

UNIVERSITE DE CAEN-BASSE-NORMANDIE
LABORATOIRE GREYC, UMR CNRS 6032
EQUIPE ISLAND

Logique de la conception

Mémoire

pour l'obtention de l'

Habilitation à Diriger des Recherches

(spécialité informatique)

soutenu le 9 juin 2005

Bernard MORAND

Composition du jury :

Jacques COURSIL, Professeur à Cornell University, examinateur

Jean-Pierre GIRAUDIN, Professeur à l'Université P.Mendès-France de Grenoble, examinateur

Robert MARTY, Professeur émérite à l'Université de Perpignan, rapporteur

Alain MILLE, Professeur à l'Université Claude Bernard de Lyon 1, examinateur

Anne NICOLLE, Professeur à l'Université de Caen, rapporteur

Colette ROLLAND, Professeur à l'Université de Paris 1 – Sorbonne, rapporteur

Ce mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches est présenté comme un complément à l'ouvrage *Logique de la conception. Figures de sémiotique générale selon C. S. Peirce* paru en 2004 aux éditions L'Harmattan (Collection l'Ouverture Philosophique). J'ai évité autant que possible de répéter dans ce document ce qui a déjà été exposé dans le livre. Ce dernier propose une relecture critique de la partie logique de l'œuvre de Peirce, une œuvre controversée sur nombre de points essentiels. Cette relecture critique étant présumée, le but du mémoire est de fournir un complément centré sur le problème de la conception, en réorganisant des éléments souvent disséminés dans l'ouvrage du fait des choix d'exposition qui ont dû y être faits. Pour des raisons similaires, les références bibliographiques ne sont pas reproduites dans le mémoire et je renvoie le lecteur à celles de l'ouvrage.

La première partie du mémoire est consacrée au positionnement épistémologique de la question de la conception, un positionnement que je considère comme un préalable nécessaire à l'avancée des recherches dans ce domaine, qu'il s'agisse de conception technique ou de théorie de la conception.

La deuxième partie est consacrée aux principaux enseignements que je tire de mon incursion en sémiotique peircienne quant au sujet de la conception, notamment celle des systèmes d'information et informatiques.

La troisième partie propose les perspectives de recherche ouvertes par l'ouvrage, aussi bien d'un point de vue théorique que du point de vue de l'ingénierie de la conception des systèmes d'information.

Une annexe fait le point de mes publications, activités de recherche, d'enseignement et d'administration.

1. UNE SCIENCE DE LA CONCEPTION EST-ELLE POSSIBLE ?

Produire un système informatique, produire des programmes passe par une activité de modélisation. Le fait est aujourd'hui admis par la communauté des informaticiens aussi bien en pratique qu'en théorie. Au plan pratique, l'usage est désormais bien établi de procéder à une analyse du problème au moyen de diagrammes dont les notations tendent à se standardiser à l'échelle de la planète toute entière (*Unified Modeling Language*). Au plan théorique, la qualité d'une recherche en informatique est évaluée à ses résultats bien sûr mais aussi au moyen du modèle sur lequel elle se fonde¹. Ces faits posent des questions scientifiques essentielles, en particulier si l'on s'inquiète du caractère transmissible des savoirs : de quelle nature sont ces modèles et diagrammes ? Par quels moyens ou processus sont-ils produits² ? Quels sont les critères de leur évaluation ?

Nous plaçons ces questions comme les sujets centraux d'une science de la conception, à supposer que celle-ci soit possible. Herbert Simon s'en était fait l'avocat dès 1969 dans *The Sciences of the Artificial* mais il ne semble pas que le défi en ait été relevé depuis lors, si l'on excepte les contributions -importantes- en provenance de la systémique et notamment de Jean-Louis Le Moigne en France. Si l'on prend ces questions au sérieux, on voit immédiatement que la réponse sera difficile. En effet, elle implique une double articulation de la problématique. La première articulation concerne le rapport entre les aspects techniques et les aspects scientifiques de la conception, entre l'instrument et les lois des phénomènes : le modèle est-il un outil au service d'une méthode scientifique, ou bien peut-il être lui-même sujet de science ? On ajoutera qu'il ne s'agit probablement pas d'une exclusion mutuelle mais bien de rendre compte d'une relation entre deux univers. La seconde articulation concerne la relation entre ce dont le modèle est modèle, que l'on nomme souvent « Univers du Discours » ou « contexte » et les sujets qui élaborent des modèles. Cette articulation repose l'ancienne question de la relation entre le Monde d'une part et l'Esprit d'autre part. Bien qu'historiquement dévolue à la philosophie, il n'est pas possible d'éviter l'étude de cette relation parce qu'elle se situe au cœur même de l'activité de Représentation, qu'il s'agisse de science ou de technique. Nous essayons de clarifier ces deux articulations dans cette première partie en laissant de côté pour le moment un troisième aspect, celui du caractère créatif du processus de conception. S'il est bien évident que modéliser, représenter conduit à engendrer un nouveau monde, comme c'est le cas par exemple lors de la mise en exploitation d'un

¹ A cet égard, l'informatique ne paraît d'ailleurs pas fondamentalement se distinguer de nombre d'autres disciplines, souvent expérimentales, qui procèdent elles aussi par modélisation.

² Une question que nous avons pris l'habitude de reformuler en langue ordinaire : Comment peut-on se faire une idée de quelque chose ?

nouveau logiciel dans une entreprise, nous considérons en effet qu'il s'agit d'une propriété du processus davantage qu'un pré-requis de son investigation.

1.1 Modéliser : instrumenter ou étudier ?

La tension entre science et technique tend à faire de la conception une ingénierie. C'est pourquoi il est possible de décrire une variété innombrable de faits de conception aussi bien que leur succession dans des processus (« *se faire une idée* », c'est aussi la manière dont « *une idée en amène une autre* »). Dans une étape de constitution initiale d'une science, de telles descriptions sont indispensables parce qu'elles permettent de dégager des caractéristiques générales du phénomène. Sans prétendre au développement exhaustif d'un état des connaissances du domaine, nous mettons en exergue certaines de ces caractéristiques.

La première d'entre elles concerne ce à propos de quoi des conceptions peuvent se développer. En Génie Logiciel, il est d'usage de l'identifier comme l'Univers du Discours (une expression que l'on doit au logicien Georges Boole), ou domaine d'intérêt. La conception technique tend ainsi à considérer cet univers comme un « donné », ou encore comme un « problème à résoudre ». Nous entendons ici le terme de conception technique à un double titre : une conception à propos d'un sujet technique dans un but technique. Il s'agit par exemple de la conception d'un système informatique dans le but de mettre en place un réseau de communication interne dans une entreprise. Il pourrait aussi s'agir de la conception d'un ensemble d'immeubles dans le but d'urbaniser un nouveau quartier de quelque ville ou encore de la conception d'un pont permettant de passer d'une rive à l'autre d'un fleuve. Nous distinguons la conception technique de la conception ordinaire, celle qui consiste par exemple, le matin au réveil, à se faire une idée de la journée qui s'annonce. Cette forme universelle de la pensée est celle qui concerne immédiatement la philosophie. Nous distinguons enfin ces deux qualifications, ordinaire et technique, d'une logique de la conception qui se propose de dégager les règles plus abstraites des processus de pensée, ce qui est souvent entendu aujourd'hui sous le terme de théorie de l'Esprit. La difficulté de notre entreprise de recherche tient à ce que ces trois aspects ne peuvent être considérés de manière indépendante les uns des autres. En effet, si la conception technique peut se contenter de prendre son Univers du Discours comme un « donné », une logique de la conception devra rendre compte de cet Univers comme d'une condition de possibilité du développement de toute conception, une condition qu'il lui faudra caractériser au-delà de ses manifestations occasionnelles dans le temps et l'espace. Et pourtant la différence est davantage relative qu'absolue : la conception technique n'échappe pas, elle

non plus, à se poser la question de la « faisabilité » de ses projets, ce qui ne diffère en rien d'une condition de possibilité.

La seconde caractéristique générale est ce pour quoi des conceptions peuvent se développer. La conception technique considère des résultats, livrables en temps et en heure, dont la qualité doit être mesurée au regard des besoins et des usages du produit de conception. Aussi requiert-elle un « cahier des charges » suivi d'une validation et évaluation de ses résultats. La science de la conception devra rendre compte des finalités de toute conception, sa vérité au sens de la nature des garanties logiques qu'elle peut apporter : simples possibilités, contingences ou nécessités. Et pourtant la conception technique n'échappe pas, elle aussi, à la question des fins ou des buts, ne serait-ce que parce que son procès n'est jamais fini : qu'il s'agisse d'un logiciel ou d'un bâtiment, leur degré actuel de validité sera à re-contrôler ultérieurement puisqu'ils ne peuvent échapper à leur statut de sujets potentiels d'une re-conception. Ce point a été récemment (et implicitement) acquis en ingénierie du logiciel lorsqu'il a été admis qu'il nous fallait concevoir des logiciels ré-utilisables. Souvent considérée par l'ingénierie comme une sorte de règle de l'art évitant de repartir de rien à chaque nouvelle conception, l'objectif de ré-utilisabilité des logiciels mettra nécessairement la conception technique en position de définir ses propres buts au sein de son environnement.

La troisième caractéristique générale est relative à l'activité de conception proprement dite. La conception technique définit le plus souvent cette activité comme un agencement d'étapes et d'opérations permettant d'atteindre un résultat demandé, c'est-à-dire une méthode, un procédé ou une procédure. La science de la conception devra rendre compte de la nature même d'un tel procès : la manière dont il peut logiquement se contrôler dans un mouvement dialectique fins - moyens, autrement dit la manière dont les idées s'organisent. Il s'agit aussi de méthode, mais cette fois dans le sens philosophique du terme. Et pourtant la conception technique commence à pénétrer aujourd'hui dans ce même territoire largement ignoré jusqu'à présent. En Génie Logiciel, la notion de développement itératif et incrémental de la conception, en lieu et place d'une planification en étapes successives, mettra nécessairement en relief le problème des modalités de contrôle de la dynamique de ce type de développement, sa progression aussi bien que ses conditions de terminaison.

La conception, en tant qu'elle est une instrumentation et bien qu'elle puisse être distinguée d'une logique de la conception, n'est selon nous qu'une espèce du même genre. La raison tient à ce qu'il s'agit d'une instrumentation d'un type particulier : le modèle doit mettre en rapport son sujet (ce à propos de quoi il se développe), et son projet ou but (ce pour quoi il se développe). Ce qui fait l'unité entre la conception technique et la science de la conception réside précisément dans la mise en relation de nature intellectuelle entre un sujet et un projet, indépendamment du fait qu'elle fonctionne au plan pratique ou au plan supposé des lois de la pensée, indépendamment aussi du fait qu'il s'agisse de la

conception de produits matériels (immeubles ou ponts) ou immatériels (des logiciels). De plus, les traits généraux communs qui viennent d'être soulignés permettent de penser que ce que l'investigation théorique des phénomènes de conception permettra de découvrir pourra être de quelque utilité à l'immense variété des cas de conception technique. Réciproquement les pratiques ingénieriales constituent le laboratoire vivant dans lequel la science de la conception pourra expérimenter ses découvertes.

1.2 Représenter : une activité guidée par l'Esprit ou par le Monde ?

Comme opération de nature intellectuelle, la conception se trouve au centre d'une seconde tension, interne à la Philosophie de l'Esprit, entre un aspect intentionnel, singulier, et un aspect objectif ou encore raisonnable. Au centre du problème, se trouve l'aspect créatif de la conception technique et la place occupée par l'imagination. Du pôle intentionnel, on ne peut guère faire plus que des commentaires lors de séminaires, incapables que nous sommes d'établir par nous-mêmes et avec certitude ce qui se passe dans nos propres têtes de concepteurs. Aussi faut-il admettre qu'une meilleure manière de comprendre les phénomènes de conception consiste à s'appuyer sur les faits de conception observables dans le laboratoire auquel il vient d'être fait allusion. A défaut, d'ailleurs, il n'y aurait aucun espoir de constitution d'une science de la conception. Sachant que nous avons à disposition les traces laissées par les concepteurs, une méthode expérimentale semble indiquée même si elle ne peut se dispenser de théories auxquelles les expériences doivent être confrontées. Trois classes de problèmes paraissent pertinentes à cet égard : le statut de ces traces en elles-mêmes, la relation de l'activité de conception à son sujet et enfin sa relation à son but.

Les concepteurs s'aident tout au long de leur activité de schémas, qu'on les nomme modèles, diagrammes, croquis, etc. En Génie Logiciel, ceux-ci sont d'un usage si fréquent qu'ils font l'objet de normalisations internationales de façon à pouvoir signifier la même chose pour tous (cf. UML). Mais ce qui reste non normalisé bien que tout aussi essentiel est le mode d'emploi de la notation en situation concrète de conception. Ceci nous renvoie à ce que l'on entend par modèle ou diagramme. Le terme de modèle peut en effet se comprendre de différentes façons. Dans le cas du modèle que constitue le maître à penser pour son élève, de l'enfant modèle ou encore du modèle de vertu, le trait commun est celui d'un objet idéal représentatif d'une catégorie, d'un ordre ou d'une qualité. Le régime d'emploi est alors celui de l'imitation. Dans un autre cas, non exclusif du précédent, le modèle est un objet destiné à en faire des copies, des reproductions : le moule de fonderie, le modèle du peintre, le modèle d'écriture mis par l'instituteur au tableau, les prototypes de l'informaticien et du constructeur automobile de

Formule 1. Par extension, le modèle peut être lui-même cette reproduction comme dans le cas de la maquette ou du modèle réduit. L'opération dominante y est celle de référence ou de mise en correspondance. Le régime d'emploi est dans ce second cas celui de la réplique et de la simulation. Enfin, en mathématiques (théorie des modèles), le modèle est une structure formelle qui fait droit à la vérité logique d'une théorie. Le régime d'emploi est alors celui de la démonstration. Sur ces trois modes d'emploi possibles (imitation, réplique, démonstration) une notation comme UML par exemple est muette, parce que le présupposé est que les propriétés sémantiques et syntaxiques de la notation sont auto-suffisantes pour la conception. Une simplification similaire affleure encore dans le qualificatif de « semi-formel » généralement attribué aux diagrammes produits sous l'égide de la notation. Une approche intentionnelle de la conception, voire constructiviste, dispose le plus souvent que le concepteur doit mettre en forme, logiquement ou intuitivement, ce qui au départ est réputé informel. Mais, ce que le laboratoire de la conception technique sera susceptible de nous apprendre est que, si le sujet de la conception est certes initialement vague, il n'en est pas pour autant dépourvu de forme : vague ne veut pas dire informel. Cette remarque essentielle nous permettra de comprendre que l'activité de conception (ordinaire ou technique) suit les mêmes règles que celle du sujet à propos duquel elle se développe : « *se faire une idée* », c'est modéliser et, dans l'autre sens, les modèles sont de même nature que les « idées ». Modèles et idées répondent à une définition unique qui est celle du Signe, sur laquelle nous reviendrons.

Une autre manifestation de la même tension entre le caractère subjectif et objectif de la conception tient dans l'opposition entre singularités et généralité ou, ce qui revient au même, entre son but individuel et son but collectif. Les descriptions qui peuvent être faites de conceptions techniques singulières mettent en évidence des variations selon les domaines aussi bien que selon leur degré d'élaboration. Il y a bien sûr des différences entre la conception architecturale et la conception de logiciels ; il y en a aussi entre l'esquisse et le plan de l'architecte ou entre la conception des besoins en information et celle du système informatique qui les réalise. Nous prenons cependant le parti de considérer qu'il s'agit de variétés d'un même phénomène dont il est raisonnable d'espérer rendre compte dans un même cadre théorique. Autrement dit, les singularités sont des manifestations à la fois concrètes et discrètes d'une manière de faire générale et continue. Ce postulat met au premier plan d'une science de la conception la question de la méthode par laquelle l'activité de conception peut se développer dans des contextes divers et selon des processus temporellement situés. La sémiotique peircienne nous rappelle le caractère essentiel de l'observation, du contrôle critique qui permet qu'une conception puisse se développer, et enfin du changement de « l'état des choses » produit par l'acte de conception. Ces traits sont selon nous réunis dans les diagrammes de conception dont il se révèle qu'ils sont bien davantage que de simples supports annotés ou de simples enregistrements de celle-ci.

Considérer la conception comme phénomène de pensée pourra paraître à la fois trivial et mission impossible. L'approche possède cependant le mérite d'ancrer la problématique dans la logique, d'une manière scientifique et homogène. C'est à ce prix qu'une science de la conception pourra prendre son autonomie. A défaut, elle courrait selon nous deux risques. L'un serait sa dissolution dans la discipline de référence dans laquelle elle est employée. Ainsi en va-t-il aujourd'hui, nous semble-t-il, du Génie Logiciel dans l'Informatique mais on pourrait aussi citer de la même manière la dissolution de la conception architecturale dans l'Architecture (ce qui a conduit Ph. Boudon à inventer l'Architecturologie) ou encore la dissolution de la Cartographie dans la Géographie (qui semble avoir conduit les travaux de Bertin à rester sans lendemain). L'autre risque est celui de l'institution d'un lieu de rencontres transdisciplinaires, certes nécessaire aux échanges comparatifs sur la diversité des faits de conception, mais qui marquerait en creux sa propre insuffisance théorique. La difficulté réside aussi dans le positionnement de cette science en gestation par rapport à ses voisines, dans un champ qui va de la psychologie, la sociologie ou la linguistique aux sciences de l'information et de la communication, aux sciences de l'éducation ou encore à l'intelligence artificielle. A divers titres, nous l'avons répété, elle ne peut pas non plus être coupée de la philosophie. Mais précisément, n'est-ce pas aussi le cas de la Logique ? C'est une réponse à cette difficulté qu'élaborait C.S. Peirce dès la seconde moitié du XIXème siècle, alors même que nombre de ces disciplines étaient encore balbutiantes, en posant l'équivalence entre sémiotique et logique et en posant la philosophie comme une science.

1.3 La science de la conception comme branche de la sémiotique

Nous avons donné précédemment une raison en faveur de cette approche : concevoir ou former des concepts, c'est mettre en relation un sujet et un projet. Ce que la sémiotique peut nous apprendre est la nature de cette relation qui se confond avec celle du signe selon Peirce : *« Un signe, ou representamen, est quelque chose qui tient lieu pour quelqu'un de quelque chose à un certain égard ou titre. Il s'adresse à quelqu'un, c'est-à-dire crée dans l'esprit de cette personne un signe équivalent, ou peut-être un signe plus développé. Ce signe qu'il crée, je l'appelle interprétant du premier signe. Le signe tient lieu de quelque chose, son objet. Il tient lieu de cet objet, non pas à tous égards, mais en référence à une sorte d'idée que j'ai quelquefois appelée le fondement du representamen »*. Cette définition établit que le signe est une mise en relation à trois places, la place du signe, celle de ce dont il tient lieu (son objet, sujet, ou propos), et la place de ce à quoi il s'adresse (son interprétant ou projet). Cette définition, purement abstraite et logique, ne présuppose en rien la manière dont les places peuvent être concrètement occupées. Par contre, cette manière concerne immédiatement ce que nous avons appelé la

conception technique. L'important est de souligner en premier lieu le caractère insécable de cette relation triadique que l'on peut reformuler comme : il ne peut y avoir de conception au sens plein du terme ni sans objet, ni sans interprétant. En effet la nature de la relation fait que le signe (autrement dit le modèle ou le diagramme) est une médiation, qu'il fonctionne comme un courtier pourrions nous dire, entre l'objet et l'interprétant. Selon Peirce, le philosophe cette fois, non seulement toute pensée authentique est intermédiation, mais inversement tout phénomène de pensée réside en signes. Du point de vue du sujet qui nous occupe ici, la conception, cette relation signe fondamentale représente la condition de possibilité de toutes les conceptions. Mais elle ne nous dit rien quant à leurs actualisations, ni leurs développements ou procès. La question n'est, dans la citation précédente, que seulement pointée, pour plus tard, au moyen du concept de « fondement » du signe. Comme les corrélats de la relation n'y sont que des places, des lieux virtuels, le fondement ne peut être, comme un compte-rendu superficiel pourrait le laisser croire, un point de vue. Ce ne pourrait être, à la rigueur, qu'un point à partir duquel il n'y a (encore) rien à voir : un point aveugle. Cependant celui-ci fonctionne comme initiateur³ de l'actualisation d'un signe concret et notamment de la survenance d'un interprétant concret. Dans ce fondement se joue selon nous la possibilité de l'acte créatif en conception, en même temps qu'il marque la place de l'Imaginaire dans la pensée. Point d'entrée dans un procès, il n'a cependant pas besoin de postuler une origine absolue de ce procès ; c'est donc essentiellement une posture ou prise de position dans un espace qui lui échappe⁴. De même, en conception technique le point de départ n'est pas susceptible d'être réglé ni normalisé : si tous les points de départ sont différents selon les situations et les concepteurs, tous sont cependant possibles et à ce titre équivalents. C'est peut être ce qui explique le succès d'usage des modèles organisés en réseaux d'arcs et de nœuds en conception des systèmes d'information : quel que soit le nœud par lequel on débute la construction du réseau, sa structure bouclée constitue une garantie minimale de parvenir à un résultat unique (malgré des variations éventuelles de parcours et de nombre de nœuds). Nous ajouterons cependant une remarque à verser au dossier d'une éthique de la conception. Il n'est pas certain que la propriété d'indifférence du point de départ soit généralisable à tous les phénomènes de pensée, en particulier dans les sciences éthiques où le point de départ est par définition porteur d'une valeur positionnée dans un espace d'idéologies.

Dans l'investissement des lieux (l'actualisation) de la relation triadique au moyen de choses concrètes, deux caractères sont à souligner. Le premier est que l'objet du signe ne peut être immédiatement de nature matérielle, un objet du monde physique ou une substance. Les objets

³ C'est-à-dire « embrayeur », selon le terme retenu par Philippe Boudon en conception architecturale.

⁴ Nous prendrons le risque d'une prévision : s'il devait y avoir un jour une mathématique de la conception, elle sera nécessairement une topologie.

matériels ne peuvent se reproduire que dans d'autres objets matériels, dans un procès de causalités efficientes du type agent-patient, selon la formule célèbre qui enseigne que rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. La relation du signe à son interprétant mettant du même coup son objet dans cette relation consiste en un transfert de la forme de l'objet, non de sa substance. L'objet du signe étant quelque chose d'in-formé ne peut donc être que signe lui-même : une forme (ce qui n'empêche bien sûr pas chacun des trois corrélats actualisés de posséder une matérialité comme dans le cas d'un document qu'il soit manuscrit, imprimé ou électronique). Le second caractère est que l'interprétant se trouve déterminé, précisé, par l'objet du signe via le signe lui-même. D'une certaine manière l'interprétant ne se contente pas de reproduire l'objet mais il peut encore lui ajouter quelque chose⁵. En tant que réceptacle d'un transfert de forme, l'interprétant est lui aussi signe. Nous obtenons ainsi, dans l'actualisation de la relation signe, la possibilité d'une suite infinie d'interprétants successifs d'un même objet, et qui le déterminent progressivement.

Ce mouvement de la vie des signes rend compte d'une propriété familière aux concepteurs (qu'elle qu'en soit la catégorie : conception ordinaire ou technique). Cette propriété consiste dans les opérations duales de démontage et remontage. A partir d'un point d'entrée quelconque dans le processus, il est possible de discrétiser le flot des signes vers l'arrière et nous l'appellerons « analyse », ce que l'on fait lorsqu'on examine comment un état provisoire d'une conception a été obtenu au regard du précédent. On peut aussi poursuivre, à partir du même état et vers l'avant, pour engendrer de nouvelles conceptions. Nous appellerons ce second mouvement « synthèse ». Dans cette double opération réside la possibilité de contrôler le mouvement lui-même, par comparaison d'états et donc, une nouvelle fois, par « triadisation » (une comparaison qui ne se réduit pas à ses comparés est une intermédiation authentique). Cette propriété définit selon nous le caractère distinctif du processus de conception. On voit en effet qu'il ne peut être confondu avec le concept informatique de processus par exemple, lequel fonctionne toujours vers l'avant et dont le contrôle consiste dans la spécification d'un agencement fini d'opérations réglable par avance. Dans la conception, finitude aussi bien que possibilité de régulation par planification paraissent manquer. Sur cette distinction cruciale se joue le problème d'une conception automatisée ou plus exactement le caractère du type d'assistance dans la Conception Assistée par Ordinateur.

A la question « Une science de la conception est-elle possible ? », la réponse nous apparaît donc comme positive. Il faut pour cela admettre a) la nature sémiotique des modèles, b) que la pensée se

⁵ L'affirmation énoncée ici en une phrase a en fait demandé beaucoup de travail à Peirce, un résultat de l'étude minutieuse du syllogisme dont il considérait la conclusion comme un interprétant. Dans certains cas, le mode de

caractérise comme médiatisant le Monde et l'Esprit, c) que le modèle est le moyen instrumental de la conception en même temps qu'il en est la finalité. Pour autant, cette réponse positive n'enlève rien à la difficulté de proposer les lois d'une telle science.

combinaison des deux prémisses peut logiquement conduire à une conclusion qui contient davantage que ses prémisses considérées indépendamment l'une de l'autre (c'est le cas de l'abduction).

2. ENSEIGNEMENTS ESSENTIELS PROPOSES PAR LA SEMIOTIQUE A LA CONCEPTION TECHNIQUE

Etant supposé que nos modèles ou diagrammes de conception sont des signes au sens peircien, il reste à déterminer en quoi ce préalable est susceptible d'informer les activités de conception technique elles-mêmes. Le premier élément qui mérite d'être souligné est la séparation des préoccupations entre la structure sous-jacente à cette activité (sa forme), la dynamique de son processus (les modalités de son développement) et sa relation à son environnement (l'auteur - lecteur d'une conception). Le second élément concerne les opérations de nature intellectuelle qui concourent à la production d'une conception, et de manière liée les niveaux de garantie apportés par ces types d'opérations ; en un mot ce que Peirce appelait la méthode. En effet, il ne nous apparaît pas de différences significatives sur ce plan entre les méthodes de la science et celles de la conception technique.

2.1 Les trois plans de la conception : forme, mouvement et dialogue

2.1.1 La forme-signe est immédiatement présente en conception technique

Conception de quelque chose pour quelque chose est à l'évidence une relation à trois participants entre le modèle, ce dont il tient lieu et ce qu'il vise. C'est d'ailleurs le fond de notre argument, suffisant en lui-même, en faveur d'une approche sémiotique de la conception. Cette forme irréductible dans son principe est cependant couramment perçue en deux morceaux en ingénierie du logiciel sous la dichotomie analyse (*analysis*) et conception (*design*). Cette manière de voir les choses a des racines aussi profondes qu'anciennes en Génie Logiciel malgré une terminologie qui a varié au cours du temps. La rupture culturelle qui s'est produite au-début des années 80, lorsqu'on a reconnu la nécessité du principe de modélisation en conception technique s'est accompagnée d'une division de la conception en niveaux séparés qui apparaît, avec le recul du temps, comme mal fondée. Nous visons ici la distinction historique et fondatrice entre le niveau conceptuel, le niveau interne (dit aussi logique) et le niveau externe. Le dernier fut rapidement dévolu à des arrangements de la structure informatique interne d'information, arrangements spécialement adaptés aux utilisateurs : les vues externes des bases de données se réduisaient à des opérations de dérivation particulières sur la base, facilitées par les constructions autorisées du langage de requête. Restaient alors deux piliers en vis-à-vis, le modèle conceptuel et le modèle logico-physique de la base de données, lesquels correspondaient aussi à deux populations distinctes de concepteurs, les premiers en charge des spécifications fonctionnelles des

systèmes, les seconds en charge des spécifications techniques. Nous n'entrerons pas ici dans le compte-rendu des difficultés de cohabitation de ces deux populations à l'époque. Ce qui importe est le fait qu'une dichotomie des préoccupations s'est instaurée entre les concepteurs de modèles conceptuels et les concepteurs de bases de données. Comme les premiers partaient avec « l'existant » informationnel alors que les seconds étaient principalement concernés par le système informatique à construire, l'idée s'est trouvée renforcée qu'il y aurait deux sortes de conception, encore aujourd'hui reconnues dans la terminologie consacrée sous l'égide du monde anglo-saxon : *analysis* et *design*. Par un curieux effet historique de boomerang, les anciens « concepteurs » (ceux des modèles conceptuels) qui s'opposaient aux techniciens (en charge de la cuisine informatique) sont devenus simples « analystes » en charge du recueil des besoins et s'opposent aux « concepteurs » de la nouvelle génération, celle de l'orienté-objets, en charge de la conception des systèmes informatiques. Bien sûr, ces changements de postures sont certainement en phase avec le développement du niveau de complexité et d'abstraction des logiciels. Ce que nous apporte le modèle triadique et sémiotique de la conception est la possibilité de considérer ces volte-face dans un système gouverné par des règles identiques, qu'il s'agisse du modèle d'information ou du modèle informatique. Le bénéfice serait seulement celui d'une plus grande élégance intellectuelle si cette possibilité n'était pas aussi demandée par l'état actuel de la technique informatique, et ce dans nombre de domaines. Nous en citerons seulement deux : le problème de la documentation des logiciels et le problème de la ré-utilisation déjà mentionné. Le gain en abstraction des langages et composants informatiques fait qu'ils sont aujourd'hui en mesure d'auto-documenter leurs propres architectures de construction mais aussi de les associer aux spécifications fonctionnelles qui ont présidé à ces constructions (les classes d'interfaces par exemple). Ces propriétés sont aussi des pré-requis pour pouvoir ré-utiliser les logiciels. En somme il est devenu indispensable en pratique de représenter la représentation de l'information pour la représentation des programmes et réciproquement. Autrement dit la technique nous demande aujourd'hui une conception unifiée de conceptions qui restent cependant différentes puisque les corrélats objet et interprétant du modèle d'information et respectivement du modèle informatique ne sont pas les mêmes. C'est encore la question posée par l'initiative *Model Driven Approach* de l'*Object Management Group* dans la proposition qui consisterait à distinguer et à relier un type de modèles indépendants des plate-formes génériques d'implantation et des types spécifiques de modèles dépendant de ces plate-formes. Que les motivations de la proposition puissent apparaître comme commerciales n'enlève rien à la nature scientifique du problème lui-même selon nous.

2.1.2 Le processus de conception comme mouvement des signes actualisés

Si l'approche sémiotique nous propose une forme originale en réponse à certains besoins des modèles en conception technique, elle nous suggère encore une distinction aussi utile qu'importante, celle qui existe entre forme et actualisation ou individuation de cette forme. Bien que la structure triadique du signe soit un invariant de la conception, celle-ci se reproduit et se manifeste dans la dimension temporelle de la conception. C'est pourquoi il est possible de parler de processus de conception, bien que le sens de cette expression ne soit pas celui d'une succession d'opérations mais plutôt celui d'une succession d'états. Ce fait est connu de tout concepteur : tout comme un moment donné de la pensée en appelle à un autre moment qui lui fait suite, un état donné d'un modèle en cours de construction en appelle à sa « version » suivante. Le postulat de Peirce est que ce mouvement qu'il appelait « sémiose » est un mouvement continu auquel nous ne saurions attribuer ni début ni fin. Le concepteur qui croit commencer avec une feuille blanche sur laquelle il va tracer son modèle commence en fait avec une somme d'écritures déjà produites par d'autres concepteurs qui l'ont précédé. Le point important que nous apprend la sémiotique est le caractère absolument nécessaire d'une écriture, ce qui encore une fois est indépendant du type de la notation employée. L'écriture par laquelle le concepteur trace un arc sur sa page ou son écran de modélisation est en fait ce qui permet de discrétiser le mouvement continu de la pensée, ou pour reprendre une formule poétique de suspendre le vol du temps de la conception. Ceci rend compte à notre avis du fait d'observation récurrent selon lequel tous les concepteurs recourent à des écritures quelle que soit leur matérialité : esquisses, croquis, dessins, cartes ou formules. Nous rassemblerons ces diverses écritures dans la suite de ce document sous le terme de diagramme. Bien sûr ces « suspensions » du temps peuvent être plus ou moins variables en longueur et, très probablement, elles sont moins fréquentes pour l'expert que pour le novice. Une propriété très importante de ce fait d'écriture sur laquelle nous reviendrons est qu'elle constitue selon nous la condition du raisonnement de conception, c'est-à-dire de l'inférence. Ceci veut dire que, dans la perspective d'un outillage informatisé de la conception, l'objectif devrait être moins celui de l'enregistrement ou de l'administration de contenus de modèles que celui de leurs modalités possibles d'expression au moyen d'une interface homme-machine.

Les actualisations intermittentes de la forme-signe à l'intérieur d'un mouvement de nature continue fournissent un principe explicatif à nombre de faits de conception observables en pratique. En tant qu'écriture actuelle, le diagramme nécessite un découpage spatio-temporel dans son objet ; il autorise la poursuite du mouvement de la conception dans trois directions, avant, arrière et au-dessus ; enfin les coupures successives permettent de rendre compte du phénomène d'information comme d'un système de différenciations temporellement situé. L'objet d'un diagramme de conception, considéré dans l'un quelconque de ses états dans le processus, constitue lui-même une portion de ce que l'on appelle

communément le « réel ». Ce dont le diagramme est modèle ou signe a donc fait l'objet d'une attention particulière de la part du concepteur, c'est-à-dire d'un découpage. Cette opération reste le plus souvent implicite, posée comme telle davantage que véritablement fondée de l'intérieur du processus. C'est ce que l'on peut observer dans la plupart des méthodes des ingénieurs - concepteurs, lesquelles se donnent ou posent un domaine, un contexte, voire une liste de cas d'utilisation. La pertinence - ou faut-il dire la vérité logique ?- de ces choix n'a jamais besoin d'être questionnée d'emblée parce que c'est précisément le développement ultérieur du processus, dans un mouvement de corrections successives qui permettra d'en préciser les contours. Ce fait de conception est à l'origine d'une autre querelle méthodologique, mal fondée elle-aussi, usuelle en conception technique. Il s'agit de la querelle *top-down* versus *bottom-up*. L'erreur tient à ce que l'on considère alors que les propriétés d'une bonne conception tiennent dans les qualités de l'objet de celle-ci (abstraites versus concrètes) au lieu des qualités de son développement. En effet, que l'on commence par macro-découpage ou micro-découpage, c'est-à-dire quelle que soit la « fenêtre » ou le « cadre » que le diagramme prétend représenter, c'est le mouvement de la conception qui permettra de s'assurer de sa validité pratique. Cette querelle, aujourd'hui apaisée en apparence, ne demande qu'à resurgir lorsque l'on essaie de préciser la notion de développement incrémental et d'interroger les règles de l'incrémental elle-même. Selon nous, la reconnaissance du rôle actif des écritures - diagrammes dans le processus permet d'éclairer la réponse. En effet, l'arrêt sur image que constitue un état quelconque de diagramme fait droit au développement de la conception dans trois directions. L'objet du diagramme se trouvant augmenté, c'est-à-dire informé, par toutes ses écritures précédentes, l'état actuel peut être comparé aux états qui l'ont précédé pour contrôle ; nous appelons ce mouvement arrière « analyse », conformément à l'étymologie du terme. Le même état peut encore être considéré, à l'arrêt si l'on peut dire, pour procéder à une opération particulière d'abstraction (dite hypostatique par Peirce) proposant une version plus générale de l'écriture elle-même. Nous avons longuement développé ce point dans le livre au titre des méta-signes, un point essentiel pour les techniques de l'informatique actuelle (méta-modèles, langages de balisage, langages de description pour le Web sémantique, etc.). Le résultat principal est que la théorie du signe conduit à n'accorder aucun statut original à ce type d'opération, contrairement aux approches ontologiques ou sémantiques en vigueur dans ces domaines. En effet, elle se positionne comme une propriété simple du processus de conception et non pas, encore une fois, comme une propriété intrinsèque de ses objets. Nous proposons donc de traiter cette opération comme un cas de l'autre mouvement permis par toute écriture-diagramme, sa progression vers un état ultérieur que nous appelons « synthèse ». En effet, cette direction permet au diagramme de s'enrichir par nouvelles déterminations, c'est-à-dire par ajouts. En suivant notre approche sémiotique, cette progression renvoie, non plus à la question des objets du diagramme, mais à celle des interprétants ou états futurs d'un état

quelconque. Du même coup, elle fait rentrer dans la définition élémentaire du processus de conception la relation de ces états futurs aux objets que sont ses états antérieurs, en un mot la question des buts de la conception technique. En termes plus concrets, un état quelconque de diagramme est une question adressée à l'intention de ses états ultérieurs, ce qui fonde la nécessaire nature dialogique du processus de conception (cf. § suivant).

Nous concluons ces caractérisations du processus de conception par ce que la sémiotique nous apprend relativement au concept d'information, un concept utilisé mille fois dans une journée d'informaticien sans qu'une définition en soit le plus souvent clairement proposée. Le phénomène d'information apparaît en effet comme logiquement inséparable du processus de conception, et plus généralement de pensée. Cette affirmation nous paraît valoir aussi bien pour la conception d'objets matériels que d'objets immatériels. Si elle explique que le sujet de la conception ait rapidement pris une telle importance dans le domaine des objets informationnels et informatiques, elle peut aussi permettre de mieux situer la différence avec la conception d'objets matériels. Le processus de conception obéit aux mêmes propriétés générales, mais dans les deux cas ce qui diffère tient dans le type des contraintes techniques qui s'exercent sur le processus (physiques dans un cas, logiques dans l'autre). Pour Peirce, l'information se produit dans le mouvement des signes, comme écart différentiel entre deux points d'un intervalle positionnés sur le continuum de la sémiuse. La loi générale est énoncée comme un produit de deux relations, la relation du signe à ses objets (qu'il appelle largeur) d'une part, la relation du signe à ses interprétants (qu'il appelle profondeur) d'autre part. Les deux relations expriment des quantités logiques, une quantité d'objets et une quantité d'interprétants et elles sont de nature dynamique, c'est-à-dire que les deux quantités dépendent des bornes de l'intervalle temporel auxquelles on considère le signe dans le processus. Dans deux cas limites tout autant qu'absolus (et en fait jamais atteints), l'information est nulle : il s'agit d'un signe qui soit serait dépourvu d'objets, soit serait dépourvu d'interprétants. Entre ces deux extrêmes un gain d'information peut résulter d'une augmentation d'objets à quantité d'interprétants constante ou d'une augmentation d'interprétants à quantité d'objets constante (ce dernier cas correspond par ailleurs à ce qui a été appelé abstraction hypostatique). Une règle semblable vaut pour la perte d'information, ce qui pourrait rendre compte des phénomènes d'obsolescence du signe. Au-delà des aspects théoriques concernés par cette définition originale, nous retiendrons que l'information ne peut se trouver ni dans les objets ni dans les interprétants en eux-mêmes, ce qui invaliderait la plupart des approches actuelles de l'ingénierie de l'information qui visent des « contenus », qu'ils soient à « extraire », à « rechercher » ou à « communiquer ». Si l'information est bien quelque chose qui se produit dans le cours d'un processus continu, dans un flux donc, on ne voit pas comment elle pourrait se trouver en stock, sinon précisément par une transformation du flux en stock qui resterait à élucider. Cette remarque nous conduit à rappeler la définition de Bateson,

probablement très différente de celle de Peirce dans ses attendus et pourtant si semblable dans son énoncé : « l'information est une différence qui crée une différence ». Les écarts différentiels de « largeur » et de « profondeur » sont également des points de repère essentiels pour fixer la signification des opérateurs couramment utilisés en conception technique. Par exemple, l'opération de généralisation qui consiste à augmenter le nombre d'objets qui tombent sous un concept en réduisant sa quantité d'interprétants (dans le modèle objet, nous dirions ses attributs) se produit à information constante, relativement à la situation connue avant de généraliser. Spécialiser, une opération qui apparaît comme réciproque de la précédente, procède par une réduction des objets compensée par une augmentation des interprétants ; elle fonctionne aussi à information constante. Spécifier, une opération trop souvent confondue avec la précédente parce que l'on croit à tort qu'elle consiste à élaborer une espèce d'un genre donné, consiste en fait à accroître la somme des interprétants d'une quantité d'objets inchangée : elle augmente l'information. Si l'usage n'en était pas aussi solidement établi en Génie Logiciel il faudrait, après Peirce, lui préférer « déterminer ».

2.1.3 La nature dialogique du processus de conception

Elle a été caractérisée ci-dessus par la propriété que possède un état quelconque de diagramme de se lire comme une question destinée à ses successeurs potentiels. Nous insistons sur ce point parce que nous pensons que cette propriété est essentielle pour l'outillage aussi bien que pour l'enseignement de la conception technique. A nouveau, la pré-condition de la compréhension de ce caractère dialogique, réside dans la reconnaissance de la fonction essentielle de l'écriture - diagramme. En introduisant une coupure dans le mouvement de la pensée, le diagramme permet l'organisation de deux rôles, celui d'auteur et celui de lecteur. Ces rôles ne sont en fait pas autre chose que les organes de l'analyse et de la synthèse, respectivement. Tout un chacun a fait l'expérience suivante à un moment ou un autre : lorsque nous sommes en train d'écrire quelque chose, le fait que nous en soyons l'auteur pris dans le cours d'une écriture fonctionne comme un empêchement d'assumer le rôle de lecteur. La psychologie permettrait certainement de rendre compte de manière plus précise de cette observation mais, au fond, elle tient à ce que le cours de la conception ou de la pensée ne peut être interrompu à tout moment. Cependant l'écrit lui-même (ou croquis ou dessin...) constitue une coupure qui rend possible l'abandon du rôle d'auteur pour passer de l'autre côté, celui du lecteur⁶. Nous avons pris l'habitude de rendre compte de ce fait positif par ce qui se passe lorsqu'il ne se produit pas et qui est observable chez les débutants en conception technique. Persuadés qu'ils sont de l'assimilation complète entre ce qu'ils ont écrit et leur propre pensée, il leur est impossible de penser que leur diagramme peut signifier autre

⁶ Pour que ce changement de posture soit efficient, il faut supposer son asymétrie (cf. Chap. 4 de l'ouvrage, le cas du régulateur et du présentateur ainsi que l'effet de pliage qui en résulte)

chose que ce qu'ils y ont mis. Ce blocage redoutable interdit toute pensée critique de sa propre pensée ; en fait il interdit tout développement de la conception puisque précisément pour passer à un état suivant du diagramme, il faut pouvoir interpréter son état actuel, c'est-à-dire passer de la position d'auteur à celle de lecteur. Un artifice utile pour lever ce blocage est bien sûr de travailler une conception à plusieurs : on peut espérer qu'il se trouvera en compagnie de l'auteur un lecteur qui ne considèrera pas le diagramme comme étant sien. C'est aussi dans cet artifice que peut résider l'apport essentiel d'une conception assistée par ordinateur. Au niveau le plus élémentaire, l'exhibition à l'écran d'une écriture d'auteur, par simple réécriture ou paraphrase, transforme cet auteur en lecteur obligé (à supposer qu'il ne se confonde pas lui-même avec l'ordinateur !)⁷. Par ailleurs, la nature dialogique du processus de conception est visible dans le fonctionnement concret de la conception. Lorsque nous disons qu'un état du diagramme interroge son suivant, il s'agit d'une propriété théorique du processus. En pratique, on peut se demander qui prendra en charge la réponse à cette interrogation. Un candidat préférentiel est bien sûr une tierce personne. En effet ce ne peut être ni l'auteur, ni son double revêtant l'habit de lecteur et seulement poseur de question. Il s'agit plutôt de ce lecteur particulier qui se trouve en situation de pouvoir comparer, de manière collatérale, le diagramme avec son objet. C'est bien pourquoi, en conception de logiciel mais aussi de bâtiment, ce troisième rôle doit être joué par le destinataire du produit en cours de conception. Ceci est un fait reconnu depuis longtemps, du moins dans son principe, et il a une conséquence importante quant à la question de la validation d'une conception. Il y a bien sûr et en effet le critère de cohérence interne qui n'a pas été abordé ici mais il y a aussi un critère d'appréciation externe qui lui est tout aussi essentiel.

L'individuation de la forme-signé dans et par le processus de conception semblerait ainsi s'apparenter aux phénomènes du vivant : des organes, des organismes s'y différencient comme porteurs de rôles.

2.2 Les raisonnements de conception

Si, comme nous l'avons montré, le processus de conception se définit comme un mouvement continu certes interrompu par des écritures - diagrammes, la question se pose de caractériser sa ou ses trajectoires aussi bien que les éventuelles règles de celle-ci. En premier lieu, cette question pourrait être rejetée comme non pertinente sous l'argument qu'il serait impossible que ce mouvement soit

⁷ Peu de méthodes ou d'outils du Génie Logiciel ont exploité cette possibilité à notre connaissance. On peut cependant citer *Structured Analysis and Design Technique* (SADT) qui en avait fait un principe méthodologique. Citons encore un outil de la société Cecima qui avait installé sur les diagrammes Entité-Association une fonction qui paraphrasait en phrases de la langue naturelle les conventions de notation des cardinalités des associations. Superflu pour les concepteur-experts, le dispositif était cependant très utile aux débutants en les obligeant ainsi à réfléchir sur ce que signifiait leur « dessin ».

gouvernable ou contrôlable, ou encore en raison du fait qu'il nous renverrait aux aptitudes individuelles du sujet concepteur. Dans ce cas, la conception resterait à tout jamais une énigme, éventuellement déléguée à la psychologie. Cette position constitue quelquefois une tentation dans les travaux qui insistent -à juste titre- sur l'aspect de créativité pure des phénomènes de conception. Mais, l'adopter reviendrait à ruiner l'entreprise que nous nous proposons. Le premier contre-argument réside dans une observation de sens commun. S'il n'y avait pas de règles qui gouvernent les processus de conception technique, on voit mal comment des personnes très différentes, dans des environnements très variés aussi bien du point de vue historique que du point de vue des types de problèmes traités, seraient parvenues à construire des systèmes logiciels qui fournissent (certes plus ou moins bien) des solutions informationnelles non seulement similaires mais reproductibles. Sous la trivialité de cette remarque se joue peut-être une différence de second ordre entre la conception dans le domaine des arts et dans celui de l'ingénierie. Le second argument contraire est que la destinée d'un processus de conception technique ne lui est pas singulière parce qu'il contient dans son propre fonctionnement les moyens de son contrôle, et ces moyens sont communs à tous les processus. Ceux-ci résident dans les modalités de l'articulation de l'analyse avec la synthèse. Toute synthèse est le sujet potentiel d'une nouvelle analyse, une règle que nous notons par la formule [(analyse) synthèse] analyse. Autrement dit les mouvements avant et arrière depuis un état quelconque de diagramme peuvent se conjindre, permettant ainsi des comparaisons d'états. Comparer des états de choses, c'est raisonner. Le rôle du raisonnement en conception nous semble être le parent pauvre des travaux de recherche dans le domaine. Tout juste peut-on faire mention de tentatives, aujourd'hui oubliées pour l'essentiel, qui ont pu préconiser la modélisation des systèmes d'aide à la conception comme des systèmes-experts, ce qui nécessitait en particulier d'explicitier des règles de la conception. Bien que d'une autre manière, l'approche que nous proposons s'inscrit dans cette tradition. Elle a malheureusement été supplantée par la croyance, que nous ne partageons pas, selon laquelle les règles de la conception se trouveraient exprimées dans le système « formel » de notation des diagrammes.

Si le mouvement de la conception est gouvernable par des raisonnements, il reste à les spécifier et ceci va nous conduire, pour les mettre ensemble, à aborder le problème de la méthode.

2.2.1 La trilogie élémentaire déduction, induction, abduction

En suivant des distinctions établies en logique depuis l'Antiquité, on peut équivaloir un état quelconque de diagramme avec une proposition. Cet état indique de manière distincte le sujet dont il tient lieu mais il ne professe rien quant à son interprétant : nous avons montré que celui-ci est seulement à venir plus tard. Que l'indication donnée de son sujet par le diagramme soit faite à l'aide d'une notation conventionnelle comme UML garantit dans une certaine mesure la reconnaissance partagée de

la forme du sujet indiqué par tous les lecteurs informés de la notation, mais elle ne garantit rien quant à la validité du diagramme lui-même. En raisonnant par l'absurde, si elle offrait cette garantie il ne serait pas nécessaire de recourir dans nos diagrammes usuels à des termes empruntés à la langue naturelle pour désigner les objets du diagramme (noms de classes, d'associations, etc.). Ces qualifiants en langue naturelle fonctionnent comme des index dont l'interprétation reste extérieure à la construction diagrammatique elle-même. En définitive, tout comme la proposition, un état de diagramme « laisse son interprétant être ce qu'il peut » (Peirce). Par contre la combinaison de plusieurs propositions peut, dans certaines conditions, constituer un argument qui, lui, ne laisse pas son interprétant, i.e. sa conclusion, « être ce qu'il peut ». Le cas d'école est bien sûr celui du syllogisme déductif (nous reprenons ici un exemple de Peirce) :

Tous les haricots de ce sac sont blancs (prémisse majeure ou règle)

Ces haricots sur la table proviennent du sac (prémisse mineure ou cas particulier)

Donc, ces haricots sont blancs (conclusion par déduction).

La conclusion d'une déduction est nécessaire et contraint donc l'interprétant. Il s'agit de la forme de raisonnement la plus connue aussi bien que la plus couramment utilisée. La contribution fondamentale de Peirce à la logique nous semble être d'avoir identifié deux autres formes alternatives de raisonnement dont l'une est l'induction. Bien que connue depuis longtemps, développée pour les besoins particuliers de nombre de sciences en plein essor au XIXème siècle, Peirce y a reconnu une forme de raisonnement qui fait part égale avec la déduction en inversant la figure du syllogisme déductif :

Ces haricots proviennent de ce sac ((prémisse majeure et cas particulier)

Ces haricots sont blancs (prémisse mineure et fait d'observation)

Donc tous les haricots de ce sac sont blancs (conclusion qui infère la règle par induction)

Bien sûr cette conclusion n'a pas la même force contraignante que celle de la déduction puisqu'elle est seulement probable. Elle peut cependant initier un calcul de probabilités justement. La découverte tout à fait originale de Peirce réside dans la possibilité d'une autre figure, en conséquence d'une seconde inversion possible du syllogisme déductif. Il s'agit de ce qu'il baptise inférence hypothétique dans un premier temps et, ultérieurement, abduction :

Tous les haricots de ce sac sont blancs (ancienne règle, actuellement fait d'observation)

Ces haricots sur la table sont blancs (fait d'observation)

Ces haricots proviennent du sac (hypothèse)

Cette troisième modalité du raisonnement offre une conclusion faible : une simple éventualité. Elle explique cependant comment des hypothèses peuvent se former. On constate d'ailleurs que dans cette forme d'argument les deux prémisses reposent sur l'observation. C'est bien sûr la forme privilégiée des

raisonnements de conception aussi bien que la raison d'être de nos diagrammes : des observations faites par le lecteur sur état courant du diagramme conduisent à des hypothèses (que nous avons qualifiées plus haut de questions). Enfin cette forme fait droit à part entière à l'aspect créatif du processus de conception. En effet à la différence de la déduction et de l'induction une information nouvelle est produite, bien que le statut en soit hypothétique. Malgré sa très faible force probante, l'abduction n'en constitue pas moins le « carburant » du processus de conception parce qu'elle initie un changement d'état du processus : sa faiblesse même oblige à essayer de la vérifier par des tests (ce que nous avons qualifié plus haut de réponses).

Les relations entre états de diagrammes paraissent bien avoir recours à ces trois formes de raisonnement. Depuis un état quelconque, le changement de rôle de l'auteur en lecteur peut initier une question, elle même inscriptible dans un nouvel état à titre hypothétique. L'accès à une (ou des) réponse(s) pourra conduire à un nouvel état du diagramme par nécessité (déduction et diagramme dérivé) ou seulement probabilité (induction et diagramme à contrôler). Nous disposons alors d'une boîte à outils, au nombre de trois, pour raisonner sur des diagrammes ; savoir dans quel ordre utiliser chacun d'eux nous renvoie au problème de la méthode.

2.2.2 Articulation des trois formes élémentaires de raisonnement dans un principe méthodologique

La question de la méthode surgit dès lors que l'on s'intéresse aux manières dont le cours de la conception peut se contrôler lui-même, une question de dialectique fin-moyens une fois de plus. Si l'on s'accorde pour dire que les trois formes d'argument qui ont été exposées constituent les moyens du processus de la conception, il faut disposer d'un principe d'organisation qui leur soit commun pour que ces formes puissent se conformer aux mêmes fins. C'est notamment sur cette base que Peirce fonde le rapport qu'il propose d'établir entre logique et philosophie. La logique est le moyen de la philosophie, d'où le caractère scientifique de cette dernière, et la philosophie constitue la finalité de la logique. Il se trouve que l'abduction comme forme élémentaire d'argument logique permet de manifester cette rencontre entre logique et philosophie. Nous nous sommes étonnés du fait que ses prémisses constituent toutes les deux des observations de fait, et contrairement aux autres formes d'argument, il n'y a donc pas à proprement parler de règle ni de cas. Cette caractéristique permettra d'ailleurs à d'autres systèmes ou écoles qui ont une conception différente du rapport logique-philosophie, de nier tout caractère logique à la formation d'hypothèses dans sa définition peircienne. On lui opposera alors le plus souvent un calcul mathématique et probabiliste concernant des choix décisionnels entre hypothèses

concurrentes, ce qui dans le contexte peircien est tout à fait impossible⁸. Pour Peirce, qui se recommande au contraire d'une « logique expérimentale », la formation d'hypothèse appartient à la logique, bien que pour partie seulement. Ceci le conduit à énoncer ce que nous appellerons la « forme méthodologique » de l'abduction :

The form of inference, therefore, is this:

The surprising fact, C, is observed;

But if A were true, C would be a matter of course,

Hence, there is reason to suspect that A is true

Cette seconde formulation prend en compte la nature du « principe directeur » qui gouverne l'agencement du raisonnement abductif proposé dans l'exemple des haricots. De cette manière, le principe directeur de l'inférence est intégré dans la forme de l'inférence elle-même. Les deux anciennes prémisses étaient deux observations indépendantes dont la mise en rapport était absente sinon dans la conclusion qu'elles engendraient. Désormais la première prémisse ajoute la notion de surprise. Dans le cours de la conception, ou de la pensée, une habitude se prend qui se heurte à un moment ou un autre à un fait extérieur. Cette prise en considération de l'habitus est issue de la philosophie. Dans le contexte de la conception technique, le fait surprenant se trouve dans la réponse de la tierce personne, qui dit par exemple : « *Votre diagramme associe une classe X avec une classe Y mais chez nous, ça n'existe pas* ». Cet énoncé de la tierce personne est un fait extérieur et surprenant parce qu'il s'exerce contre ce qui était tenu pour acquis dans le diagramme. En réaction à cette surprise, le fait surprenant engendre (« *But* ») un jugement de perception qui, à ce titre de jugement, relève de plein droit de la logique. Poursuivons notre exemple imaginaire. Supposons que l'observation du diagramme permette par exemple le jugement suivant : « *Mais si la classe X était associée à la classe Z qui se trouve elle-même associée à la classe Y, il est évident que l'association entre X et Y n'existerait pas* ». Cette seconde prémisse est elle aussi basée sur l'observation mais elle conduit à la conclusion inévitable selon laquelle si Z est associé à Y, alors X et Y ne le sont pas entre eux⁹ ; c'est une déduction. Enfin la conclusion est que cela vaut la peine de s'assurer que la classe X peut effectivement être associée à la classe Z, une induction. On voit donc ici comment la forme abductive initiale se trouve « transmutée » en principe méthodologique par adjonction de considérants purement philosophiques : l'habitude ainsi que le caractère action-réaction du rapport extérieur / intérieur. Chemin faisant, ce qui était une forme élémentaire d'argument logique devient principe général qui met ensemble, unifie, les deux autres formes d'argument, la déduction et l'induction au sein de la méthode. La formation d'hypothèse,

⁸ De tels choix relèvent pour lui de critères d'efficacité et d'économie de la recherche.

⁹ Nous simplifions à l'extrême cet exemple pour les besoins de l'explication. En fait, la question est plus complexe si l'on tient compte de la possibilité d'une association à trois non décomposable entre X, Y et Z.

initiatrice et première dans le développement d'un pas de conception devient forme complète et ultime de la méthode de contrôle du procès de conception tout entier. C'est très exactement ce que Peirce définira dans sa maxime pragmatiste.

Nous pensons avoir montré que toutes ces considérations, qui sont d'un grand niveau de généralité et d'abstraction tout autant que le résultat du travail de toute une vie pour Peirce, nous informent sur ce qui est à l'œuvre dans nos processus quotidiens en conception technique. La « forme méthodologique » de l'abduction nous propose en effet un modèle systématique qui relie écriture diagrammatique, observation, dialogue et raisonnement. Ce système était pour Peirce celui de la méthode de l'enquête scientifique, dont l'étude relève d'une discipline qu'il appelait « méthodeutique ». Jusqu'à ce point, nous n'y voyons pas de différence significative avec la démarche d'élaboration en conception technique.

Cependant, la méthode de la conception technique doit ajouter quelque chose à celle de l'enquête scientifique parce que les finalités en sont différentes. La science se propose de découvrir la vérité des choses, sans que des limites puissent lui être assignées de l'extérieur quant à sa durée ni aux ressources qui lui sont ou seront consacrées à l'avenir. Tel n'est pas le cas de la conception technique qui travaille sous la double contrainte du temps limité et des ressources disponibles en situation. On peut voir cette différence comme celle qui existerait entre un processus abstrait dont l'horizon temporel et les ressources seraient supposées infinies et un processus concret pour lequel c'est l'inverse. En particulier, le processus de conception technique doit nécessairement se terminer. C'est pourquoi nous proposerons d'ajouter aux éléments méthodologiques fondamentaux du raisonnement de conception les concepts de but et de décision qui fonctionnent comme contraintes supplémentaires. En réalité ces deux concepts ont fait et font encore l'objet de nombre de travaux notamment en Génie Logiciel et ce ne peut être le fruit du hasard. La notion de but vise à substituer à la notion philosophique de finalité une notion ingénieriale d'objectif à remplir dans un laps de temps déterminé. Cette substitution modifie très certainement la nature de la relation fins-moyens telle qu'elle est étudiée par la philosophie mais nous laisserons cette discussion de côté¹⁰. La notion de décision se dérive de la précédente : le processus de conception se trouvant contraint par les buts qui lui sont assignés, des choix sont à faire en certains points de son parcours qui concernent la suite de son développement, des choix établis selon des critères d'efficacité dans le contexte d'un projet. En conception technique, l'espace de recherche est limité par les nécessités d'une situation actuelle, ce qui n'est pas le cas de la méthode scientifique si on la considère dans son caractère général. Enfin, ces deux ajouts, but et décision, peuvent faire droit à des méthodes ou des stratégies particulières à la conception technique dont l'objectif est d'organiser le

¹⁰ Voir par exemple le concept de rationalité limitée développé par Herbert Simon.

processus selon la spécificité des buts et l'horizon temporel attribué aux décisions associées. Sur ce point et compte tenu de ces spécificités variables pour chaque cas de projet, on peut se demander s'il est souhaitable d'édicter une méthode générale valable pour tout projet de conception technique. Peut être vaudrait-il mieux considérer que celle-ci est à réinventer à chaque occasion de projet, dans son environnement et selon la culture technique des équipes participant au projet.

3. PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Cette activité de recherche se déroule au sein du laboratoire GREYC UMR 6032 du CNRS dans l'équipe Interaction Sémiotique, Langue et Diagrammes (ISLanD) dirigée par le Pr Anne Nicolle. Conformément à l'esprit dans lequel mon travail a été développé ces dernières années, je souhaite le poursuivre en continuant de relier l'enquête sur les aspects fondamentaux de la sémiotique, notamment ceux qui sont restés en suspens dans l'ouvrage, avec un travail sur la conception technique. En effet, le bilan que je fais est que, au moins pour la question de la conception mais très probablement de manière plus large, les pôles apparemment opposés de la recherche fondamentale et de la recherche technologique s'alimentent l'un l'autre. La recherche fondamentale a besoin de son laboratoire au sein duquel elle peut observer, tester et évaluer ses propositions. La recherche technologique a besoin de la précédente pour connaître les lois des phénomènes sur lesquels elle travaille, prendre une distance d'autant plus indispensable qu'elle se trouve aux prises avec l'évolution très rapide des technologies (langages et modèles de programmation, de spécification, ou de communication ; méthodes et outils de conception de logiciels). Faute de cette distanciation, je pense que la recherche à visée technologique ne peut ni analyser, ni anticiper ou prévoir les évolutions auxquelles elle est confrontée. Enfin, cet aller-retour que je crois indispensable pour le chercheur l'est encore davantage pour l'enseignant, fortement préoccupé comme je le suis, de transmission des savoirs. L'enseignant d'une discipline technologique est certainement celui qui a le plus besoin de cette distanciation s'il veut être en mesure de sélectionner les connaissances qu'il faut enseigner aujourd'hui pour qu'elles soient augmentées par ses étudiants demain.

En matière de perspectives, je ne cacherai pas le sentiment de me trouver face à un trop plein dont j'ai la conscience d'être incapable de l'épuiser. Je sélectionnerai donc ci-dessous quelques points en forme de liste non ordonnée qui me paraissent actuellement essentiels, comptant sur l'expérience ultérieure pour les mettre en ordre.

3.1 Travaux ouverts en ingénierie de la conception

Bien qu'ils soient liés à la perspective sémiotique, des centres d'intérêt plus spécifiques à la conception technique peuvent être repérés. L'un réside dans le fait que la conception technique ayant été replacée dans un contexte plus général, il est possible d'envisager des opérations de recherche communes à différents secteurs de l'ingénierie. L'Architecture y dispose de l'avantage de la primauté historique et d'une très longue expérience. Mais il s'agit aussi de toutes les disciplines de l'ingénieur dont précisément le point commun réside dans la question de la conception technique ; un point

commun reflété dans le label de « génie » (génie civil, génie industriel, chimique, des procédés, etc.). Les résultats que nous propose la sémiotique sont de nature à permettre non seulement des échanges d'expériences dans ces domaines très différents mais surtout à permettre la capitalisation des expériences sectorielles dans une problématique de recherche commune clairement identifiable. D'autre part, ce que la conception technique peut apporter à la sémiotique est l'expérimentation de ses résultats.

Test des résultats de la sémiotique.

Deux grandes directions de travail m'apparaissent à ce titre. La première est la vérification expérimentale et informatiquement instrumentée du modèle (à améliorer et critiquer sans doute) qui a été développé pour les raisonnements de conception. Ce modèle, que nous espérons complet, est suffisamment riche pour faire l'objet d'un programme de recherche à part entière : dynamique des trois formes de raisonnement ; succession des états de diagrammes dans un dialogue auteur, lecteur, tierce personne ; buts et décisions. L'objectif de cette expérimentation est de vérifier que les outils théoriques dont nous disposons ont bien un caractère opératoire en conception technique mais aussi d'en évaluer les limites.

La seconde direction est celle de l'analyse sémiotique des contenus de diagrammes. Par rapport à la précédente, elle fonctionne plutôt à rebours : partant de l'état actuel des connaissances de conception par diagrammes, il s'agit de vérifier ce qui est prédit par la théorie. Un sujet particulièrement intéressant consiste, à partir de diagrammes UML par exemple à trouver comment ils peuvent se situer parmi les 4 types de diagrammes distincts qui ont été proposés dans le livre. Un autre sujet -que j'avais déjà abordé il y a quelques années mais de façon prématurée sans doute- consiste à identifier dans les diagrammes de conception les types de signes à l'œuvre ainsi que les combinaisons autorisées ou interdites. Bien qu'il soit à dominante iconique, et à ce titre sujet d'un régime interprétatif unique (celui qui est le moins contraint), tous nos diagrammes de conception de systèmes informatiques s'aident aussi d'index et de symboles. Identifier leurs fonctions respectives dans la tâche de conception serait de la plus grande utilité. Ceci passe par la mise au banc d'essai de l'architecture (hypothétique) des 66 classes de signes qui a été proposée, et en particulier le repérage en situation concrète des différents registres interprétatifs qui sont prédits par la nomenclature. Le bénéfice attendu de ces travaux pourrait être celui d'une amélioration de l'outillage de la conception technique (en particulier l'amélioration de la notation), ou encore la prescription de modes d'emploi d'une notation plus adaptés à certains genres prédéfinis de situations de conception.

Pour ces travaux qui sont à titre principal de l'ordre de l'expérimentation, il se trouve qu'un projet de contrat de taille conséquente avec une société privée est en cours de mise en place au GREYC. Son

sujet, *Représentation Interactive de Processus Métier*, est tout à fait de nature à fournir un terrain d'expérimentation qui éviterait les défauts d'un terrain artificiellement construit.

Logiciels d'aide à la conception

J'ai souligné dans le livre l'intérêt de distinguer entre un logiciel visant à l'étude générale des phénomènes de conception, lequel relèverait d'un souci de recherche théorique et un logiciel d'aide à la conception qui relèverait de l'outillage intelligent de la conception technique. Ce dernier est celui qui est visé au paragraphe précédent. Cependant, et j'ai expliqué cette distinction à nouveau sur la question de la méthode (§ 2.2.2), l'écart n'est pas considérable si ces propositions se trouvent validées ; il suffirait de prendre en compte, par adjonction, les concepts de but et décision ainsi que la particularisation de la méthode générale. Evaluer ce qui change dans les résultats et dans les modèles lorsqu'on passe d'une configuration à l'autre serait un objectif susceptible d'apporter des renseignements utiles sur la nature de la différence.

Architectures logicielles

Il s'agit ici davantage d'une thématique de recherche à laquelle je suis attaché depuis longtemps que d'une perspective nouvelle ouverte par les travaux récents. Cependant, au moins au même titre que les diagrammes, elle me paraît utile pour informer le sujet de la conception technique. Le problème principal des architectures logicielles, c'est précisément qu'elles sont désormais à concevoir alors qu'elles ont été depuis les débuts de l'informatique imposées par l'état de l'art de la technologie, voire par les architectures matérielles elles-mêmes. Des techniques nouvelles s'y font jour aussi bien en termes de développement logiciel (Frameworks, architectures à base de composants) qu'en termes de conception (Design Patterns, lesquels reposent dans ma lecture sémiotique des choses sur les propriétés de la relation d'iconicité).

3.2 Travaux ouverts en sémiotique générale

L'une des motivations essentielles de l'ouvrage était de porter à la connaissance du public les résultats de mon travail d'une décade sur l'œuvre de Peirce. Pour diverses raisons, je ne le considère pas comme achevé. En effet j'ai centré le propos sur la partie du système peircien qui me semblait pertinente pour la conception en général, technique en particulier. Accessoirement, l'objectif était de montrer le caractère actuel du premier pour les secondes. J'ai donc délibérément laissé de côté l'étude de certains aspects de ce système dont certains sont très probablement fondamentaux, par exemple les Graphes Existentiels ou encore certains points philosophiques importants. Au chapitre de l'actualité de

cette pensée, j'ai évité de prendre de front la question épistémologique telle qu'elle se présente aujourd'hui : le rapport de la sémiotique peircienne à la linguistique, à la sémiologie d'inspiration structuraliste, à la psychanalyse, aux mathématiques, à l'informatique, aux sciences de l'information et de la communication et plus largement aux sciences cognitives. Par inclination personnelle mais aussi pour des raisons scientifiques, ces questions m'intéressent et je pense donc continuer à m'y intéresser. Au-delà de ces insuffisances générales, certaines questions qui me paraissent mériter l'intérêt, y compris du strict point de vue de la conception technique, sont restées dans l'ombre.

Renouer les trois figures du signe

Le fil directeur de l'ouvrage consiste en une succession de figures dont la fonction est de montrer les différences de registres entre la forme-signe logique (Chap. 2), la dynamique des procès sémiotiques (Chap. 3) et la structure relationnelle des signes-phénomènes qui se manifestent à la conscience (Chap. 4). J'ai utilisé une formule essentiellement iconique pour rendre compte des rapports entre ces trois registres : [(analyse) synthèse] analyse. Si je pense avoir soumis à la discussion un cadre explicatif des deux premiers éléments et de leurs relations, notamment la place occupée par l'Imaginaire et le fondement du signe, le troisième temps, celui de la seconde analyse reste inachevé. En effet, pour que la formule fasse système, il faut montrer en quoi elle est suffisante, c'est-à-dire en quoi son développement redonne la formule elle-même ; il faudrait aussi donner la signification d'une telle clôture du système. L'hypothèse, développée à l'occasion de la relation entre les deux sortes de classifications du signe, est que, si Peirce semblait bien avoir une conception de cette clôture (nécessairement d'ordre logique), il était vers la fin de sa vie en quête d'une détermination plus précise. Je n'ai pas de sources qui permettent d'en attester (mais beaucoup restent à l'état de manuscrits et de micro-films), seulement une série d'indices convergents. A titre d'exemple je citerai son travail sur le troisième niveau des Graphes Existentiels qu'il appelait *Gamma Graphs*. Souvent considéré aujourd'hui comme relevant des logiques modales, ce travail me semble avoir été beaucoup plus ambitieux en essayant de trouver un système de notation qui permette de manipuler la conjonction logique entre possibilité, actualité, nécessité. Je citerai encore la question controversée de la « preuve » de la maxime pragmatiste et surtout de sa nature, et enfin les enjeux de son travail de classification dans la nomenclature en 10 divisions. En termes mathématiques, il me paraît s'agir de la figure, hypothétiquement bouclée, que l'on obtient par triadisation de trois triades, ces dernières étant respectivement représentatives de chacune des catégories philosophiques et logiques fondamentales : priméité, secondéité, tiercéité. Refaire ce nœud est en premier lieu une question d'expérimentation sémiotique et en second lieu une question de forme topologique me semble-t-il. Cette conjecture est un véritable enjeu scientifique, pour la théorie et la pratique. Sur le plan théorique l'enjeu est celui d'une

explication simple d'un système sémiotique qui est, lui, extraordinairement complexe par sa nature même. Sur le plan pratique, nombre de conséquences, à peine aperçues pour le moment, pourraient alors se faire jour. J'espère l'avoir montré bien sûr pour ce qui concerne une logique de la conception, mais plus largement c'est également un enjeu pour tous les domaines dont le sujet porte sur une instrumentation des signes qui offre un caractère opératoire. Pour fixer les idées, citons par exemple en sciences de l'éducation ce qui est à l'œuvre dans la dialectique explication - compréhension dont les deux pôles me paraissent être une réplique de la formule analyse - synthèse. Cette question redouble aussi celle des moyens par lesquels nos machines informatiques peuvent contribuer, et dans quelle mesure, à assister nos propres processus de conception : dans ce mouvement de l'analyse et de la synthèse, quelle est la part qui peut être assurée par l'ordinateur, quelle est la part qui doit être le fait de l'esprit humain et enfin la manière dont les deux parties peuvent se rejoindre pour faire sens ?

Théorie de l'information et de la communication

Le concept d'information tel qu'il est théorisé par la sémiotique peircienne semble a priori complètement étranger à l'état actuellement reçu de la question en mathématique ou physique de l'information¹. Cette incompatibilité apparente nous paraît devoir - et pouvoir- être questionnée. Elle n'a pas été abordée directement dans mes travaux mais elle me semble concerner le problème de la matérialité du signe. J'ai traité du signe, dans une approche logique, comme d'une sorte d'essence abstraite. Or, du fait que son actualisation passe par son incorporation dans un réseau organisé et organique, il y a tout un travail de recherche à mener sur la physique de ces réseaux sémiotiques, à savoir les matières dans lesquelles ils s'incorporent. Au risque de suggérer ici une sorte de pot-pourri sémiotique, j'ajouterai que les artistes plasticiens auraient vraisemblablement quelque chose à nous apprendre ici. Peut-être la nature matérielle du signe, vue comme consécutive à son actualisation est-elle susceptible du traitement probabiliste bien connu en mathématique de l'information. Quant à l'informatique elle est concernée via la question de l'encodage, de la cryptographie aussi bien que par le paradigme de Système de Traitement de l'Information. Toutes ces questions sont prospectives à l'extrême ; on peut cependant envisager que la sémiotique leur apportera un jour son propre éclairage.

Observation et expérience collatérales.

Je conclurai cette revue des questions de sémiotique générale ouvertes dans mon travail par un point plus particulier mais que je crois important, notamment pour les processus de conception. L'approche non référentielle de la conception peircienne de l'objet du signe conduit à une difficulté apparente qui est celle de l'identification de cet objet en situation. La question se pose bien sûr pour moi dans le

registre du signe actualisé. Autrement dit, dans le cours d'un processus de conception, comment l'objet du signe -et donc du diagramme- peut-il être reconnu (reconnu = perçu comme identique à un autre) ? La réponse récurrente de Peirce est celle d'une observation collatérale mais il ne précise pas, à ma connaissance ni la raison d'être, ni véritablement les conditions de cette identification. A ce titre, on est même en droit de se demander s'il s'agit d'un concept fondateur dans son système ou bien simplement d'un concept dérivé déjà impliqué par d'autres. C'est cette seconde explication qui a ma préférence mais elle vaudrait d'être justifiée. Pour cela, il faudrait reprendre sa vision différentielle (au sens mathématique du terme) du processus de pensée. Dans le cours de la pensée, ou de celui d'une conception qui en suit une autre (deux états successifs d'un même diagramme par exemple), une seule quantité différentielle peut être saisie. Elle n'est pas suffisante pour égaliser deux objets : pour conclure que $a_1 = a_2$ il faut encore pouvoir rattacher la différence $a_1 - a_2$ à a lui-même, soit annuler la différence. Cette annulation exige quelque chose d'antérieur au procès lui-même, un antérieur qui lui est donc extérieur (collatéral) en ce moment. Cet antérieur serait l'expérience et marquerait ainsi la place de la mémoire tout autant que du social dans le système peircien. A ma connaissance, il n'a pas développé ce point mais il serait de nature à ouvrir le noyau logique de sa sémiotique non seulement vers une socio-sémiotique mais aussi vers une approche cognitive en sémiotique.

¹¹ On peut d'ailleurs se demander s'il n'y en a pas deux, l'une physique et l'autre mathématique

ANNEXE

CURRICULUM VITAE

Nom: Morand

Prénom: Bernard

Date de naissance: 4 octobre 1947

Fonctions actuelles: Maître de Conférences en Informatique, Département Informatique, Institut Universitaire de Technologie de Caen, Université de Caen.

Adresse professionnelle: IUT, Rue Anton Tchekhov, BP 53, 14123 Ifs Cedex.

Adresse électronique: morand@iutc3.unicaen.fr

Adresse personnelle: 2 avenue de la Cité Minière, 14190 Saint Germain Le Vasson

Cursus de formation et cursus professionnel:

1962: Admission Ecole Normale d'Instituteurs de Caen.

1965: Baccalauréat Série M' (Mathématiques), Académie de Caen.

1967: 2ème Année Licence es Sciences Economiques, Université de Lyon

Admission Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique de Cachan (Série D)

1969: Licence es Sciences Economiques (Bac + 4), Université de Paris, mention Passable.

1970: Diplôme d'Etudes Supérieures de Sciences Economiques, Université de Paris-Panthéon.

Certificat d'Aptitude au Professorat à l'Enseignement Technique (CAPET, Série D2)

1971-1972: Service national

1972-1981: Professeur Certifié de Sciences et Techniques Economiques, Lycée Jean Rostand, Caen.

1981-1995: Professeur Certifié, détaché à l'IUT de Caen, département G.E.A., Chargé des enseignements d'Informatique générale en 1ère Année, de Systèmes d'Information en 2ème Année

1985- ...: Chargé du cours et TD de Méthodologie d'informatisation, cycle B du CNAM Caen

1990- ...: Chargé du cursus valeur C, filière Informatique d'entreprise, CNAM Caen

1990: Dispense de DEA en vue de préparer la thèse, Conseil Scientifique de l'Université de Caen.

1991-1996 : Chargé du cours Génie Logiciel à l'ISMRA, ENSI de Caen

1994: Thèse de Doctorat en Informatique de l'Université de Caen (mention : félicitations du Jury).

Directeur: A. Nicolle, Membres : A. Flory(Président, Lyon), J.-L. Le Moigne (Rapporteur, Aix), M. Léonard (Rapporteur, Genève), A. Nicolle (Caen), S. Pinson (Paris-Dauphine) et K. Zreik (Caen).

Qualification aux fonctions de Maître de Conférences.

1995- ... : Maître de Conférences 27^{ème} section, Département Informatique, IUT de Caen. Chargé des enseignements d'Analyse et Conception des Systèmes d'Information.

2000: Chargé du cours Design Patterns, Maîtrise d'Informatique, Université de Caen.

2002- ... : Chargé du cours Modélisation de Bases de Données, Licence Professionnelle Activités du Tourisme, IUT de Caen

2004 : Chargé du cours Interprétation des textes et diagrammes (en collaboration) dans le Master Recherche Informatique 2^{ème} Année, Langue, Image, Document de l'Université de Caen

Activités d'administration et autres responsabilités collectives

1987-1989: Chef du Département GEA, IUT de Caen.

1986-1990: Membre du Conseil d'Administration de l'Université de Caen (Président de la Commission des Statuts).

1992-1995: Membre du Conseil d'Administration de l'IUT de Caen.

1993-1994: Chargé de mission pour l'ouverture du Département Informatique de l'IUT de Caen, Campus III.

1995-1997: Chef du Département Informatique, IUT de Caen.

2000-2002 : Directeur des Etudes 2^{ème} Année, département Informatique, IUT de Caen

Encadrement de travaux de recherche :

1990-... : Direction de 15 mémoires d'ingénieurs CNAM soutenus en Informatique d'Entreprise. Les sujets couvrent nombre de thèmes innovants en informatique : systèmes répartis à objets, régulation optimisée de systèmes physiques, bases de données objets, systèmes d'aide à la décision, interfaces graphiques, gestion de documents électroniques, langages de scripts, échange de données informatisé, optimisation physique d'une base de données relationnelle, bureautique communicante, etc.

Encadrement d'un mémoire de DEA (Nicolas Héron)

Co-encadrement de la thèse de Sylvain Sauvage (Patrons de conception pour les SMA)

Animation de la recherche

Membre de deux jurys de thèse en 27^{ème} section et d'un jury en Sciences du Langage.

Membre régulier du Comité de Programme du Congrès INFORSID

Participant actif du GdR PRC I3 et membre du comité de programme du Workshop Objets, Composants, Modèles depuis sa création.

Membre de l'AFIA et de l'ARCo

Contribution active aux forums électroniques Peirce-list (USA) et GdSemio.com (France)

PUBLICATIONS

(Certains articles de substance très similaire ayant fait l'objet d'une double publication en Français et en Anglais sont identifiés par une référence unique. Les résumés sont accessibles à <http://www.iutc3.unicaen.fr/~moranb/publications.htm>)

Ouvrage

1. *Logique de la conception. Figures de sémiotique générale d'après Charles S. Peirce.* 289 p., L'Harmattan, Collection L'Ouverture Philosophique, 2004

Chapitre d'ouvrage

2. *Arguments pour une sémiotique de la conception* dans *Intelligence en conception*, Ouvrage collectif coordonné par Ph. Deshayes et B. Yannou, à paraître

Articles publiés dans une revue d'audience nationale:

3. *Les sens de la signification. Pour une théorie a priori du signe.* Intellectica, Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive, Vol. 2, n°25, 1997, pp 229-279.

4. *Statut épistémologique des modèles en conception des systèmes d'information.* Revue Ingénierie des Systèmes d'Information, Vol. 3, n°5, 1995, pp. 665-700.

Communications acceptées à une manifestation d'audience internationale avec comité de sélection:

5. *Models Transformations: From Mapping to Mediation.* Workshop WISME, UML Conference, Dresde 2002.

6. *Representation Process and Abductive Reasoning. An Experimental Approach of the Diagrammatic Case.* International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2000). July 4th- 7th 2000. Stafford (UK). Publié dans l'ouvrage *Enterprise Information Systems II*, Kluwer Academic Publishers, 2002.

7. *Modeling: Is it Turning Informal into Formal?* International Workshop <<UML>>'98, Beyond the Notation, 3rd-4th June 1998, Mulhouse, Lecture Notes on Computer Science, n° 1618, Bezivin & Muller (eds), Springer-Verlag, 1999.

8. *From Data, Process and Behaviour Perspectives to Representation as a Semiotic System for IS Modeling.* CESA'96 IMACS Multiconference, Lille, July 9-12, 1996.

4a. *Epistemological Status of Models used in Information System Modeling*, International Conference on Systems Concepts (ISCO3), Working Group 8.1, IFIP, Marburg 28-30 mars 1995 (Poster).

9. *Abstract agents, actors and resources. A template for Information Systems Modeling*, International Conference IEEE on Systems, Man and Cybernetics, Le Touquet, 17-20 octobre 1993.

Communications acceptées à des manifestations d'audience nationale avec comité de sélection:

6a. *Le processus de représentation, un cadre préliminaire pour une approche expérimentale du cas des diagrammes*. Conférence Ingénierie des Connaissances 2000. 10-12 Mai 2000, Toulouse.

10. *Le diagramme : à la périphérie ou au cœur de la cognition ?* Rencontres interdisciplinaires sur les représentations graphiques dans les systèmes complexes naturels et artificiels, 9^{èmes} Journées de Rochebrune, 30/01- 4/02 2000, ENST Paris, pp.

11. *Le processus de représentation par diagrammes*, 01Design'99, 6^{ème} Table Ronde sur les sciences et techniques de la conception, "Conception des nouveaux systèmes d'information", 14-15 décembre 1999, Saint Ferréol, Europa Productions, pp. 123-144.

12. *Le diagramme, le modèle et le signe*, Rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes et artificiels, 7^{èmes} Journées de Rochebrune, "Quelles relations entretenons-nous avec nos modèles ?", 2-6 février 1998, ENST 98 S 001 Paris, pp. 77-93.

13. *De Merise à la conception orientée objets : quelles ruptures, quelles continuités pour le processus de conception ?* Congrès Merise et les autres, Versailles 5-7 octobre 1994. pp. 311-330.

14. *Processus de conception des systèmes d'information: objectifs, fonction et statut des modèles*. Communication à la Troisième table ronde francophone sur la conception, 01Design'93, Tunis, 18-20 novembre 1993

9a. *Agents, acteurs et ressources: un modèle orienté représentation des connaissances pour les systèmes d'information*, Congrès INFORSID, Lille, 11-14 mai 1993, pp. 259-276.

15. *Ajouter un niveau d'abstraction aux modèles de données*, Congrès INFORSID, Clermont-Ferrand, 19-22 mai 1992, pp. 457-475.

Communications acceptées à une manifestation d'audience nationale sans comité de sélection:

16. *Cinq approches pour définir le concept d'architecture logicielle*. Journée du PRC GdR I3, Lyon, 13 décembre 2001

17. *Note de synthèse sur la question de l'Organisation en Sciences de Gestion*, Journées d'étude du groupe de travail Colline, 1999.

18. *Le Dire et le Savoir. A propos d'un cas de conversation professionnelle*, 6^{ème} Rencontre MCX, Poitiers, Juin 1997.

19. *Note de lecture de l'ouvrage "Vers une informatique cognitive dans les organisations. Le rôle central du langage"*,(V. Prince, Masson). Bulletin de l'AFIA, n° 28, Janvier 1997.

8a. *Des perspectives orientées données, processus et comportement au concept de Représentation comme système sémiotique pour la conception de l'information*, 5^{ème} Rencontre MCX, Aix-en-Provence, 4-5 juillet 1996.

20. *Trois arguments et trois propositions pour concevoir des systèmes d'information organisationnels*. Séminaire De l'objet au système, GRASCE, Aix-en-Provence 10-11 Mars 1994

21. Contribution à l'ouvrage collectif de synthèse : *Méthodes d'analyse et de conception orientées objet des systèmes d'information*, Groupe de travail COOSI, AFCET 1993, ISBN 2-903677127-3

22. *Faut-il renouveler les méthodes de conception de systèmes d'information?* AFCET Interfaces, Spécial objets n° 103/104 Mai/Juin 1991, pp.59-66.

Thèse

Processus de conception des systèmes d'information avec un modèle d'acteurs. Essai sur le Système de Représentation. Thèse de Doctorat de l'Université de Caen, Spécialité Informatique, 18 février 1994.

Exposés et contributions aux :

Groupe de travail SMA du PRC-GDR I3 et AFIA, Groupes de travail Systèmes d'information puis COOSI de l'AFCET, Séminaire de DEA Université de Lyon II, Projet PIC GIS Sciences Cognitives CNRS, Séminaire RIAS (MRSH, Université de Caen), Séminaires du GREYC (Université de Caen).