LOGIQUE ET MÉTAPHYSIQUE

Jean-Baptiste Joinet[1]

Pour un spécialiste de logique contemporaine vivant et travaillant en France en ce début de XXI[ème] siècle, qui plus est pour un spécialiste de cette branche centenaire de la logique appelée "Théorie de la démonstration", être invité à participer à une conférence intitulée "Qu'est-ce que la métaphysique?" a une saveur singulière. En effet, et ceci est probablement un écho lointain du positivisme d'Auguste Comte et de la dévaluation du mot "métaphysique" qu'il a entraîné dans le champ de la philosophie des sciences, ce mot n'a pour ainsi dire aucune place dans le vocabulaire des logiciens actuels – absolument aucune dans les travaux "techniques" en logique, bien sûr, mais guère davantage dans les travaux philosophiques autour de la Théorie de la démonstration. Quoi qu'il en soit, comme contribution à la question centrale de cette conférence, je me propose de tenter une investigation des liens entre métaphysique et logique, ou du moins entre métaphysique et ce que j'appellerai, au risque apparent d'un oxymore, la "logique théorique"[2].

Pour préciser en quel sens j'aborderai ici le terme *métaphysique*, je commencerai par examiner les origines du mot, qui remonte au texte

1 Département de Philosophie de l'Université Paris 1 (Panthéon-Sorbonne), Equipe *Philosophies contemporaines* (EA 3562). Cette conférence fut donnée le 21 avril 2009 en anglais sous le titre "On logical monism" dans le cadre du troisième Colóquio Internacional de Metafísica, organisé à l'Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brésil, intitulé "O que é Metafísica ?" (www.filosofia.cchla.ufrn.br/IIICIM/).

2 L'expression "logique théorique" vise à distinguer dans l'immense océan des publications en logique formelle celles qui restent inspirées par le questionnement "fondationnel" qui a accompagné les métamorphoses de la logique au XX[ème] siècle (par opposition aux inombrables études de "systèmes formels" formulés à la carte dans une perspective de description ad hoc et qui bien souvent ont perdu de vue la perspective logique ou sont des réponses vraies à des questions de peu d'intérêt).

éponyme d'Aristote. Dans cette direction, trois sens principaux du mot méritent d'être distingués.

Au *Sens 1*, "métaphysique" n'est rien d'autre qu'un nom classificatoire, utilisé par une tradition tardive pour désigner le fameux regroupement d'écrits attribués à Aristote, par sa position à l'intérieur du corpus aristotélicien édité: le terme "Métaphysique" indique ici simplement que l'ouvrage vient dans ce classement "après" le livre consacré à la "Physique". Je laisserai aux historiens spécialistes la question de savoir si ce classement et ce nom ont seulement cette signification contingente ou si, au contraire, ils impliquent quelque relation spéciale (chronologique, conceptuelle ...) entre les réflexions de la "physique" et cette "nouvelle science" présentée dans ces écrits d'Aristote. Néanmoins, en examinant ci-dessous les relations entre Logique et Métaphysique, je reviendrai sur la question du statut de la logique et de la métaphysique relativement à la "Physique" ou au moins à la *physis*.

Selon le *Sens 2*, la métaphysique est la science de "l'être en tant qu'être" pour reprendre la formulation proposée par Aristote lorsqu'il définit cette science dont il appelle de ses vœux la création, et qu'on nomme plus volontiers aujourd'hui "ontologie".

Au *Sens 3*, la métaphysique est la théorie fondationnelle par excellence, "la philosophie première": la théorie "des premières causes et des premiers principes", où la réflexion proprement logique a toute sa place (on pense tout particulièrement aux réflexions sur le principe de contradiction dans le livre Gamma).

Prenant pour point de départ ces trois significations du mot "métaphysique", je souhaite ici examiner pour chacune d'entre elles, dans quelle mesure Logique et Métaphysique peuvent être considérées comme reliées et tenter de qualifier leur relation du point de vue de la logique contemporaine et de ses développements les plus récents.

Logique et quête fondationnelle

Pour commencer, je suivrai le fil du *Sens 3*, questionnant le lien de la logique à la métaphysique entendue comme théorie des fondations (premier principes, première philosophie). Après un siècle complet de débats autour de la question des fondements logiques des mathématiques,

le rapprochement du mot "logique" et du mot "fondements" nous est devenus familier. Dans un dessein de clarté conceptuelle, toutefois, il peut être utile de rappeler que, dans le champ de la logique, cette expression usuelle ("la question des fondements") recouvre en réalité deux champs d'investigations bien distincts.

Le premier vise à comprendre dans quelle mesure la logique peut être considérée comme un *fondement pour* (par exemple, un *fondement pour* les mathématiques, *pour* la théorie du calcul, *pour* la rationalité, *pour* la science...). Le second ambitionne de trouver un fondement à la logique elle-même, ce qui en fonction du type de réponse proposé peut vouloir dire fonder la logique *absolument* (auquel cas, cette réponse serait par définition métaphysique, au Sens 3) ou *relativement*, auquel cas la question du fondement de la logique ne sera qu'une étape de la quête métaphysique.

Logique et protologique

Sans reprendre l'intégralité des filiations historiques des réflexions sur la question des fondements de la logique et des principales réponses apportées par la philosophie de la logique, j'aimerais directement aborder les réponses profondément originales qui ont émergé récemment. Celles-ci sont notamment le fruit du dialogue qui s'est noué au XX^{ème} siècle entre la théorie de la démonstration et la théorie du calcul, dialogue que pour une meilleure intelligibilité de mon propos, je me dois de présenter dans un premier temps.

Calcul et processus

Commencé dès les années 1930 avec les premiers développement de la théorie de la calculabilité (centrale en logique, comme outil d'analyse des questions de décidabilité), ce dialogue va progressivement prendre, à partir des années 1970, un tour nouveau, celui qui nous intéresse ici.

Compte tenu du regard à mon sens inapproprié qu'a bien souvent la philosophie sur l'informatique (généralement vue au comme une discipline technologique relevant des recherches non spéculatives de l'ingénierie appliquée), j'aimerais commencer cette présentation en soulignant en quoi

la notion de calcul, comme l'avait bien compris Ludwig Wittgenstein, est une question philosophique centrale avant d'être une question technique, qui plus est particulièrement digne d'intérêt pour la philosophie première.

Si parmi les premières approches théoriques de la notion de calcul et les premières philosophies du calcul, les plus fameuses (théorie des machines de Turing dans le premier cas, théorie wittgensteinienne du "suivi des règles de calcul" dans le second cas) ont pour point commun d'avoir pris le "calculateur" comme point de départ de l'analyse du calcul, des approches plus abstraites, proposant d'aborder le calcul en lui-même, sans référence *a priori* à un calculateur, par la donnée d'une sorte d'axiomatique des modes d'action calculatoire élémentaires, ont été très tôt proposées. La plus magistrale d'entre elles, peu connue hors de la communauté scientifique de l'informatique théorique et majoritairement inconnu des cercles philosophiques est le "Lambda-calcul" d'Alonzo Church. Il n'est pas question dans le cadre de cet article destiné à des lecteurs philosophes de donner une présentation plus qu'élémentaire du lambda-calcul, un objet théorique profond et puissant, plus complexe que sa définition, en elle-même d'une grande simplicité, ne le laisse imaginer de prime abord. Pour faire vite, on peut le décrire comme étant un "langage de programmation", mais d'une très grande simplicité conceptuelle (il comprend en tout et pour tout trois "instructions de programmation", toutes très élémentaires), dont la combinaison engendre des "textes" qu'on pourrait appeler, au sens informatique, des "programmes" mais que, dans ce contexte, on appelle des "termes" (du lambda-calcul).

La manière dont un "texte" rédigé dans un tel langage *signifie* est très éloignée de celle proposée par les théories de la "signification" basée sur la conception frégéenne de la référence (et en tout cas sur la définition à la Tarski de l'interprétation ensembliste d'un terme d'individu en logique des prédicats du premier ordre – définition qui, en logique, fonctionne encore bien souvent comme une inébranlable *doxa*). La question sémantique posée à un terme T (du lambda-calcul) n'est pas "à quoi T réfère-t-il ?" (du moins pas en première analyse), mais: "que fait T ?", "comment T agit-il ?".

Observons incidemment que cette idée d'une *opérativité* des textes qui convient si bien aux textes de prime abord très particuliers que sont les programmes informatiques (dont on peut même dire qu'ils sont paradigmatiquement des "discours agissant", conçus dès l'origine pour *produire des*

effets), n'est pas sans pertinence quand on l'étend aux discours des langues naturelles. Le pas est d'ailleurs franchi par les approches computationnelles des langues naturelles comme d'ailleurs par la théorie des actes de langage.

Pour expliquer quel genre de réponse est attendue, dans le cadre du lambda-calcul, à cette question ("comment T agit-il ?"), précisons qu'en première analyse tout du moins, le genre d'"action" que cette théorie accorde aux "textes", peut être décrite comme purement interne au langage. Elle n'est autre en effet que l'action du langage sur le langage, plus précisément l'action du texte sur ses cotextes: le lambda-calcul est en effet ce qu'on appelle communément un système de "réécriture", où l'enchâssement d'un texte donné dans un cotexte (ce plongement formant un texte qui englobe le premier) devient une occasion de transformation (de réécriture) du texte global.

Pour évoquer ces transformations et les effets qu'elles produisent, on évoque souvent la "dynamique" des termes (dénomination partiellement impropre puisque, étymologiquement, elle renvoie principalement à l'idée de *force*, quand il s'agirait plutôt de convoquer l'idée de changement, de conversion ou d'efficace). Il peut être utile de se représenter cette dynamique comme celle d'un calcul en cours d'*exécution* – prenons par exemple le *texte* F d'un programme informatique donné supposé "mettre au carré les entiers"; on lui fournit comme "entrée" un entier donné n, ce qui revient à former un texte plus "gros", le texte F(n) (dans lequel n joue, vis à vis de F, le rôle d'un cotexte). L'exécution du texte F(n) est alors sa transformation progressive en un autre texte correspondant, si tout se passe comme annoncé, au carré de n.

Quelques exemples très simples illustreront ce que peut vouloir dire, à propos d'un terme, qu'on comprend "qui il est" en observant "ce qu'il fait". En guise de premier exemple, considérons un programme tel que, un argument lui étant fourni, le texte résultant se transforme toujours (peut-être au bout d'un très grand nombre d'étapes) en ce même argument. Un tel terme agit dynamiquement comme l'*identité*. Il *est* l'identité.

Un autre exemple (particulièrement intéressant pour le philosophe puisqu'il fournit, concernant le statut ontologique des entiers naturels, une alternative "dynamiste" aux solutions essentialistes traditionnellement proposées dans le cadre ensembliste) est celui des "entiers naturels" envisagés primitivement non plus comme objets, mais comme actions. Au plan dynamique, l'entier n est ainsi un *itérateur*, un programme qui attend comme argument un programme quelconque et une entrée quelconque, et

qui quand ces deux arguments lui sont donnés, itère n fois ce programme sur cette entrée ("entiers de Church"). Ici encore, l'essence cède le pas à l'opérationalité, à la dynamique.

Un dernier exemple, qui nous sera utile dans un instant, est celui de l'*auto-applicateur*, ce programme qui prend comme argument n'importe quel programme pour l'appliquer à lui-même.

Vers l'idée de typage des processus

Tout terme du lambda-calcul est le point de départ d'exécutions possibles, autrement dit de trajectoires dans l'espace général des processus calculatoires (étant aussitôt observé que l'épithète "calculatoire" ne sert ici que de connotation rassurante là où nous peinons en général à rattacher la notion de processus *in se* à quelque chose de bien déterminé).

Parmi ces processus, tous n'ont pas la docilité d'être finis: certains programmes continuent infiniment leur évaluation. Il n'étonnera pas, par exemple, que l'évaluation de l'auto-applicateur appliqué à lui-même produise, *ad libitum* et par définition, une application de l'auto-applicateur à lui-même. Les processus ici en question sont donc généralement moins "disciplinés", plus "sauvages" que ceux cités pour le moment en exemple.

Lorsqu'en revanche, l'exécution d'un programme donné s'avère finie, le texte sur laquelle cette évaluation s'achève sera volontiers appelé un résultat (notion plus générale que celle de donnée: tous les processus n'ont pas le bon goût de terminer sur une donnée, sur un entier par exemple).

Le sous-espace des résultats est analogue à une sorte d'écran sur lequel les effets de l'action co-textuelle peuvent être saisis. Au point de vue sémantique, il importe de noter, mais j'y reviendrai, que le *sens* entendu à la manière frégéenne (autrement dit le "mode de donation", comme par exemple: 2+2) est ici premier par rapport à la *référence*, constituée après coup comme un invariant de l'évaluation, comme l'effet de la transformation du sens (dans l'exemple, la transformation de 2+2 en 4).

Dans le cadre des investigations théoriques sur la notion de processus calculatoire ainsi envisagée *in abstracto*, l'idée de discipliner les processus "sauvages" fut rapidement introduite sous le nom de *typage*. Le concept de *type*, qui trouve son origine technique dans la théorie des types

de Bertrand Russell, s'est largement diffusée au long du XXème siècle en logique (théorie des ensembles, théorie des catégories) comme en linguistique (grammaire catégorielle)[3].

Dans le contexte des théories du calcul, un type est une contrainte posée sur construction des programmes, contrainte de prime abord très similaire à celle réglant en théorie des ensembles, l'application d'une fonction à ses arguments (une fonction F associant à des éléments de l'ensemble A des éléments de l'ensemble B étant donnée, l'appliquer à un argument n'a de sens que si cet argument est "du bon type", autrement dit appartient bien au domaine de définition de la fonction, à savoir à l'ensemble A). La chose est analogue dans le cas des programmes typés: notamment le typage n'autorise l'application d'un programme P de type $A \rightarrow B$ qu'à des arguments *a* du type A. Ce faisant, la possibilité de construire des programmes à l'origine de dynamiques erratiques s'avère exclue et en définitive, le typage revient à restreindre l'ensemble des processus engendrés à ceux *sélectionnés* (comme par exemple les processus dont P(*a*), "bien typé", est le point de départ).

Autour des années 1965-1969, plusieurs logiciens attirèrent l'attention sur une observation ancienne (due à Church lui-même) qu'ils systématisèrent et que la postérité a retenu sous le nom d'"isomorphisme de Curry-Howard". Dit en peu de mots, il s'agissait du constat de l'*identité pure et simple* de deux dynamiques jusqu'alors observées et étudiées dans des cadres théoriques et des communautés scientifiques distinctes (le cadre de l'informatique théorique d'une part, celui de la logique mathématique d'autre part), à savoir la dynamique de l'*exécution des programmes* (sélectionnés par le typage) d'une part, celle de l'*analytisation des preuves* (transformation des preuves en preuves analytiques étudiée dans les années 1930 par le logicien allemand G. Gentzen, sous le nom d'élimination des coupures) d'autre part.

Cette observation (depuis lors généralisée à l'ensemble des règles logiques et progressivement généralisée aux axiomes de théories propres, sous le nom générique de "correspondance preuves-programmes") conduit à voir l'ensemble indistinct des processus calculatoires (y compris ceux qualifiés plus haut de "sauvages"), comme formant *une protologique* processuelle, que les règles logiques – le typage – viennent *a posteriori* apprivoiser.

---

3 J R Hindley & F Cardone, "History of lambda-calculus and combinatory logic", à paraître comme chapitre du volume 5 du Handbook of the History of Logic, Dov M. Gabbay and John Woods (eds.), Elsevier.

Au plan épistémologique, cette manière essentiellement nouvelle d'envisager la logique confirme le point de vue constructiviste dans sa version non-mentaliste post-brouwerienne (nature algorithmique des preuves).

Au plan métaphysique, celui de la recherche d'un fondement pour la logique, elle confirme en première analyse l'approche internaliste (M. Dummett, D. Prawitz) qui mettait l'accent sur des critères internes à la régulation logique du langage comme le bon comportement collectif interactionnel des règles dans le processus d'analytisation des preuves (thème de l'"harmonie des règles").

En effet, le passage de la protologique à la logique par typage, autrement dit par sélection d'un fragment de la dynamique jouissant de propriétés particulières et comportant des invariants particulier est le ressort des démonstrations internes de la correction des règles (internes signifiant ici "purement syntaxiques", sans recours à l'ontologie ensembliste comme réservoir de référents extérieurs au langage, utiles à l'interprétation des composants des énoncés). Ainsi, c'est en vue de démontrer la cohérence de l'arithmétique, et donc notamment celle des règles logiques, que l'analytisabilité des preuves fut démontrée par G. Gentzen.

Toutefois, en seconde analyse, le caractère *a posteriori* du typage, joint à son statut de norme *externe* imposée *ex machina* au calcul, atténue le bénéfice fondationnel de cette approche. Le typage apporte certes une vision nouvelle de la logique, mais tant qu'il est *externe* et *a posteriori*, la réponse à la question du fondement de la logique qu'il dessine demeure de type dogmatique (même si la norme imposée peut du moins être rétrospectivement justifiée par son efficacité, autrement dit par les propriétés singulières des processus apprivoisés – ce qui ouvre au moins la voie à une justification de nature historique fondée sur les avantages sélectifs). Enfin, si la question de la *correction des règles* reçoit avec l'idée de typage une solution internaliste convaincante, le problème converse de la *complétude* des règles, semble devoir encore à ce stade nécessiter le point de vue externaliste.

Les types comme ensembles de processus

À partir des années 1980, la notion de type a toutefois été réinvestie, comme nous allons le voir, faisant apparaître le typage comme une sorte d'auto-discipline de la protologique, à la fois *interne* et *a priori*. Ces

développements s'inscrivent dans la filiation des propositions déjà anciennes de chercher la sémantique des énoncés non pas du côté des "conditions de vérité" relatives à leur projection dans l'"ontologie ensembliste" postulée à l'avance, mais du côté des preuves de ces énoncés, bref d'interpréter les théorèmes par l'ensemble des preuves de ces derniers.

Contre cette idée germinale, deux objections très naturelles furent souvent opposées. La première concerne les énoncés qui pour n'être pas prouvables, n'en sont pas pour autant dénués de signification. La prise en considération d'une protologique par définition plus vaste que la logique, apporte à cette objection une solution simple et naturelle: la protologique comprend non seulement des processus correspondant aux preuves, mais aussi des processus correspondant à ce que l'on pourrait appeler des para-preuves (des preuves fausses, des contre-arguments) en interaction dynamique avec les premiers.

La seconde objection souligne la tension entre d'une part l'existence pour un énoncé donné d'une multiplicité de preuves, d'autre part l'unité de la signification de cet énoncé. La possibilité d'identifier un comportement processuel commun à tous les processus d'un type donné (J.-L. Krivine, problème de la "spécification") apporte à ce genre d'objection une réponse claire et décisive.

Au plan historique, c'est sans doute avec les travaux du logicien philosophe W. Tait et sa preuve de forte normalisation du "système T" de Gödel, puis sa généralisation au "système F", alias la logique intuitionniste du second ordre, par J.-Y. Girard (notion de candidat de réductibilité) que l'idée de voir une formule (un type) comme un ensemble de processus acquît ses lettres de noblesse techniques.

Dans ses développement ultérieurs et notamment en Ludique[4], un type est un ensemble de processus clos par bidual, autrement dit tel qu'il est le dual de son dual (deux ensembles de processus sont duaux quand tout processus dans l'un d'entre eux interagit correctement avec tout processus dans l'autre – autrement dit quand le dialogue entre processus est toujours possible, bien défini). Dans ce cadre, les opérations sur les types qui produisent des types (les connecteurs logiques et les règles afférentes)

4 Girard, J-Y, "Locus solum: from the rules of logic to the logic of rules" Mathematical Structures in Computer Science, 11, 301–506, 2001.

sont comme sélectionnées par la dynamique, émergeant comme la solution à ce problème de la dualité, en sorte que les règles logiques n'apparaissent plus du tout comme une norme transcendante, imposée *a posteriori ex machina*, mais a contrario comme engendrées de façon immanente par une auto-discipline de l'interaction.

En définitive, on voit qu'outre la question de la *correction* des règles, à laquelle, comme on l'a vu plus haut, la notion de typage apporte une solution internaliste, la question converse de la *complétude* des règles logiques (s'il n'existe pas de preuve de tel énoncé, n'est-ce pas simplement parce que la liste des règles logiques que nous avons adoptées est incomplète?) trouve à présent également une solution internaliste. La réponse traditionnelle apportée par le point de vue externaliste avait certes le mérite de la simplicité: s'il n'existe pas de preuve de tel énoncé, ce n'est pas parce qu'il manque des règles logiques, mais parce que l'ontologie ensembliste nous fournit un contre-exemple (à savoir une manière d'interpréter les composants de l'énoncé par des ensembles, relativement à laquelle cet énoncé est faux). Cette solution formulée dans le cadre référentialiste ensembliste s'avérait toutefois seulement valable pour la logique du premier ordre – un premier indice de l'insuffisance de l'ontologie ensembliste.

Dans le nouveau cadre où la logique apparaît comme le produit épiphénoménal d'une protologique, la complétude interne renvoie désormais non plus au face à face des preuves (syntaxe) et des modèles (sémantique), mais au face à face des arguments et contre-arguments (ce qui, pour reprendre l'observation faite par J.-Y. Girard, revient à substituer à l'ancienne dualité entre syntaxe et sémantique, entre hétérogènes, une dualité interneentre homogènes, une "dualité moniste", signant le dépassement de la distinction entre syntaxe et sémantique).

La question ontologique (métaphysique au Sens 2)

En permettant non seulement d'apporter une explication internaliste de la correction des règles, mais aussi de donner sens internaliste à l'idée de complétude, l'internalisation apporte en définitive la première élucidation non dogmatique (et non relativiste) de la question métaphysique (au Sens 3) des fondements de la logique. Toutefois, dans la mesure où la normativité logique apparaît dans ce cadre comme le produit épigénétique, et

à ce titre second, d'une protologique processuelle, la question métaphysique des premiers principes et des premières causes, apparaît moins comme résolue, que comme repoussée vers la protologique processuelle.

En envisageant la question métaphysique à travers son Sens 2 d'*ontologie*, au moins peut-on mesurer la radicalité du changement de perspective opéré par l'internalisme. L'ancienne réflexion sur les fondements de la logique était condamnée à faire reposer en dernière instance la logique sur une ontologie mathématique *ad hoc*, "l'univers ensembliste", réservoir de référents. Si l'approche ensembliste a *de facto* joué un rôle d'unification et de clarification majeur en mathématiques, la dimension *statique* des ensembles (pas de place pour l'idée dynamique de calcul, ni *a fortiori* pour l'idée de complexité de la dynamique du calcul) et purement *extensionnelle* révèle son insuffisance.

Rappelons que le point de vue extensionnel, pour le dire dans les termes de la distinction frégéenne entre sens et référence, rend en général aveugle au "sens". Ainsi, dans le cadre extensionnel associé à la vision ensembliste de la notion de fonction, une fonction comme par exemple la *multiplication* est une référence possible pour un nom de fonction, sous la forme de la donnée extensionnelle de l'ensemble des valeurs prises pour toutes les entrées possibles, mais il n'existe pas pour cette opération d'autres "modes de donation" (comme le seraient des algorithmes distincts pour la multiplication): la multiplication n'existe qu'en un seul sens.

Cette multiplicité du sens pour une même référence, ne peut être véritablement prise en compte qu'à partir du moment où la possibilité de distinguer des *processus* de calcul distincts est libérée, autrement dit à partir du moment où la dynamique est primitive – l'extension constituant seulement un épiphénomène partiel et secondaire de la dynamique, saisi après coup comme invariant commun de sens distincts.

En définitive, la quête de fondements pour la logique, conduit donc à substituer à l'ontologie ensembliste, extensionnelle et statique, une ontologie processuelle primitive. De quels moyens disposons-nous pour déterminer la nature et la structure de cette ontologie processuelle et comment évaluer l'adéquation et la généralité d'une proposition en la matière ? Disons d'emblée qu'à cet égard, nous sommes en quelque sorte condamnés à chercher la généralité soit du côté de la simplicité (l'incomparable simplicité conceptuelle d'un langage comme le lambda-calcul de Church est à ce point de vue un modèle), soit en privilégiant ce qu'on pourrait appeler

l'esthétique mathématique visant à dissiper l'inessentiel par l'identification de symétries, par la recherche des quotients au delà des isomorphismes (on pense notamment ici à la clarification qu'ont apporté des outils comme le calcul des séquents de Gentzen, puis leurs descendants plus récents: réseaux de preuves, ludique ...).

Si, pour fixer les choses, on peut décrire ce programme d'investigation visant la protologique processuelle comme menant à une axiomatisation abstraite, élémentaire et générale de la notion de "calcul", il importe de saisir que la notion de calcul visée est désengagée des attributs à travers lesquels elle est communément envisagée: elle n'est pas primitivement liée à l'idée de machine, d'architecture calculante et elle ne suppose aucune intention calculatoire, pas de calculateur.

En particulier, le dualisme qui accompagne ordinairement la question logique, que ce soit sous sa forme historique, radicale, rattachant peu ou prou la logique (la théorie des "lois de la pensée" rationnelle) à la psychologie, et donc le logique à la pensée, ou que ce soit sous sa forme résiduelle, postérieure au "tournant linguistique", où le dualisme survit comme clivage inexpliqué entre le langage et le monde (dualité syntaxe/sémantique), perd ici son assise.

En effet, les fondements protologiques de la logique dépendent de la dynamique processuelle et celle-ci, à son tour, loin de relever de la pensée et de ses lois propres ou postulées telles, dépend des conditions proprement physiques des opérations élémentaires de la dynamique calculatoire (sensibilité de l'évaluation à l'espace et au temps, dimensions concrètes de l'information, structure de la composition des processus, complexité concrète...).

Dans cette perspective, le "troisième sens" du mot métaphysique envisagé en préambule du présent article, apparaît finalement comme très emblématique de la nouvelle "ouverture de la logique au monde"[5]. Il éclaire a posteriori le statut épistémologique de la logique, transfigurée par la médiation de la protologique en *épiphysique*.

5 Pour reprendre l'intitulé d'un colloque parisien du groupe LIGC suggéré par Giuseppe Longo (colloque "Ouvrir la logique au monde", Ecole Normale Supérieure, Paris, septembre 2006, www.ligc.fr.