

Signes formels et computation numérique : entre intuition et formalisme

Critique de la raison computationnelle

Bruno Bachimont

Direction de la recherche et de
l'Expérimentation
Institut National de l'Audiovisuel
4 avenue de l'Europe
94366 Bry sur Marne
Bbachimont@ina.fr
00 33 1 49 83 24 66

Heudiasyc CNRS/UMR 6599
Centre de recherche de Royallieu
Université de Technologie de Compiègne
BP 20259
60205 Compiègne Cedex
Bruno.Bachimont@utc.fr
00 33 3 44 23 49 74

INTUITION ET FORMALISME	2
LE LEGS DU 17^E SIÈCLE	2
UNE SITUATION CONTEMPORAINE ANALOGUE : CALCUL ET SIGNIFICATION	3
TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES ET ÉCRITURE	5
DE LA RAISON GRAPHIQUE À LA RAISON COMPUTATIONNELLE	6
L'ÉCRITURE ET LA SYNTHÈSE	7
LA TECHNIQUE ET LA SYNTHÈSE	8
LES STRUCTURES DE LA RAISON GRAPHIQUE	9
DU GRAPHIQUE AU CALCUL	9
UN RAISON COMPUTATIONNELLE ?	10
LES STRUCTURES DE LA RAISON COMPUTATIONNELLE	11
RAISON GRAPHIQUE	12
CRITIQUE DE LA RAISON COMPUTATIONNELLE	12
LE PROBLÈME DE L'INTELLIGIBILITÉ	12
LA RHÉTORIQUE COMME PRINCIPE RÉGULATEUR DU DISCURSIF NUMÉRIQUE	13
NATURE PHYSIQUE ET NATURE SYMBOLIQUE	14
NATURE SENSIBLE	15
CONCLUSION	15

Intuition et formalisme

Le legs du 17^e siècle

Les signes constituent des supports précieux pour le raisonnement, en particulier pour le raisonnement logique et scientifique. C'est au 17^e siècle que se sont forgées les principales conceptions du signe et de son rôle dans le raisonnement. On distinguera en effet l'intuitionnisme géométrique de Descartes, le formalisme arithmétique et algébrique de Leibniz¹, et en troisième lieu le raisonnement philosophique qui, comme Kant le soulignera plus tard, en digne héritier de ces réflexions sur le signe, constitue une position intermédiaire².

L'intuitionnisme géométrique cartésien correspond au fait que le signe présente directement et immédiatement (*i.e.* sans médiation) le contenu dont il est le signe. C'est par exemple la figure géométrique. Le raisonnement s'effectue en étant guidé par la figure dans la mesure où elle donne à voir directement ce dont il s'agit : en suivant la lettre symbolique de la figure, le géomètre n'a pas besoin de mobiliser des entités signifiées et absentes ; la signification est ici immanente à la figure qui montre ce qu'elle signifie. C'est la raison pour laquelle elle permet de suivre de manière assurée et véridique les raisonnements où la force de la forme est au service d'un contenu signifié constamment adhérent à la forme signifiante et directement appréhendable. L'exactitude des raisonnements et le fondement de leur vérité reposent par conséquent sur l'évidence (*i.e.* étymologiquement, ce qui saute aux yeux, ce qui ressort). La forme de la figure n'a donc de valeur que dans la mesure où elle donne à voir.

Le formalisme algébrique leibnizien emprunte une toute autre voie. En effet, l'évidence restant entachée de subjectivité et d'arbitraire, le mathématicien formaliste mobilise un symbolisme qu'il manipule à travers une combinatoire réglée par des lois formelles, c'est-à-dire appliquées uniquement en vertu de la forme indépendamment du contenu signifié. Le recours à un symbolisme entraîne une économie cognitive permettant de mener des raisonnements complexes où l'on ne peut avoir tous ses éléments présents à l'esprit :

Tout raisonnement humain s'accomplit au moyen de certains signes ou caractères. Ce n'est pas seulement les choses elles-mêmes mais aussi les idées des choses que l'esprit ne peut et ne doit pas observer toujours de façon distincte ; c'est pourquoi on a mis des signes à leur place, afin d'abrégé. En effet, si un géomètre, à chaque fois qu'il nommait une hyperbole, une spirale ou une quadratrice au cours de ses démonstrations, devait se contraindre à faire figurer exactement au préalable leur définition ou leur mode d'engendrement ainsi que, à leur tour, les définitions des termes qui interviennent dans ces définitions, c'est très lentement qu'il en viendrait à déceler quoi que ce soit de nouveau ; si un arithméticien pensait continuellement au cours de ses calculs aux valeurs de toutes les marques ou chiffres qu'il écrit, ainsi qu'à la multitude des unités, il ne viendrait jamais à bout de longs calculs, pas plus que s'il voulait se servir d'autant de cailloux ; quant au juriste enfin, il ne peut pas parcourir toujours par l'esprit les réquisits essentiels, souvent longs, des actions, exceptions, bénéfices de droit, chaque fois qu'il les mentionne, et il n'en a aucun besoin. Ainsi a-t-on assigné des noms aux contrats, aux figures, à des espèces variées de choses, ainsi que des signes aux nombres en arithmétique et aux grandeurs en algèbre, de sorte que si l'expérience et le raisonnement nous ont un jour fait faire des découvertes sur certaines choses, on puisse par la suite conjindre en toute sécurité les signes des uns et les signes des autres. Leibniz, *Projet de préface à la science générale*, GP VII 204.

Ainsi, le raisonnement est mené de manière assurée, non parce qu'il s'appuie sur un contenu manifesté et rendu visible par un symbolisme géométrique, mais parce qu'il mobilise la manipulation de signes matériels effectifs qu'il suffit de considérer en eux-mêmes et indépendamment de ce qu'il signifie.

¹ *Leibniz critique de Descartes*, Yvon Belaval, Gallimard, 1960.

² *Kant et les mathématiques*, Franck Piérobob, Vrin, 2003.

Les preuves ou expériences qu'on fait en mathématiques pour se garantir d'un faux raisonnement ... ne se font pas sur la chose même, mais sur les caractères que nous avons substitués à la place de la chose. *Opuscules et fragments inédits de Leibniz*, sélection de textes de L. Couturat, 1903, p. 154.

C'est ce qui se passe déjà dans l'arithmétique mais en fait surtout en algèbre : à partir d'une correspondance établie initialement entre les symboles et des entités, extérieures au symbolisme, qu'ils signifient, la manipulation algébrique est menée en ne considérant plus ces entités pour, finalement, réassocier aux symboles par lesquels le résultat se réduit les entités correspondantes et trouver la solution recherchée. Kant le paraphrase de manière tout à fait claire ainsi :

Puisque nous ne traitons ici nos propositions que comme des conclusions immédiates d'expériences, je m'en rapporte d'abord, en ce qui concerne celle-ci, à l'arithmétique, aussi bien à l'arithmétique générale des grandeurs indéterminées qu'à celle des nombres où l'on détermine le rapport de la grandeur à l'unité. Dans l'une et l'autre sont d'abord posés, à la place des choses mêmes, leurs signes avec la désignation particulière de leur accroissement ou de leur diminution, de leurs rapports, etc., et on procède ensuite, avec ces signes, selon des règles simples et certaines, par permutation, combinaison et soustraction, et par toutes sortes d'autres changements, de telle manière que les choses significées elles-mêmes y sont laissées entièrement en dehors de la pensée, jusqu'à ce qu'à la fin, dans la conclusion, la signification symbolique de la conséquence en soit déchiffrée. Recherche sur l'évidence des principes de la théologie naturelle et de la morale Ak II, 278.

D'une certaine manière, intuitionnisme et formalisme se rejoignent : dans les deux cas, on ne mène le raisonnement sur le contenu que sur la foi de ce qu'on voit et manipule concrètement. Dans l'optique intuitionniste, le contenu est là aussi sous les yeux, adhérent et immanent au symbolisme, dans l'optique formelle, le contenu n'a pas besoin d'être considéré. Bref, soit le contenu est présent, soit on peut s'en passer, mais on ne raisonne que sur la présence des symboles.

Tout autre est le raisonnement philosophique. En effet, ce dernier s'appuyant sur la langue naturelle, il doit mobiliser des concepts à travers des mots et l'esprit doit faire l'effort de toujours mettre sous le regard de l'esprit le contenu signifié mais non manifesté par les symboles. Contrairement à l'intuitionnisme, les mots et symboles du raisonnement conceptuel et philosophique ne manifestent pas directement le contenu. Contrairement au formalisme, on ne peut pas se passer de le considérer pour mener à bien le raisonnement. Ce type de raisonnement ne semble alors ne pas pouvoir trouver de méthode le guidant avec assurance et certitude dans la voie de la vérité, car il doit toujours se protéger du verbalisme, c'est-à-dire la tendance formelle à faire confiance aux mots et à leur combinaison sans vérifier les implications au niveau du contenu, et du mysticisme, c'est-à-dire la tendance intuitionniste à se fonder sur un contenu qu'on ne peut jamais voir ni communiquer ou faire partager. Pris entre une forme reflétant imparfaitement le contenu et un contenu non directement accessible, le raisonnement discursif fondé sur les signes linguistiques bénéficie d'une combinatoire dont l'aveuglement au contenu conduit à la cécité du raisonnement. C'est pourquoi la puissance formelle ne peut être qu'un support à l'exercice de la pensée et sa substitution algébrique.

Une situation contemporaine analogue : calcul et signification

L'informatique peut être comprise comme une automatisation des raisonnements menés dans les systèmes formels³, ces systèmes algébriques formalisant le raisonnement logique et mathématique. Ces systèmes algébrisent en effet l'activité mathématique elle-même et non les objets sur lesquels cette dernière porte habituellement. Dans cette optique, l'informatique est une conséquence directe et extrême du formalisme algébrique leibnizien, repris comme le sait

³ *Mind Design*, John Haugeland, MIT Press, 1981.

par D. Hilbert lors de la crise des fondements des mathématiques⁴ : la manipulation aveugle de signes considérés indépendamment de leur contenu permet de mener à bien les calculs.

Le formalisme aurait donc définitivement gagné la partie sur l'intuitionnisme cartésien et il serait ainsi devenu la seule conception adéquate pour comprendre le statut des programmes informatiques et leur fonctionnement.

Cependant, il n'en est pas ainsi.

Il faut en effet distinguer deux manières très différentes d'utiliser les systèmes informatiques. Selon la première, on considère un ensemble d'entités mathématiques représentées par un symbolisme précisément défini. Ce symbolisme, manipulé par des règles formelles (indépendamment du contenu signifié), peut être mis en œuvre via un programme. Le comportement aveugle du programme reste cependant adéquat au contenu, à l'instar du formalisme mathématique ou leibnizien. Le résultat du programme est intelligible car on sait avec exactitude et précision associer à chaque signe du symbolisme informatique une entité du monde mathématique étudié.

Dans la seconde situation, on ne manipule pas des symboles associés à un modèle mathématique, mais des symboles librement interprétés selon des règles empruntées à la langue générale ou la langue spécialisée d'un domaine d'activité. Ces symboles, appartenant au lexique de ces langues, n'ont pas de signification précise (au sens des formalismes mathématiques et logiques) et il n'est pas possible de leur associer de manière univoque une entité signifiée et associée. Autrement dit, alors qu'on dispose d'un formalisme dans la mesure où les symboles sont manipulés uniquement en fonction de leur forme et indépendamment du contenu, ces symboles, contrairement au symbolisme algébrique, n'ont pas de signification précise.

On retrouve dans cette dernière situation les difficultés analogues à celles du raisonnement philosophique : puisque le formalisme n'est pas associé à un contenu de manière systématique, on risque de verser dans le verbalisme en prenant trop « au pied de la lettre » les symboles inscrits sur l'ordinateur, ou dans un mysticisme en croyant que le système vise les mêmes entités que celles que nous associons aux symboles manipulés.

Cette situation correspond aujourd'hui à la majorité des circonstances d'utilisation des outils informatiques : que ce soit le génie logiciel, la bureautique, le génie documentaire, etc., on met en œuvre des formalismes dont la signification n'est pas systématiquement établie si bien qu'il n'est pas possible d'établir avec rigueur et certitude ce que veut dire la machine en proposant un résultat, ni de savoir ce qu'il signifie. Autrement dit, en dehors de l'informatique scientifique, on se retrouve devant des résultats dont l'intelligibilité n'est pas pré-déterminée. Dans ce cas, on peut produire du non sens, mais aussi des configurations symboliques inédites ou imprévues dont l'interprétation permet de déboucher sur de nouvelles pensées ou conceptions, de la même manière que l'on peut comprendre des phrases que l'on n'a encore jamais dites ou entendues.

C'est précisément de ce type de situations que nous voulons traiter dans cet article. Comment comprendre la nature de ce que nous faisons avec nos machines informatiques quand il ne s'agit pas seulement d'automatiser nos symbolismes algébriques issus des sciences mathématiques, mais de mécaniser la manipulation de symboles *comme s'ils étaient algébriques* (c'est-à-dire en congédiant leur signification pendant leur manipulation) *alors qu'ils ne le sont pas* (les comprendre, c'est les considérer dans leur matérialité physique avec leur signification sans jamais les dissocier).

⁴ Über das Unendliche, David Hilbert, *Math. Annalen*, 95, 1926, pp. 161-190.

Cet objectif est important dans la mesure où à l'invention que permettent les combinatoires algébriques (comme Leibniz le suggère, cf. ci-dessus), il faut ajouter l'invention que permettraient ces combinatoires pseudo-algébriques. Pour aborder cette invention, nous proposons de considérer ces formalismes comme des écritures et des outils intellectuels, c'est-à-dire comme des symboles dont la manipulation peut être purement formelle si on en reste à leur nature matérielle et physique, mais dont l'interprétation ne peut pas se rapporter à des règles algébriques. Il faut donc comprendre comment ces outils informatiques ou numériques mettent au service de la puissance d'invention du sens la combinatoire des symboles.

Technologies numériques et écriture

Dans la longue histoire des outils intellectuels qui nous aident à penser, l'informatique et le numérique occupent une place importante, dont la portée reste encore à établir et à étudier. En effet, si la nature scientifique et technique du numérique et du calcul reposent sur des bases solides, les conséquences entraînées par leur utilisation massive dans les secteurs les plus divers de l'activité humaine sont encore difficiles à mesurer. Les technologies numériques s'inscrivent en effet dans le mouvement d'extériorisation et de prothétisation de la pensée⁵, suivant lequel des opérations intellectuelles sont consignées et confiées à des outils et instruments matériels, déchargeant ainsi la pensée et lui permettant de s'intéresser à d'autres choses. Cependant, en étant confiées à des instruments et supports matériels, les tâches intellectuelles changent de nature et, quand l'esprit se réapproprie leur résultat, il y trouve autre chose que ce qu'il aurait trouvé s'il s'était chargé lui-même de ces tâches.

Par exemple, si au lieu de mémoriser un discours, on le consigne par écrit, le confiant ainsi au support matériel du papier, la lecture du texte résultant permet de dégager d'autres propriétés que la remémoration. A travers les techniques de l'écriture et le travail de l'édition, la lecture donnera accès au contenu exact, alors que la mémoire peut être fautive. Le texte écrit permet en outre de voir ensemble, disposés dans un même espace, des séquences de mots qui étaient séparées par la succession de la parole. Le texte offre un accès simultané à un contenu rassemblé dans l'espace synoptique de l'écriture, contenu qui demeurerait jusque là dispersé dans la linéarité temporelle de la parole. Spatialisant la parole, l'écrit la délinéarise, et permet de considérer le contenu dans la spatialité bi-dimensionnelle des pages. Mais l'écrit perd les intonations, la prosodie, les marqueurs émotionnels dont la mémoire peut garder un souvenir plus ou moins fidèle. Si l'écrit apporte un supplément de d'intelligibilité à la parole, en la rendant visible, il lui enlève également des niveaux de compréhension. C'est pourquoi, si l'écrit permet d'effectuer des tâches que l'on pourrait confier à la mémoire orale, il le fait autrement, si bien qu'il fait autre chose, et nous fait faire autre chose. L'écrit nous offre la matière à penser différemment, à penser autre chose, à dégager de nouvelles tâches intellectuelles et de nouveaux objets intellectuels.

Par conséquent, se dégage l'idée que nos outils intellectuels, selon leur nature et leurs propriétés, nous aident à penser différemment, comme les outils mécaniques permettent de réaliser des objets matériels différents. Et, de la même manière qu'il existe une histoire des techniques et des objets qu'elles permettent de réaliser, il existe une histoire de nos outils intellectuels et des modes de pensée qui y sont attachés.

Si, comme l'écriture, le numérique marque une rupture dans l'histoire des outils de la pensée, la question se pose de distinguer en quoi nous pensons différemment quand nous disposons

⁵ *La technique et le temps*, Bernard Stiegler, Galilée, 1999. *Le geste et la parole, Tome II : La mémoire et les rythmes*, André Leroi-Gourhan, Albin Michel, 1967.

d'outils numériques, en quoi nous constituons des objets intellectuels nouveaux, en quoi nous élaborons des concepts qui resteraient inconcevables sans une telle médiation numérique.

Mais il ne faut pas considérer que la mutation technologique des outils intellectuels conduit nécessairement à un supplément, à une extension de notre champ cognitif. Il peut se traduire par un déficit d'intelligibilité, par une perte de sens, par une désorientation. Les possibilités ouvertes par une mutation technologique, avant d'être actualisées, peuvent se traduire par un manque. Quel est le manque introduit par le numérique ?

Il nous semble que le supplément apporté par le numérique se laisse sans doute mieux comprendre par le manque auquel nous devons faire face quand nous abordons l'instrumentation numérique de nos modes de pensée. Ce manque est la marque de la rupture vis-à-vis des habitudes antérieures, et décrit en creux les nouveaux horizons que nous pouvons tenter d'explorer.

Enfin, en dernier préalable, la mutation numérique n'est pas un progrès, ou une régression, mais une mutation qui s'impose à nous même si nous en sommes les auteurs. Le numérique n'est sans doute pas mieux, ni moins bien que l'écriture par exemple, mais sûrement aussi important. Il ne convient donc pas de se lamenter d'une éventuelle régression ou de se féliciter d'un hypothétique progrès, mais plutôt de se doter des concepts permettant de penser le numérique.

De la raison graphique à la raison computationnelle

Il peut paraître surprenant d'adosser le terme de « raison » à un principe technique : l'écriture dans un cas, le calcul dans l'autre. En effet, il est habituel de considérer que la pensée, et la rationalité en particulier, est une activité propre de l'esprit, indépendante en droit sinon en fait de son environnement culturel ou historique. Autrement dit, le pensable ne dépend pas de l'environnement technique de l'esprit, même si, de manière contingente, ce qui est effectivement pensé peut être affecté par les conditions matérielles de la raison. Par conséquent, évoquer comme le propose Goody⁶ une raison graphique et, comme nous le suggérons, une raison computationnelle⁷, est paradoxal puisqu'on ferait dépendre d'un principe technique une activité qui, en droit ne dépend que d'elle-même.

Pourtant, les travaux sur l'écriture ont permis de montrer que les innovations techniques qui ont marqué son histoire ont eu des conséquences directes sur le pensable (et pas seulement le pensé). Les conséquences liées à la maîtrise de la technique de l'écriture peuvent se considérer selon deux aspects, un aspect anthropologique, ou un aspect historique.

Jack Goody est sans nul doute l'anthropologue qui a le plus contribué à comprendre le rôle de l'écriture dans l'émergence de certaines opérations cognitives ou manières de penser qui seraient spécifiques à l'écriture. Dans son célèbre ouvrage pour lequel les traducteurs français ont proposé le titre de « Raison graphique » (le titre original étant *the domestication of the savage mind*), Goody montre en quoi les cultures dotées de l'écriture raisonnent différemment des cultures dites orales. En effet, plutôt que d'attribuer ces différences à un axe de développement et de progrès continu sur lequel les cultures orales occuperaient une position inférieure aux cultures écrites, les premières montrant un état antérieur des secondes, Goody montre qu'il s'agit plutôt de différences procédant d'instrumentations techniques distinctes.

⁶ *La raison graphique*, Jack Goody, Editions de Minuit, 1979. Voir aussi du même auteur *La logique de l'écriture*, Armand Colin 1985.

⁷ L'intelligence artificielle comme écriture dynamique : de la raison graphique à la raison computationnelle, In *Au nom du sens*, Paolo Fabbri et Jean Petitot Editeurs, Grasset, 2000.

En quoi l'écriture est-elle si importante et induit-elle des opérations cognitives particulières, une manière de penser spécifique, bref une rationalité qu'il faudrait qualifier de graphique ? En allant à l'essentiel, l'écriture apporte au contenu une synopsis spatiale, permettant de repérer des rapports et des propriétés qui demeurent indécélables dans la succession linéaire de la temporalité de la parole : l'écriture donne à voir des rapports qui ne sont pas perceptibles à l'écoute de la parole. En effet, en apportant une bidimensionnalité spatiale à la représentation du contenu, l'esprit peut accéder simultanément à différentes parties du contenu indépendamment de l'ordre reliant ces parties dans le flux oral. Par conséquent, ce qui est dispersé dans le temps devient contigu dans l'espace, l'œil pouvant librement naviguer et repérer des identités entre éléments du contenu (par exemple, des mots possédant un même radical mais des flexions différentes). Alors qu'une phrase contenant dans une succession linéaire les mots « rosa, rosae, rosam, rosas, etc. » est très improbable, si bien qu'à l'oral il demeure très difficile de repérer que ces différents mots renvoient à une même déclinaison dont on peut d'ailleurs dégager la structure (les différentes flexions), la représentation écrite permet de délinéariser le discours et d'en prélever des unités que l'on peut confronter et juxtaposer au regard de l'esprit.

L'écriture et la synthèse

L'écriture permet la synthèse spatiale, le fait de poser (-thèse) ensemble (syn-) des unités sinon dispersées et de les unifier dans une même structure ou catégorie. D'une certaine manière, l'écriture permet ce que Kant décrit dans la *Critique de la raison pure*⁸ à propos des trois synthèses permettant à la conscience d'unifier les sensations ou représentations singulières dans l'unité d'un concept. On se souvient en effet que Kant mobilise la *synthèse de l'appréhension dans l'intuition*, la *synthèse de la reproduction dans l'imagination* et la *synthèse de la reconnaissance dans le concept*. Ces synthèses sont nécessaires car l'esprit se voit donner dans l'expérience un divers spatio-temporel, c'est-à-dire un contenu dispersé dans le temps et dans l'espace. Cette dispersion interdit de voir dans ce divers quelque chose, ni même *un* quelque chose. Il manque à cette dispersion cette unité qui permettrait d'y reconnaître quelque chose. Pour surmonter cette dispersion, il faut donc rassembler les éléments qui la composent pour les appréhender globalement, unitairement. Ce sera la tâche de la synthèse de l'appréhension dans l'intuition, c'est-à-dire le fait de poser ensemble (c'est la synthèse) dans une même appréhension ce qui est donné dans l'intuition. Mais, pour que cela soit possible, il faut poser ensemble, dans une même unité ce qui est dispersé dans le temps. Or, la dispersion dans le temps implique que le divers s'écoule, le présent s'abîmant continuellement dans le passé. Si l'on veut effectuer une synthèse d'un divers temporel, il faut maintenir dans le présent ce qui s'écoule dans le passé, pour que tous les éléments du divers soient ensemble donnés et disponibles pour une même appréhension. Maintenir le passé dans le présent se fait en le reproduisant, grâce à l'imagination, dans le présent. L'imagination répète le passé dans le présent, pour le rendre disponible avec le présent et appréhendable en un tout. Mais, cette répétition ne peut se faire au hasard : il ne faut répéter du divers qui s'abîme dans le passé que ce qui est pertinent et cohérent pour constituer une unité. Ce sera le rôle du concept que de donner un principe de sélection, dans le discernement de ce qu'il faut reproduire dans l'imagination. Ainsi, le concept est une règle donnant le principe d'une reproduction dans l'imagination donnant à l'intuition une appréhension globale, l'appréhension d'*un* quelque chose. En prenant une description phénoménologique de ce processus, et donc en sortant de la lettre kantienne, on peut reformuler ainsi : je regarde par exemple mon livre sur la table et je tourne autour de la table. Continuellement, mes

⁸ *Critique de la raison pure*, Emmanuel Kant, Traduction Alain Renaut, Aubier 2001.

perceptions se succèdent et s'abîment dans le passé. Mon imagination répète ce qui est donné à ma perception : mais pas toute la scène, seulement ce qui relève de mon attention, c'est-à-dire le livre tel que mon concept de livre permet de le caractériser. Ce concept de livre permet de sélectionner dans la scène perçue ce qu'il faut répéter dans l'imagination et de poser ensemble avec les autres vues du livre telles qu'elles sont données à travers toutes les perceptions. Ces vues me donnent alors la perception du livre, comme objet spatial tridimensionnel, avec une couverture, des pages, etc.

L'écriture permet techniquement de réaliser ce que les trois synthèses kantienne effectuent. En spatialisant la parole, l'écriture maintient présentes les éléments qui la composent. Par la transcription symbolique (par exemple alphabétique), elle sélectionne ce qui est donné dans la perception sonore pour ne retenir que les phonèmes, indépendamment de la prosodie par exemple. Ainsi, dans ce cas particulier de l'écriture phonétique, le phonème est le concept permettant la transcription qui assure, dans l'espace de l'écriture, la permanence du donné phonétique. A ce moment, une autre perception est possible : pour reprendre l'exemple introduit plus haut, grâce au concept de « même forme lexicale », je peux rassembler dans l'espace de ma feuille les mots dispersés dans la transcription, mais accessibles simultanément, manifestant une même structure, par exemple « rosa », et « rosae », me permettant ainsi de dégager un paradigme de déclinaison.

Autrement dit, l'écriture non seulement permet à l'esprit d'accomplir ce que Kant décrit dans ses trois synthèses, mais elle permet de constituer, au sens phénoménologique du terme, de nouveaux concepts

L'écriture est une technique qui permet de proposer à l'esprit des configurations synthétiques nouvelles, ces configurations permettant de constituer de nouveaux concepts. On inverse alors l'ordre kantien : selon Kant en effet, je dois appréhender globalement l'intuition pour percevoir quelque chose, donc je dois reproduire dans l'imagination, donc que je dois mobiliser un concept. Ce faisant, le concept (avec les autres structures *a priori*, en particulier l'espace et le temps) est la condition de l'appréhension synthétique, non son résultat. Mais, si la synthèse s'effectue par l'effectivité technique, elle n'est pas conditionnée par le concept, en tout cas pas par le concept qu'elle permet de constituer. Ainsi, si l'écriture correspond au concept de transcription phonétique, elle ne correspond pas au concept de grammaire et de déclinaison, qu'elle permet néanmoins de constituer. L'écriture, constituée à partir de la mise en œuvre d'une intention et d'une certaine conceptualité, permet d'en constituer et élaborer d'autres. Le concept est donc à la fois la condition mais aussi le résultat de la synthèse technique, en appelant ainsi le fait que la technique propose des configurations synthétiques nouvelles à l'appréhension de l'esprit.

La technique et la synthèse

On peut alors entreprendre de généraliser à la technique ce que nous venons de constater à l'occasion de l'écriture. La technique permet, à travers la structuration qu'elle apporte à l'espace et au temps de notre expérience, de constituer de nouvelles connaissances et de nouveaux concepts. Loin de n'être que la simple application de théories ou concepts élaborées indépendamment d'elle, la technique est la condition d'élaboration des connaissances. Instrumentant notre expérience en méthodes répétables et outils prolongeant notre action, la technique transforme notre rapport au monde et nous amène à le penser différemment, à tel point que nous ne pensons pas seulement différemment un monde qui resterait le même, mais que nous constituons de nouveaux mondes, en plus ou moins grandes ruptures les uns avec les autres.

Les structures de la raison graphique

C'est ainsi que Jack Goody insiste sur le fait que l'écriture induit un mode de pensée particulier et un rapport au monde spécifique. Selon lui, l'écriture permet de constituer trois types principaux de structures conceptuelles, conditionnant notre mode de penser. Ce sont la liste, le tableau et la formule.

La liste permet de délinéariser le discours pour en prélever des unités que l'on ordonne ensuite dans une énumération. La liste permet de rassembler dans une même unité ce qui est dispersé dans le discours : elle induit par conséquent un classement et une catégorisation. Faire des listes, c'est choisir de consigner un item parmi d'autres en considérant qu'ils ont quelque chose à faire ensemble : ils appartiennent une même classe, une même catégorie. En favorisant la structure de liste, l'écriture induit un rapport au monde qui procède de la raison classificatoire : penser le monde, c'est l'organiser en classes et hiérarchies, c'est l'ordonner et le ranger. Le monde de l'écriture, c'est le cosmos des antiques, comme univers (au sens de totalité, *universum* renvoyant à l'ensemble des choses considérées globalement) organisé, cohérent et harmonieux. On sait⁹ en effet que *kosmos* signifie originellement « ornement » et a donné le « cosmos » de « cosmologie » comme celui de « cosmétique ». Cet univers harmonieux serait-il un artefact de l'écriture alphabétique ? C'est une hypothèse suscitée par les possibilités classificatoires induites par les listes que l'écriture permet de constituer.

Le tableau est le fait de représenter un ensemble de rapports entre des unités à travers leur position respective selon les deux dimensions de l'espace de l'écriture : être à gauche ou à droite, être au dessus ou au dessous, sont les deux types de relations spatiales qui permettent de mettre en relation sémantique les unités ainsi disposées. Dans un tableau, l'unité occupant une case prend une signification déterminée, à tout le moins conditionnée, par la position de la case dans le tableau. Le mode de penser induit par le tableau est alors le système : un tableau spécifie des relations entre les cases, et permet par exemple de prévoir a priori, de manière *systématique*, la valeur devant occuper une case, du fait de la position de cette dernière. L'exemple le plus fameux est sans doute le tableau de Mendeleïev des éléments, dont la systématique a permis de prédire, lors de sa formulation, que de futurs éléments (comme l'uranium) devaient être trouvés.

Enfin, la formule. La formule est un procédé permettant de mener des raisonnements en fonction seulement de la forme, sans avoir à prêter attention à la signification. La forme prenant en charge dans sa structure ce qu'il faut retenir des significations considérées, il suffit alors de manipuler la forme pour mener à bien les raisonnements sur le contenu ou la signification. C'est ce qui est à la base de la logique *formelle* et plus généralement des mathématiques. Le problème n'est pas tant le fait de savoir si le formalisme permet de mener le raisonnement *indépendamment* du contenu, ce dernier pouvant même être remis en question (existe-t-il vraiment ?), mais le fait de pouvoir se fier à la forme.

Du graphique au calcul

Se fier à la forme est l'attitude à la base de tous les formalismes, notamment ceux qui seront à l'origine de l'informatique et du numérique. Quand, à la fin du XIXe siècle, apparut la crise des fondements des mathématiques, suscitée notamment par les paradoxes issus de la théorie des ensembles, de nombreux mathématiciens cherchèrent des moyens de surmonter cette crise. David Hilbert proposa de considérer les mathématiques à travers leur écriture, et de rechercher les procédés permettant de contrôler cette écriture. L'objectif est de s'assurer que,

⁹ *La sagesse du monde, Histoire de l'expérience humaine de l'univers*, Rémi Brague, Fayard, 1999.

un énoncé mathématique étant produit, il n'est pas possible d'en dériver l'énoncé d'une contradiction. Pour y parvenir, Hilbert considère l'écriture mathématique de manière purement formelle¹⁰, c'est-à-dire en ne considérant que les signes utilisées indépendamment de leur signification. Or, le nombre de signes est fini, les énoncés et les textes mathématiques sont finis, le temps mobilisé par les mathématiciens est fini : on se retrouve donc dans la situation où l'on manipule un nombre fini de signes en un temps fini ; bref on fait de la combinatoire de signes. Il suffit alors de trouver des règles purement formelles, qui ne demandent aucune inventivité mathématique ou compréhension particulière pour les appliquer, qui permettent de vérifier que les signes d'un énoncé ou texte mathématique ne permettent pas de déduire des énoncés contradictoires. En termes contemporains, on dirait qu'il faut trouver un programme qui permette de prouver qu'un énoncé mathématique n'entraîne pas de contradiction. Cet objectif fixé par Hilbert ne put être atteint : il n'existe pas de programme vérifiant la cohérence des énoncés. Ce « programme » de Hilbert (programme au sens d'objectif ou de « programme » de travail) a cependant permis d'élaborer l'idée de systèmes de signes (les énoncés) se manipulant de manière purement formelle via des règles formelles.

Turing, le père de l'informatique, continua sur la même lancée en proposant une machine abstraite conçue de la manière suivante¹¹ : on dispose d'une bande mémoire infinie composée de cases ne pouvant contenir qu'un et un seul symbole (c'est en fait la feuille de papier sur laquelle travaille le mathématicien), une tête de lecture et d'écriture, se déplaçant sur la bande mémoire de case en case (une à la fois), pouvant lire et écrire un symbole (c'est le stylo du mathématicien), et enfin un état interne de la tête de lecture (c'est l'état mental du mathématicien). Un programme, purement formel permet de déterminer ce que doit écrire la tête de lecture et comment elle doit se déplacer en fonction de qu'elle lit et de son état interne. Autrement dit, en fonction de ce qu'il pense et de ce qu'il voit, le mathématicien écrit un symbole sur sa feuille de papier. La métaphore ne doit pas nous égarer : les manipulations de symboles sur la bande mémoire sont purement formelles, et le fonctionnement de la machine de Turing ne repose sur aucune interprétation ni signification associées aux symboles, mais uniquement sur leur forme.

Autrement dit, le formalisme, issu de la structure de formule rendue possible selon Goody par l'écriture, a permis d'engendrer l'idée de systèmes automatiques manipulant des signes formels : une écriture formelle automatique, qui s'écrit en quelque sorte toute seule.

Un raison computationnelle ?

Cette idée a engendré l'informatique, technique permettant de manipuler automatiquement les inscriptions symboliques, qu'elles représentent des nombres, des lettres, ou n'importe quoi d'autre. De la même manière que l'écriture a permis d'engendrer un mode particulier de penser, la question peut être posée de savoir si on peut constater un phénomène semblable avec l'informatique et le numérique : en quoi le recours à des représentations calculées induit-il une rationalité particulière ?

Nous aborderons cette question sous deux angles : d'une part, quel serait l'apport cognitif ou phénoménologique du calcul formel et de l'informatique à la connaissance, à l'instar de l'écriture qui propose une synthèse synoptique spatiale de ce qui est dispersé dans le temps ;

¹⁰ Ibid.

¹¹ On Computable Numbers, with an Application to the *Entscheidungsproblem*, *Proceedings of the Mathematical Society*, 2(42), p. 230-265, corrections apportées dans 2(43), p. 544-546.

d'autre part quelles seraient les structures de pensée fondamentales suscitées par l'informatique, à l'instar de ce que sont la liste, le tableau et la formule pour l'écriture ?

Si l'écriture permet la synthèse du temps dans l'espace, en permettant que ce qui est dispersé dans le temps (flux de la parole) soit rassemblé dans l'unité d'une représentation spatiale synoptique, offrant au regard de l'esprit la possibilité de repérer des configurations synthétiques constituant de nouveaux concepts, l'informatique permet le déploiement de l'espace en temps¹². En effet un programme n'est pas autre chose qu'un dispositif réglant un déroulement dans le temps, le calcul ou l'exécution du programme, à partir d'une structure spécifiée dans l'espace, l'algorithme ou programme. L'algorithme spécifie que, les conditions initiales étant réunies, le résultat ne peut manquer d'être obtenu, selon une complexité donnée. Le programme est donc un moyen de certifier l'avenir, d'en éliminer l'incertitude et l'improbable pour le rapporter à la maîtrise. Le temps de l'informatique n'est donc pas une disponibilité à ce qui va venir, aussi improbable que cela puisse être, mais la négation du futur dans son ouverture pour le réduire à ce qui peut s'obtenir à partir du présent. Le calcul, c'est le devenir - dans l'ouverture, la disponibilité à l'Être - réduit à ce qui est à-venir, dans la certitude de la prévision formalisée.

Le calcul instaure une espèce d'équivalence ou correspondance entre temps et espace : le temps devient celui qui est nécessaire à l'exploration systématique d'un espace de calcul, comme parcours de tous les cas possibles d'une combinatoire ; l'espace devient l'espace qu'il faut parcourir en un certain nombre d'étapes, spécifiées par le calcul. Mais l'espace et le temps sont deux : l'espace est celui que l'on peut parcourir à travers les étapes du calcul ; le temps, ce sont les étapes nécessaires au parcours de l'espace.

Dans ces conditions, quelle est la fonction cognitive du calcul correspondant la spatialisation synoptique de l'écriture ? Nous proposons la notion d'exploration systématique. Le calcul, c'est ce qui permet de parcourir systématique un espace de possibles. Ces possibles sont possibles en tant qu'ils sont calculables, et le calcul les parcourt pour les examiner et leur appliquer un critère donné.

C'est cette notion d'exploration systématique qui permet de dériver les structures conceptuelles caractéristiques d'une raison computationnelle. Nous proposons de considérer la notion de programme, de réseau et de couche.

Les structures de la raison computationnelle

Le programme est à la raison computationnelle ce que la liste est à la raison graphique. Autant la liste permet de catégoriser et de classier, d'offrir une synopsis spatiale, le programme permet de spécifier un parcours systématique : l'exécution du programme n'est alors que le déploiement temporel de la structure spatiale symbolique qu'est le programme.

Le réseau est à la raison computationnelle ce que le tableau est à la raison graphique. Alors que le tableau propose une structuration et une systématisme entre les contenus répartis dans les cases du tableau, le réseau propose un mode de communication et répartition entre les cases du tableau. C'est un tableau dynamique.

Enfin, la couche est à la raison computationnelle ce que la formule est à la raison graphique. La formule permet en effet de considérer la forme abstraction faite du contenu : la couche permet de considérer des relations calculatoires entre des unités abstraction faite des calculs sous-jacents impliqués. La notion de couche en informatique, via celle d'implantation et de

¹² Herméneutique matérielle et artéfacture : des machines qui pensent aux machines qui donnent à penser. Bruno Bachimont, *Thèse de doctorat en épistémologie*, Ecole Polytechnique, 1996.

compilation, permet de représenter les structures formelles en faisant abstraction des calculs élémentaires induits, comme la formule permet de s'abstraire du sens.

Raison graphique	Raison computationnelle
Liste	Programme
Tableau	Réseau
Formule	Couche

Ces structures cognitives sont fondamentales et affectent désormais nos modes de penser. La raison graphique a produit la raison classicatoire, la raison computationnelle produit la pensée en réseau et le temps de la prévision. Pour une raison graphique, le réseau n'est pas une structure de l'intelligible : le réseau, échappant à la synopsis spatiale de fait de sa complexité, est un *labyrinthe* où l'on se perd. C'est une figure de l'irrationnel, et non une manière de penser le monde. L'interaction et la communication selon la structure des réseaux sont devenues intelligibles car le calcul permet de réduire la complexité et de parcourir l'ensemble des possibles induit par les réseaux par les programmes qui en spécifient le comportement.

De même, la notion de couche est une manière également de réduire la complexité et de rapporter une masse quasi infinie de calculs formels à des structures plus intelligibles pour l'être humain. Les structures en réseau et en couche, via les programmes qui les réalisent et les rendent effectives, permettent d'aborder le réel non comme une structure hiérarchisée et organisée en classes, mais de le considérer comme une dynamique déployant une rationalité et un ordre sous-jacents : le monde n'est que l'exécution de programmes qui temporalisent les relations qu'ils spécifient. Non pas qu'il faille sous-entendre qu'il y ait un seul programme sous-jacent, mais au contraire que plusieurs ordres interagissent ensemble. Ces interactions n'étant pas forcément prédictibles ni cohérentes, il faut alors en rechercher le programme et reconduire la recherche d'un ordre calculé. Si la taxinomie des espèces peut être une illustration de la pensée induite par la raison graphique, le code génétique est celle de la pensée induite par la raison computationnelle.

Critique de la raison computationnelle

Le problème de l'intelligibilité

Le calcul a pour principale vertu de réduire la complexité en permettant d'explorer systématiquement un espace inintelligible pour une rationalité graphique. Cependant si le parcours de cet espace peut être programmé et effectué, l'intelligibilité des résultats de ce parcours n'est pas forcément acquise. En effet, le calcul permet d'automatiser des opérations formelles en grand nombre si bien que les résultats obtenus sont souvent difficilement appréhendables et les rapporter à la rationalité qui a présidé à l'écriture du programme s'avère souvent impossible. Autrement dit, si le calcul permet d'aborder la complexité de l'espace en le réduisant aux étapes d'un calcul, le problème de la complexité de calcul et de l'intelligibilité de ses résultats demeure. On peut s'en rendre compte en considérant la situation qu'offre le Web aujourd'hui et celle que proposera probablement le Web sémantique de demain : l'internaute se trouvera confronté à des résultats obtenus par l'interactions de sources hétérogènes, parfois incomplètes et fautives, selon des protocoles et des calculs complexes. Ne connaissant pas les sources mobilisées, ne contrôlant pas les calculs menés, l'internaute se trouve confronté à une masse de résultats et de documents qui ne sont pas *a priori* intelligibles pour lui.

Le calcul offre donc une situation paradoxale qui est celle de susciter un déficit d'intelligibilité, de compréhension, en face d'un ensemble de résultats et d'objets issus de la rationalité calculatoire. Il nous semble que ce paradoxe permet de souligner que dans notre fonctionnement cognitif, nous ne sommes pas seulement confrontés à une nature sensible nous proposant des sensations. Nous sommes également confrontés à une nature *discursive* nous proposant non des sensations mais des inscriptions. Ces inscriptions, pour être produites par notre technique et à partir d'intentions de communication, n'en constituent pas moins un *donné*, un divers discursif pour reprendre une expression d'inspiration kantienne, que nous devons nous rendre intelligibles.

Comment pouvons-nous nous les rendre intelligibles ? En les rapportant aux concepts et structures rationnelles que nous connaissons et maîtrisons déjà. Autrement dit, c'est en rapportant les résultats *calculés* à nos connaissances *mémorisées* que ces résultats seront appropriables et intelligibles. C'est donc à une articulation entre calcul et mémoire qu'il faut arriver.

La rhétorique comme principe régulateur du discursif numérique

Le problème est ici de surmonter le divers discursif en effectuant les synthèses « discursives » pertinentes. En effet, dans l'absence de telles synthèses, l'esprit se voit confronter à de multiples représentations, sans ordre ni lien, si bien qu'il souffre de désorientation. Les synthèses discursives ont pour rôle d'unifier et relier les diverses inscriptions données pour qu'elles fassent sens, pour qu'elles deviennent intelligibles. L'intelligibilité des représentations provient d'un fil conducteur que l'on est capable d'établir entre elles. Ce fil conducteur peut être plus ou moins rudimentaire, en allant de la simple énumération à l'articulation narrative ou argumentative des inscriptions. Nous proposons en effet de considérer 4 procédés élémentaires d'orientation synthétique du divers discursif :

- L'énumération : l'ordre numérique ou alphabétique permet de saisir l'ensemble des représentations et de passer de l'une à l'autre de manière ordonnée et non confuse. Cet ordre est rarement suffisant en soi, et une unité supplémentaire est souvent exigée : ce sont les inscriptions possédant une même origine (un même auteur, issus d'un même ouvrage, même forme stylistique et même finalité – par exemple les psaumes que les médiévaux apprenaient au moyens de grilles numériques, etc.).
- La narration : la narration est la manière la plus facile à retenir pour relier des éléments hétérogènes. Procédé abondamment utilisé en gestion des connaissances (le *story telling*), la narration permet d'introduire de manière intelligible et appréhendable un divers.
- L'argumentation : forme plus structurée encore, l'argumentation noue le divers en un raisonnement et non un histoire.
- La perception : le divers discursif est représenté dans l'espace d'un support d'inscription donné (par exemple, la page que nous nous représentons quand nous nous remémorons son contenu : une fiche, la liste des courses, etc.).

Ces procédés ne sont pas des opérations cognitives au sens où elles renverraient à des fonctions naturelles de l'esprit. Elles correspondent à des méthodes élaborées par les traditions culturelles, qui permettent aux individus d'une communauté de se retrouver sur des contenus partagés et des méthodes communes d'investigation. Ces procédés sont plutôt d'origine rhétorique : ils correspondent aux stratégies d'inventaire qui permettent de parcourir et de se remémorer un divers et de s'en approprier le contenu pour inventer le sens qu'il a pour nous. Inventorier pour inventer, faire l'inventaire comme stratégie d'invention, c'est la

tradition que nous lègue la rhétorique antique et médiévale¹³ qui, parmi les 5 parties qui la composent (l'invention : trouver les arguments du discours, l'élocution : trouver les formules du discours, la disposition : articuler les éléments du discours, l'action : restituer le discours, la mémoire : mémoriser le discours), articule étroitement l'invention et la mémoire : je me souviens des discours pour mieux inventer celui que je dois faire ; j'innove parce que je répète, j'invente parce que j'ai un fonds que je me suis assimilé.

La synthèse discursive reposerait donc sur des procédés de nature rhétorique, dont la finalité est de mobiliser un contenu ancien et mémorisé pour élaborer un discours nouveau. Ainsi, ces procédés permettraient de parcourir le contenu présenté par les systèmes numériques pour les fondre dans un nouveau discours, la compréhension que j'en ai. L'internaute moderne, l'utilisateur contemporain des technologies numériques, se retrouvent donc dans une situation analogue à celle de celui qui doit étudier et assimiler un héritage littéraire : des ouvrages dont il connaît parfois mal l'origine, la nature, qu'il unifie dans un réseau de lieux communs à travers lesquels il constitue une mémoire partagée avec d'autres et dans lesquels il trouve le matériau nécessaire à exprimer sa pensée et ses intentions.

La conception des systèmes numériques doit par conséquent prendre en compte l'intelligibilité de ses résultats et penser comment, par les procédés rhétoriques de synthèse discursive, un lecteur ou utilisateur peut consulter ces résultats comme il interrogerait sa mémoire ou sa bibliothèque : à travers les chemins forgés par une tradition faite de lieux communs, d'arguments classiques, il peut découvrir et s'approprier du nouveau et de l'inédit.

Enfin, la raison computationnelle doit abolir le calcul pour faire place à la rhétorique : mort à l'algorithme, paix à la rhétorique, pour plagier et contrer Hugo. Non pas, bien sûr, qu'il faille se déprendre des possibilités du calcul et des algorithmes ; mais il faut constater la limite de leur intelligibilité pour mobiliser des stratégies rationnelles non computationnelles, mais argumentatives, narratives, bref, rhétoriques.

Nature physique et nature symbolique

En conclusion, nous voudrions revenir sur le constat fait plus haut : les systèmes numériques nous rappellent que la nature n'est pas seulement sensible, elle est aussi symbolique. Autrement dit, alors que la tradition philosophique considère souvent que le concept n'est que l'encadrement du sensible par une forme donnée par la pensée, le concept n'étant *sensé* que s'il permet de penser le *sensible*¹⁴, la signification n'ayant pour vocation que de renvoyer à la donation du sensible, les outils numériques nous montrent que les inscriptions symboliques possèdent leur propre autonomie : les inscriptions appellent les inscriptions, indépendamment du sensible dont elles pourraient être la formulation conceptuelle. Cela permet de jeter un regard nouveau sur les discussions difficiles et profondes concernant la signification, la connaissance et l'être. En conférant aux inscriptions une dynamisme propre, le calcul met en évidence une nature symbolique. Comme la notion d' « expérience de pensée » le suggère, la pensée comme manipulation de concepts constitue une extériorité qui s'expérimente, qui s'impose et qui s'oppose, bref, qui est capable de nous dire non. Les systèmes numériques réalisent matériellement cette extériorité de la pensée discursive, que nous expérimentons souvent par la *simulation*. La simulation en effet, est une expérimentation authentique sur nos inscriptions. Cependant, ces inscriptions portant souvent sur la formalisation de phénomènes

¹³ Voir les deux ouvrages récemment traduits en français de Mary Carruthers : *Le livre de la mémoire*, Macula, 2003, et *Machina memorialis*, Gallimard, 2002.

¹⁴ Comme le rappelle Joscelin Benoist dans son ouvrage : *L'a priori conceptuel*, Vrin, 1999.

sensibles, elles simulent ces derniers. Mais le calcul porte bien sur l'effectivité des concepts, et pas seulement sur une simulation des phénomènes.

Nature Sensible	Nature Symbolique
Sensation	Signification
Divers spatio-temporel	Divers discursif
Confusion des sens	Désorientation conceptuelle
Synthèse objectivante	Synthèse discursive
Schémas de l'entendement	Inventaire rhétorique
Ingénierie physique	Ingénierie des connaissances

Comment la nature symbolique et la nature sensible s'accordent-elles ? Leur cohérence n'est pas nécessaire, et une inscription n'est pas dépourvue de signification si elle ne renvoie pas à une expérience sensible possible. Elle est elle-même une expérience symbolique. Il nous reste à inventer comment le sens, le sensible et le sensé communiquent et s'articulent dans notre expérience sensible et symbolique. Les systèmes numériques nous aident à mieux poser le problème, en ajoutant à la confusion des sens la dispersion des inscriptions.

Conclusion

Il est facile de reconnaître dans le programme de Hilbert l'optimisme du symbolique que professait Leibniz : le symbolisme algébrique permet de guider avec assurance et certitude la conduite des raisonnements et d'éviter les contradictions et les paradoxes¹⁵. Cet optimisme, fécond puisqu'il a permis d'engendrer les formalismes logiques et mathématiques et leur manipulation formelle et automatisable, n'en bute pas moins sur des limites infranchissables. Si les mathématiques elles-mêmes ne sont pas réductibles à un formalisme aveugle¹⁶, le problème qui nous a intéressés ici est l'utilisation des formalismes dans des contextes où la signification des symboles manipulés n'est pas rigoureusement déterminée. Dans ce cas, on allie une possibilité technique à une puissance d'inventer inédite, où la combinatoire formelle engendre une productivité de la pensée : l'esprit se voit proposer des configurations symboliques, engendrées par une combinatoire formelle aveugle au sens et au contenu, et renvoyant à des pensées qui peuvent n'avoir jamais été pensées auparavant. L'algèbre des symboles ne correspond pas à une algèbre des pensées, puisque la correspondance entre

¹⁵ Pour s'en convaincre, on se contentera de juxtaposer ces deux citations : « il faut surtout faire en sorte que tout paralogisme ne soit rien d'autre qu'une erreur de calcul, et qu'un sophisme exprimé dans cette espèce de nouvelle écriture ne soit quant à lui rien d'autre qu'un solécisme ou un barbarisme, falice à reprendre précisément, grâce aux lois de la grammaire philosophique dont il est question. Une fois qu'on aura fait cela, les controverses n'imposeront pas davantage de recourir à la dispute qu'à deux calculateurs. Il suffira en effet de prendre les plumes en main, de s'asseoir aux abaqués et de se dire réciproquement (sil plaît aux amis convovqués : CALCULONS ! » Leibniz, GP VII, 201. « Il est indispensable de donner partout aux inférences la sûreté qu'elle ont en arithmétique élémentaire, théorie à l'abri du doute et dans laquelle contradictions et paradoxes, s'il en survient, ne sont imputables qu'à notre manque de soin. » David Hilbert, op. cit.

¹⁶ Comme en témoignent les théorèmes dits de limitation, en particulier ceux de Gödel. Voir par exemple *Mathematical Logic*, Elliott Mendelson, Wadsworth & Brooks/Cole, 1987.

symboles et pensées n'est qu'approximative et relève d'une interprétation sémiotique et linguistique ; l'interprétation des configurations symboliques produites n'est pas prédictible et ne renvoie pas à une recherche systématique (énumérer tous les cas possible d'un système formel, effectuer toutes les combinaisons d'une situation donnée) où l'examen systématique des configurations symboliques correspond à l'examen systématique d'une situation donnée : il manque pour cela la correspondance rigoureuse entre symboles et situations. L'interprétation correspond plutôt à une heuristique générale.

Mais cette heuristique générale suscite également une dispersion des inscriptions symboliques dans une profusion et confusion menaçant leur intelligibilité. Ainsi est-il nécessaire de s'interroger sur la validité des inscriptions manipulées et de leur prétention au sens : un détour de type kantien nous a permis de discuter le fondement du sens qu'on leur attribue et d'en exercer la critique. La critique proposée n'a pas pour but d'interdire l'usage des possibilités techniques formelles, mais d'en susciter un usage raisonné, en reposant d'une part sur un principe régulateur fondé sur des principes rhétoriques et d'autre part sur un principe déterminant fondé sur le calcul. Leur union donne un espace de recherche innovant et passionnant, pour lequel on se prend à renouveler une variante de l'optimisme leibnizien.