéologie qui aspirait à succéder au structuralisme, au behaviorisme, au marxisme et à quelques autres doctrines en "isme" : le systémisme se veut une philosophie qui apprécierait d'être considérée par surcroît comme une discipline scientifique. Les textes classiques de E. Laszlo (27), de W. Churchman (28) ou de P. Checkland (29), souvent encore populaires aujourd'hui, développent à l'envi les thèses de cette (pseudo ?) science morale (ou moralisante?) ; thèses dont on montrera sans peine qu'elles sont en germe dans l'œuvre de L. von Bertalanffy (1968) ou de K. Boulding (1956).

Les nouvelles sciences en appellent à une nouvelle alliance

Cet engouement pour une 'vague' idéologie systémiste (30), aurait pu asphyxier dès ses premiers pas la jeune systémique (comme l'accusation de psychologisme asphyxia la noologie que W. Dilthey et ses émules tentaient de construire à la fin du siècle dernier); mais celle-ci avait eu la chance (ou avait éprouvé la nécessité ?) de disposer de la solide plateforme épistémologique que lui construisaient J. Piaget, H.A. Simon et G. Bateson, au moment où elle allait sortir de son adolescence, vers 1970.

L'évènement que constituait la conjonction de ces trois textes ne suscita guère d'attention sur le champ, ni dans le champ des 'nouvelles sciences' (de l'information, de la communication, de l'organisation, de la computation, de la décision, de l'éducation, etc.), ni dans celui des sciences 'normales'. Ces dernières pourtant commencèrent à manifester le malaise que leur valait le 'carcan positiviste' et la doctrine du 'scientisme opérationnel' qui lui est associé à partir de cette date (31) : B. d'Espagnat va poser à voix haute quelques unes des questions gênantes que la physique quantique pose au positivisme en 1979 (32) pendant que D. Lecourt (1981) fouille les bases du positivisme logique ; en même temps donc qu'I. Prigogine en appelant à une *Nouvelle Alliance* des sciences de la nature et des sciences de l'esprit, alliance que le positivisme avait rompue (33). L'essor de nouvelles disciplines au sein des sciences normales commence à faire craquer l'édifice épistémologique rassurant au sein duquel ces dernières pouvaient, croyaient-elles, ne pas se poser de questions : astrophysique, écologie, immunologie, sciences de la terre, psychiatrie clinique... autant de sciences renouvelées sinon de nouvelles sciences, qui vont susciter, à partir de 1970, une sorte d'effervescence épistémologique qui rendra de plus en plus crédible la quête d'alternatives paradigmatiques initialisée par la science des systèmes. Ne peut-on pas prétendre, vingt ans après, que les épistémologies constructivistes - telles qu'elles se sont développées à partir de ces trois textes repères, contributions spécifiques de la science des systèmes (par les recherches de H. von Foerster (1983), de L. Segal (1986/90), de E. von Glasersfeld (1987), d'E. Morin (1982), de P. Watzlawick (1981/89) et bien sûr par les travaux ultérieurs des 'Archives J. Piaget' (1983) (34), d'H.A. Simon (1982) ou de G. Bateson (1972) (35) - que les épistémologies constructivistes proposent désormais à toutes les disciplines scientifiques, nouvelles, anciennes et renouvelées, un paradigme alternatif susceptibles de les libérer du carcan positiviste? (36).

II. LES EPISTEMOLOGIES CONSTRUCTIVISTES : SYSTEMOGRAPHIES DU SYSTEME DES SCIENCES

E. Morin a certes raison de nous inviter à ne pas 'exclure le tiers' (*n'échapper au Charybde positiviste ou réaliste que pour mieux tomber dans un Sylla constructiviste (37)?*). La science et la culture contemporaine ont assez souffert de l'impérialisme du positivisme pour ne pas lui substituer un autre impérialisme, fut-il celui du constructivisme. De telles réductions par exclusion sont mutilantes et nient la complexité inépuisable de la connaissance que nous nous construisons de notre relation au monde.

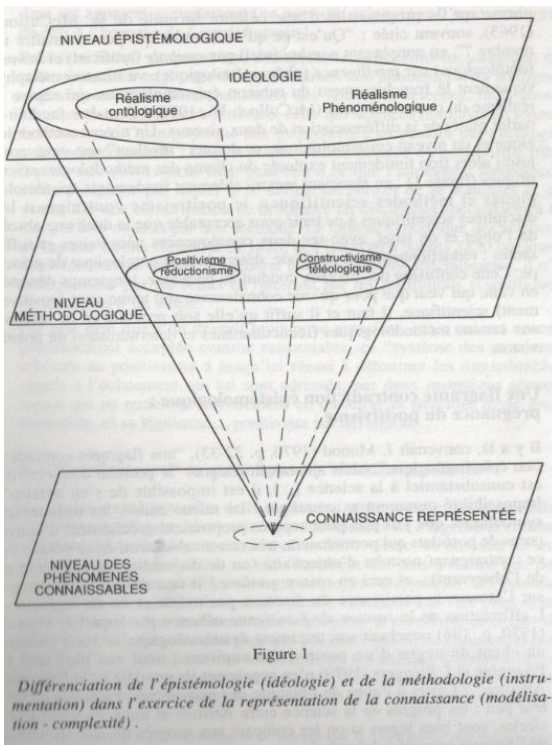
Elles ignorent le défi de la complexité (38) qu'annonçait W. Weaver introduisant la science des systèmes par un article prémonitoire dès 1947 (39), article qu'il faut savoir gré à E. Morin d'avoir redécouvert pour nous. Aussi, plutôt que d'une réduction disjonctive (ou le positivisme ou le constructivisme), nous devons nous attacher à quelques bipolarisations conjonctives : la complexité est intelligible par conjonction. Là réside peut-être l'originalité potentielle du constructivisme, que révèle l'étude de sa propre histoire : de *La Métis des grecs* (40) au *Disegno* de Léonard de Vinci (41), de *l'Ingénium* selon G.B. Vico (42) à la Science de la Conception (43) selon H.A. Simon (*The science of Design*), nous rencontrons toujours ce même projet de connaissance : connaître c'est d'abord relier, conjoindre (44). Le constructivisme est d'abord conjonction, conjonction par l'expérience du sujet a de son projet sur l'objet qu'activement il connaît : connaissance projective, modélisation intentionnelle donc, action cognitive de construction de systèmes de symboles : on n'est pas surpris de rencontrer les concepts noyaux de la science des systèmes et de la science de la cognition dans la définition canonique des épistémologies constructivistes.

L'Expérience, l'Intelligence, le Symbole

Ne devrait-on pas tenir ces nouvelles sciences pour des *épistémologies expérimentales* interrogeait dès 1964 W. McCulloch(45) ?. Question qui ne le conduisait cependant pas à concevoir une théorie de la connaissance construite sur l'expérience du sujet connaissant, mais fort positivement, sur les propriétés physiologiques d'un système nerveux ayant un statut ontologique immanent. Dix ans plus tard, H. von Foerster et F. Varela reprendront cette même métaphore de *l'épistémologie expérimentale* (paradoxe dans un référentiel positiviste, puisque l'épistémologique y est conçu comme le méta niveau abstrait de l'empirique concret !), mais en l'interprétant par référence à l'expérience cognitive du sujet connaissant, dans un référentiel constructiviste donc. Sans doute n'iront-ils pas jusqu'à tenir ce sujet connaissant pour un sujet symbolisant (construisant des systèmes de symboles, en modélisant), mais ce pas qu'ils hésitaient (... et hésitent encore) à franchir, le sera par H.A. Simon et par A. Newell dans leur remarquable Conférence Turing de 1975 (46).

La paraphrase qu'ils proposeront d'une célèbre formule de W. McCulloch, souvent citée, *Qu'est-ce qu'un homme qui peut connaître un nombre?* (47), en remplaçant nombre (réel) par symbole (artificiel) et homme (ontologique) par intelligence (phénoménologique), va illustrer métaphysiquement le franchissement du Rubicon épistémologique qui sépare le réalisme du constructivisme! (48).

Peut-être faudrait-il parler plutôt de la différenciation de deux niveaux. Un niveau méthodologique et un niveau épistémologique, ce dernier *révélant* une vaste zone jusqu'alors trop timidement explorée du champ des méthodologies scientifiques :



(figure 1) ; en associant inextricablement fondements épistémologiques et méthodes scientifiques, le positivisme contraignait les disciplines scientifiques à ne tenir pour acceptable que le dualisme absolu de l'objet et du sujet, avec ses deux conséquences nécessaires et suffisantes : réductionnisme de méthode, déterminisme ontologique de principe. Cette confusion des niveaux conduit au paradoxe, longtemps dénoncé en vain, qui veut que pour qu'une connaissance soit tenue pour (positivement) scientifique, il faut et il suffit qu'elle soit produite en se référant aux canons méthodologiques (réductionnistes et déterministes) du positivisme.

Une flagrante contradiction épistémologique : prégnance du positivisme

Il y a là, convenait J. Monod en 1970, *une flagrante contradiction épistémologique*. Mais ajoutait-il, résigné, *Le postulat d'objectivité est consubstantiel à la science... il est impossible de s'en défaire* (49). Impossibilité purement axiomatique! La même année, les trois textes symboliques que j'ai pris pour repères proposaient précisément d'autres corps de postulats qui permettaient, très raisonnablement, de se défaire de ce contraignant postulat d'objectivité (ou de disjonction de l'observé et de l'observant) ... et ceci *en raison gardant* ! Il faut dès lors s'interroger sur l'étonnante persistance du discours positiviste et de ses séquelles. L'affirmation de *la rupture de l'ancienne alliance* par lequel J. Monod concluait son testament épistémologique (50) se lisait comme un chant du cygne d'un positivisme expirant. Neuf ans plus tard, I. Prigogine n'en appelait-il pas déjà à *la Nouvelle Alliance* (51) ? Certes à l'aune de l'histoire des paradigmes, vingt ans comptent peu : les progrès de la science entre Aristote et nous, en vingt-trois siècles, sont bien légers si on les compare aux progrès qu'elle accumula de l'homme primitif à Aristote! ... Mais pour qui vit chaque jour *la contradiction épistémologique flagrante* dans laquelle s'enferme la recherche scientifique contemporaine, il y a, dans cet apparent aveuglement (*ne pas voir qu'on ne voit pas*), une sorte de défi à l'honneur de l'esprit humain !

Peut-être faut-il proposer une interprétation épistémologique de cette rémanence engluante des positivismes : ils inhibent, on l'a souligné, non seulement l'institutionnalisation des nouvelles sciences, mais aussi, bien que dans une moindre mesure, celle des sciences normales en renouvellement, de l'astrophysique aux géosystèmes en passant par l'écologie et la socio-économie? La persistance institutionnelle du positivisme (fût-il post-néo-positivisme) tient peut-être à ce que l'amalgame idéologico-méthodologique par lequel il se définit lui permet de se stabiliser et de verrouiller une classification de la science en disciplines spécialisées à la fois par leur objet et par leur méthode. Le tableau synoptique des sciences d'Auguste Comte fut établi en 1828, et s'il a connu depuis 1850 quelques amendements de détails, en général par subdivisions spécialisantes, il n'a pratiquement pas été remis en question par les institutions scientifiques pendant plus d'un siècle.

Par une ruse que l'on devrait tenir pour grossière, mais qui est encore généralement acceptée comme raisonnable, ce *Système des sciences* inhérent au positivisme a jusqu'ici réussi à détourner les innombrables appels à l'éclatement qui lui sont adressés, par deux inventions sémantiques qui ne remettent aucunement en question sa structure tenue pour immuable, ni sa légitimité... positiviste par définition.

Les 'applicateurs' ne seront pas les 'fondamentalistes'

La première est l'invention de la distinction entre sciences fondamentales et sciences appliquées, distinction que les sciences de l'ingénierie commirent sans doute l'erreur de cautionner au XIX^{ème} siècle, au moment de leur extraordinaire essor : elles se condamnaient dès lors à n'être que des sciences ancillaires, humbles servantes chargées d'appliquer des connaissances élaborées ailleurs et par d'autres : comment dès lors pouvaient-elles participer à cette formidable entreprise d'invention plus que de découverte (52), de construction plus que d'identification, de conception plus que d'analyse, qui caractérise toute activité scientifique d'élaboration de *connaissances critiques et prospectives* (selon la belle définition de J. Ladrière (53)). En pratique, objectera-t-on, c'est pourtant ce que souvent elles font ou s'efforcent de faire; certes, mais quelle est alors la pertinence d'une distinction épistémologique qui ne constitue qu'un masque inutile et parfois sclérosant. L'histoire des sciences, du XIX^{ème} siècle à nos jours, foisonne d'anecdotes révélatrices de la désolante déperdition scientifique suscitée par cette distinction, au demeurant fort délicate à argumenter a priori.

C'est pourtant ce statut de sciences appliquées qui fut implicitement attribué aux toutes premières 'nouvelles sciences', à commencer par la cybernétique née au MIT, dans la plus prestigieuse des écoles d'ingénieurs, vite accompagnée par la science de la computation (ou des 'machines computantes'), qui allait devenir en Europe la science informatique. Les difficultés qu'eut cette dernière à se faire accepter en tant que discipline scientifique autonome entre 1950 et 1970 ne sont-elles pas significatives de l'ambiguïté du statut scientifique des disciplines dites d'application? Faut-il rappeler que jusque vers 1975, l'informatique n'était pas enseignée dans les écoles d'ingénieurs françaises, à quelques rares exceptions près; on y enseignait déjà les mathématiques appliquées, et l'informatique était considérée comme un modeste secteur de cet enseignement; pourquoi l'ériger en discipline autonome? La prestigieuse mécanique, qui avait réussi à assurer sa promotion au statut de science fondamentale (sans perdre les avantages de celui d'une science appliquée : contradiction locale qui n'embarrassait guère les tenants du caractère essentiel de la distinction fondamentale appliquée!), la mécanique sans doute veillait au grain : si l'informatique devient discipline autonome, l'infraction avec les dispositions essentielles de la classification des sciences du positivisme sera patente.... Un tel précédent sera dangereux pour l'avenir des disciplines installées au sommet de la hiérarchie positiviste!

On n'a pas assez souligné l'intérêt de la controverse épistémologique suscitée en 1950 par un éminent mécanicien, R. Taylor, contestant le 'droit' de la cybernétique à se fonder sur un axiome téléologique (les comportements sont intelligibles par la téléologie : le principe de la 'cause finale' selon Aristote) qu'elle substituait à l'axiome causaliste sur lequel repose en particulier la mécanique classique (le principe de 'cause efficiente') (54). Convenons au demeurant que la jeune science informatique n'a jusqu'ici pas fait beaucoup d'efforts pour assurer son propre statut épistémologique. Une fois admise dans la cour des disciplines positives appliquées, vers la fin des années soixante, elle n'abordera pas volontiers la question de sa légitimation épistémologique : dans l'ensemble elle ignorera les réflexions pourtant fort construites que H.A. Simon, A. Newell ou A. Perlis développeront à partir de 1965, réflexions qui explicitaient une

remise en question des arguments fondateurs du positivisme, et qui ne commencent à se déployer que depuis peu (55).

Redéploiement suscité pour l'essentiel par l'émergence de ... 'l'avant-dernière des nouvelles sciences' (56), l'Intelligence Artificielle (I.A.). L'incapacité (ou la difficulté ?) de la relativement jeune science informatique à 'récupérer' cette dernière sans remettre en question ses propres fondements n'est-elle pas significative de la faiblesse du statut épistémologique des sciences positives appliquées? Notons incidemment que le critère le plus 'moderne' de scientificité post-néo-positiviste, le critère poppérien de 'falsifiabilité' ou de 'réfutabilité' ne permet pas, si on le prend au sérieux, de tenir l'informatique pour une science positive : comment réfuter, empiriquement ou non, une proposition correctement démontrée par la science informatique? A supposer que l'on parvienne à trouver un automate qui ne se comporte pas conformément à la théorie des automates, interrogeait l'épistémologue M. Bunge en 1977 (cf. note (26)), en conclurait-on pourtant que l'informatique cesse d'être une discipline scientifique et devient un art ou une doctrine philosophique? De telles questions, que les sciences de l'ingénierie n'ont pas volontiers discutées depuis quarante ans, à quelques remarquables exceptions près, ne corroborent-elles pas notre argument : en termes épistémologiques, la théorie du clivage entre les disciplines fondamentales et les disciplines appliquées est stérile... et réfutable! (57)

On comprend dès lors qu'en arrivant à sa maturité dans les années soixante-dix, la systémique ne se soit pas volontiers laissé enfermer dans cette distinction : l'expérience 'épistémologique' de la cybernétique (58) et surtout de l'informatique servait de leçon! La tentative d'une 'Analyse de Systèmes' prolongeant la Recherche Opérationnelle entendue comme une sous-discipline appliquée des mathématiques, mobilisa sans doute beaucoup de ressources et retarda sensiblement la progression institutionnelle de la systémique (59). En se reconnaissant peu à peu comme une science de l'ingénierie des systèmes socio-techniques complexes, l'analyse de systèmes s'efface aujourd'hui, ne trouvant pas dans son corpus épistémologique traditionnel les ressources conceptuelles qui lui permettraient d'affronter la complexité des problèmes qu'elle prétendait résoudre.

Interdisciplinarité : des disciplines au rabais?

La seconde est l'invention, plus récente et peut-être plus perverse, du concept d'interdisciplinarité : une interdisciplinarité dont J.P. Changeux dira vite que *son expression concrète sera multi-disciplinaire... car à vouloir parler toutes les langues on n'en parle plus aucune* (60). Le frêle espoir d'une interdisciplinarité devenant transdisciplinarité, (sciences-transversales), capable de susciter quelques méta langues permettant une communication effective entre les disciplines, semble ainsi 'interdit' dès le départ. Il ne reste plus que la production strictement additive de connaissances élaborées ailleurs dans les disciplines mères, celles que cautionne le tableau synoptique des sciences de 1828. On définit ainsi des sciences-carrefours, vers lesquelles convergent et au sein desquelles s'entassent des connaissances déjà faites. La validité des énoncés issus de ces sciences carrefours ne se fonde que sur la validité présumée initialement vérifiée des énoncés des disciplines originales. Ainsi se sont constituées, sans se mettre en infraction avec l'épistémologie positiviste, nombre de 'petites sciences', telles que les sciences de gestion (61), les sciences de l'information ou les sciences de l'éducation. Ainsi d'aucuns voudraient assermenter aujourd'hui les sciences de la cognition en tant que disciplines carrefour, croisement des neurosciences et de la psychologie cognitive, nuancées d'un zeste de linguistique, voire de psycholinguistique! (62)

Tentative désespérante au demeurant Les chercheurs qui aujourd'hui développent la science de la cognition ont beau jeu de montrer qu'une telle liste est déjà bien

insuffisante : la sémiologie et la pragmatique, la logique naturelle et la nouvelle rhétorique, la socio-économie et l'anthropologie, l'herméneutique et l'ethnométhodologie, la science de la communication et celle de l'éducation, la science historique, la science du politique, la science du droit, et bien sûr nombre des sciences de l'ingénierie et de l'organisation, à commencer par l'intelligence artificielle, l'archéologie même (63), et la toute nouvelle textologie (64) peuvent et doivent contribuer à la construction et au développement de la science de la cognition; comme y contribue depuis longtemps la psychiatrie et en particulier la psychothérapie systémique (65), et comme pourra peut-être y contribuer une nouvelle physique de base étudiant les réseaux auto-organiseurs, la formation des colloïdes, les processus hologramorphiques, voire une nouvelle biophysique (qui fait du néo connexionnisme une doctrine ouvrant les portes d'une impressionnante nanotechnologie, outil d'une conscience se construisant par computation biomoléculaire (66)) ! Malgré mes efforts pour constituer une liste exhaustive en 1990, je suis certain que quelques disciplines protesteront pour avoir été oubliées dans cette énumération; et je suis plus certain encore de l'apparition de nouvelles candidates parfaitement recevables et respectables dans les toutes prochaines années.

La classification positiviste des sciences interdit en pratique, on le vérifie à l'évidence dans le cas de la science de la cognition, de pouvoir définir raisonnablement, par addition ou juxtaposition de plusieurs dizaines de sciences, une nouvelle discipline interdisciplinaire : quel statut épistémologique stable le positivisme peut-il proposer à une telle discipline? Quel critère de validation sérieuse des énoncés qu'elle produit peut-elle lui proposer? En pratique certes, chacun sait bien que *le coup de l'interdisciplinarité* est une ruse du type de celle du Cheval de Troie. Les neurosciences, plus encore que la psychologie cognitive, ne se cachent guère de leur intention : promouvoir les *cognisciences* afin de mettre les autres disciplines au service des neurosciences! Les dénégations de ce procès d'intention ne sont ni énergiques ni convaincantes (67)! On comprend que la science de la cognition hésite à jouer le rôle du petit chaperon rouge dans le frêle espoir d'obtenir une légitimation académique au rabais : dans le système des sciences, pas plus que la science des systèmes ne peut s'entendre comme une discipline positiviste appliquée, la science de la cognition ne peut se définir comme une discipline interdisciplinaire asservie à telle ou telle grande discipline positiviste.

La classification linéaire des sciences de 1828

Dès lors aussi longtemps que la classification des sciences positives de 1828 demeurera le seul modèle institutionnel du système des sciences, science des systèmes, science de la cognition, et plus généralement nouvelles sciences et sciences normales renouvelées, ne pourront échapper au carcan positiviste : aussi convaincantes que soient les réfutations de la pertinence de l'impérialisme des épistémologies positivistes dans le champ des disciplines scientifiques, elles ne susciteront aucune conséquence institutionnelle tant que les alternatives épistémologiques ne définiront pas de classification des sciences concurrente de celle d'Auguste Comte.

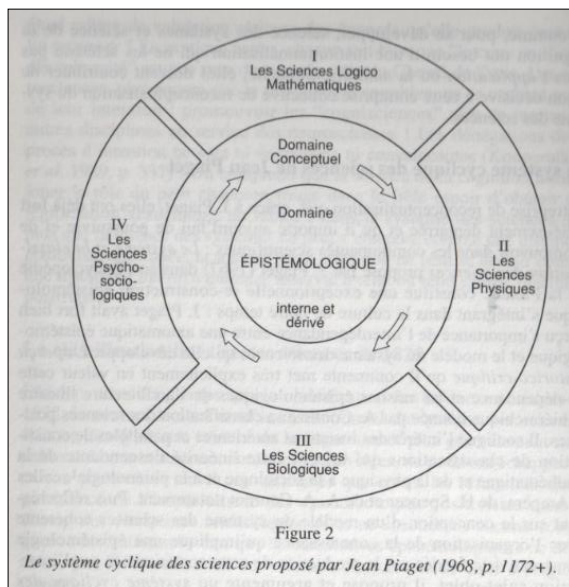
"Il y a, dit H.A. Simon concluant sa conférence Nobel (1978), un dicton en politique qui veut que l'on ne puisse battre quelque chose avec rien. Vous ne pouvez faire échouer une mesure ou un candidat simplement en montrant ses défauts et ses inadéquations. Vous devez offrir une alternative. Le même principe s'applique aux théories scientifiques : une théorie bien installée survivra aux assauts de l'évidence et des observations empiriques qui la réfutent aussi longtemps qu'on ne proposera pas une théorie compatible avec ces évidences pour la remplacer (68)! L'étonnante survie du positivisme jusqu'à la fin du XXème siècle ne s'explique-t-il pas ainsi? Aussi longtemps

qu'un modèle du système des sciences, adéquat à nos actuelles 'évidences' épistémologiques, ne sera pas établi comme une alternative pertinente à la classification positiviste de 1828, nulle alternative épistémologique réfléchie telle que celle qu'établissent aujourd'hui les constructivismes, ne pourra s'institutionnaliser.

Et comme, pour se développer, science des systèmes et science de la cognition ont besoin d'une institutionnalisation qui ne les sclérose pas dans l'application ou la multidisciplinarité, elles doivent contribuer de façon décisive à cette entreprise collective de re-conceptualisation du système des sciences.

Le système cyclique des sciences de Jean Piaget

Entreprise de re-conceptualisation que, grâce à J. Piaget, elles ont déjà fort sérieusement démarrée et qu'il importe aujourd'hui de poursuivre et de promouvoir dans les communautés scientifiques : "*Le système et la classification des sciences*" proposé par J. Piaget en 1968 dans son Encyclopédie Pléiade (69) constitue une exceptionnelle reconstruction épistémologique s'intégrant dans la culture de notre temps : J. Piaget avait fort bien perçu l'importance de l'interdépendance entre une axiomatique épistémologique et le modèle du système des sciences qu'elle développe.



L'aperçu historico-critique qu'il commente met très explicitement en valeur cette co-dépendance et les raisons épistémologiques de l'architecture linéaire et hiérarchique donnée par A. Comte à sa classification des sciences positives. Il souligne l'intérêt des tentatives antérieures et parallèles de constitution de classifications qui brisent cette linéarité descendante de la mathématique et de la physique à la sociologie et à la phrénologie (70), celles d'Ampère, de H. Spencer et de A. A. Cournot notamment. Puis réfléchissant sur la conception d'un modèle du système des sciences cohérente avec l'organisation de la connaissance qu'implique une épistémologie constructiviste (fondée sur la production de cette connaissance par l'interaction sujet-

objet), il propose et argumente *un système cyclique des sciences* qui intègre cette interdépendance constitutive des disciplines : *Le système cyclique des sciences* auquel il aboutit *'établit l'interdépendance de facto des diverses sciences* commentera en 1990 E. Morin (71) : *Il s'agit maintenant de trouver des articulations non arbitraires, non seulement entre les disciplines, mais plus largement entre les sciences, et nous n'en sommes pas encore là*" conclura-t-il.

Conclusion peut-être un peu trop pessimiste (ou tactiquement prudente face à un auditoire qui n'était pas majoritairement prêt à renoncer à la classification positiviste sur laquelle sont encore fondées les institutions scientifiques (72)).

On se propose en effet ici de faire valoir la contribution conjointe des nouvelles sciences à une sorte d'accélération de la réflexion épistémologique contemporaine, qui permet croyons-nous, d'enrichir sinon d'achever, la cohérence des nouvelles articulations entre les disciplines que J. Piaget nous invite à reconnaître; on peut ainsi 'construire' une architecture spiralo-cyclique du système des sciences, architecture que l'on prétend au moins aussi 'opérationnelle' (au sens de 'effectivement praticable') que celle, hiérarchique, 'donnée' par le positivisme. N'est-ce pas à la capacité de la science des systèmes et de la science de la cognition en particulier, à construire elles-mêmes les

fondements de leur propre épistémologie interne dans des termes compatibles avec ceux des autres disciplines, nouvelles ou non, que l'on peut reconnaître leur fécondité scientifique?

Le statut épistémologique des sciences de l'artificiel, sciences de l'ingénierie

Un an après les textes fondateurs de J. Piaget que l'on vient d'évoquer (textes de conclusion dont la lecture doit bien sur être complétée par celle des textes d'introduction de l'Encyclopédie Pléiade : *L'épistémologie et ses variétés*), la parution de la thèse épistémologique d'H.A. Simon, sous le titre plus étonnant que provoquant, des *Sciences de l'Artificiel*, va en effet constituer le ferment d'une réflexion récurrente et prospective sur le système cyclique des sciences dont nous devons tirer parti. Le fait qu'H.A. Simon ait autorisé ses traducteurs japonais et français à intituler leur traduction : *Science des Systèmes, Sciences de l'Artificiel* ne constitue-t-il pas un premier témoignage explicite du rôle de la systémique dans cette reconstruction épistémologique? Et le fait qu'il soit à juste titre considéré comme le 'père fondateur' d'une science de la cognition désormais autonome, irréductible à une neurosciences, une psychologie cognitive, une linguistique ou une intelligence artificielle, ne vaut-il pas témoignage quant au rôle de la science de la cognition dans cette même entreprise? : On a souligné précédemment l'importance symbolique du Manifeste qu'H.A. Simon publia en 1980, peu après la quasi institutionnalisation de la science des systèmes et de la science de la cognition, sous le titre : *La Science de la Cognition, la plus nouvelle des Sciences de l'Artificiel*.

L'argument peut-être le plus original qu'apporte *Les Sciences de l'Artificiel* dès sa première édition en 1969 (argument que confortera la seconde édition complétée de 1981) aux épistémologies constructivistes, est celui du caractère intentionnel, projectif, de toute entreprise de formulation de connaissance. J. Piaget disait déjà "*La connaissance est processus*" (73); H.A. Simon dira "*La connaissance est projet, ou dessein*" : 'Design' dira-t-il en exploitant la riche complexité sémantique de ce concept anglo-saxon qu'il est si difficile d'exprimer en un seul mot en français (dessin, dessein, désignation, projet, ingénierie, génie... autant de mots qu'il faut conjoindre et enchevêtrer pour exprimer à la fois le *Disegno* selon L. de Vinci et l' *Ingenium* selon G.B. Vico comme le *Génie* des ingénieurs de la Renaissance, voir la *Métis* des mécaniciens grecs! (74)).

Que la connaissance puisse être projet, et donc qu'une science puisse se définir par son projet - plutôt que par son objet - de connaissance, cela ne va-t-il pas de soi dès lors que nous nous intéressons à la compréhension des artefacts? Ces *systèmes* ne sont en effet intelligibles que par le projet (ou le complexe de projets) qui les a suscités. Leur anatomie ou leur analyse *objective* ne nous livrerait guère de connaissances pertinentes, guère plus qu'un tas de sciure ne rend intelligible (et moins encore, explicable) l'arbre magnifique dont il est issu. Identifier et reconnaître les fonctions et leurs articulations postulées intentionnelles nous permet sans doute plus de connaissance sur un ordinateur ou un robot, que ne nous en livre la décomposition en pièces innombrables de la machine à tisser les bas que décrit anatomiquement, pièce par pièce, le texte pourtant accompagné de planches de l'Encyclopédie de Diderot (75).

Comprendre et connaître l'artefact, le système artificiel, en le concevant comme un projet construit dans l'environnement, naturel et artificiel, dans lequel il s'exerce, n'est-ce pas tirer parti de la connaissance dont on dispose déjà sur ce système? Il est conçu intentionnellement en référence à un projet, au moins partiellement explicité. Pourquoi 'se priver' de cette connaissance téléologique? Plus que l'artefact résultant, ce sera en général le processus également téléologique de conception- construction de cet artefact qui deviendra projet de connaissance : le processus cognitif de conception devient

connaissable, et pourra souvent être caractérisé par quelques régularités, par l'identification de quelques contraintes, par le repérage de quelques champs de possibles.

Une activité proprement scientifique de conception-construction de connaissance peut dès lors être identifiée : les sciences de l'artificiel (l'artefact et sa conception) sont sciences de la conception et donc plus généralement peut-être, sciences de l'ingénierie. H.A. Simon va alors exposer les propriétés de ces fors vieilles sciences, quasi oubliées par deux siècles de positivisme saint-simonien, sciences héritières de l'expérience d'Eupalinos et d'Archimède, magnifiées par Léonard de Vinci, et leur restituer la nouvelle jeunesse que leur propose une réflexion épistémologique restaurant le constructivisme. Il ne prononcera pourtant pas le mot : est-ce du à la mauvaise réputation dont l'économiste F.A. Hayek a chargé ce concept, l'identifiant à un cartésianisme saint-simonien bien proche au demeurant du positivisme (76)?

Cette exploration des ressources épistémologiques potentielles des sciences de l'ingénierie ainsi renouvelées conduit H.A. Simon à trois conclusions particulièrement importantes pour notre propos :

- 1. Les sciences de l'ingénierie se donnent leur vocation disciplinaire dans tous les domaines de conception téléologique des artefacts qu'ils soient physiques (les machines), sociaux (l'organisation et l'administration des entreprises et des états), physiologiques (pharmacologie, prothèse...), biologiques (génie génétique), culturels (journaux, revues, ...) ou artistiques (l'architecture, la musique, la peinture étaient aussi des sciences jusqu'au XVIIIème siècle; pourquoi devraient-elles cesser de l'être dès lors que les critères positivistes n'ont plus force de loi?) De l'ingénierie sanitaire à l'ingénierie rurale ou urbaine par l'ingénierie organisationnelle ou des télécommunications, bien des champs sont *normalement* et fort utilement ouverts aux sciences de l'ingénierie. On devine déjà que les sciences de l'ingénierie de la cognition bénéficieront bientôt d'un statut peut-être un peu privilégié... au moins sous la plume d'H.A. Simon et dans le cadre de cette étude!

- 2. Les sciences de l'ingénierie sont sciences fondamentales autant qu'appliquées : elles produisent par elles-mêmes leurs connaissances fondamentales. La recherche sur les processus de conception d'artefacts physiques, psychiques, sociaux ou culturels est une recherche proprement fondamentale, même si ses applications potentielles sont manifestement légions. H.A. Simon interrogera très explicitement les programmes des enseignements des écoles d'ingénieurs, soulignant les insuffisances de leur réduction aux *applications*. Comment former des concepteurs (et donc des inventeurs, des créateurs, capables de concevoir et de construire des projets dans des contextes), en ne leur apprenant qu'à appliquer des connaissances qu'il ne leur appartient pas d'élaborer, interrogera-t-il? Une épistémologie constructiviste, on l'a vu n'a décidément pas à s'embarrasser d'une distinction si contingente.

- 3. Les sciences de l'ingénierie sont sciences des systèmes, que les systèmes considérés soient strictement artificiels (l'artefact le plus pur, machine ou poème, est encore un système naturel que la physique peut étudier) ou soient à la fois artificiels et naturels (une cour de ferme ou une grande route goudronnée!). Autrement dit, elles s'intéressent aux phénomènes que nous percevons adaptatifs : présumé téléologique, leur comportement est intelligible dès lors qu'il est adaptatif. Aussi erratique que semble la trajectoire de la fourmi rapportant un grain dans son trou, cette trajectoire nous sera parfaitement intelligible dès lors que nous postulons son comportement téléologique : les tours et les détours s'interprètent aisément en termes d'obstacles que les inégalités du sol (buttes, brindilles, pierres...) opposent à l'itinéraire quasi rectiligne qui conduirait la fourmi à son trou.

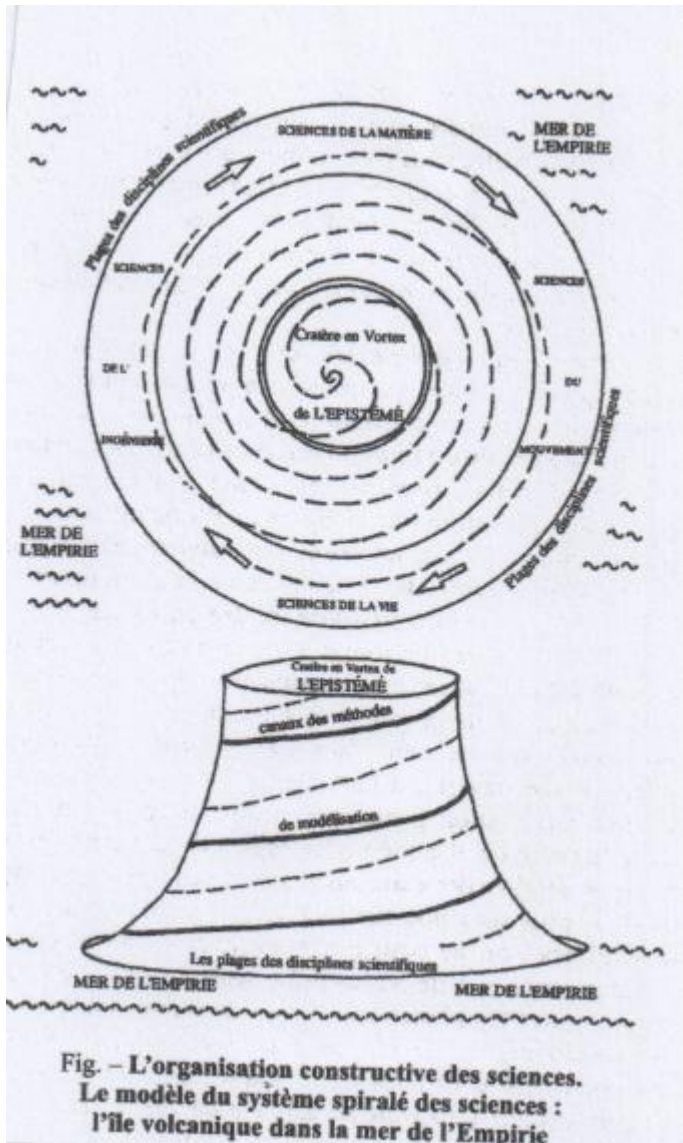
L'étude des systèmes artificiels va dès lors nous permettre une impressionnante généralisation à l'étude de tous les systèmes adaptatifs que nous pouvons étudier, à commencer bien sûr par les systèmes vivants et les écosystèmes en poursuivant par la plupart des systèmes sociaux et en achevant bien sûr par les systèmes cognitifs et computationnels. H.A. Simon, avec A. Newell, proposera d'appeler *système intelligent* ou *système d'action intelligente*, ces familles de systèmes adaptatifs, que les sciences de l'ingénierie, sciences des systèmes vont nous permettre d'étudier. L'étude des systèmes artificiels sera a priori en général plus aisée pour tester des hypothèses; n'est-ce pas ce qui explique l'intérêt des méthodes de simulation informatique, et plus généralement celles de l'intelligence artificielle, pour nous aider à comprendre ou à interpréter, plutôt qu'à expliquer ou à démontrer, le comportement de bien des phénomènes qui résistent encore à l'analyse réductionniste et causaliste préconisée par le positivisme?

Un modèle constructiviste du système spiralé des sciences

Cette restauration épistémologique des sciences de l'ingénierie au sein de la galaxie des disciplines scientifiques, doit pouvoir être prise en compte par le système des sciences. On l'a suffisamment souligné précédemment, c'est parce que la classification positiviste des disciplines les ignorait que les sciences de l'ingénierie et la science des systèmes ont tant tardé à s'épanouir depuis un siècle. J. Piaget le pressentait manifestement : s'il n'avait prévu explicitement leur place dans le système cyclique des sciences qu'il avait élaboré, il avait déjà tenté d'insérer la cybernétique (et avec elle une réflexion originale sur le rôle de la téléologie au sein de l'épistémologie (77)), entre la biologie et la théorie de l'évolution... au sein donc des systèmes adaptatifs... en soulignant "*l'évidence d'une relation implicite entre intelligence et adaptation*". (H.A. Simon soulignera d'ailleurs dès 1965 sa dette intellectuelle à l'égard de J. Piaget par une formule devenue célèbre : "*Je suis suisse*" (78)).

Il ne semble pas pourtant qu'il y eut beaucoup de tentatives pour prendre en compte cette intégration du modèle constructiviste du système cyclique des sciences et du modèle constructiviste des nouvelles sciences de l'ingénierie. La cause en est sans doute dans le caractère très innovateur du modèle piagétien. Il était sans doute trop en avance sur son temps. Pour y avoir prêté attention en 1977-80 dans deux études qui proposaient une discussion explicite du statut épistémologique de la jeune systémique (79), je peux témoigner de l'intérêt que J. Piaget attacha sur le champ à mon interprétation (80). Mais il devait disparaître quelques semaines plus tard, si bien que je n'eus pas l'occasion de poursuivre sur le champ cette discussion.

Il reste qu'entre 1970 et 1990 une réflexion collective cherchant à restaurer et à reformuler les épistémologies constructivistes s'est progressivement développée à l'initiative notamment de *l'Ecole de Genève* par les *Archives J. Piaget*, et de P. Watzlawick et de *l'Ecole de Palo Alto* (qui développe de façon originale et autonome les interrogations épistémologiques de G. Bateson) : "*L'invention de la réalité, contributions au constructivisme*", édité par P. Watzlawick paraît en allemand en 1981 (en anglais en 1984 et en français en 1988), suivi de quelques textes importants de E. von Glasersfeld (1987), qui plaide pour un constructivisme radical, et de H. von Foerster (82), qui argumente la connaissance construite par le système observant plutôt que résultant de l'analyse du système observé. A l'initiative aussi d'E. Morin, par la succession des volumes de "*La Méthode*" (1977, 1980, 1986,...), qui, s'il ne peut se laisser enfermer dans une école, fût-ce celle d'un constructivisme, développe une "*épistémologie complexe*" (83), paradigme de la connaissance sans fondement : "*Toute connaissance acquise sur la connaissance devient un moyen de connaissance éclairant la connaissance qui a permis de l'acquérir*" (84). Autant de matériaux épistémologiques qui ainsi s'accumulent, suscitant la redécouverte ou la relecture de nombre de penseurs,



des présocratiques grecs aux nominalistes médiévaux, comme celle des "oubliés" du XIX^{ème} siècle et de la première moitié du XX^{ème} siècle, que la domination positiviste semblait avoir gommés de nos mémoires (on a mentionné W. Dilthey ou C.S. Peirce, mais que d'oubliés jusqu'au G. Bachelard du "*Rien n'est donné, tout est construit*" (85)).

Ne devenait-il pas possible de tirer parti de cette richesse et d'approfondir le paradigme du système cyclique des sciences pour lui permettre d'exprimer la re-connaissance des sciences de l'ingénierie que H.A. Simon avait su nous proposer? C'est ce qui m'a incité à remettre le métier sur l'ouvrage et à proposer une interprétation du modèle spiralé du système des sciences, que j'ai succinctement proposé en conclusion de "*la modélisation des systèmes complexes*" (86).

Modèle dont on rappelle ici les caractéristiques essentielles, afin de pouvoir développer une discussion du statut et du développement de nos deux "nouvelles sciences" dans cette conception renouvelée du système des sciences. (Figure1)

Pour se représenter le continent des sciences, on peut se proposer une

autre métaphore que celle de l'archipel que proposait P. Weiss, un des pionniers de la systémique (87), et considérer celle d'une sorte de vaste île volcanique en émergence (ou mieux, en construction) permanente, centrée autour du 'cratère de l'épistémologie', au sein duquel bouillonnent les composants des épistémologies internes pour garder la formule de Piaget : herméneutiques, rhétoriques, logiques, mathématiques, sémiologie, et sans doute noologie, entendue comme la "science des choses de l'esprit".

Par 'les canaux spiralés de l'analytique et de la systémique', cette lave épistémologique complexe irrigue 'les plages des disciplines', qui sans trêves gagnent sur 'la mer de l'univers connaissable' (la mer de l'Empirie) recevant et réorganisant les connaissances scientifiques actives.

La pression qui ainsi s'accumule suscite 'une sorte de percolation épistémologique permanente' dont les sucres sont remontés par les canaux spiralés de la systémique et de l'analytique, jusqu'au cratère du volcan de la science, (le cratère de l'Épistémé) qui ainsi, peu à peu, s'élève; renouvelant par une boucle éternelle l'irrigation épistémologique et méthodologique des 'plages des disciplines'.

L'identification des disciplines qui se développent comme des plages contiguës sur le pourtour circulaire de l'île reprend bien sûr dans son principe celle que proposait J. Piaget, en reconnaissant les deux familles de sciences traditionnelles, celle de la matière

(l'inanimé) et celle de la vie (l'animé) et en privilégiant les deux modes d'interaction concevables entre ces deux champs du connaissable, interaction par laquelle l'esprit connaissant appréhende l'un et l'autre : les interactions que l'esprit tient pour déterminées, et qu'il subit, 'les sciences du mouvement' (que domine sans doute quelque *principe de moindre action ou de parcimonie universelle* , et celles que l'esprit tient pour voulues, qu'il peut concevoir et construire, 'les sciences d'ingénierie' (que dominera un *principe d'action intelligente* (88)).

La carte des disciplines (plutôt que leur classification) ainsi dessinée se lisant selon ces deux bipolarisations Nord-Sud (Sciences de la matière, Sciences de la vie) et Ouest-Est (Sciences du mouvement, Sciences d'ingénierie) : on propose une première distribution des quelques disciplines classiques aujourd'hui sur cette carte vivante du Continent science, à seule fin de susciter la réflexion de chacune d'elles sur son propre positionnement épistémologique, et sur les conditions de ses communications avec les autres par le jeu des canaux systémiques et analytiques qui les irriguent différemment : l'analytique privilégiant sans doute actuellement les sciences du mouvement, et la systémique irriguant plus volontiers les sciences de l'ingénierie.

III. LA RECONSTRUCTION EPISTEMOLOGIQUE DES NOUVELLES SCIENCES

Réflexion apparemment féconde si j'en juge par les premiers commentaires qu'a déjà suscités, en des cercles fort divers, la première présentation de cette carte ; peut-être parce qu'elle rend un peu mieux compte de l'état des disciplines scientifiques en 1990 que ne le permet la classification synoptique du positivisme de 1828 ? Ces premiers commentaires vont nous guider dans l'argumentation qu'il nous faut maintenant considérer. Quelles questions nouvelles la problématique constructiviste du système spiralé des sciences conduit-elle à poser à la science des systèmes et à la science de la cognition (et à ses 'voisines' les plus proches, des cognosciences à la linguistique par la sémiotique et la science de la computation), dès lors qu'elles s'efforcent d'assurer leurs fondements épistémologiques propres?

L'épistémologie de la systémique

On ne développera guère ici les questions afférentes à l'épistémologie de cette science transversale qu'est désormais la systémique, science des systèmes. Elle est **science des méthodes de modélisation des phénomènes perçus complexes** (J.L. Le Moigne, 1977/1990). On comprend mieux désormais les raisons qui ont incité E. Morin à intituler sa monumentale œuvre épistémologique *La Méthode* (œuvre inachevable par construction puisque, rappelle-t-il volontiers, "le chemin se construit en marchant"). L'exercice de modélisation systémique (*une systémographie*) du processus complexe de production scientifique auquel nous nous sommes livrés et qui nous conduit au modèle suffisamment stable du système spiralé des sciences, ne constitue-t-il pas un exercice autoréférentiel et auto-organisateur de définition épistémologique de la science des systèmes. Remarquons incidemment que le plan retenu par le CNRS pour établir son "rapport de conjoncture 1989", récemment publié sous le titre significatif "*Les chemins de la science*" (89), constitue une sorte de légitimation culturelle du dessin du *Tour de l'île du système des sciences* : confirmant quasi empiriquement la pertinence des quatre quadrants (la matière et la vie, le mouvement naturel et l'ingénierie artificielle), il révèle par un grand 'blanc' central l'absence ou plus probablement l'invisibilité de toute explicitation épistémologique au centre du système des sciences. Parce que la science des systèmes conduit à s'interroger et à proposer des réponses (le complexe cratère de l'épistémé et les

canaux d'irrigation systémique et analytique) sur la composition de ce grand blanc, ne fonde-t-elle pas aujourd'hui sa propre légitimation épistémologique?

L'épistémologie de la science de la cognition

On peut en revanche développer davantage l'examen du questionnement épistémologique de la science de la cognition en commentant sa relation : 1) au sein des sciences de l'ingénierie, avec les neurosciences, la physique qualitative et la théorie des neurones formels, 2) avec la science de la computation et l'intelligence artificielle et 3) avec la linguistique et la théorie de la perception visuelle et auditive. On n'épuise pas le sujet avec ces trois familles de questions, mais on tire parti des controverses récentes sur le questionnement épistémologique suscité par l'autonomisation de la science de la cognition.

1. La science de la cognition est une science de l'ingénierie

Si l'on considère la science de la cognition comme une science de l'ingénierie, discipline dont le projet de connaissance est la production de modèles intelligibles stables des processus cognitifs (naturels et artificiels), son rapport avec les sciences de la vie (via les neurosciences) et avec les sciences de la matière (via les théories de neurones formels) est "classique". Elle emprunte et prête des concepts et des heuristiques dans sa quête permanente de régularité et d'invariance procédurale, mais elle ne se filialise pas : son projet n'est pas 'd'applique' telle autre science (90); il est de modéliser des processus de production de connaissances, et plus spécifiquement des processus intelligents : H.A. Simon et C.A. Kaplan, dans le grand article sur les fondations des sciences de la cognition qui ouvre le manuel de M. Posner (1989), rappellent que l'on peut toujours définir l'intelligence (ou le comportement intelligent) d'un système par sa capacité à assurer deux familles articulées de fonctions :

- des fonctions d'investigations et de résolution : élaborer ('inquiring') et sélectionner des actions pertinentes pour atteindre leurs buts, et plus généralement identifier et résoudre des problèmes formulés.
- Des fonctions de compréhension : répondre de façon cohérente et appropriée aux questions qui leur sont adressées et plus généralement concevoir et créer des formes significatives compréhensibles (91).

Cette compréhension de la cognition par l'exercice de l'intelligence n'épuise donc pas tout ce que l'on ne peut entendre par 'les choses de l'esprit' : affects, perception, activités sensori-motrices, humeurs et pulsions concernent certes aussi les choses de l'esprit, mais ne compromettent pas a priori la capacité de cet esprit à appréhender et à modéliser, voire à reproduire ou à simuler, cet autre exercice présumé de l'esprit qu'est la cognition ou l'intelligence. Exercice d'autant plus spécifique qu'on peut le comprendre assez pour l'attribuer à des systèmes artificiels, conçus pour résoudre et pour comprendre, et donc pour manifester de l'intelligence. Les phénomènes neuroendocrinologiques affectent sans doute les comportements cognitifs des systèmes vivants, mais cette hypothèse n'interdit pas l'étude des comportements cognitifs vivants ou non; d'autant moins que l'activité cognitive permet un accès à la connaissance des passions, fussent-elles d'origine endocrinologique : *A quoi serviraient les passions si elles ne pouvaient être dites? Je suis parce que je suis ému et parce que tu le sais* conclut fort joliment J.D. Vincent dans sa *Biologie des passions* (92).

L'autonomisation de la science de la cognition, science fondamentale de l'ingénierie cognitive, laisse donc entier le projet, hier diltheyien ou bergsonien,

aujourd'hui morinien, de la construction d'une 'noologie, science des choses de l'esprit', qui sera quasi nécessairement une épistémologie plus interne encore (au sens de J. Piaget) qu'expérimentale (au sens de W. McCulloch). Si l'on nous autorise une métaphore audacieuse, on peut ainsi comparer l'interprétation prospective du modèle du système spiralé des sciences à celle du célèbre tableau des éléments chimiques de Mendeleïeff : il suggère des hypothèses pour remplir les cases encore blanches de ce modèle. Ne peut-on interpréter ainsi la quasi-nécessité à laquelle on est conduit de la reconnaissance d'une noologie complexe, encore à construire, irréductible à la science de la cognition, bien que fortement provoquée par cette dernière dès lors qu'elle cherche à assurer sa légitimité épistémologique propre.

En revanche, la science (de l'ingénierie) de la cognition, correctement définie par son projet d'intelligence de la cognition, demeure, comme toutes les sciences de l'ingénierie, passible de plusieurs interprétations paradigmatiques. On sait aujourd'hui que deux paradigmes de modélisation, l'un d'inspiration systémique, l'autre d'inspiration analytique, s'y développent : cohabitation qui n'implique nullement guerre à outrance et moins encore monopole des crédits de recherche par l'une ou par l'autre.

Le paradigme computo-symbolique, solidement campé et argumenté par H.A. Simon, A. Newell et bien d'autres depuis plus de vingt ans (on le présente aussi sous le nom du paradigme du Système de Traitement de l'Information, ou du Système de Symboles Physiques) ; paradigme dont est directement issu la jeune et féconde science de (l'ingénierie) de la décision qui a déjà suscité nombre de nouveaux développements depuis le premier texte de H.A. Simon, 1960 (cf. J.L. Le Moigne, 1974 & 1986).

Le paradigme neurocybernétique (dit aussi paradigme néo-connexionniste ou des réseaux neuronaux). Initialisé par quelques pionniers de la biocybernétique vers 1944 (W. McCulloch, ...), il connaîtra à partir de 1960 une sorte de traversée du désert que l'on attribue souvent à 'l'échec' du modèle dit du Perceptron de Rosenblatt; depuis le début des années quatre-vingt, il connaît une sorte de nouvelle jeunesse qui se construit à partir du modèle des réseaux neuronaux de J.J. Hopfield et des modèles de la vision de D. Marr (1982), repris en particulier par les travaux sur les architectures informatiques parallèles distribuées et leur capacité d'auto-apprentissage (D.E. Rumelhart, J.L. McClelland, 1986, etc.).

Les deux paradigmes sont présentés en une même main au sein d'un ouvrage collectif de 890 pages dont la seule existence suffit à témoigner de la vitalité contemporaine de la science de la cognition... et de son enseignabilité : *Les fondations de la science de la cognition*", édité par M.L. Posner (1989). Z.W. Pylyshyn, un des chercheurs qui depuis dix ans a beaucoup contribué à susciter cette réflexion de la science de la cognition sur son épistémologie interne (1984), conclut fort justement cette compétition entre les deux paradigmes en invitant tous les acteurs à continuer à travailler pour que se dégage progressivement les *divers types de phénomènes que l'un et l'autre interprètent de façon plus adéquate*.

Je conviens que je parie plus volontiers pour la large fécondité du paradigme computo-symbolique, ne serait-ce que parce ses tenants ont beaucoup plus assuré leurs repères épistémologiques. (L'école néo-connexionniste semblant encore trop souvent n'être que le Cheval de Troie des neurosciences au sein des sciences de la cognition, sans manifester beaucoup d'intérêt visible aux modalités de légitimation des énoncés qu'elle s'efforce de produire). Peut-on émettre l'hypothèse de la pertinence, pour l'école connexionniste, d'un 'retour' à certaines de ses sources, dans les théories de l'auto-organisation en particulier : la riche étude de J. Paillard, intitulée "*Système nerveux et fonction d'organisation*", qui n'a hélas été publiée qu'en 1986 (93), suggère par exemple des développements, qui ne sont pas seulement métaphoriques, que la science de la cognition devrait pouvoir assimiler : ceux de l'auto-modélisation les processus

d'autonomisation de la cognition dans les systèmes naturels et artificiels. Les développements contemporains des théories de l'autoréférence depuis H. von Foerster et H. Atlan (F. Varela, 1979; H. Maturana et F. Varela, 1980; E. Morin, 1986; P. Dumonchel et J.P. Dupuy, 1983; M. Zeleny, 1982; CREA, 1985; S.J. Bartlett et P. Suber, 1987); et de la sécularités (J.L. Vullierme, 1989; J.P. Dupuy dans CREA, 1986b), constituent aujourd'hui des repères déjà familiers aux chercheurs.

A ces considérations de tactique épistémologique s'ajoute un argument plus proprement thématique. Le paradigme computo-symbolique me paraît a priori mieux adapté pour affronter deux des nouveaux défis qu'affronte aujourd'hui la jeune science de la cognition : la problématique de la compréhension d'une part, et celle de la représentation non verbale ou non textuelle d'autre part; défis que caractérisent les deux autres inter-relations de la science de la cognition avec ses voisines que l'on se propose de commenter ici succinctement.

2. Science de la cognition et science de la computation

La relation de la science de la cognition avec la science de la computation (faut-il l'appeler : *la science informatique*? ce concept est, depuis l'origine, chargé de tant d'ambiguïtés que j'hésite à l'utiliser! (94)) et avec l'Intelligence Artificielle est volontiers considérée comme un rapport incestueux, celui de la fille avec son père! Chronologiquement, la métaphore recèle une part de vérité, puisque la science de la computation naît entre l'apparition de la *machine de Turing* (1936) et la *machine de Von Neumann* (1948); l'Intelligence Artificielle naît en 1956 au Séminaire de Dartmouth avec la formulation des concepts de symboles non numériques computables et d'heuristique programmable sur une machine computante de résolution de problème (L.T. puis G.P.S.); et la science de la cognition naît vers 1975-76, avec le projet de la représentation des processus cognitifs intelligents capables à la fois de résoudre et de comprendre un problème : objectifs de l'I.A. définis en extension semblait-il, à partir des contributions de nouvelles équipes de l'I.A. souvent issues de la linguistique plutôt que de l'informatique puis de la psychologie (R. Schank (1976), ...). Le premier ouvrage introduisant le mot *science de la cognition*, édité par D. Bobrov et A. Collins s'intitule *Représentation et Compréhension : études en sciences de la cognition*, 1975 (95). Cette définition initiale, étendant l'I.A. de la résolution de problème à la compréhension textuelle de problèmes, suscita - et suscite encore - une querelle de frontière : la science de la cognition est-elle un autre nom pour l'I.A. dès lors que cette dernière se développe spontanément dans son projet de computation généralisée de tous les systèmes de symboles? La définition plus ambitieuse que très vite la science de la cognition sut se donner, intègre les composantes cognitives que révèlent tous les types de raisonnements, qu'ils soient formulés par la linguistique, par l'anthropologie, par la psychosociologie, par la psychologie cognitive, voire par la socio-économie comportementale, et bien sûr par l'épistémologie, la rhétorique et les logiques (96). Cette méditation sur le caractère multiforme des raisonnements, manifestation de l'activité cognitive du système (et, dira le paradigme computo-symbolique, toujours représentable et donc simulable par des systèmes de computation de symboles), va conduire à la reconnaissance de la complexité de leurs multiples formes : déduction et investigation (*search process ou inquiring process*) par abduction, rétroduction, transduction et induction, toutes les formes concevables d'inférence que nous livrent logiques et rhétoriques, sont modélisables.

Ce qui va conduire à un effort encore inachevé de théorisation des inférences cognitives, inférences qui pourront être re-produites par quelques architectures fonctionnelles des systèmes de cognition : cette hypothèse des architectures possibles constitue sans doute aujourd'hui un des résultats les plus pertinents de la discipline, si

l'on en juge par les travaux de J.R. Anderson (projet ACT*, 1983) et d'A. Newell (projet SOAR) (97). Il me semble que la théorie des plans élaborée par R. Wilensky et son équipe à Berkeley (1983) constitue une voie de développement dont la portée épistémologique est particulièrement originale et importante : si l'on considère que toute activité cognitive intelligente peut toujours être articulée entre des activités de résolution de problèmes (aussi 'quotidiens' soient-ils) et des activités de compréhension de comportement, de situation ou d'exposés, on peut formuler ces deux fonctions enchevêtrées en termes de dualité :

Résoudre, c'est, partant d'un état initial et d'un objectif explicité (état final souhaité), rechercher les itinéraires possibles qui permettent d'aller de l'un à l'autre (*calculer la trajectoire*) : résoudre c'est construire un système de signes (un plan sur une carte).

Comprendre, c'est, partant d'un itinéraire décrit ou descriptible (la description d'un comportement, l'exposé d'un énoncé) rechercher les buts possibles d'une telle trajectoire : autrement dit, comprendre c'est construire du sens, donner une signification à un comportement observé ou à un énoncé textuel ou imagé.

Dans cette formulation, résoudre et comprendre deviennent des problèmes duaux, ou inverses : partir du but pour trouver la trajectoire qui y conduit; et partir de la trajectoire pour trouver le but (le sens) auquel elle conduit.

Si ces deux formulations de la cognition, résoudre et comprendre, sont ainsi interdépendantes, toute progression dans une voie devient potentiellement progression dans l'autre. L'une et l'autre étant potentiellement système de computation de symboles - symboles qu'il faut dès lors entendre dans leur complexité, (celle qu'a su leur reconnaître la sémiologie, irréductible à la simplicité du "*jeton vide de sens*" (98)), à la fois signe (technique ou syntaxique), sens compris (sémantique) et action planifiée (pragmatique).

Le défi d'impuissance sémantique (ou d'inintelligence!) que les adversaires de l'I.A. et de la science de la cognition lui oppose depuis l'origine, est ainsi relevé : un système de computation de symboles peut construire du sens (chercher et trouver des buts possibles) puisqu'il peut aussi, fût-ce par tâtonnement heuristique, trouver des solutions possibles. Convenons certes que cette justification de principe ne vaut qu'en termes de possibilité conceptuelle! Il reste à concevoir et à construire des systèmes qui comprennent de mieux en mieux et donc à enrichir notre compréhension (ou notre intelligence) de la compréhension signifiante. On sait que les premiers résultats s'accumulent depuis les premiers pas d'EURISKO (D. Lenat), de BACON (L. Langley et H.A. Simon) ou de PANDORA (R. Wilensky), pour ne prendre que quelques exemples désormais classiques des contributions de l'I.A. à la science de la cognition (99).

3. Science de la cognition, linguistique et sémiologie

La relation de la science de la cognition avec la linguistique est elle-aussi un rapport complexe : on a vu que, entre 1955 et 1975, l'I.A. avait réussi à se constituer de façon à peu près stable à partir de la science de la computation intégrant non seulement logiques et rhétoriques, mais aussi de larges pans de la psychologie cognitive, de la résolution de problème aux processus d'apprentissage (H.A. Simon recevra en 1969 le grand prix de la Société Américaine de Psychologie : reconnaissance de la contribution du modèle S.T.I. ou computo-symbolique, issu de l'I.A., au développement de la psychologie cognitive, échappant en particulier grâce à lui au quasi monopole du behaviorisme Stimulus-Réponse).

L'intégration même partielle de la sémantique (100), puis de la linguistique vers 1975 sera apparemment plus difficile pour l'I.A. : il faudra que la science de la cognition s'en différencie pour absorber plus aisément l'étude des processus cognitifs de

compréhension de la langue et des images. Différenciation que les tenants de l'autonomie propre de la discipline Intelligence Artificielle contestent encore volontiers non sans quelques solides arguments, faisant valoir la capacité potentielle de l'I.A. à traiter les problèmes de la compréhension et de l'interprétation des textes (herméneutiques ou analyse de protocole, etc.). Il est vrai que dans le même temps, fera remarquer A. Newell en 1983 (101), la linguistique se proposait de se séparer de la linguistique computationnelle en confiant cette dernière à l'I.A.! Il reste qu'entre 1975 et 1985, la science de la cognition s'est développée en intégrant de plus en plus une recherche sur les processus complexes de compréhension linguistique, et qu'une sorte de *modus vivendi* s'est établi entre l'I.A. et la science de la cognition : les laboratoires de recherche en I.A. concernés par la linguistique développant des programmes de recherche en sciences de la cognition (102). Dès 1983 pourtant, A. Newell et H.A. Simon (103) attiraient l'attention sur l'appauvrissement potentiel que constituait, pour la science de la cognition, la réduction de la compréhension et de l'intelligence à la seule compréhension intelligente des exposés en langages naturels : les représentations mentales qu'un système peut se construire de propositions exprimées en langage naturel sont-elles les seules qu'il puisse traiter ('cogiter')? Ne sommes-nous pas fondés à considérer qu'il peut aussi traiter la représentation des images visuelles (ou exprimées sous forme visuelle)? *"Dire que les 'propositions mentales' et les 'images mentales' peuvent être traitées de la même façon (les unes et les autres s'expriment par des systèmes de symboles computables) ne veut pas dire pour autant qu'il n'existe pas de différences significatives entre ces deux types de représentation"* (104). Cette différence ne permet pas a priori à la linguistique (ni à la psycholinguistique, ni à la linguistique computationnelle) d'épuiser à elle-seule le champ de la compréhension cognitive. Une recherche originale de H.A. Simon et de J.A. Larkin (1987) illustre l'importance de cet argument : ne nous faut-il pas pouvoir répondre à la question du naïf (en linguistique) se demandant *"Pourquoi un bref croquis en dit souvent plus qu'un long discours"* (105). C'est donc, à nouveau, à une recherche sur la formation et l'auto-organisation de ces artefacts complexes que sont les symboles physiques (et aux questions connexes sur la formation et la mémorisation associative des chunks), que la science de la cognition doit aussi s'attacher. On n'a pas encore beaucoup souligné l'apport que la sémiologie doit (et commence à) lui apporter (voir U. Eco, 1988, p. ex.) : sans doute parce que l'essentiel de la sémiologie se développe sur les modes de la sémantique textuelle au sein de la 'Textologie' (au sens où Ch. Roig (106) la définit).

Contribution de la Scienza Nuova aux épistémologies constructivistes : le vrai et le faire

De telles réflexions sur les fondements épistémologiques de la science de la cognition suscitent ainsi nombre d'interrogations que l'on pourra peu à peu articuler en termes de nouveaux programmes de recherche à développer au sein de la discipline. On pourra par exemple faire valoir les tardives mais potentiellement importantes contributions des sciences socio-économiques (théorie des jeux, des coalitions et des négociations...) ou des sciences de l'organisation(107), comme, bien sûr, la restauration de la nouvelle rhétorique (108) et les formalisations contemporaines de la logique naturelle (au sens que J.B. Grize et le Centre de recherche Sémiologique de Neuchâtel donnent à ce concept) (109). On pourra aussi être attentif aux contributions des recherches originales sur la science de la conception que développent en particulier quelques chercheurs en architecturologie (110) et aux premiers travaux qu'accumule la jeune science de la communication telle que la développent aujourd'hui la psychothérapie systémique et la pragmatique. Autant de nouvelles sciences (socioéconomique, organisation, conception, communication...) qui montreront aisément que leurs

contributions à la science de la cognition (entendue par son projet : construire des représentations intelligentes des processus cognitifs) leur seront largement rendues par les questionnements de cette dernière, dès lors qu'elles s'entendent, elles aussi, comme des sciences de l'ingénierie. Cette exploration interactive de l'épistémologie des sciences de (l'ingénierie de) la cognition nous révèle sans doute plus l'ampleur de notre ignorance que la richesse de notre intelligence de la cognition. Peut-être pouvons-nous cependant convenir de la pertinence de cette méditation épistémologique qui nous a incité à la fois à changer de point de vue (ou, pour parler comme E. Morin, à *multiplier nos points de vue*) (111), et à prendre du recul en différenciant le niveau proprement épistémologique du niveau classique de l'axiomatique méthodologique (différenciation que le positivisme nous avait accoutumé à oublier).

On ne pouvait ici exposer avec l'ampleur requise les bases conceptuelles des épistémologies constructivistes ni faire valoir la capacité critique et autocritique qu'elle implique. P. Oléron (1989) a raison de souligner que "*l'activité constructive n'est intellectuellement valable que si critique et mise à l'épreuve s'y associent ou mieux s'y intègrent*" (112), mais il n'atteint pas ainsi le cœur du constructivisme : ce n'est pas seulement une question de validité, c'est d'abord une question de possibilité : l'activité cognitive n'est possible que critique et expérimentale!

C'est ce qu'avait profondément compris le plus exigeant peut-être des penseurs du constructivisme, G.B. Vico (on peut dire de son œuvre - 1708, 1730 - qu'elle est au constructivisme ce que l'œuvre de Descartes - 1630,1650 - est au positivisme : son étonnant "*Discours de la Méthode des Etudes de notre Temps*", 1708, ne répond-il pas expressément au "*Discours de la Méthode*", 1637, de son *Cher René ... Descartes ?* : "*La science humaine ne serait donc rien d'autre en elle-même qu'un faire : faire que les choses se répondent par une belle proportionnalité; ce que seule l'ingéniosité peut accomplir... Dire le vrai et le faire sont une seule et même chose... L'ingéniosité a été donnée à l'homme pour savoir, c'est à dire pour faire*" (113).

N'est-ce pas par cette expérience active de l'intelligence et de la raison que nous pouvons à la fois comprendre et construire la cognition? Sans doute nous faudra-t-il maintenant revenir sur notre compréhension et notre connaissance de l'intelligence, cette capacité d'adaptation cognitive par le seul jeu des symboles? Sans doute aussi nous faudra-t-il revenir, comme H.A. Simon nous y invite inlassablement depuis près d'un demi-siècle, sur notre compréhension et notre connaissance de la raison et de son exercice (114) : une raison non plus seulement vérificatrice (substantive) mais aussi créatrice (procédurale), autrement dit expérimentale et tâtonnante : *Le critère et la règle du vrai* conclurait le Père de *La Scienza Nuova...* et donc de nos nouvelles sciences, *sont l'avoir fait lui-même. ... Verum et Factum sont réciproques* rappelait G.B. Vico (115). La cognition est processus, action, faire; nous ne pouvons l'entendre que systématiquement. Pourquoi nous contraindre par une épistémologie qui ne la voudrait connaître que clarifiée (116)? Il nous faut dès lors la comprendre dans sa complexité : n'est-ce pas le projet de la science des systèmes contemporaine que de nous y inviter par la modélisation systémique de la cognition complexe (117)?

Remerciements. Je remercie Paul et Régine Bourguine et mes collègues du GRASCE (CNRS 935) pour nos fructueuses discussions sur le thème de l'épistémologie des nouvelles sciences; et plus particulièrement Madame M.J. Avenier pour ses nombreux commentaires sur une version préliminaire de cet article, commentaires que j'ai très souvent volontiers pris en compte dans la rédaction définitive. Je dois aussi à Madame E. Andreewsky qui a pris l'initiative de cette réflexion collective sur le thème *Systémique et Cognition*, beaucoup de gratitude pour la pertinence de ses observations. Elle a su témoigner pour *le lecteur pensif*.

NOTES

- (1) Les contributions à la systémique issues du Québec francophone et de la Suisse furent importantes et originales dès le début des années soixante-dix, comme le furent celles issues de chercheurs d'expression francophone des pays méditerranéens et latino-américains. Elles le furent... et elles le demeurent en 1990 ! Si la co-naissance vers 1975 de la science des systèmes et de la science de la cognition est autant un phénomène nord-américain qu'un phénomène européen, il n'en va pas de même pour la construction du paradigme au sein duquel ces deux sciences jumelles se sont développées pendant trente ans : l'intérêt nord-américain pour le "Problème de la relation du corps et de l'esprit" (*The Mind-Body-Problem*) est ancien, rappelle H.A. Simon (voir A. Demailly et J.L. Le Moigne, Ed., 1986, pp. 27-30) et fut particulièrement vivace vers 1945-1950 : la conceptualisation du biologique et du mental par une même métaphore, celle du programme génétique de computation cognitivo-symbolique, qui apparaît dans ces années, très vivace en Amérique du Nord, quasi ignorée à l'époque en Europe. Je remercie E. Andreewsky qui a attiré mon attention sur ce décalage des cultures, qu'une photographie instantanée ne permet pas de décoder aisément : les œuvres de W. Mc Culloch et de J. Piaget sont à peu près contemporaines, l'une et l'autre importante pour nos deux sciences jumelles. Mais leurs différences d'inspiration sont sensibles, et il importe, on va le voir, de comprendre cette complexité épistémologique en interprétant ces diversités culturelles.
- (2) Pour la science de la cognition, ce sera par exemple : M. I. Posner (Ed.) : *Foundations of Cognitive science*, 1989, MIT Press. Et pour la science des systèmes, je propose de retenir les premiers volumes déjà publiés de *La Méthode* d'E. Morin (1977, 1980, 1986, Seuil).
- (3) L'actualité de l'été 1990 permet d'illustrer ce propos avec la publication de la fort pertinente interpellation adressée par J. Pitrat au Ministère de la Recherche et de la Technologie (fin Avril 90), contestant la définition restrictive et confuse des sciences de la cognition pour lesquelles ce ministère se propose de sélectionner et de financer ... des recherches. Voir *Le Bulletin de l'A.F.I.A.*, n° 3, Juillet 1990, pp. 12-14.
- (4) On a défini et commenté le concept de nouvelle science tel qu'il est utilisé dans un article intitulé : *Les nouvelles sciences sont bien des sciences*. *Revue Internationale de Systémique*, Vol. 1, n° 3, 1987, pp. 295-318.
- (5) L'entreprise diltheyienne est fort bien présentée dans la récente étude de S. Mesure : *Dilthey et la fondation des sciences historiques*, 1990, PUF. Sur les sciences de l'esprit, voir en particulier les développements pp. 17-18 et p. 160.
- (6) H. Bergson : *L'énergie spirituelle*, 1927.
- (7) E. Morin : *La Méthode*, T.III, *La connaissance de la connaissance*, 1986, p. 237.
- (8) Voir par exemple chez S. Mesure (note 5), pp. 231-235.
- (9) M. Zeleny a évoqué, dans une étude publiée en 1979 par *Kybernetès*, l'histoire de ces étonnants pionniers *Cybernetics and General Systems, a Unitary Science?* pp. 17-23 ; il a par ailleurs présenté leurs principaux ouvrages dans *International Journal of General Systems*, 1978, Vol. 7, pp. 13-28.
- (10) G. Gorelik a établi une traduction anglaise d'un des ouvrages importants d'A. Bogdanov : *Essays in Tektology*. Intersystem Pub., 1980.
- (11) On l'a esquissé dans l'article *Systèmes (Sciences des)* que l'on a rédigé pour la nouvelle édition de l'Encyclopedia Universalis, 1989.

(12) On a succinctement présenté cette floraison systémique de l'année 1977 (+ 2!) dans l'introduction aux nouvelles éditions de *La Théorie du Système Général, Théorie de la Modélisation* (PUF, 3ème ed. 1990, p. 7). Peut-être faut-il y ajouter ici le manuel d'épistémologie de R. Mattesich (1988) dont le titre dit bien l'intention systémique : *Instrumental Reasoning and Systems Methodology*.

(13) On a souligné les ambiguïtés et les faiblesses tant sémantiques qu'épistémologiques du mauvais néologisme français science cognitive dans une étude intitulée : *Genèse de quelques nouvelles sciences : de l'intelligence artificielle aux sciences de la cognition*, publiée dans : J.L. Le Moigne (Ed.) : *Intelligence des mécanismes et mécanismes de l'intelligence*. Ed. Fayard-Diderot, 1986. Voir p. 18.

(14) H.A. Simon: *Cognitive Science, the Newest Science of the Artificial*, Cognitive Science, Vol. 4, 1980, pp. 33-46.

(15) C'est le titre du célèbre ouvrage de T.S. Kuhn (1963) : *La structure des révolutions scientifiques* qui nous autorise à parler ici de révolution.

(16) L'Encyclopédie Pléiade *Logique et Connaissance Scientifique*, sous la direction de J. Piaget, paraît pour la première fois fin 1967.

(17) On ne développera pas ici les distinguos qui séparent formellement les épistémologies réalistes, matérialistes et positivistes. B. d'Espagnat p. ex., l'a fort bien fait dans *A la recherche du réel* (Gauthier Villars, 1979, p. 13). Il suffit de rappeler le mot clef du fondateur du positivisme Auguste Comte, pour qui *dans son acception la plus ancienne et la plus commune, le mot positif désigne le réel*. Le positivisme peut légitimement être tenu pour une importante variante des épistémologies réalistes, variante qui connaîtra elle-même quelques sous-variantes (post, néo,... positivismes).

(18) La première édition de *The Sciences of the Artificial* paraît en 1969. La seconde complétée, en 1981. La traduction française de la première édition publiée en 1974 est épuisée; celle de la seconde édition paraît en 1990 chez Dunod : *Sciences des Systèmes, Sciences de l'Artificiel* (traduction et postface de J.L. Le Moigne).

(19) La traduction française de ce texte est disponible dans : G. Bateson, *Vers une écologie de l'esprit*, Seuil, 1980, pp. 207-209.

(20) E. Husserl : *La crise des sciences européennes et la phénoménologie transcendentale*, 1936; traduction française, NRF, 1976.

(21) G. Bachelard : *Le nouvel esprit scientifique*, PUF, 1934.

(22) On renvoie à l'article intitulé *Rien n'est donné, tout est construit* publié dans C. Atias et J.L. Le Moigne (eds.) : *Présence de G. Bachelard*, Ed. de la Librairie de l'Université, Aix-en-Provence, 1988, pp. 33-35.

(23) Sur l'histoire de cet article et de sa traduction, on renvoie à A. Demailly et J.L. Le Moigne *Sur l'actualité de la téléologie*, R.I.S., Vol.1, n°2, 1987, pp. 239-245. L'original en anglais du texte de 1943 a été républié par la R.I.S. , Vol.1, n°1, 1987, pp. 115-122.

(24) Voir dans *General System Theory*, 1968, p. 94, un article publié initialement en 1962.

(25) Dans le texte du *Que sais-je?* consacré à la cybernétique, que L. Couffignal avait voulu substituer en 1963 à l'excellente version initiale rédigée par G. Th. Guilbaud et publiée en 1956 : il y a là une question intéressante de l'histoire des sciences qui mériterait d'être élucidée : pourquoi cette subreptice substitution de texte et de rédacteur dans une encyclopédie réputée?

- (26) M. Bunge: *The G.S.T. Challenge to the Classical Philosophies of Science*. International Journal of General Systems, vol.4, n°1, 1977, pp. 29-39.
- (27) E. Laszlo : *Le systémisme, vision nouvelle du monde*, Pergamon Press, Paris, 1981.
- (28) C.W. Churchman: *Challenge to reason*. Mc Graw Hill, N.Y., 1968.
- (29) On a discuté cette conception amollissante de la systémique comprise comme une doctrine philosophique qui se veut *fondée sur les tendances nouvelles des sciences actuelles* dans une étude intitulée : *De la systémique molle à la systémique douce, douce et ferme* dans la R.I.S. vol.3, n°2, 1989, pp. 191-208.
- (30) Faut-il rappeler les mots cruels de J. Monod sur *une vague théorie des systèmes* (de L. von Bertalanffy), dans *Le Hasard et la Nécessité*, Seuil, 1970, p. 94.
- (31) On se souvient peut-être que J. Monod allait jusqu'à parler d'une *contradiction épistémologique flagrante* (*Le Hasard et la Nécessité*, 1970, p. 32); le procès du 'techno-scientisme' conduit par J. Habermas (*La technique et la science comme idéologie*) date de 1968. On emprunte l'expression *scientisme opérationnel* à un texte du Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, P. Germain, rédigé en 1981... et qui a toujours, semble-t-il, valeur institutionnelle dix ans après : *La signification culturelle du développement des sciences et ses implications dans les sociétés contemporaines*: « On peut résumer ce qui est essentiel et indispensable pour une démarche scientifique dans l'expression 'scientisme opérationnel' » (p. 5).
- (32) B. d'Espagnat : *A la recherche du réel*, 1979, p. 13 et *Un atome de sagesse, propos d'un physicien sur le réel voilé*, 1982, p. 112.
- (33) Ilya Prigogine et Isabelle Stengers : *La Nouvelle Alliance, métamorphose de la science*, 1979, p. 296 : *Jacques Monod avait raison, l'ancienne alliance animiste est bien morte... Le temps est venu de nouvelles alliances*.
- (34) Voir en particulier les *Cahiers de la Fondation Archives Jean Piaget*, Genève, n°2-3, 1982 (avec des textes de H.A. Simon et de H. von Foerster), n°5 (*Le constructivisme aujourd'hui*, avec des textes de P. Gréco et d'E. von Glasersfeld), et n°8 (*Symbolisme et connaissance*).
- (35) Voir aussi Y. Winkin (ed) : *Bateson, premier état d'un héritage*, 1988.
- (36) On a développé cet argument dans l'article cité en (4) '*Les nouvelles sciences sont ...*', ainsi que dans une autre étude intitulée : *Quelle épistémologie pour une science des systèmes naturels qui sont avec cela artificiels ?* R.I.S., vol.3, n°3, 1989, pp. 251-271.
- (37) E. Morin "*La Méthode T. III. La connaissance de la connaissance*, vol.I", 1986, p. 232.
- (38) Référence au gros travail collectif publié en italien sous ce titre "*La sfida della complessità*" par G.L. Bocchi et M. Cerutti, 1986, qui présente de nombreuses études qui constituent autant de contributions originales à une épistémologie de la complexité. On en trouvera d'autres publiées en anglais et en français, par l'Université des Nations Unies sous le titre *Sciences et pratiques de la complexité*.
- (39) W. Weaver, *Science and Complexity*, dans la revue *American Scientist*, n°36, 1948, pp. 536-544.
- (40) M. Détiene et J.P. Vernant : *Les ruses de l'intelligence, la Métis des grecs*, 1972.
- (41) *Le Disegno*, disait Léonard de Vinci, *est d'une excellence telle qu'il ne fait pas que montrer les œuvres de la nature, mais qu'il en produit des formes infiniment plus variées*" (C.A. f. 502-1162).

- (42) *Sur L'Ingenium" selon G.B. Vico*, voir la traduction et les notes d'Alain Pons dans "*La vie de G.B. Vico écrite par lui-même*", 1983, p. 200.
- (43) Voir le chapitre intitulé *The Science of Design*, dans H.A. Simon, 1969-1981.
- (44) S. Branly, un biographe de Léonard de Vinci (1988) souligne la valeur emblématique du nom de Léonard : en italien, *vincere* veut dire lier et *vinci*, lieu (p. 326). Richesse, au moins mnémotechnique du symbole!
- (45) W. McCulloch: *A historical Introduction to the Postulational Foundations of Experimental Epistemology*, 1964. Repris dans *Embodiments of Mind*, 1965/1988, pp. 359-372.
Voir aussi l'article de F. Varela, dans CREA 1986 intitulé : "*Experimental Epistemology : Background and Future*", pp. 107-122.
- (46) H. Newell et H.A. Simon: *Computer Science as Empirical Inquiry : Symbols and Search*, 1976.
- (47) W. McCulloch: *What is a number, that a man may know it, and a man, that he may know a number?*, 1961. Repris dans *Embodiments of Mind*, 1965/1988, pp. 1-18.
- (48) *What is a symbol, that intelligence may use it, and intelligence, that it may use a symbol?* (p. 115, dans *Communication of the ACM*, March 1976, vol.19, n°3).
- (49) J. Monod : *Le Hasard et la Nécessité*, 1970, p. 32-33.
- (50) J. Monod (1970), p. 194. Voir aussi note (33).
- (51) I. Prigogine et I. Stengers, 1979. Voir note (33).
- (52) Faut-il rappeler le joli métalogue de G. Bateson que H. von Foerster cite si volontiers : *La Fille : Newton, c'est bien celui qui a découvert la gravitation avec la pomme, n'est-ce pas? - Le Père : "Chérie; il l'a inventée. - La Fille : Papa !"* G. Bateson *Vers une écologie de l'esprit*, 1972-1977, p. 57.
- (53) J. Ladriere, article *Science et discours rationnel* de Encyclopedia Universalis.
- (54) R. Taylor : *Comments on a Mechanistic Conception of Purposefulness* et *Purposeful and Non-Purposeful Behavior, a Rejoinder*, 1950, repris dans : W. Buckley, 1968, pp. 226 et 238, avec les textes discutés de N. Wiener et al. de 1943 et 1950.
- (55) On a développé cet argument dans une étude que publie la revue *Culture Technique*, vol.14, 1990 : *La science informatique va-telle construire sa propre épistémologie*
- (56) Chronologiquement, il n'est pas très satisfaisant de tenir l'I.A. pour l'avant dernière des nouvelles sciences si l'on tient en 1980 la science de la cognition pour la dernière née...! L'allusion au titre de l'article de H. Simon (1980) cf. note (14) qui nous a servi d'argument initial était sans doute tentante ... mais il faut convenir qu'entre l'apparition de l'I.A. en 1956 et celle de la science de la cognition en 1976, nombre de nouvelles sciences ont vu le jour : science de la décision, de la communication, etc.
- (57) Les arguments récemment encore martelés en faveur de cette thèse relèvent de la méthode Coué : il ne suffit pas de la répéter inlassablement pour qu'elle soit convaincante. (J'évoque ici un récent projet du *Rapport Nivat* (mars 1990) sur la recherche en informatique).
- (58) Jean Piaget avait demandé à S. Papert de présenter, en 1967, une *Epistémologie de la Cybernétique* dans son Encyclopédie Pléiade *Logique et connaissance scientifique*", tentative audacieuse à l'époque. Même si, vingt ans après, le texte de S. Papert ne semble pas très convaincant, il faut au moins saluer l'audace de l'entreprise dans son contexte! Ce travail suscitera une réflexion alors

originale du *Centre international d'épistémologie génétique* de Genève, introduite par J. Piaget en 1968 sous le titre *Cybernétique et Epistémologie* (par G. Cellérier, S. Papert et G. Voyat, PUF). Réflexion qui conduira S. Papert et G. Voyat à poser la question : *Qui a le plus besoin d'épistémologie aujourd'hui?* et à répondre : *Ce sont les ingénieurs,... et ce sont eux qui ont la meilleure probabilité de créer une théorie de la connaissance* (p. 92)

(59) Sans doute faudra-t-il raconter un jour cette curieuse période de la vie scientifique française qui vit avorter une tentative des institutions : en 1975-76, l'Analyse de Système est en passe de devenir la Science des Systèmes. En 1977, le congrès AFCET de Versailles *Modélisation et maîtrise des système* est unanimement considéré comme un événement scientifique (plus de 800 participants)... et dans la foulée, le CNRS lance les premières actions thématiques programmées en Analyse de Système. Deux ans plus tard, l'indifférence cordiale des institutions est devenue manifeste... : c'est en faisant ce constat... et en diagnostiquant une probable longue traversée du désert, que la première génération francophone de chercheurs en Systémique décide de s'auto-instituer en fondant, en 1980, le Collège de Systémique de l'AFCET, dont on connaît la vitalité dix ans après. On raconterait des chroniques peu différentes de l'histoire de l'institutionnalisation de la Systémique dans ces mêmes années dans la plupart des pays occidentaux : trop occupées à digérer la Cybernétique, ou l'Informatique et l'Automatique, les institutions semblent n'avoir pas la force épistémologique d'assumer aussi la Science des Systèmes!

Il faut rappeler qu'à cette époque, quelques mathématiciens (Belinski, 1976) s'en donnaient à cœur joie en 'cartonnant' agressivement une théorie et une analyse des systèmes qui n'avaient en effet guère assuré leurs prémices épistémologiques : Pour un positiviste bien né, ces discours 'ne tenaient pas la rampe'! (Convenons d'ailleurs volontiers que nombre des textes auxquels s'en prenaient Berlinski et ses émules n'étaient pas très 'solides' : ce qui n'aurait pas dû les autoriser à généraliser par de sclérosants procès d'intention. Mais lorsqu'on pose en principe de base qu'hors du positivisme, il n'est pas de salut, on ne peut plus avancer beaucoup de façon constructive.

(60) CNRS : *Carrefour des Sciences : l'Interdisciplinarité*, 1990, pp. 38-39, voir en particulier J.P. Changeux : *Science en émergence, les sciences cognitives*).

(61) On a développé cet argument dans un article intitulé : *Sur la production des épistémologies constructivistes par les sciences de l'organisation* , publié dans A.C. Martinet (ed) : *Epistémologie des sciences de gestion* , Economica, 1990.

(62) Voir l'article de J.P. Changeux dans : CNRS : *Carrefour des sciences : l'interdisciplinarité"*, 1990, p. 38.

(63) Voir J.C. Gardin et al. : *La logique du plausible. Essais d'épistémologie pratique en sciences humaines*, Editions MSH, Paris, 1981, 1987.

(64) Voir Ch. Roig : *Le langage comme connaissance: essai de textologie* (1990, à paraître. Communication personnelle).

(65) Voir notamment J. Miermont (ed) : *Dictionnaire des thérapies familiales, théories et pratiques* (Payot, 1987) ; Ph. Caillé : *Lecture systémique d'une interaction - familles et thérapeutes* (éditions ESF, 1985) et M. Monroy : *Sciences, mythes et logiques. Exercices de lectures systémiques en thérapie familiale*, (ed ESF, 1989).

(66) Voir S.R. Hameroff : *Ultimate Computing, Biomolecular Consciousness and Nanotechnology*, North-Holland, 1970).

(67) Certains représentants des neurosciences ont des envies d'OPA sur un territoire vaste qu'ils jugent mal géré, s'inquiètent par exemple C. Koupernik et P. Berner, concluant un riche dossier sur *les modèles expérimentaux et la clinique psychiatrique* (Confrontation Psychiatrique, n°30, 1989, p. 337).

(68) H.A. Simon : *Rational Decision-Making in Business Organizations*, 1978. Repris dans *Models of Bounded Rationality*, Vol II", MIT Press, 1982. Voir p. 490.

(69) J. Piaget, Encyclopédie Pléiade *Logique et Connaissance Scientifique*, 1967. Voir pp. 1151-1224.

(70) C'est à dessein que je fais ici allusion au statut scientifique sérieux accordé par A. Comte à la phrénologie (science qui avait pour objet les correspondances entre les bosses du crâne et les comportements moraux). La phrénologie, fort populaire en 1830, ne fut reconnue comme une pseudoscience qu'à la fin du XIX^{ème} siècle, mais le positivisme ne trouvait pas en lui-même la réflexion critique lui permettant d'identifier cette forfaiture épistémologique! J'ai commenté cet argument dans l'étude citée en note (61) : *Sur la production des épistémologies constructivistes*.

(71) Dans CNRS, *Carrefour des sciences, l'interdisciplinarité*, 1990, p. 27.

(72) On sait que la cinquantaine de sections disciplinaires autour desquelles s'articule l'organisation française du Conseil Supérieur des Universités ou du Comité National de la Recherche scientifique, sont, pour l'essentiel, découpées selon le modèle de la classification linéaire des sciences d'Auguste Comte.

(73) Voir par exemple J. Piaget *Psychologie et épistémologie*, Ed. Gauthier-Denoël, 1970, p. 5 et 7. On a développé cet argument dans la première partie d'une étude *Systémique et Epistémologie*, 1980, publiée dans : J. Lesourne (Ed.) : *La notion de système dans les sciences contemporaines*, Ed. de la Librairie de l'Université, Aix-en-Provence, 1981, pp. 150-317. Voir en particulier p. 158+.

(74) On a commenté cet argument dans la postface de la traduction française de : H.A. Simon, *Science des systèmes, sciences de l'artificiel*, Dunod, 1990.

(75) On a développé cet argument dans : J.L. Le Moigne et H. Vérin : *Sur le processus d'autonomisation des sciences du génie*, publié dans *Cahiers S.T.S., CNRS*, n°2, 1984, pp. 42-55. Voir p. 50.

(76) Il faudra sans doute consacrer une étude spécifique à argumenter l'ambiguïté des thèses de F.A. Hayek sur le constructivisme qu'il définit à sa guise, comme celle qu'il consacre à *une fausse dichotomie (?) du naturel et de l'artificiel* (Voir par exemple la traduction de *Droit, Législation et Liberté*, tome 1, PUF, 1980, voir p. 23 et p. 28).

(77) J. Piaget demande à S. Papert d'ajouter à son article sur *L'épistémologie de la cybernétique* un article dont l'intitulé surprend dans la belle organisation de cette Encyclopédie Pléiade : *Remarques sur la finalité*. Témoignage de l'importance qu'il attachait au postulat téléologique dans la définition de son système cyclique des sciences. N'était-il pas dangereux de prononcer le mot 'finalité' dans une encyclopédie scientifique dans les années soixante?

(78) Voir CNRS "*Les modèles et la formalisation du comportement*" (Colloque international, 1965). Ed. du CNRS, 1967, voir p. 305: *I would simply have to say "je suis Suisse", and take my position by the side of Professor Piaget*. Malheureusement pour l'histoire des nouvelles sciences, J. Piaget ne sut pas 'entendre' sur le champ le signal de H.A. Simon, si bien qu'il nous faut, vingt ans après, reprendre ce dialogue épistémologique des fondateurs'... en rêvant de ce qu'auraient pu être nos disciplines si ...!

(79) Voir l'étude *Systémique et Epistémologie*, 1980, déjà mentionnée en note (73), cf. p. 221, en particulier ; et l'article intitulé *L'analyse de système malgré tout...* publié dans *La Pensée*, n°210, février 1980, pp. 63-78. Voir en particulier p. 67.

(80) En ayant eu connaissance par la médiation de J. Paillard, J. Piaget me demanda aussitôt de présenter ce modèle au séminaire annuel du centre international d'Epistémologie Génétique de Genève en juin 1980.

- (81) Voir notamment le Cahier n°6 des Archives Jean Piaget : *Le constructivisme aujourd'hui*, Genève, 1985.
- (82) Au quasi unique recueil des articles de H. von Foerster fort bien colligés par F. Varela en 1983 (H.V.F. : *Observing Systems*), il faut ajouter l'excellent ouvrage de L. Segal récemment traduit en français : *Le rêve de la réalité, H. von Foerster et le constructivisme* , co-introduit par P. Watzlawick et H. von Foerster, Seuil, 1990.
- (83) A la fin du T.III de *La Méthode. La connaissance de la connaissance* (1986), Edgar Morin annonce les thèmes que développeront les volumes suivant de la Méthode, le dernier devant être celui de 'Les possibilités d'une épistémologie complexe' (p. 237). E. Morin a déjà introduit *L'épistémologie de la complexité* , dans C. Atias et J.L. Le Moigne (Ed.) : *Edgar Morin : Science et Conscience de la Complexité*, Editions de la Librairie de L'Université, Aix-en-Provence, 1984, pp. 47-104; ainsi que dans la deuxième partie de *Science avec conscience*, Seuil, nouvelle édition, 1990.
- (84) E. Morin, *La Méthode, T.III* , Seuil, 1986, p. 232.
- (85) cf. note (22).
- (86) Voir le chapitre 7 de *La modélisation des systèmes complexes*, Dunod, 1990, en particulier pp. 160-161; voir aussi l'article : *Sur la production des épistémologies constructivistes*, mentionné en note (61).
- (87) P. Weiss, *L'archipel scientifique*, Ed. Maloine-Doin, 1980.
- (88) J'emprunte le concept de *Principe d'action intelligente* à H.A. Simon (1980) et à A. Newell et H.A. Simon (1976 : *Turing Lecture*). J'ai sommairement commenté cette dialectique du Principe de Moindre Action vs Principe d'Action Intelligente dans *Sur la production des épistémologies constructivistes*, cf. note (61).
- (89) CNRS et M. Arvonny et al. : *Les chemins de la science, regards sur la recherche*, Editions du CNRS, 1990.
- (90) J.C. Gardin, soulignait, en 1981, cette ambiguïté épistémologique de l'intelligence artificielle entendue alors dans le référentiel positiviste classique : *L'I.A. dans son ensemble constitue « une activité d'ingénieur, non une activité scientifique »* (Wilks, 1972)... *La seule façon de maintenir le lien avec la recherche théorique est alors d'invoquer telle ou telle science 'pure', dont cette activité d'ingénieur serait une branche 'appliquée'. Après la linguistique, dont nous avons vu les justes réticences, et à part la logique, peu tentée par ces concrétudes, il reste la psychologie* (p. 80 de la nouvelle édition de *La logique du plausible* , Ed. MSH, 1987).
- (91) Dans M. Posner (1989), p. 1. Je regroupe en deux familles : résolution et compréhension, les quatre fonctions que retiennent H.A. Simon et C. Kaplan, dans cet article qui a le gros intérêt de constituer une sorte de synthèse, que je crois complète à ce jour, présentant la science de la cognition.
- (92) J.D. Vincent : *Biologie des passions*, 1986, p. 359. Faut-il rappeler qu'Aristote écrit une *Rhétorique des passions* : exercice fort cognitif d'interprétation de ces passions *qui apportent parfois un tel changement dans l'esprit ...* M. Meyer a fort judicieusement réédité et commenté ce petit traité (Ed. Rivages, Marseille, 1989).
- (93) J. Paillard : *Système nerveux et fonction d'organisation*, dans l'Encyclopédie Pléiade consacrée à la Psychologie (édité seulement en 1986), sous la direction de J. Piaget et de P. Mounoud et J.P. Bronckart) : pp. 1378-1441. Cet article est suivi d'une étude d'H. Maturana (le père de la théorie de l'auto-poïèse cognitive) : *Représentation et fonction de communication*.
- (94) On renvoie à l'article *La science informatique va-t-elle...?* mentionné en note (55).

- (95) On renvoie à l'article *Genèse de quelques nouvelles sciences...* mentionné en note (13).
- (96) Cette définition additive de la science de la cognition est celle développée en 1978 par un "rapport de la fondation Sloan" qui aujourd'hui encore sert de référence historique importante. On en trouve l'essentiel dans F. Machlup et U. Mansfield *The Study of Information*, 1983, pp. 75-80. Il est présenté en français (en intégrant quelques suggestions de H.A. Simon, 1980), dans J.L. Le Moigne (Ed.) *Mécanismes de l'intelligence...*, 1986, p. 51.
- (97) L'article de A. Newell, P. Rosenbloom et J.E. Laird "Symbolic Architectures for Cognition", dans M.I. Posner, 1989, pp. 93-159, donne une présentation très complète et documentée de la théorie des architectures de la cognition.
- (98) Sur la mauvaise querelle du *symbole réduit à un jeton* formulé par D. Hofstadter et reprise en France par L. Sfez, on trouvera les questions et les réponses... de L. Sfez et H.A. Simon dans : A. Demailly et J.L. Le Moigne : *La science de l'intelligence, sciences de l'artificiel, avec H.A. Simon*, 1986, pp. 691-702; ... et de D. Hofstadter et A. Newell dans F. Machlup et U. Mansfield : *The Study of Information*, 1983, pp. 363-295.
- (99) Récemment traduit en français sous le titre *L'esprit dans la machine*. (Ed. O. Jacob, 1983), l'essai aujourd'hui classique de J. Hangeland présente et interprète bon nombre de résultats exemplaires de ce type.
- (100) La classification de M. Minsky (Ed.) *Semantic Information Processing* 1968; et H.A. Simon et L. Siklossy (Ed.) : *Representation and Meaning*, 1972. Il faudrait sans doute consacrer un développement au rôle qu'a joué, dans le développement initial de la science de la cognition, la Sémantique Générale de A. Korzybsky. (1933, 1980); en français, voir par exemple H. Bulla de Villaret, 1973. On n'a pas souvent observé par exemple que les textes de W. McCulloch, 1960, et G. Bateson, 1970, auxquels on se réfère souvent furent présentés à des *Conférences Korzybsky*".
- (101) cf. son article dans F. Machlup et U. Mansfield, 1983 : p. 212.
- (102) Le *Berkeley Artificial Intelligence Research Project* (BAIR) animé par R. Wilensky gère le *Berkeley Cognitive Science Program*, par exemple.
- (103) Voir par exemple l'article de A. Newell dans F. Machlup et U. Mansfield, 1983, p. 223; la première étude de H. Simon sur le traitement intelligent des images visuelles date de 1972 : *What is Visual Imagery? An Information Processing Interpretation*, repris dans H.A. Simon, "Models of Thought, vol.II", MIT Press, 1989, pp. 387-402.
- (104) H.A. Simon et C.A. Kaplan, dans M. Posner, 1989, p. 20.
- (105) Article repris dans H.A. Simon *Models of Thought II*, 1989, pp. 413-438. Sans doute faudra-t-il prêter davantage attention à la fonction médiatrice, probablement essentielle que commence à assurer la psycholinguistique dont les développements contemporains n'ont pas encore l'audience qu'ils méritent (voir par exemple l'article d'E. Andrewsky dans J.L. Le Moigne (Ed.) 1986).
- (106) Ch. Roig, cf. note (64).
- (107) Les premières conférences CECOIA (*Economics and Artificial Intelligence*, 1986, et, à paraître, 1990) apportent déjà quelques contributions intéressantes dans cette voie. On peut consulter ainsi le numéro de *Theory and Decision* vol.27, 1989, consacré à ce même thème (avec des textes de P. Bourguine, B. Walliser, J.P. Dupuy, S. Pinson, J.L. Le Moigne...)
- (108) Voir Ch. Perelman (1970 et 1976) et J.L. Golden et J.J. Pilotta (Ed.) *Practical Reasoning in Human Affairs, Studies in Honor of Ch. Perelman*, 1986.

(109) Voir par exemple M.J. Borel, J.B. Grize et D. Mieville, *Essais de logique naturelle*, 1983, et J.B. Grize, 1990.

(110) Il faut souhaiter que les travaux qui se développent au CNRS dans le cadre de l'unique section transversale *Architecture, Urbanisme, Société* sur la science de la conception, à l'initiative notamment de Ph. Boudon et d'A. Renier connaissent prochainement une diffusion moins confidentielle : la science de la cognition trouvera là quelques matériaux pour son essor; H.A. Simon l'a fort justement présenté dès 1971 dans une étude intitulée *Style in Design*.

(111) E. Morin, *La Méthode T.I.*, 1977, p. 179 : *Le concepteur a besoin d'une méthode pour accéder au méta point de vue sur les divers points de vue, y compris sur son propre point de vue.* .

(112) P. Oléron, *L'intelligence de l'homme*, A. Colin, 1989 (U. Psychologie), p. 102. Soulignons incidemment l'intérêt et la richesse de ce manuel de psychologie considéré comme une contribution à la science de la cognition; sa capacité à intégrer les apports récents de l'I.A. constitue peut-être un modèle du genre... dès lors qu'on accepte la réserve que s'est imposé l'auteur : l'intelligence de l'homme. On perçoit mieux ainsi les limites de la psychologie 'pure' dès lors que l'on souhaite réfléchir à l'intelligence des systèmes naturels et artificiels. Il reste que l'on est impressionné par le renouvellement proprement disciplinaire apporté en cinquante ans par les constructivismes (J. Piaget), l'intelligence artificielle et la science de la cognition (H.A. Simon), à la psychologie, lorsqu'on compare les *Que Sais-je?* consacrés à l'Intelligence, celui de 1946, du à G. Viaud, et celui de 1974, du à P. Oléron.

(113) Ces citations sont extraites de la récente traduction (du latin) "*De la très ancienne philosophie des peuples italiques*", 1710, aux éditions T.E.R. (Mauvezin, 1987), p. 50, p. 15, p. 59.

(114) Voir par exemple : *From Substantive to Procedural Rationality*, 1973, dans *Models of Bounded Rationality, Vol. II*, 1983, pp. 424-443; ou encore "*Rationality in Psychology and Economics*" dans R.M. Hogarth et M. Reder, 1986, pp. 25-40.

(115) G.B. Vico *De la très ancienne philosophie...*, p. 15 et p. 10.

(116) *Les objets, on avait fini par l'ignorer, sont très peu objets... L'idée d'objet n'est que la face simplifiante et unidimensionnelle d'une réalité complexe... Les choses ne sont pas seulement des choses avait dit un jour, il y a longtemps, Robert Pagès, et cette phrase, qui m'avait marqué, a du attendre quinze ans avant de pouvoir, enfin, faire fleurir ici, pour moi, sa signification* écrit E. Morin dans *La Méthode, T.I*" , p. 148.

(117) Outre *La modélisation des systèmes complexes*, 1990 et les textes d'E. Morin rappelés en note (83), on peut mentionner ici les contributions du dossier *Systémique et Complexité*, 1990, qui vient d'être publié, coordonné par J.L. Le Moigne et M. Orillard._

BIBLIOGRAPHIE

Anderson J.R. (1983) ,"*The Architecture of Cognition*", Harvard University Press, Cambridge Mass., 1983, 345 p.

Aristote (-350), "*Rhétorique des passions, (livre second, chap. I-II)*», postface de M. Meyer, Editions Rivages, Marseille, 1989, 171 p.

Atias C. et Le Moigne J.L. (Eds.) (1988), "*Présence de Gaston Bachelard*», Editions de la Librairie de l'Université, Aix-en-Provence, 1988.

- Atias C. et Le Moigne J.L. (Eds.) (1984), "Science et Conscience de la Complexité ; avec E. Morin" , Editions de la Librairie de l'Université, Aix-en-Provence, 1984.
- Bachelard G. (1934), "Le nouvel esprit scientifique», Ed. PUF, Paris, 1934-1980.
- Bachelard G. (1938), "La formation de l'esprit scientifique», Ed. J. Vrin, Paris, 1938-1978.
- Bartlett S.J. and Suber P. (1987), "Self-Reference Reflection on Reflexivity», M. Nijhoff Pub., Dordrecht, 1987.
- Bateson G. (1972), "Vers une écologie de l'Esprit" (2 Vol.). Traduit de l'américain, Ed. du Seuil, Paris, 1977-1980.
- Berlinski D. (1976), "On Systems Analysis», The MIT Press, Cambridge Mass., 1976.
- Bogdanov A. (1920), "Essays in Tektology» 1913-1920, English translation by G. Gorelik, Intersystems Publication, Seaside Cal., 1980.
- Boudon Ph. (1975), "Sur l'espace architectural; essai d'épistémologie de l'architecture" , Dunod, Paris, 1975.
- Bourguine P. et Walliser B. (Eds.) (1990), "Economics and Artificial Intelligence II" (Preprints), Ed. AFCET, Paris, 1990.
- Bramly S. (1988), "Léonard de Vinci, Biographie», Ed. J.C. Lattès, Paris, 1988.
- Boulding K. (1956), "The Image», The University of Michigan Press, Ann Arbor, 1956.
- Buckley W. (Ed.) (1968), "Modern Systems Research for the Behavioral Scientist», Aldine Publishing Cy, Chicago, 1968.
- Bulla de Villaret H. (1973), "Introduction à la sémantique générale de Korzybski», Edition "Le Courrier du Livre", Paris, 1973.
- Bunge M. (1977), "The GST Challenge to the Classical Philosophies of Sciences» in IJGS vol.4, n°1, 1977, pp. 29-37.
- Churchman C.W. (1971), "The Design of Inquiring Systems», Basic Book Pub., N.Y., 1971.
- Cahiers de la Fondation Archives Jean Piaget (n°6) (1985), "Le constructivisme aujourd'hui" , Université de Genève, 1985.
- Comte A. (1830), "Cours de philosophie positive. Discours sur l'esprit positif», Ed. Ch. Le Verrier, 2 vol., Ed. Classiques Garnier, Paris, 1949.
- Confrontations psychiatriques. "Les modèles expérimentaux et la clinique psychiatrique" (numéro spécial). Confrontations psychiatriques, Editions Médicales, Paris, n°30, 1989, 338 p.

CREA (1985), "Généalogie de l'auto-organisation», Cahier du CREA, n°8, Novembre 1985.

CREA (1986), "Cognition et Complexité" , Cahier n°9 du CREA, Mars 1986.

CREA (1986),"Sciences Cognitives et Sciences Sociales», Cahier du CREA, n° 10, Décembre 1986, 273 p.

CROCE Benedetto (1911), "La philosophie comme histoire de la liberté. Contre le positivisme" , (textes choisis, traduits et présentés par S. Romano et S. Gherardi). Edition du Seuil, Paris, 1983.

Demailly A. et Le Moigne J.L. (Eds.) (1986), "Science de l'Intelligence, Sciences de l'Artificiel, avec H.A. Simon», Presses Universitaires de Lyon, 1986.

Detienne M. et Vernant J.P. (1974), "Les ruses de l'intelligence, la métis des grecs», Ed. Flammarion, Paris, 1974.

Eco U. (1973), "Le signe, histoire et analyse d'un concept" . Traduit de l'italien (1973), Ed. Labor, Bruxelles, 1988.

d'Espagnat B. (1979), "A la recherche du réel. Le regard d'un physicien», Ed. Gauthier-Villard, Paris, 1979.

D'Espagnat B. (1982), "Un atome de sagesse : propos d'un physicien sur le réel voilé», Ed. du Seuil, 1982.

Gardin J.C. et al. (1981), "La logique du plausible. Essais d'épistémologie pratique en sciences humaines" (2ème ed. augmentée), Editions de la M.S.H., Paris, 1ère ed. 1981; 2ème ed. 1987.

Garvin P.L. (ed.) (1970), "Cognition: a Multiple View», Spartan Books, N.Y., 1970.

Germain P. (1981), "La signification culturelle du développement des sciences et ses implications dans les sociétés contemporaines" (Lecture faite en la séance solennelle du 14 Décembre 1981 de l'Académie des Sciences), La Vie Académique, tome 293, 1981, pp. 129-151.

Golden J.L. et Pilota J.J. (Eds.) (1989), "Practical Reasoning in Human Affairs, Studies in Honor of Chaim Perelman" , D. Reidel Pub. Cy. Dordrecht, 1989.

Grize J.B., Borel M.J., Mieville D. (1983), "Essai de logique naturelle», Ed. Peter-Lang, Berne, 1983.

Grize J.B. (1990), "Logique et langage», Ed. Ophrys, Paris, 1990.

Habermas J. (1968), "la technique et la science comme idéologie», "Préface et traduction de l'allemand (1968) par J.R. Ladmiral. Ed. Gallimard, Paris, 1973. (Repris chez Denoël, collection de poche Médiations, 1984.

- Hameroff S.R. (1970), "Ultimate Computing. Bio-molecular Consciousness and Nanotechnology», North Holland, Amsterdam, 1970.
- Haugeland J. (1985), "L'esprit dans la machine. Fondement de l'intelligence artificielle" (Traduit de l'américain, 1985, par J. Heury). Editions Odile Jacob, Paris, 1989.
- Hayek F.A. (1980), "Droit, législation et liberté. Une nouvelle formulation des principes libéraux de justice et d'économie politique" (3vol.). (Traduit de l'anglais par R. Audoin, 1983). PUF, Paris, 1980.
- Hogarth R.M. and Reder M.W. (Eds.), (1986), "Rational Choice. The Contrast Between Economics and Psychology", The University Press of Chicago, Chicago (Supplement of October 1986 issue of "The Journal of Business"), 1986.
- Husserl E. (1935), "La crise des sciences européennes et la phénoménologie transcendentale" (Traduction française), Ed. Gallimard NRF, Paris, 1976.
- Inhelder B. et Voneche J. (Eds.) (1985), "Le constructivisme aujourd'hui" , Ed. Archives de la Fondation Archives Jean Piaget, Université de Genève, 1985.
- Korzybski A., (1933), "Science and Society" , The International Non-Aristotelian Library Pub. Cy., Lakeville, Conn. USA, 1933-1980.
- Kuhn T.S. (1962), "The Structure of the Scientific Revolution" , The University of Chicago Press, 1962-1970. Traduction française Flammarion, Paris, 1983.
- Latraverse J. (1986), "La pragmatique, histoire et critique" , Ed. P. Mardaga, Bruxelles, 1986.
- Laszlo E. (1981), "La systémique, vision nouvelle du monde" , Pergamon Press, Paris, 1981.
- Lecourt D. (1981), "L'ordre et les jeux. Le positivisme logique en question», Ed. Grasset, Paris, 1981.
- Le Moigne J.L. (1977), "La théorie du système général, théorie de la modélisation», 3ème éd. complétée, PUF, Paris, 1990.
- Le Moigne J.L. (1980), "L'analyse de système, malgré tout...», dans "La Pensée", n° 210, Février 1980, pp. 63-78.
- Le Moigne J.L. (1980), "Systémique et épistémologie», dans J. Lesourne, 1980. (Vol. II, pp. 149-317).
- Le Moigne J.L. (1986), "Les Sciences de la décision : sciences d'analyse ou sciences du génie? Interprétations épistémologiques" , In R. Nadeau et M. Landry (eds.), 1986, pp. 3-52.
- Le Moigne J.L. (ed.) (1986), "Intelligence des mécanismes et mécanismes de l'intelligence», Ed. Fayard, Fondation Diderot, Paris, 1986.

Le Moigne J.L. (1989), "Systèmes (la science des ...)", Article de l'Encyclopedia Universalis, éditions de 1989.

Le Moigne J.L. (1989), "Quelle épistémologie pour une science des systèmes naturels <<qui sont avec cela artificiels>>?" , Revue Internationale de Systémique, vol.3, n°3, 1989, pp.251-272.

Le Moigne J.L. (1990), "La modélisation des systèmes complexes», éd. Dunod, Paris, 1990.

Le Moigne J.L. et Vérin H. (1984), "Sur le processus d'autonomisation des sciences du génie", dans Cahiers STS n° 2 : De la technique à la technologie. Ed. du CNRS, Paris, 1984.

Le Moigne et Orillard (éds.) (1990), "Systémique et Complexité», Numéro spécial de la Revue Internationale de Systémique, vol.4, n°2, 1990.

Lesourne J. (1981), "La notion de système dans les sciences contemporaines», 2 Vol., Editions de la Librairie de L'Université, Aix-en-Provence, 1981.

Machlup F. et Mansfield U. (eds.) (1983), "The Study of Information", J. Wiley and Sons, N.Y., 1983.

Martinet A.C. (ed.) (1990), "Epistémologie des sciences de gestion», Ed. Economica, Paris, 1990.

Mattesich R. 1978), "Instrumental Reasoning and Systems Methodology», D. Reidel Pub. Cy. Dordrecht, Holland, 1978.

McCulloch W.S. (1965), "Embodiments of Mind», The MIT Press, Cambridge, Mass., 1965, 1988.

Mesure S. (1990), "Dilthey et la fondation des sciences historiques», PUF (Sociologie), Paris, 1990.

Minsky M. (ed.) (1968), "Semantic Information Processing», The MIT Press, Cambridge, Mass. 1968.

Monod J. (1970), "Le hasard et la nécessité», Ed. du Seuil, Paris, 1970.

Morin E. (1977), "La Méthode, Tome I - la nature de la nature», "Ed. du Seuil (collection point), Paris, 1977, 1990.

Morin E. (1980), "La Méthode, Tome II - La vie de la vie», Ed. du Seuil (collection Point), Paris, 1980.

Morin E. (1982), "Sciences avec conscience», Ed. Fayard, Paris, 1982.

Morin E. (1987), "la Méthode; Tome III, la connaissance de la connaissance - Vol.1», Ed. Du Seuil, Paris, 198

- Nadeau R. et Landry M. (eds.) (1986), "L'aide à la décision, nature, instruments et perspectives d'avenir" , les Presses de l'Université Laval, Québec, 1986.
- Newell A. et Simon H.A. (1976), "Computer Science as Empirical Enquiry: Symbols and Search" , Communication of the ACM, March 1976, Vol.9, n° 3, 1986.
- Oléron P. (1989), "L'intelligence de l'homme», Ed. Armand Colin, Collection U. Psychologie, 1989.
- Peirce C. (1968), "Textes anticartésiens», (publiés en français, traduction et présentation de J. Chenu) , Editions Aubier, Paris, 1984.
- Perelman Ch. et Olbrechts-Tyteca L. (1970), "Traité de l'argumentation; la nouvelle rhétorique" , Librairie J. Vrin, Paris, 1970.
- Perelman Ch. (1977), "L'empire rhétorique : rhétorique et argumentation», J. Vrin, Paris, 1988.
- Piaget J. (1967), "Logique et connaissance scientifique», Ed. Gallimard, Encyclopédie de la Pléiade, Paris, 1967.
- Posner M.J. (1989), "Foundations of Cognitive Science», A Bradford Book. the MIT Press, Cambridge, Mass., 1989.
- Pylyshyn Z.W. (1986), "Computation and Cognition. Towards a Foundation for Cognitive Science" , The MIT Press (Bradford Book), Cambridge, Mass., 1986.
- Prigogine I. et Stengers I. (1979), "La Nouvelle Alliance», Ed. Gallimard, NRF, Paris, 1979.
- Segal L. (1986), "Le rêve et la réalité. Heinz von Foerster et le constructivisme", (Traduit de l'anglais et de l'allemand, 1986 par A.L. Hacker), Ed. du Seuil, Paris, 1986.
- Simon H.A. (1960, 1965, 1977), "The New Science of Management Decision", Prentice Hall Inc., Englewood, Cliff. New Jersey, 1960, 1965, 1977.
- Simon H.A. (1982), "From Substantive to Procedural Rationality" , 1976, in: H.A. Simon : "Models of Bounded Rationality", vol.2, The MIT Press, Cambridge, Mass., 1982.
- Simon H.A. (1978), "Rational Decision Making in Business Organization", (1978 Nobel Lecture), in H.A. Simon : "Models of Bounded Rationality" (2 vol.), the MIT Press, Cambridge, Mass., 1982.
- Simon H.A. (1979), "Models of Thought (I) », Yale University Press, 1979.
- Simon H.A. (1980), "Cognitive Science : the Newest Science of the Artificial" , Cognitive Science, 4, 1980, pp. 33-46.

- Simon H.A. (1969), "The Sciences of the Artificial", Second Edition, augmented 1981. The MIT Press, Cambridge, Mass., 1981. Traduction française: Science des systèmes, sciences de l'artificiel", Ed. Dunod, Paris, 1990.
- Simon H.A. (1982), 'Models of Bounded Rationality» (2Vol.), The MIT Press, Cambridge, Mass., 1982.
- Simon H.A. et Siklossy L. (eds.) (1972), "Representation and Meaning», Prentice Hall, Inc. , Englewood Cliffs, New Jersey, 1972.
- UNU-IDATE : Université des Nations Unies (1987), "Science et pratique de la complexité », La Documentation française, Paris, 1987.
- Vico G. B. (1725), "Vie de G.B. Vico écrite par lui-même" (suivi de : "La méthode des études de notre temps" , 1708), traduit de l'italien par A. Pons, Ed. B. Grasset, Paris, 1981.
- Vico G.B. (1710), "De la très ancienne philosophie des peuples italiques», Traduit du latin par G. Mailhos et G. Granel, Ed. Trans. Europ. Express, France, 1987.
- Vico G.B. (1730-1744), "Principes d'une science nouvelle relative à la nature commune des nations" , (Traduction de A. Doubine du texte établi par F. Nicolini, Présentation de B. Croce), Ed. Nagel, Paris, 1986.
- Vincent J.D. (1986), "Biologie des passions», Editions Odile Jacob, Paris, 1986, (Collections Points-Seuil).
- Vinci de L. (1519,1942,1987), " Les carnets de Léonard de Vinci", (Traduction française 1942 avec une préface de P. Valéry). 2 Vol., Ed. Gallimard, (Collection TEL), Paris.
- Vullierme J.L. (1989), "Le concept de système politique", PUF, Paris, 1989.
- Von Bertalanffy L. (1968), "Théorie générale des systèmes", (Traduit de l'Américain), Ed. Dunod, Paris, 1973.
- Von Foerster H. (1981), "Observing Systems", Intersystems Publications, Seaside, Cal., 1984.
- Von Glasersfeld E. (1987), "The Construction of Knowledge", Intersystems Publications, Salinas, Cal., 1987.
- Watzlawick P. (ed.) (1981), "L'invention de la réalité. Contributions au constructivisme", Traduit de l'Allemand, 1981, ed. du Seuil, Paris, 1988.
- Wilensky R. (1983), "Planning and Understanding: A Computation Approach to Human Reasoning», Addison Wesley Pub. Cy., 1983.
- Weiss P.A. (1971), "L'archipel scientifique" (Translated from English), Ed. Maloine, Paris, 1874.

Winkin Y. (ed.) (1988), Colloque de Cerisy, "Bateson, premier état d'un héritage», Ed. du Seuil, Paris, 1988.

Zeleny M. (ed.) (1981), "Autopoiésis, a Theory of Living Organization", North-Holland Pub. Co., N.Y., 1981.