

Jean LASSÈGUE

Note sur l'emploi et l'origine de la notion de représentation en sciences cognitives

Introduction

L'enquête que nous allons mener porte sur la notion de représentation¹, dont les sciences cognitives ont hérité après une longue histoire philosophique, qu'il faut faire remonter à l'époque de Descartes, c'est-à-dire à l'époque de la naissance d'une physique mathématique. En replaçant la notion dans une perspective historique, on se rend compte qu'elle n'est pas une notion qui serait donnée comme entièrement constituée sous la forme d'un *objet* abstrait, mais qu'elle est au contraire le résultat d'un processus ininterrompu d'*interprétation* théorique. Dès lors, la notion de représentation n'a pas de statut scientifique définitif et n'est peut-être pas destinée à en avoir un, mais elle possède en revanche un rôle herméneutique indispensable pour mener une enquête sur les buts que se propose d'atteindre une "science de l'esprit".

En postulant l'existence d'un niveau cognitif spécifique au mental, conçu comme pleinement autonome par rapport aux processus neuronaux, les sciences cognitives ont accordé une place capitale à la notion de représentation symbolique du réel². Elles considèrent en particulier que le domaine de la représentation peut être adéquatement décrit grâce à une méthodologie mise au point à partir de formalismes dérivés des mathématiques et de la logique : la représentation symbolique est en effet considérée comme susceptible d'un *traitement* de nature calculatoire. A partir de là, et

¹ Comme le choix du mot "note" l'indique, il ne s'agit pas de décrire toutes les facettes de la notion de représentation mais seulement d'en éclairer un aspect fondamental.

² Cf par exemple, Pylyshyn Z. (1984), Introduction.

par une sorte de radicalisation, le domaine de la représentation apparaît tout entier assimilable à une machinerie logique et l'ordinateur digital apparaît naturellement comme le modèle le plus adéquat pour rendre compte du fonctionnement de ce domaine, dont on postule qu'il sert de soubassement à la vie de la pensée.

Sans faire la généalogie des rapports multiformes de la logique et des mathématiques depuis la constitution d'une logique mathématique proprement dite, on peut isoler un certain nombre de résultats qui ont contribué à rendre possible la construction des premiers ordinateurs³ et à en faire, pour les sciences cognitives, des modèles explicatifs pour le fonctionnement du domaine de la représentation. Ces résultats tournent autour de ce qu'il est convenu d'appeler la "thèse de Church".

1. La thèse de Church et les thèses de Turing

1.1. La thèse de Church

Dans le cadre de la logique des prédicats du premier ordre, l'*Entscheidungsproblem* pose le problème de savoir si on peut trouver un algorithme général qui décide en temps fini de la déductibilité ou de la non-déductibilité d'un énoncé quelconque : y-a-t-il un algorithme qui puisse décider tout problème mathématique ? Church montre qu'il est possible de passer en revue la classe de tous les algorithmes possibles et qu'il n'y a pas de réponse affirmative à cette question⁴.

Le raisonnement de Church semble exiger que l'on précise la notion d'algorithme par des moyens algorithmiques. Or, la difficulté provient de ce qu'il faudrait que la notion d'opération effectuée par l'esprit puisse s'extérioriser entièrement dans la notion formelle. De quels moyens dispose-t-on pour s'en assurer ? Les procédures de cette vérification peuvent-elles elles-mêmes être qualifiées d'algorithmes ? On voit que s'ouvre ici une régression indéfinie. Pour sortir de cette difficulté, il faut réussir à exhiber une notion équivalente à la notion d'algorithme mais qui ne conduise pas

³ Cf Davis M. (1987) et (1988).

⁴ Church A. (1936a).

comme elle à produire, psychologiquement, une régression indéfinie. Il faut, pour ce faire, rompre avec le caractère informel de la notion d'algorithme en exhibant une nouvelle notion qui soit formelle et qui couvre tout le champ couvert par la notion intuitive. Il devient alors possible d'opérer une identification entre la notion d'algorithme et cette notion équivalente. C'est l'objet de la thèse de Church, qui s'appuie sur l'équivalence prouvable entre plusieurs notions formelles, tout en rapportant ces notions à la notion informelle d'algorithme. La thèse opère cette identification, dont le fondement n'est pas formel mais seulement psychologique : la référence au psychologique s'est ainsi déplacée d'un terme (la notion informelle d'algorithme) à un rapport (celui que l'on constitue entre la notion informelle d'algorithme et les notions formelles équivalentes). La thèse de Church identifie en effet la notion de fonction *effectivement* calculable d'entiers positifs à la notion de fonction *réursive* d'entiers positifs ou à la notion de fonction *λ -définissable* d'entiers positifs, tout en faisant remarquer que les justifications de cette identification ne peuvent pas être adéquates parce que la notion d'effectivité (ou d'algorithme) est intuitive tandis que les notions de récursivité ou de λ -définissabilité sont formelles⁵ :

« On considère que cette définition est justifiée par les considérations qui suivent, si tant est qu'une justification positive puisse jamais être obtenue quant au choix d'une définition formelle qui corresponde à une notion intuitive. »

La thèse de Church vise à définir l'essence du calcul. C'est en particulier à partir d'elle qu'il est possible de donner tout son sens à l'intertraductibilité⁶ des langages formels, du λ -calcul de Church aux fonctions récursives de Herbrand-Gödel et aux langages de programmation d'aujourd'hui. De ce point de vue, la thèse de Church permet de définir le calcul en déterminant les conditions *linguistiques* formelles auxquelles il doit être soumis pour être considéré comme calcul.

⁵ Church A. (1936b).

⁶ Par exemple, pour montrer que les fonctions primitivement récursives sont λ -définissables, on vérifie qu'il est possible de traduire au moyen d'un terme du λ -calcul chaque procédé d'engendrement servant à définir la classe de ces fonctions. Cf. Barendregt Henk P. (1977), pp. 1103-1104.

Notons que Post réagit à l'énoncé de la thèse de Church en faisant remarquer qu'exprimer cette thèse sous la forme d'une définition revient à occulter son aspect informel, aspect qui manifeste en fait l'existence d'une limitation interne aux pouvoirs mathématiques des êtres humains, dans la mesure où cette thèse exige d'être continuellement reconfirmée⁷ :

« Mais masquer l'identification derrière une définition occulte le fait qu'une découverte fondamentale concernant les limitations du pouvoir mathématique de *Homo Sapiens* a été réalisée et nous rend aveugle au besoin de sa continuelle vérification. »

C'est précisément l'un des aspects du travail de Turing dans Turing (1936-1937), que de s'interroger directement sur les pouvoirs mathématiques des êtres humains, c'est-à-dire de tenter de mener une investigation *mathématico-psychologique*, sans aucun équivalent jusqu'alors⁸. Aussi peut-on dire qu'il y a bien une "thèse de Turing" de nature psychologique, qu'il ne faut pas assimiler à la thèse de Church, de nature linguistique et définitionnelle : même si la thèse de Turing est *formellement* identique à la thèse de Church, elle ne l'est pas *psychologiquement*, dans la mesure où Turing tente d'apporter des arguments informels spécifiques à l'identification opérée dans la thèse de Church entre l'effectif et le récursif⁹. Ces arguments consistent à introduire le concept, désormais classique, de *machine de Turing*.

1.2. La thèse de Turing n°1

La thèse de Turing porte sur la nature psychologique de celui qui calcule, que Turing appelle le "calculateur" [*computer*]¹⁰ : elle entre dans une réflexion scientifique sur l'essence de *l'esprit*. Elle consiste à identifier les étapes franchies par l'être humain en train de calculer et les états d'une machine abstraite effectuant une liste finie

⁷ Post E. (1936).

⁸ Turing A. M. (1936-1937).

⁹ Church apporte aussi des arguments à cette thèse. On les trouve résumés dans Gandy R., (1988).

¹⁰ Turing A. M. (1936-1937).

d'instructions aboutissant à un état terminal, interprétable comme le résultat d'un calcul¹¹ :

« Nous pouvons comparer un homme en train de calculer un nombre réel à une machine qui n'est capable que d'un nombre fini de conditions $q_1, q_2, \dots, q_R$, et qui seront appelées "*m-configurations*". »

Turing décrit les étapes que l'être humain doit accomplir pour mener le calcul à bien et montre que chaque étape prise séparément peut être effectuée par une machine. On peut en particulier démontrer l'existence d'une certaine classe de machines, les "machines universelles", capables d'intégrer à leur propre liste d'instructions la liste d'instructions d'une autre machine : la description de la première machine joue alors le rôle d'un argument de fonction pour la seconde. C'est cette imitation fonctionnelle qui rend possible l'universalité de cette classe de machines, dans la mesure où toutes fonctions d'entiers à valeurs entières sont calculables par une machine de cette classe.

Deux principes sont à l'œuvre pour justifier l'équivalence entre un calcul effectué par un être humain et le même calcul effectué par une machine¹² : un principe de *détermination*, de nature déterministe (les étapes du calcul sont réglées selon un ordre immuable) et un principe de finitude, de nature psychologique (l'esprit humain ne peut percevoir qu'un nombre fini de choses à un instant donné). Le caractère essentiellement discret de la façon dont le calcul se manifeste à l'esprit en découle. L'identification, psychologiquement et non formellement fondée, entre la procédure suivie par l'être humain qui calcule et celle que suit la machine manifeste le discret comme *représentant* l'essence mécanique du calcul. J'appellerai cette identification "Thèse de Turing n°1".

1.3. La thèse de Turing n°2

Il y a en effet une seconde thèse défendue par Turing dans un article ultérieur, "Computing Machinery and Intelligence"¹³ et que

¹¹ Turing A. M. (1936-1937).

¹² Cf. Hao Wang (1974), p. 92.

¹³ Turing A. M., (1950).

nous appelons ici “Thèse de Turing n°2”, bien qu’elle ne soit pas répertoriée dans la littérature sous un sigle quelconque. Elle porte cette fois non sur l’identification abstraite entre un être humain et une machine mais sur leur identification *physique* réciproque. Cette thèse a trait, pourrait-on dire, à la physique de l’esprit et entre donc, elle aussi, dans une réflexion scientifique sur sa nature. Elle s’énonce ainsi : pour réussir à faire la différence entre un être humain et un ordinateur, il faut opérer sur eux une comparaison d’un point de vue physique. Par exemple, il faut être capable de distinguer le fait que l’ordinateur n’est pas constitué de tissus vivants, comme l’être humain. Cette différenciation s’opère sur le fond d’une identité commune qui consiste à reconnaître que les machines et les êtres humains sont, en tant qu’entités physiques, de nature *continue*, bien qu’on puisse toujours les considérer du point de vue du discret¹⁴:

« Les ordinateurs digitaux pris en considération dans la dernière section peuvent être rangés dans la classe des “machines à états discrets”. Ce sont des machines qui se meuvent par bonds soudains ou qui sautent d’un état bien défini à un autre. Ces états sont suffisamment distincts pour que soit éliminée la possibilité d’une confusion entre eux. Au sens strict, il n’existe pas de machines semblables. Tout se meut continûment. Mais il y a beaucoup d’espèces de machines que l’on peut *considérer* comme des machines à états discrets. »

Quelles machines parvient-on à considérer comme discrètes ? En fait, tout calcul, en tant que calcul, peut être effectué discrètement par une machine, comme l’a prouvé Turing dans “On Computable Numbers”. Or de même que l’être humain est assimilable à une machine discrète quand il effectue abstraitement un calcul, selon la thèse de Turing n°1, de même on peut le ranger, *avec* les machines, dans la catégorie de ce qui est *physiquement* continu. Turing retrouve sans doute ici cette mathématique du continu que von Neumann, à la même époque, appelait également de ses vœux dans l’étude des réseaux de neurones, parce que les neurones réels ne lui semblaient pas soumis à un mode de fonctionnement discret¹⁵.

¹⁴ Turing A. M., (1950), p. 439.

¹⁵ Cf. Von Neumann J. (1951), pp. 19-31 et (1958), p. 44. Cf, pour ce débat, Mosconi J. (1989), pp. 209 sq.

Remarquons que le concept de continu, présent dans l'esprit pour comparer être humain et ordinateur du point de vue physique, dépasse le cadre discret de la thèse que Turing soutient concernant la nature discrète de l'esprit. Turing se donne donc la possibilité de penser la nature physique par-delà le registre discret du calculable quand il attribue à la nature physique le caractère de continuité.

Les deux thèses de Turing forment ainsi une analogie : de même que l'être humain est assimilable à une machine discrète du point de vue intellectuel propre au calcul, de même on peut ranger les machines et l'être humain sous la notion physique de continu quand on se place du point de vue de leur fonctionnement réel. C'est cette analogie qui fonde, chez Turing, la possibilité d'une science de l'esprit.

Remarquons que les trois thèses que nous venons d'exposer, la thèse de Church et les thèses de Turing n° 1 et n° 2, délimitent trois registres, le premier intuitif et psychologique (puisque l'on vise la réduction des opérations mentales à un calcul), le second algorithmique et formel (qui accueille la forme générale de toute opération calculable) et le troisième continu et physique, dont nous venons de parler. Ces trois thèses sont nécessaires pour fonder une théorie de la représentation en sciences cognitives.

2. La théorie de la représentation en sciences cognitives

En généralisant la remarque de Post déjà citée, on peut dire que la thèse de Church ainsi que les thèses de Turing qui s'y rapportent, exigent, de par leur nature essentiellement psychologisante, d'être continuellement reconfirmées, c'est-à-dire d'être rapportées à la source de leur production qui est le *sujet* lui-même. Aussi le travail continu de confirmation est-il une tâche infinie dévolue au sujet par lui-même, dès lors qu'il se donne pour objet de délimiter un domaine du calculable qui est lui aussi infini. Le discret qui manifeste l'essence mécanique du calcul est bien alors le nom donné au principe de production de toute *représentation*, principe qui trace les limites entre ce qui est légalement représentable par le sujet (à savoir le rapport qui se manifeste par le discret entre l'effectivité et le récursif et qui s'exprime dans la thèse de Church) et le non-

représentable (à savoir le rapport qui se manifeste par le continu entre l'effectivité et le non-récuratif et qui s'exprime dans la seconde thèse de Turing) qui est néanmoins *pensable*. Ce domaine du pensable en excès sur sa représentation se manifeste dans le domaine de la représentation par le biais de l'infini de la réitération au sein du discret : la tâche de confirmation ou de reprise à laquelle s'assigne le sujet manifeste, par son caractère *infini*, l'existence de ce qui dépasse le discret de la représentation tout en s'exprimant en elle. Ainsi voit-on apparaître, par le biais de la notion de représentation, une solidarité entre les trois registres de l'intuitif, du formel et du physique et ce, par le biais de trois concepts qui les caractérisent respectivement, l'infini, le discret et le continu. Mais cette solidarité ne s'exprime pas sous l'apparence d'un objet calculable mais bien sous celle de ce qui, au sein du calcul, le dépasse.

On voit mieux maintenant pourquoi le choix de l'ordinateur comme modèle de la pensée en sciences cognitives a des conséquences complexes sur l'interprétation que l'on donne de la notion de représentation. Telle qu'on l'a décrite, l'interprétation reçue en sciences cognitives tend à limiter la portée de la notion au registre du formel discret sans parvenir cependant à l'y cantonner. Dès lors, la question des rapports qu'entretiennent les trois registres resurgit comme une sorte de point aveugle. Il est cependant possible d'éclaircir la nature de cette théorie de la représentation quand on prend conscience qu'elle n'est pas née avec le paradigme de l'ordinateur. En particulier, les trois registres, intuitif, formel et physique, mis en place par la thèse de Church et celles de Turing, ne sont pas une nouveauté d'un point de vue philosophique. On les trouve réunis chez Descartes et ils ne peuvent pas ne pas être interprétés aujourd'hui comme les prémisses d'une théorie de la représentation.

3. L'héritage cartésien de la notion de représentation

Le terme de représentation n'est pas fréquent chez Descartes bien qu'il ait élaboré le cadre de pensée nécessaire à sa constitution, cadre qui renvoie à la fois aux domaines de la perception, de l'âme

et des mathématiques¹⁶. C'est par le biais du domaine mathématique que j'aborde la théorie cartésienne, dans la mesure où c'est précisément de cet héritage mathématique dont il est ici question.

Descartes conçoit l'existence d'un rapport qui relie les trois registres intuitif, formel et physique par le biais de la notion de représentation. La représentation n'est donc pas un terme que l'on poserait au départ comme un acquis mais elle est plutôt le résultat d'un processus *d'interprétation* qui tente de rendre compte de la solidarité entre registres hétérogènes.

Sont considérées comme représentations les idées présentes à l'esprit dont il est possible de retracer la construction. La construction, par son style d'effectivité, occupe le registre de ce que l'on a appelé plus haut, dans le cadre de la logique mathématique, le formel. Il s'agit d'une notion centrale de la géométrie analytique : elle permet la mise en correspondance entre les points de l'espace euclidien et les solutions d'une équation algébrique.

La correspondance entre l'algèbre et la géométrie est susceptible de s'exprime d'abord par une mesure rationnelle, c'est-à-dire comme un résultat fini exprimable par des nombres entiers ou rationnels. Mais pour Descartes, la notion de construction qu'il a inventée pour ses besoins en mathématique dépasse largement ce cadre. En particulier, on peut construire des points d'abscisse $\sqrt{2}$ sur une droite et plus généralement, accéder à des points de coordonnées irrationnelles. La généralité de cette notion ne permet pas néanmoins de saisir sa propre condition de possibilité : le domaine du mouvement physique. Le mouvement *échappe* à toute construction parce qu'il enveloppe une continuité, qui n'est pas susceptible d'être exprimée par une mesure rationnelle ou algébrique¹⁷. C'est pourquoi Descartes limite sa physique à l'étude des systèmes à l'équilibre tout en sachant, comme Turing après lui, que tout se meut continûment. Mais par ailleurs, c'est le mouvement qui *permet* la construction parce que c'est grâce au mouvement qu'il est possible de rendre compte du caractère génétique propre à toute

¹⁶ Respectivement dans les *Principes de la philosophie* (Première partie), les *Méditations métaphysiques* (Troisième méditation) et la *Géométrie* (Deuxième partie).

¹⁷ Elle enveloppe une infinité non-dénombrable. Cf. Vuillemin J. (1960), p. 85.

construction, c'est-à-dire de la possibilité de passer, en géométrie, d'un point à un autre sur une courbe et en algèbre, d'un nombre à un autre dans les solutions d'une équation. Or ce mouvement à l'origine de toute construction se manifeste dans deux registres : celui de l'esprit d'une part et celui de la machine de l'autre.

Du point de vue de l'esprit, il faut, pour réussir à engendrer des constructions, que celui-ci soit capable de mettre en correspondance les figures *continues* et les nombres *discrets* : ce n'est possible que si l'esprit est en lui-même continu et discret. Pour posséder ces deux caractéristiques, l'esprit doit posséder une direction. La direction exprime en effet cette dualité : la direction est d'une part un mouvement, qui enveloppe de ce fait une virtualité non-mesurable parce qu'il peut être indéfiniment prolongé mais d'autre part, la direction possède un principe interne de construction selon un ordre, principe qui permet de mettre en rapport les points de l'espace géométrique dans des figures et les suites de nombres dans les solutions des équations algébriques. Il y a donc une partie de ce qui relève de l'esprit qui reste inaccessible à toute *construction* mathématique, le *mouvement* continu de l'esprit, bien que cette partie se manifeste de façon *géométrique* dans l'idée de *direction* de l'esprit.

Du point de vue de la machine, Descartes utilise, dans la *Géométrie*, une machine de son invention qui permet de tracer des courbes. La machine de Descartes est une sorte de compas que l'on aurait placé à l'horizontale et dans lequel on aurait fixé à intervalles réguliers des équerres mobiles sur lesquelles sont fixées des pointes permettant de tracer des traits. On imprime aux équerres situées près de l'angle du compas un mouvement continu¹⁸ qui fait bouger les pointes des équerres : celles-ci, en se déplaçant, tracent des courbes. Le mouvement continu de la machine est à l'origine des constructions de la géométrie analytique et entre dans un rapport analogique avec le mouvement de l'esprit¹⁹ : de même que dans l'esprit en effet, le mouvement continu imprimé aux équerres de la

¹⁸ Descartes (1637), p. 390.

¹⁹ Il ne s'agit que d'une analogie car le mouvement continu de l'esprit doit être actuel alors que le mouvement continu nécessaire au mouvement de la machine n'est que potentiel. Cf. les remarques de Lachterman (1989), pp. 198-204.

machine est la condition de possibilité de toute construction géométrique tout en échappant lui-même à la construction.

Une dernière remarque de Descartes vient compléter la théorie de la construction : la machine de la *Géométrie* trace plus de courbes que l'analytique cartésienne n'est capable d'en construire²⁰. Pour employer quelque peu abusivement un langage moderne, on pourrait dire qu'il y a plus d'objets traçables qu'il n'y a de types formellement constructibles qui leur correspondent. Cette remarque est véritablement paradoxale : comment accorder le statut de *courbe* à ce qui n'est pas construit ? C'est le propre d'une théorie de la représentation que de réussir à définir *à la fois* le domaine dans lequel un objet peut être représenté et le domaine qui dépasse le cadre du représentable, en l'occurrence le mouvement continu. C'est précisément ce qui se produit chez Descartes dans sa définition de certaines "courbes", comme par exemple celle de la courbe logarithme qui échappe à la construction au moyen de la machine à équerres mobiles : elles apparaissent, sans qu'il soit possible de les maîtriser dans une représentation qui les rendraient "recevables en géométrie" et manifestent la tâche infinie propre au sujet, qui consiste à tenter d'opérer une discrétisation nouvelle d'un domaine continu de la pensée en faisant le choix de nouvelles "primitives" pour sa construction.

Ainsi faut-il reconnaître l'existence de rapports idéels entre le registre intuitif de l'esprit capable de reconnaître des courbes qui existent sur un mode non-constructif et le registre physique qui manifeste, par l'intermédiaire du mouvement continu de la machine, un ordre qui dépasse le registre du construit. Ces rapports permettent de définir ainsi *à la fois* ce qui existe dans le domaine de la représentation — et qui exige d'être construit — et ce qui dépasse le domaine de la représentation — et qui, tout en méritant le nom d'idée, n'est interprétable qu'en *images*. La machine dans son mouvement continu apparaît en effet à l'esprit comme l'image (et non la représentation au sens cartésien, qui demande une

²⁰ Par exemple, Descartes reconnaît l'existence de la courbe logarithme (lettre à Mersenne du 12 Septembre 1638, p. 360), à partir du tracé de certains de ses points par la machine, mais il est incapable de *justifier* mathématiquement dans une construction ce qu'il est cependant capable de *reconnaître* intuitivement.

construction) de son propre mouvement : elle ne sert donc pas d'abord à calculer puisqu'elle ne construit pas des représentations, mais à donner une image du caractère incalculable du mouvement continu de l'esprit, par ailleurs générateur des constructions. Ce que l'utilisation de la notion de machine tend à montrer chez Descartes, c'est qu'il n'est pas possible de posséder constructivement, c'est-à-dire dans une représentation, les trois registres de l'intuitif, du formel et du physique mais, parce que la théorie philosophique de la représentation définit aussi son autre, à savoir le non-construit, il est possible, grâce à ce que la machine produit et qui est interprété comme image du mouvement de l'esprit²¹, d'avoir *l'idée* de la parenté entre ces trois registres.

Remarques finales

Descartes semble donc avoir le premier posé les principes idéaux -en l'occurrence les trois registres de l'intuitif, du formel et du physique- qui rendent possible à la fois une *recherche* sur un mode *scientifique* — c'est-à-dire une détermination de l'essence de l'objet — et une *interprétation* sur un mode *philosophique* — c'est-à-dire une détermination de l'essence de la représentation. Après trois siècles de révolutions mathématiques et physiques, le cadre interprétatif qu'il a constitué demeure, sans doute parce que le projet rationnel du XVII^e siècle, la *mathesis universalis*, est d'essence représentationnelle : il s'agit d'essayer de penser mathématiquement la nature, c'est-à-dire de maîtriser les rapports entre les objets matériels à partir de calculs abstraits mais qui renvoient à une géométrie.

On peut assurément suspendre l'enquête de nature herméneutique menée à partir de la notion de représentation et utiliser celle-ci telle quelle, en prenant pour un fait objectivement descriptible l'existence de son domaine opératoire, c'est-à-dire en ne considérant que son caractère discret. Les représentations existeraient alors comme des

²¹ La machine ne produit pas d'images : c'est l'esprit, dans son mouvement sur lui-même, qui *interprète* le caractère éparpillé et sans ordre des points qu'il a construits dans l'espace comme formant cependant une *courbe*. C'est la construction mécanique elle-même qui produit donc, comme dans un choc en retour sur l'esprit, la perspective sémantique qui consiste à reconnaître dans *l'éparpillement* des points le *tracé* d'une courbe non-calculable.

propositions au sens de la logique des prédicats et on devrait les considérer comme susceptibles d'être syntaxiquement manipulées dans un univers discret. Mais on laisserait alors de côté *l'idée* de limite entre représentable discret et non-représentable continu, limite qui ne peut pas être appréhendée sous la forme d'un objet propositionnel²². C'est en se fondant sur la permanence de cette idée à travers l'histoire de la *mathesis universalis* que l'on peut à bon droit conférer à la notion de représentation un rôle herméneutique.

Jean LASSÈGUE
CNRS - CREA

Bibliographie

- Barendregt, Henk P. (1977), "The Type-free Lambda Calculus, in [Barwise J. éd., *Handbook of Mathematical Logic*, North-Holland, pp. 1091-1132].
- Church, A. (1936a), "A note on the Entscheidungsproblem", *Journal of Symbolic Logic*, vol. 1 n°3, réédité dans [Davis M., *The Undecidable*, Raven Press, Hewlett, New York, 1965 pp. 108-115].
- Church, A. (1936b), "An unsolvable problem of Elementary Number Theory", *American Journal of Mathematics*, 58, p. 356, réédité dans [Davis M., *The Undecidable*, Raven Press, Hewlett, New York, 1965 pp. 88-107].
- Davis M. (1987), "Mathematical Logic and the Origin of Modern Computers", *Studies in the Working of Mathematics*, The Mathematical Association of America, réédité dans [Herken R. éd., *The Universal Turing machine*, Oxford Science Publications, Oxford University Press, 1988, pp. 149-174].
- Davis, M. (1988), "Influences of Mathematical Logic on Computer Science" in [Herken R. éd., *The Universal Turing machine*, Oxford Science Publications, Oxford University Press, 1988, pp. 315-326].
- Descartes (1637), *Géométrie*, éd. Adam et Tannery, *Œuvres Complètes*, t. VI, réédition [Vrin, Paris, 1982].
- Descartes, lettre à Mersenne du 12 Septembre 1638, *Correspondance*, éd. Adam et Tannery, *Œuvres Complètes*, t. II, réédition [Vrin, Paris, 1982, p. 360].
- Gandy, R. (1988), "The Confluence of Ideas in 1936" in [Herken R. éd., *The Universal Turing machine*, Oxford Science Publications, Oxford University Press, 1988, pp. 55-111].

²² J'ai tenté de montrer dans un autre étude portant sur l'œuvre de Turing que celui-ci vivait la limitation au cadre du représentable discret sur le mode du "remords". Cf. Lassègue J., (1993).

- Hao Wang (1974), *From Mathematics to Philosophy*, Routledge and Kegan Paul, Londres.
- Lachterman, D. R. (1989), *The Ethics of Geometry*, Routledge and Kegan Paul, New York et Londres.
- Lassègue, J. (1993), “Le test de Turing et l’énigme de la différence des sexes” in [Anzieu D. éd., *Les Contenants de pensée*, Dunod, Paris, à paraître].
- Mosconi, J. (1989), *La constitution de la théorie des automates*, thèse de doctorat d’Etat, Université de Paris I, imprimé par l’Atelier National de reproduction des thèses, Université de Lille III.
- Post, E. (1936), “Finite Combinatory Processes - Formulation I”, *Journal of Symbolic Logic*, I, réédité dans [Davis M., *The Undecidable*, Raven Press, Hewlett, New York, 1965, pp. 288-291].
- Pylyshyn, Z. (1984), *Computation and Cognition, Toward a Foundation for Cognitive Science*, A Bradford Book, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Turing, A. M. (1936-1937), ‘On Computable Numbers with an Application to the Entscheidungsproblem’, *Proceedings of the London Mathematical Society*, 42, pp. 230-265, réédité dans [Davis M., *The Undecidable*, Raven Press, Hewlett, New York, 1965, pp. 115-154].
- Turing, A. M. (1950), “Computing Machinery and Intelligence”, *Mind*, Vol. LIX. n° 236, pp. 433-460.
- Von Neumann, J. (1951), “Some of the problems concerning digital notions in the central nervous system”, édité dans [H. von Foerster éd., *Cybernetics*, pp. 19-31].
- Von Neumann, J. (1958), *The Computer and the Brain*, The Silliman Lectures, Yale University Press.
- Vuillemin, J. (1960), *Mathématiques et métaphysiques chez Descartes*, PUF, Paris.