Association
mathématique
du Québec

La filiation méconnue entre logique mathématique et linguistique chomskyenne

Patrick Duffley
Département de langues, linguistique et traduction
Université Laval

Frédéric Morneau-Guérin
département Éducation
Université TÉLUQ

Résumé

Noam Chomsky est surtout connu du grand public comme essayiste et commentateur politique. Son œuvre linguistique, elle, s'inscrit dans une histoire intellectuelle beaucoup moins souvent racontée : celle de la formalisation de la logique aux XIX^{e} et XX^{e} siècles. Le présent article retrace cette filiation. De Boole, qui fait de la logique un calcul symbolique, à Frege, Russell et Hilbert, qui déplacent l'attention du contenu des énoncés vers leurs structures formelles, puis à Carnap, qui soutient qu'une langue peut être étudiée du seul point de vue de sa syntaxe, se met progressivement en place l'idée qu'un système symbolique s'analyse indépendamment de sa signification. La grammaire générative, avec ses règles de formation, ses transformations et ses procédures récursives, en hérite directement. Nous examinons enfin les tensions philosophiques que soulève cette autonomie accordée à la syntaxe lorsqu'elle est appliquée aux langues naturelles, dont l'usage effectif déborde constamment les cadres purement formels.

Mots clés : logique mathématique ; philosophie du langage ; syntaxe et sémantique ; grammaire générative ; Noam Chomsky ; Rudolf Carnap ; formalisation ; récursivité ; hiérarchie de Chomsky ; histoire des idées.

Classification mathématique par matières (MSC2020) : 03A05, 03B65, 01A60, 68Q42, 00A30

1. Introduction

Peu d'intellectuels du XX^{e} siècle auront occupé un espace médiatique comparable à celui qu'à occupé Noam Chomsky. Linguiste de formation, mais également essayiste et commentateur politique omniprésent dans l'espace public pendant plusieurs décennies, Chomsky est devenu, bien au-delà du milieu universitaire, une véritable figure intellectuelle mondiale. Son nom est associé depuis longtemps aux débats sur les médias et la liberté d'expression ainsi qu'aux grandes

© Association mathématique du Québec

controverses politiques et géopolitiques de son époque, de la guerre du Vietnam aux discussions contemporaines sur l'impérialisme américain ou le conflit israélo-palestinien. Derrière cette notoriété publique se trouve toutefois une œuvre linguistique immense, composée de centaines d'articles et de nombreux ouvrages, oeuvre qui a exercé une influence considérable sur les sciences du langage et les sciences cognitives [1]. Par son rôle de catalyseur au sein d'un vaste réseau de collaborations scientifiques, Chomsky rappelle, toutes proportions gardées, la place singulière qu'occupait Paul Erdős dans le monde des mathématiques. Dans les deux cas, il s'agit moins de comparer l'étendue ou la nature de leurs contributions que de souligner la fonction d'une figure intellectuelle reliant de nombreuses équipes et traditions de recherche, proposant des intuitions théoriques ensuite développées, raffinées et systématisées par un vaste ensemble de collaborateurs et de continuateurs.

Né à Philadelphie en 1928 dans une famille juive d'origine ukrainienne, Chomsky est formé très tôt dans un milieu intellectuel fortement marqué par les débats politiques, le sionisme culturel et l'étude des langues. Son père, William Chomsky, spécialiste de grammaire hébraïque et professeur d'hébreu, joue notamment un rôle important dans cette formation intellectuelle précoce. Après des études à l'Université de Pennsylvanie sous la direction du linguiste Zellig Harris – figure importante de la linguistique américaine de l'époque, dont les travaux accordaient une grande importance à l'analyse formelle des structures du langage –, Chomsky entreprend dans les années 1950 une remise en question radicale de la linguistique dominante de son époque.

À l'époque où Chomsky commence ses travaux, une grande partie des sciences humaines américaines est fortement influencée par le *behaviorisme*, courant selon lequel les comportements humains – y compris le langage – doivent être expliqués principalement à partir de mécanismes d'apprentissage, d'imitation et d'habitude [2]. Dans cette perspective, parler une langue reviendrait essentiellement à reproduire progressivement des structures entendues dans son environnement. Chomsky s'oppose fortement à cette manière de voir. Selon lui, le langage humain possède une créativité beaucoup trop grande pour être expliqué uniquement par l'imitation. Un enfant peut en effet comprendre et produire des phrases entièrement nouvelles qu'il n'a pourtant jamais entendues auparavant. Pour rendre compte de cette capacité, Chomsky propose que l'esprit humain possède des structures mentales innées permettant de construire un nombre potentiellement infini de phrases à partir d'un ensemble limité de règles grammaticales. Cette approche, appelée « grammaire générative », repose sur une idée qui jouera un rôle central dans toute la suite de notre propos : une langue peut être décrite comme un système de règles capable de générer des structures linguistiques, un peu à la manière dont certains systèmes formels en logique ou en mathématiques permettent de produire des expressions à partir d'un petit nombre de principes de base [3].

1. Pour des présentations générales de l'œuvre de Chomsky et de son influence intellectuelle, voir notamment Barsky, *Noam Chomsky : A Life of Dissent* (1997), ainsi que McGilvray (dir.), *The Cambridge Companion to Chomsky* (2005).

2. Sur le contexte behavioriste et le rôle de la célèbre recension par Chomsky de l'ouvrage *Verbal Behavior* de B. F. Skinner dans l'émergence de la révolution cognitive, voir notamment Harris, *The Linguistics Wars* (1993), ainsi que Chomsky (1959).

3. Voir principalement Chomsky, *Syntactic Structures* (1957), ouvrage fondateur de la grammaire générative moderne.

Les travaux de Chomsky allaient exercer une influence considérable non seulement sur la linguistique théorique, mais également sur la psychologie cognitive, la philosophie du langage et, plus largement, sur plusieurs disciplines cherchant à comprendre les rapports entre langage, pensée et structures formelles [4].

Cette histoire constitue également un épisode révélateur de l'influence culturelle et intellectuelle qu'ont exercée les mathématiques modernes bien au-delà de leur domaine propre.

Le présent article ne vise toutefois ni à présenter en détail l'ensemble de la théorie linguistique chomskyenne, ni à trancher les nombreuses controverses qu'elle a suscitées. Son objectif est plutôt historique et explicatif. Il s'agira de montrer comment une certaine manière de concevoir le langage – non plus d'abord comme un instrument de communication chargé de sens, mais comme un système de formes réglées – s'inscrit dans une histoire intellectuelle plus ancienne, issue de la logique mathématique moderne [5].

Pour suivre cette histoire, il faudra d'abord préciser quelques notions. La philosophie du langage s'interroge sur les rapports entre les mots, les phrases, la pensée et le monde : comment une phrase signifie-t-elle quelque chose ? Comment les mots renvoient-ils à des objets, des idées ou des situations ? Comment distinguons-nous la structure grammaticale d'une phrase de ce qu'elle veut dire ? Ces questions conduisent naturellement à la distinction entre syntaxe et sémantique. La syntaxe concerne l'agencement formel des signes – l'ordre des mots, les règles grammaticales, les structures possibles d'une phrase – tandis que la sémantique concerne leur signification [6].

C'est cette distinction entre structure grammaticale et signification qui permettra de comprendre la filiation intellectuelle que nous souhaitons examiner. De Boole à Frege, de Russell à Hilbert, puis de Carnap à Chomsky, on voit progressivement apparaître l'idée qu'un système symbolique peut être étudié à partir de ses règles internes de formation et de transformation, indépendamment (au moins en partie) de son contenu sémantique immédiat. Le langage humain commence alors à être envisagé comme un objet susceptible d'une analyse formelle. C'est cette évolution intellectuelle, ainsi que les questions philosophiques qu'elle soulève, que nous replacerons dans son contexte historique.

2. Langage, pensée et philosophie du langage

Le langage accompagne la plupart des dimensions de l'existence humaine. Nous l'utilisons pour communiquer nos pensées, transmettre des connaissances, exprimer des émotions, décrire le monde, élaborer des lois, construire des théories scientifiques, ou encore rédiger des démonstrations mathématiques. Cette omniprésence explique que la réflexion sur le langage soit presque aussi ancienne que la philosophie elle-même.

4. Sur le rôle de Chomsky dans la révolution cognitive du milieu du XX^{e} siècle, voir notamment Gardner, *The Mind's New Science* (1985).

5. Parmi les travaux historiques importants sur les rapports entre logique mathématique, formalisation et linguistique générative, voir notamment Tomalin, *Linguistics and the Formal Sciences* (2006).

6. Cette distinction jouera un rôle particulièrement important dans certaines approches issues de la logique formelle du XX^{e} siècle, notamment chez Rudolf Carnap.

Déjà dans l'Antiquité grecque, Platon – notamment dans le *Cratyle* – et Aristote – particulièrement dans *De Interpretatione* – s'interrogeaient sur les rapports entre les mots, les idées et les choses. Les mots reflètent-ils la structure réelle du monde ou seulement nos manières humaines de le penser ? Les philosophes médiévaux – notamment Abélard, Thomas d'Aquin, Duns Scot et Guillaume d'Occam – reprendront ensuite ces interrogations à travers les débats sur les universaux et sur le lien entre langage, pensée et réalité. Ces questions, anciennes mais toujours actuelles, constituent l'un des points de départ de la philosophie du langage.

Plus tard, avec l'émergence des sciences modernes aux XVI^{e} et XVII^{e} siècles, la question du langage prit une importance nouvelle. Les progrès spectaculaires des mathématiques et de la physique nourrissaient alors l'espoir qu'une pensée véritablement rigoureuse devait pouvoir s'exprimer dans une langue elle aussi rigoureuse, débarrassée des ambiguïtés, des imprécisions et des équivoques du langage ordinaire.

Plusieurs penseurs rêvèrent ainsi de construire une forme de langage universel capable d'exprimer clairement les raisonnements scientifiques. René Descartes évoquait déjà la possibilité d'une langue philosophique fondée sur des idées simples et distinctes, où les erreurs de raisonnement deviendraient presque impossibles (Descartes, 1637). Gottfried Wilhelm Leibniz ira encore plus loin. Fasciné par les succès du calcul algébrique, il imagina un projet de *characteristica universalis*, sorte de langage symbolique universel dans lequel les disputes philosophiques pourraient être résolues par le calcul. Dans une formule célèbre, Leibniz envisage même qu'un jour deux savants en désaccord puissent simplement s'asseoir à une table et se dire : *Calculemus* [« calculons »] (Leibniz, 1685).

Cette ambition d'une langue parfaite ne relevait pas uniquement d'un rêve philosophique abstrait. Elle s'inscrivait dans un mouvement intellectuel beaucoup plus large : celui de la mathématisation croissante des sciences modernes. À mesure que les mathématiques semblaient capables de décrire avec précision les phénomènes physiques, plusieurs penseurs commencèrent à se demander si des méthodes comparables pourraient un jour être appliquées au raisonnement, à la pensée ou même au langage lui-même.

C'est de cette vaste tradition qu'est née ce qu'on appelle aujourd'hui la philosophie du langage (Frege, 1892 ; Russell, 1905 ; Wittgenstein, 1921). Cette discipline étudie notamment de quelle manière les mots acquièrent un sens, la façon dont les phrases expriment des pensées, les rapports entre langage et vérité, ainsi que les liens entre structures linguistiques et structures de la pensée. Certaines de ses questions sont devenues classiques : comment les mots parviennent-ils à désigner le monde ? Qu'est-ce qui fait que le mot « arbre » renvoie effectivement à des arbres réels plutôt qu'à une simple idée mentale ? Que signifie exactement comprendre une phrase ? Comprendre l'énoncé « Tous les cygnes sont blancs » consiste-t-il uniquement à saisir la signification des mots ou également à savoir dans quelles circonstances cet énoncé pourrait être vrai ou faux ? Le sens d'une phrase est-il entièrement contenu dans les mots qui la composent ou dépend-il aussi du contexte, des intentions du locuteur et des connaissances implicites des interlocuteurs ? Ainsi, lorsque quelqu'un affirme « Il y a du café sur la table », parle-t-il d'une tasse de café, de grains de café ou d'une tache laissée par une tasse renversée ? Plus profondément encore, la structure grammaticale d'une langue reflète-t-elle certaines structures fondamentales de la

pensée humaine ? Enfin, peut-on décrire le langage à l'aide de règles formelles comparables à celles utilisées en logique ou en mathématiques ? Ces interrogations, à la frontière de la linguistique, de la philosophie et de la logique, finiront par rencontrer directement certaines préoccupations de la logique mathématique moderne.

Afin de comprendre cette rencontre, il faut introduire une distinction devenue fondamentale dans la linguistique contemporaine, à savoir celle entre *syntaxe* et *sémantique*. La syntaxe désigne l'organisation formelle des expressions linguistiques : l'ordre des mots, les catégories grammaticales et les règles permettant de construire des phrases. La sémantique concerne quant à elle la signification de ces expressions. Une phrase peut ainsi être syntaxiquement correcte tout en étant difficilement interprétable sur le plan du sens (Carnap, 1934). La célèbre phrase de Chomsky « Colorless green ideas sleep furiously » – généralement traduite par « D'incolores idées vertes dorment furieusement » – respecte parfaitement les règles grammaticales de l'anglais, bien qu'elle semble dépourvue de signification claire (Chomsky, 1957). Cet exemple, sur lequel nous reviendrons plus loin, jouera un rôle important dans l'histoire que nous allons raconter.

La distinction entre syntaxe et sémantique n'est toutefois pas née avec Chomsky. Elle plonge ses racines dans une transformation beaucoup plus ancienne de la logique elle-même. Pendant des siècles, la logique héritée d'Aristote avait principalement été conçue comme une théorie du raisonnement portant sur des concepts et des catégories du réel. À partir du XIX^{e} siècle, cependant, plusieurs mathématiciens et logiciens entreprirent de transformer la logique en un véritable calcul symbolique (Boole, 1847 ; Frege, 1879). L'objectif n'était plus simplement d'étudier les raisonnements corrects, mais de construire des systèmes formels capables de manipuler des symboles selon des règles explicites, un peu à la manière des opérations algébriques.

Cette évolution fut l'un des grands bouleversements intellectuels de l'époque moderne [7]. Elle conduisit progressivement à l'apparition de la logique mathématique contemporaine, à la formalisation des fondements des mathématiques, puis à l'idée qu'un langage pouvait être étudié indépendamment de son contenu sémantique, uniquement à partir de sa structure formelle. Ce déplacement intellectuel – du sens vers la structure, des idées vers les règles de manipulation symbolique – constitue l'un des arrière-plans essentiels de la linguistique chomskyenne (Tomalin, 2006).

Pour comprendre comment une telle conception du langage a pu émerger, il faut maintenant remonter au XIX^{e} siècle et revenir à quelques figures majeures de la logique moderne, en commençant par George Boole, dont les travaux allaient profondément transformer la manière même de concevoir la logique.

7. Cette évolution intellectuelle possède également des racines philosophiques plus anciennes. Avec Descartes, la recherche d'une certitude entièrement rigoureuse conduit à une méfiance accrue envers les connaissances issues des sens et à une valorisation croissante des structures rationnelles de la pensée. Comme l'a montré Étienne Gilson, le doute cartésien vise précisément à découvrir une vérité absolument indubitable, indépendante des incertitudes de l'expérience sensible (Gilson, 1930). Sans conduire directement au formalisme moderne, cette orientation contribue néanmoins à installer l'idée qu'une connaissance véritablement certaine doit reposer sur des structures rationnelles explicites plutôt que sur les données immédiates de l'expérience.

3. Quand la logique devint un calcul

Pendant une grande partie de son histoire, la logique fut principalement conçue comme l'étude des formes correctes du raisonnement. Héritée d'Aristote, elle visait avant tout à analyser les relations entre concepts, propositions et catégories du réel. Le syllogisme classique

> *Tous les hommes sont mortels ;*
> *Socrate est un homme ;*
> *donc Socrate est mortel*

en constitue l'exemple emblématique. Dans cette tradition, la logique n'était pas encore un calcul au sens moderne du terme. Elle demeurait profondément liée à l'analyse philosophique des choses, des essences et des rapports entre les idées.

Au XIX^{e} siècle, cependant, plusieurs mathématiciens et logiciens – parmi lesquels George Boole et Augustus De Morgan [8] en Grande-Bretagne, Gottlob Frege en Allemagne et Giuseppe Peano en Italie – commencèrent à envisager la possibilité de traiter la logique elle-même comme une forme de calcul symbolique (Boole, 1847 ; Frege, 1879). L'objectif n'était plus seulement d'analyser philosophiquement les raisonnements corrects, mais de construire des systèmes capables de manipuler des symboles selon des règles explicites, un peu à la manière des opérations algébriques.

Parmi les principaux artisans de cette évolution figure le mathématicien britannique George Boole. Dans la préface de *The Mathematical Analysis of Logic : Being an Essay Towards a Calculus of Deductive Reasoning*, publié en 1847, Boole propose de concevoir la logique comme un véritable calcul formel [9]. Dès les premières pages de l'ouvrage, il écrit :

> *"The present work is not a mere collection of logical truths, but also an attempt to establish a calculus of deductive reasoning."* (Boole, 1847)
>
> *« Le présent ouvrage n'est pas un simple recueil de vérités logiques, mais aussi une tentative d'établir un calcul du raisonnement déductif. »*

Boole ne se contente pas d'affirmer que le raisonnement peut être traité comme un calcul. Il précise également ce qu'il entend par là :

> *"A true calculus, that is, a method resting upon the employment of symbols, whose laws of combination are known in general, and whose results admit of a consistent interpretation."*

8. Les travaux de De Morgan sur les relations logiques et sur l'algébrisation du raisonnement contribuèrent à plusieurs développements importants de la logique du XIX^{e} siècle. Ils influencèrent notamment le développement ultérieur de la logique relationnelle chez Peirce, Schröder, Frege et Russell.

9. Boole considérait lui-même *The Mathematical Analysis of Logic* comme une première esquisse imparfaite de son système logique, qu'il développera plus complètement dans *An Investigation of the Laws of Thought* (1854).

> *« Un véritable calcul, c'est-à-dire une méthode reposant sur l'emploi de symboles dont les lois de combinaison sont généralement connues et dont les résultats se prêtent à une interprétation cohérente. »*

La portée philosophique de cette formulation est immense. La logique cesse progressivement d'être conçue uniquement comme une théorie du raisonnement humain pour devenir un système de manipulation symbolique autonome dont les expressions peuvent être manipulées indépendamment de leur contenu immédiat.

Comme l'explique l'historien de la logique Józef Maria Bocheński, Boole ne considérait plus la logique comme une abstraction tirée des raisonnements ordinaires, mais comme une construction formelle à laquelle on cherche ensuite une interprétation (Bocheński, 1961). Le sens n'est plus nécessairement premier ; il peut devenir secondaire par rapport à la structure symbolique elle-même.

Ce renversement méthodologique allait profondément transformer la logique moderne (Frege, 1879). Il ouvrait la possibilité de construire des systèmes formels dont la cohérence dépendrait essentiellement de règles internes de manipulation symbolique. Cette idée allait bientôt trouver un terrain particulièrement fertile dans les recherches sur les fondements des mathématiques.

À la fin du XIX^{e} siècle, Gottlob Frege franchit une nouvelle étape importante avec la publication, en 1879, d'un traité de logique mathématique d'une grande technicité aujourd'hui généralement considéré comme l'un des textes fondateurs de la logique moderne, *Begriffsschrift : Eine der arithmetischen nachgebildete Formelsprache des reinen Denkens* [*Idéographie : Un langage formel de la pensée pure modelé sur celui de l'arithmétique*]. Frege y introduit un symbolisme logique très différent de la logique aristotélicienne classique. Son objectif n'est d'ailleurs pas seulement philosophique. En effet, Frege cherche avant tout à fournir aux mathématiques – et plus particulièrement à l'arithmétique – des fondements d'une rigueur entièrement nouvelle. Pour y parvenir, il développe un langage formel capable d'exprimer avec précision des relations logiques complexes que la logique traditionnelle peine à représenter adéquatement.

Ce nouveau symbolisme repose notamment sur l'usage systématique des quantificateurs [10], des variables et des relations. Grâce à ces outils, il devient possible de représenter formellement certains raisonnements mathématiques d'une grande complexité. En contrepartie toutefois, l'expression des énoncés ordinaires y devient souvent extrêmement artificielle et éloignée du langage naturel. Même des affirmations apparemment simples comme « Tous les hommes sont mortels » doivent être reconstruites dans un langage dont la structure diffère sensiblement de celle des langues ordinaires

$$\forall x \big(H(x) \to M(x)\big).$$

10. Les quantificateurs sont les symboles logiques permettant d'exprimer des énoncés généraux ou existentiels. En mathématiques, on les rencontre aujourd'hui sous les formes familières « $\forall$ » (« pour tout ») et « $\exists$ » (« il existe »). Les symboles modernes eux-mêmes seront introduits plus tard par Giuseppe Peano puis popularisés par Bertrand Russell, mais l'idée fondamentale d'une logique quantificationnelle systématique provient largement des travaux de Frege.

Or cette reformulation ne constitue pas une simple abréviation technique du langage ordinaire. Elle transforme la nature même de l'énoncé. Les mots « homme » et « mortel » cessent d'y fonctionner comme des concepts saisis dans l'expérience humaine ordinaire pour devenir des prédicats formels appliqués à des variables abstraites. Le raisonnement se trouve ainsi déplacé du contenu concret des affirmations vers la manipulation de structures symboliques régies par des règles syntaxiques explicites. Ce gain de précision logique s'accompagne donc d'un éloignement croissant des formes spontanées du langage naturel et de leur richesse sémantique. Cette tension entre puissance formelle et artificialité expressive traversera d'ailleurs une grande partie de l'histoire ultérieure de la logique mathématique.

L'influence de Frege sur la logique du XX^{e} siècle fut considérable, même si son œuvre demeura longtemps relativement peu connue en dehors des milieux spécialisés. Parmi ceux et celles qui contribuèrent le plus à faire connaître ses idées figure le philosophe, logicien et mathématicien britannique Bertrand Russell, l'une des grandes figures intellectuelles du début du XX^{e} siècle. Russell reconnaîtra lui-même l'importance fondamentale des travaux de Frege :

> *"In all questions of logical analysis, our chief debt is to Frege."* (Russell, 1944)
>
> *« En matière d'analyse logique, c'est à Frege que nous devons le plus »*

Frege ne voyait pas dans la nouvelle logique frégéenne un simple outil technique. Il croyait possible de montrer que l'arithmétique elle-même pouvait être fondée entièrement sur des principes logiques, ouvrant la voie à un programme philosophique qui prendra plus tard le nom de *logicisme*. Bertrand Russell et Alfred North Whitehead poursuivront cette ambition monumentale dans les *Principia Mathematica*, immense traité de logique mathématique et de fondements des mathématiques publié entre 1910 et 1913. Leur objectif était de reconstruire les mathématiques à partir d'un petit nombre de principes logiques fondamentaux à l'aide de règles de déduction purement formelles.

Cette période voit également se renforcer une idée appelée à jouer un rôle important dans toute l'histoire ultérieure de la logique et de la linguistique : l'attention se déplace progressivement du contenu des énoncés vers leurs structures formelles et les relations qu'ils entretiennent entre eux. Les mathématiques apparaissent alors de moins en moins comme une science portant sur des objets particuliers et de plus en plus comme l'étude de structures abstraites susceptibles d'être exprimées symboliquement.

Bertrand Russell soulignera lui-même l'importance croissante des relations dans les mathématiques modernes :

> *"A careful analysis of mathematical reasoning shows that all mathematical propositions are concerned with relations, and that the logic of relations has a more immediate bearing on mathematics than that of classes or propositions."* (Russell, 1903)
>
> *« Une analyse attentive du raisonnement mathématique montre que toutes les propositions mathématiques portent sur des relations, et que la logique des relations a une incidence plus directe sur les mathématiques que celle des classes ou des*

propositions. »

Dans cette perspective, la logique n'a plus seulement pour rôle de classifier des concepts ou d'analyser des raisonnements ordinaires ; elle devient un instrument permettant de formaliser des structures relationnelles complexes.

Ces développements transformèrent profondément la manière dont plusieurs mathématiciens et philosophes concevaient la logique. Celle-ci n'apparaissait plus seulement comme une théorie générale du raisonnement, mais de plus en plus comme l'étude de systèmes symboliques régis par des règles explicites de formation et de transformation.

Au début du XX^{e} siècle, cette orientation allait encore se renforcer avec les travaux de David Hilbert, dont les recherches sur les fondements des mathématiques accordaient une importance croissante aux systèmes symboliques, aux axiomes et aux règles de déduction formelle [11] (Hilbert, 1922 ; Hilbert & Ackermann, 1928). Les questions portant sur la cohérence, la manipulation symbolique et l'autonomie des systèmes formels prendraient alors une importance centrale. C'est dans ce climat intellectuel que commencerait progressivement à émerger l'idée qu'un langage lui-même pourrait être étudié comme une structure formelle relativement indépendante de sa signification immédiate.

Plusieurs décennies plus tard, ces idées exerceront une influence bien au-delà des fondements des mathématiques eux-mêmes. Certains linguistes et philosophes commenceront progressivement à envisager le langage naturel non plus seulement comme un véhicule de signification, mais aussi comme un système de structures symboliques gouverné par des règles formelles. C'est dans ce contexte intellectuel, largement façonné par la logique mathématique moderne, que s'inscriront plus tard les travaux de Noam Chomsky (Tomalin, 2006).

4. Hilbert, Carnap et le rêve d'une syntaxe autonome

Les recherches de David Hilbert sur les fondements des mathématiques marquent une nouvelle étape importante dans cette évolution intellectuelle. Hilbert nourrit alors une ambition considérable : montrer que les mathématiques peuvent être développées à partir de systèmes axiomatiques rigoureusement définis et manipulés selon des règles explicites de déduction (Hilbert, 1922).

Dans cette perspective, les mathématiques apparaissent de moins en moins comme une science portant directement sur des objets intuitivement accessibles — nombres, figures géométriques

11. Le terme « formalisme » est utilisé de manière très variable dans l'histoire et la philosophie des mathématiques. Il peut désigner aussi bien certaines méthodes axiomatiques que des positions philosophiques beaucoup plus radicales selon lesquelles les mathématiques ne seraient qu'un simple jeu de symboles dépourvus de signification intrinsèque. Or, les positions exactes de Hilbert sur ces questions demeurent historiographiquement complexes et ont souvent été simplifiées rétrospectivement. Hilbert lui-même ne se désignait pas comme « formaliste » au sens doctrinal fort du terme ; cette étiquette fut largement popularisée dans le contexte des controverses l'opposant notamment au mathématicien intuitionniste L. E. J. Brouwer (Grattan-Guinness, 2000). Nous éviterons donc ici d'utiliser le terme dans un sens philosophique trop rigide.

ou grandeurs — et de plus en plus comme un univers de symboles soumis à des opérations formelles rigoureusement contrôlées. Les signes ne servent plus seulement à représenter des objets mathématiques déjà compris indépendamment d'eux ; ils deviennent eux-mêmes le point de départ de l'analyse.

Cette manière de concevoir les mathématiques est souvent résumée – sans que l'on sache toutefois avec certitude si la formule provient directement de Hilbert lui-même – par l'aphorisme allemand : *« Am Anfang ist das Zeichen »* [« Au commencement est le signe »].

L'idée exprimée par cette formule est simple mais profonde : les symboles et les règles gouvernant leur manipulation tendent progressivement à acquérir une autonomie croissante par rapport aux contenus intuitifs ou aux significations immédiates qu'ils représentaient traditionnellement. Pendant une grande partie de l'histoire des mathématiques, les objets mathématiques étaient pourtant étroitement associés à certaines formes d'intuition ou d'expérience. Chez les Grecs, par exemple, la géométrie reposait largement sur les figures de l'espace visibles ou imaginables, tandis que les nombres étaient souvent conçus à travers des collections concrètes d'objets ou des rapports de grandeurs. Même les démonstrations les plus abstraites d'Euclide demeuraient profondément liées à des constructions géométriques interprétables intuitivement.

Avec le développement du formalisme moderne, cette relation commence progressivement à se transformer. Les symboles mathématiques ne sont plus seulement envisagés comme des moyens commodes de représenter des objets ou des raisonnements déjà compris intuitivement ; ils deviennent eux-mêmes des objets de manipulation soumis à des règles explicites. L'attention se porte alors de plus en plus sur la cohérence interne des systèmes symboliques et sur les opérations qu'il est permis d'y effectuer, indépendamment de toute interprétation immédiate dans le monde sensible ou dans l'intuition géométrique traditionnelle.

Cette évolution s'inscrit dans un contexte intellectuel plus large marqué par la recherche d'une rigueur absolue en mathématiques. Les paradoxes découverts dans la théorie des ensembles à la fin du XIX^{e} siècle avaient profondément ébranlé les fondements de la discipline (Russell, 1903 ; Zermelo, 1908). Le programme de Hilbert cherchait précisément à répondre à cette crise en montrant que les mathématiques pouvaient être sécurisées au moyen d'une analyse formelle des démonstrations elles-mêmes. Les célèbres théorèmes d'incomplétudes de Gödel montreront toutefois quelques années plus tard certaines limites fondamentales de ce programme (Gödel, 1931).

L'historien des mathématiques José Ferreirós, spécialiste de l'histoire de la théorie des ensembles et des fondements des mathématiques, résume bien cette évolution intellectuelle :

> *"In treating logical formulas as algebraic objects which can be manipulated independently of any semantic interpretation, Boole provided a key insight that prepared the emergence of the axiomatic orientation which later rose to prominence with David Hilbert's finitary metamathematical program."* (Ferreirós, 2001)
>
> *« En considérant les formules logiques comme des objets algébriques pouvant être manipulés indépendamment de toute interprétation sémantique, Boole a apporté une contribution décisive qui a ouvert la voie à l'émergence de l'approche axiomatique,*

laquelle a ensuite pris toute son importance avec le programme métamathematique finitaire de David Hilbert. »

Ces transformations de la logique et des fondements des mathématiques finirent par susciter une question nouvelle : une langue elle-même pourrait-elle être étudiée comme un système symbolique régi par des règles formelles ?

Cette idée jouera un rôle central dans les travaux du philosophe Rudolf Carnap, figure importante du positivisme logique et du Cercle de Vienne. Dans *The Logical Syntax of Language*, publié en 1934, Carnap défend l'idée qu'une langue peut être étudiée exclusivement du point de vue de sa syntaxe, c'est-à-dire des règles formelles gouvernant l'agencement des symboles, sans qu'il soit nécessaire de s'intéresser d'abord à leur signification. Carnap pousse même cette idée extrêmement loin, résumant sa position par une formule devenue célèbre :

"Mathematics is nothing but syntax of language." (Carnap, 1934)

« Les mathématiques ne sont rien d'autre que la syntaxe du langage. »

Cette manière de concevoir les systèmes formels exercera une influence durable sur plusieurs logiciens du XX^{e} siècle. Le logicien américain Haskell Curry – connu notamment pour ses travaux en logique combinatoire – ira même jusqu'à défendre une conception extrêmement radicale des systèmes formels, soutenant que ceux-ci ne portent en eux-mêmes aucune signification intrinsèque et ne concernent fondamentalement que *marks on paper* (Curry, 1958), c'est-à-dire de simples marques tracées sur le papier soumises à des règles de manipulation formelle.

C'est précisément cette autonomie relative de la syntaxe que Carnap cherchera à mettre au premier plan dans son analyse des langages formels. Afin d'illustrer son propos, il utilise un exemple devenu célèbre :

"Pirots karulize elatically." (Carnap, 1934)

« Les pirots karulisent élatiquement. »

La phrase ne possède aucune signification en anglais. Pourtant, soutient Carnap, il demeure possible d'en analyser correctement la structure grammaticale. On peut reconnaître qu'il s'agit d'une suite organisée selon un certain schéma syntaxique – un sujet, un verbe et un adverbe – même si les mots eux-mêmes sont dénués de sens. Autrement dit, la syntaxe peut être étudiée indépendamment du contenu sémantique des expressions.

Cette distinction entre structure syntaxique et signification exercera une influence considérable sur les développements ultérieurs de la linguistique générative et préparera plusieurs des distinctions qui deviendront centrales dans l'œuvre de Chomsky.

Dans la tradition philosophique classique, le langage était généralement conçu comme un moyen d'exprimer des pensées portant sur le monde. Chez Carnap et plusieurs représentants du positivisme logique, l'analyse se concentre plutôt sur les structures internes des systèmes symboliques et sur les règles qui gouvernent leur fonctionnement. Le langage tend alors à être

étudié comme un objet formel susceptible d'être décrit à l'aide d'axiomes, de règles de formation et de règles de transformation.

Cette idée de « règles de transformation » sera particulièrement importante pour la suite. Carnap (Carnap, 1934) distinguait notamment :

— des règles de formation permettant de construire des expressions bien formées ;

— et des règles de transformation permettant de dériver certaines expressions à partir d'autres.

Or cette distinction réapparaîtra presque directement quelques années plus tard dans la grammaire générative de Chomsky, sous la forme des règles de structure syntaxique et des transformations grammaticales.

Le philosophe et historien des rapports entre logique et linguistique Marcus Tomalin, qui a étudié en détail les rapports entre logique mathématique et linguistique générative, résume cette filiation de manière très explicite :

> *"With its focus on syntax as opposed to semantics, with its use of a logic-based notational system, with its identification of the analogy between a proof and the generation of a grammatical sentence, and with its use of such procedures as recursive definitions and axiomatic deduction, Transformational Generative Grammar unambiguously reveals its associations with the formal sciences."* (Tomalin, 2006)
>
> *« En mettant l'accent sur la syntaxe plutôt que sur la sémantique, en recourant à un système de notation fondé sur la logique, en établissant une analogie entre une démonstration et la construction d'une phrase grammaticalement correcte, et en utilisant des procédures telles que les définitions récursives et la déduction axiomatique, la grammaire générative transformationnelle révèle sans ambiguïté ses liens avec les sciences formelles. »*

Cette remarque est fondamentale pour comprendre la nouveauté du projet chomskyen. La grammaire générative ne surgit pas dans un vide intellectuel. Elle hérite d'une longue tradition de formalisation issue de la logique mathématique moderne, tradition dans laquelle le langage tend progressivement à être envisagé comme un système autonome de manipulation symbolique.

Toutefois, avant d'aborder directement Chomsky lui-même, il faut encore comprendre un autre élément essentiel du contexte intellectuel de l'époque : la fascination croissante exercée par les méthodes mathématiques sur l'ensemble des sciences humaines et sociales au milieu du XX^{e} siècle.

5. La tentation formaliste dans les sciences humaines

Les idées issues de la logique mathématique et du formalisme ne demeurèrent toutefois pas confinées aux fondements des mathématiques. Au cours du XX^{e} siècle, plusieurs disciplines des sciences humaines et sociales furent progressivement marquées par une fascination croissante pour les méthodes formelles, les modèles abstraits et les structures symboliques explicites.

Cette évolution s'inscrivait dans un contexte intellectuel plus large où les mathématiques et les sciences exactes jouissaient d'un prestige considérable. Les succès spectaculaires de la physique mathématique nourrissaient l'idée qu'une discipline devenait véritablement scientifique dans la mesure où elle parvenait à formaliser ses objets à l'aide de structures abstraites et de systèmes explicites de règles.

Cette influence se manifesta dans plusieurs domaines. En économie et en science politique, la théorie des jeux cherchait à modéliser les décisions humaines à partir de structures mathématiques abstraites (von Neumann & Morgenstern, 1944 ; Nash, 1950). En psychologie cognitive et en informatique théorique, l'esprit humain commençait à être décrit comme un système de traitement computationnel de l'information (Turing, 1950 ; Fodor, 1975). La cybernétique et la théorie de l'information contribuèrent également à diffuser l'idée que des phénomènes complexes pouvaient être analysés au moyen de systèmes formels, de flux symboliques et de règles générales de transformation (Wiener, 1948 ; Shannon, 1948).

La linguistique n'échappa pas à cette tendance. Bien avant Chomsky, plusieurs linguistes américains tentaient déjà de rendre l'étude du langage plus systématique et plus « scientifique ». Sous l'influence du behaviorisme dominant dans les sciences humaines américaines, l'accent était souvent mis sur les aspects observables du langage : distribution des mots, régularités formelles, classifications syntaxiques, structures récurrentes (Skinner, 1957). Les questions relatives au sens, jugées trop subjectives ou difficilement vérifiables, tendaient fréquemment à être mises de côté.

C'est dans cet environnement intellectuel que Chomsky entreprend ses premiers travaux dans les années 1950. Le contexte est important. Les développements récents de la logique mathématique, de la théorie de la récursivité et de la métamathématique semblaient alors offrir de nouveaux outils capables de traiter scientifiquement les structures linguistiques. Cette conception du langage comme système explicite de règles apparaît clairement dans la définition que Chomsky donne de la grammaire générative :

> *"By a generative grammar I mean simply a system of rules that in some explicit and well-defined way assigns structural descriptions to sentences."* (Chomsky, 1957)
>
> *« Par grammaire générative, j'entends simplement un système de règles qui, d'une manière explicite et bien définie, attribue des descriptions structurelles aux phrases. »*

Le langage commence alors à être envisagé comme un système explicite de règles capable de générer un ensemble potentiellement infini d'énoncés bien formés.

L'influence de Rudolf Carnap et du positivisme logique sur ce climat intellectuel est manifeste. Comme nous l'avons vu, Carnap défendait l'idée qu'une langue pouvait être étudiée du point de vue purement syntaxique, indépendamment de toute signification. Cette orientation allait profondément marquer la linguistique générative naissante (Carnap, 1934).

Chez Chomsky, l'importance accordée à la syntaxe devient encore plus explicite dans *Syntactic Structures* (1957), l'ouvrage qui contribuera à imposer la linguistique générative sur la scène intellectuelle internationale. Comme il l'écrit lui-même :

> *"Syntax is the study of linguistic form."* (Chomsky, 1957)
>
> *« La syntaxe est l'étude de la forme linguistique. »*

Le langage peut alors être étudié, au moins dans un premier temps, comme un système de structures formelles analysables indépendamment de leur contenu sémantique immédiat. Quelques lignes plus loin, Chomsky précise encore plus explicitement cette orientation :

> *"The subject of investigation in the following pages will be syntactic structure, and we shall study it as an independent aspect of linguistic theory."* (Chomsky, 1957)
>
> *« Le sujet d'étude des pages qui suivent sera la structure syntaxique, et nous l'étudierons comme un aspect indépendant de la théorie linguistique. »*

La formulation est importante. La syntaxe cesse ici d'être envisagée simplement comme un instrument au service de la signification ; elle devient un objet d'étude possédant ses propres régularités et ses propres principes d'organisation. Cette idée jouera un rôle central dans toute la linguistique générative.

L'exemple le plus célèbre associé à cette conception est sans doute la phrase :

> *"Colorless green ideas sleep furiously."* (Chomsky, 1957)
>
> *« D'incolores idées vertes dorment furieusement. »*

Cette phrase est grammaticalement correcte, bien qu'elle paraisse difficilement interprétable du point de vue du sens. Chomsky utilise précisément ce type d'exemple pour montrer qu'une phrase peut être syntaxiquement bien formée même lorsqu'elle semble sémantiquement étrange ou absurde. L'objectif est de démontrer que la grammaticalité ne peut être réduite à la signification.

On retrouve ici très clairement l'héritage de Carnap et d'une tradition intellectuelle issue de la logique mathématique moderne : la structure formelle peut être étudiée indépendamment de son interprétation sémantique immédiate.

Mais l'influence de la logique mathématique sur Chomsky va beaucoup plus loin qu'une simple distinction entre syntaxe et sémantique. Plusieurs aspects fondamentaux de la grammaire générative portent la marque de cette filiation intellectuelle. Les phrases y sont produites

à partir de règles formelles, de procédures récursives, de transformations syntaxiques et de mécanismes de dérivation rappelant parfois les systèmes axiomatiques de la logique.

L'analogie entre démonstration logique et génération grammaticale devient alors centrale. De même qu'un système logique peut produire des théorèmes à partir d'axiomes et de règles de déduction, une grammaire générative doit pouvoir produire un ensemble potentiellement infini de phrases à partir d'un nombre fini de règles syntaxiques.

Cette idée de générativité fascinait profondément plusieurs intellectuels du milieu du XX^{e} siècle. Elle semblait offrir une solution élégante à un problème fondamental : comment expliquer la capacité apparemment ouverte et potentiellement illimitée des locuteurs à comprendre et produire de nouvelles phrases qu'ils n'ont jamais rencontrées auparavant ? La réponse de Chomsky consistait précisément à postuler l'existence de structures formelles innées permettant cette créativité linguistique.

Le langage humain commence alors à apparaître moins comme un répertoire d'expressions apprises que comme un système computationnel capable de générer des structures symboliques (Chomsky, 1965 ; Fodor, 1975). Le rapprochement avec certaines branches de la logique et des mathématiques devient dès lors difficile à ignorer.

Cependant, cette montée en puissance des approches formalistes dans l'étude du langage allait également soulever des questions philosophiques importantes. Peut-on réellement étudier le langage humain indépendamment du sens, du contexte et de l'expérience vécue ? Une structure syntaxique suffit-elle réellement à rendre compte de la signification ? Et jusqu'où peut-on pousser l'analogie entre langue naturelle et système formel ?

Plusieurs linguistes et philosophes du langage ont justement reproché à certaines versions de la linguistique générative de traiter les phrases comme de simples objets syntaxiques abstraits, détachés non seulement des conditions concrètes de leur usage effectif, mais également du rapport direct que les expressions linguistiques entretiennent avec le monde et l'expérience humaine. Avec cette perspective critique, la signification ne peut être réduite à une structure formelle sous-jacente ni être reléguée à un rôle secondaire par rapport à la syntaxe. Le langage humain n'est pas d'abord un système formel autonome manipulant des symboles selon des règles abstraites ; il constitue avant tout une activité signifiante enracinée dans l'expérience humaine et dans le rapport concret des locuteurs au monde. Il sert avant tout à désigner des réalités, à exprimer des expériences, à orienter l'action et à permettre à des sujets humains d'entrer en relation avec le monde qui les entoure.

Ce sont précisément ces tensions entre structure formelle et signification qu'il convient maintenant d'examiner plus attentivement.

6. Le langage peut-il être réduit à la syntaxe ?

L'autonomie de la syntaxe constitue sans doute l'une des idées les plus caractéristiques – et les plus radicales – de la linguistique chomskyenne. Dans cette perspective, le langage humain peut être étudié avant tout comme un système formel de règles génératives largement indépendant du sens, du contexte et des usages concrets des locuteurs (Chomsky, 1957 ; Carnap, 1934). L'idée rappelle fortement certaines orientations déjà présentes chez Carnap : les structures syntaxiques seraient régies par leurs propres régularités internes et pourraient être analysées indépendamment de leur interprétation sémantique immédiate.

Pour comprendre l'enjeu, il faut revenir à l'ambition scientifique qui anime une grande partie du projet génératif. Chomsky cherche à dégager les mécanismes formels sous-jacents à la production des phrases grammaticales. Dans cette conception, la syntaxe cesse alors d'être un simple instrument au service du sens ; elle devient la structure fondamentale à partir de laquelle les autres dimensions du langage doivent être reconstruites (Chomsky, 1965). La signification tend alors à apparaître comme une composante dérivée venant s'ajouter à des structures déjà produites par les mécanismes formels de la grammaire.

Chomsky ne présente pas cette séparation entre syntaxe et signification comme une simple commodité pédagogique ou méthodologique provisoire. Dans les premières formulations de la grammaire générative, la mise à distance du sens est explicitement justifiée par des considérations épistémologiques :

> *"Our desire to place no reliance on meaning in systematic development is motivated by a feeling that the theory of meaning fails to meet certain minimum requirements of objectivity and operational verifiability."* (Chomsky, 1957)
>
> *« Notre volonté de ne pas nous fonder sur la signification dans le développement systématique découle du sentiment que la théorie de la signification ne répond pas à certaines exigences minimales d'objectivité et de vérifiabilité opérationnelle »*

La phrase est révélatrice. Le problème n'est pas seulement que la signification soit difficile à étudier ; elle apparaît ici comme insuffisamment objective pour servir de fondement rigoureux à une science du langage. La syntaxe tend alors à devenir le véritable noyau scientifique de la linguistique (Tomalin, 2006).

Au fil des décennies, la théorie chomskyenne évoluera considérablement. Toutefois, malgré les nombreuses transformations, une idée demeurera relativement stable : les propriétés fondamentales du langage sont d'abord recherchées du côté des structures syntaxiques et des mécanismes formels plutôt que dans l'ancrage sémantique des expressions dans l'expérience humaine et le rapport au monde.

Le langage naturel tend alors à être envisagé comme une sorte de système computationnel interne opérant sur des symboles selon des règles formelles (Chomsky, 1965 ; Fodor, 1975).

C'est toutefois précisément ici qu'apparaissent plusieurs difficultés philosophiques importantes.

Dans l'usage réel du langage, la signification ne dépend jamais uniquement de la structure syntaxique des phrases. Elle dépend constamment : du contexte ; de la situation concrète d'énonciation ; des connaissances partagées entre les interlocuteurs ; des intentions du locuteur ; et, plus largement, du rapport des sujets parlants au monde et à leur expérience vécue (Duffley, 2020).

Une difficulté classique apparaît immédiatement dès qu'on tente de réduire le langage à sa seule structure formelle. Dans l'usage réel des langues naturelles, la compréhension d'un énoncé dépend constamment d'éléments qui débordent largement la syntaxe elle-même. Prenons une phrase aussi simple que :

« Il fait froid ici. »

Selon le contexte, cette phrase peut : (1) constituer une simple observation météorologique ; (2) exprimer une plainte ; (3) servir de demande implicite pour fermer une fenêtre ; (4) ou encore fonctionner comme une invitation indirecte à modifier la température de la pièce.

La structure grammaticale demeure pourtant identique dans chacun de ces cas. Ce qui varie, c'est : (1) la situation concrète ; (2) les intentions du locuteur ; (3) les attentes des interlocuteurs ; (4) et l'ensemble des connaissances implicites partagées.

Plus révélateur encore, certaines expressions syntaxiquement atypiques demeurent néanmoins parfaitement intelligibles pour les locuteurs. L'énoncé :

« Étonnamment de gens ne le savent pas. »

paraît difficilement analysable du point de vue d'une syntaxe strictement régulière, puisqu'un adverbe comme « étonnamment » ne peut normalement remplir ici une fonction déterminative. Pourtant, l'interprétation ne pose pratiquement aucune difficulté : le locuteur comprend spontanément qu'il est question d'« une quantité étonnamment grande de gens ». Le sens mobilise ainsi des mécanismes interprétatifs et pragmatiques qui débordent les seules règles syntaxiques explicites (Duffley, 2018).

Le sens effectif d'un énoncé semble ainsi difficilement réductible à sa seule organisation syntaxique. Autrement dit, comprendre une phrase exige souvent beaucoup plus que l'application mécanique de règles syntaxiques. Le sens mobilise des connaissances implicites, des attentes culturelles, des habitudes d'interprétation et une familiarité générale avec le monde vécu.

Il ne s'agit pas de nier l'utilité des modèles formels en linguistique. Les approches génératives ont produit des outils analytiques extrêmement puissants, profondément transformé l'étude scientifique du langage et permis de mettre au jour d'importantes régularités structurelles. Les difficultés évoquées ci-dessus invitent cependant à distinguer la fécondité d'un formalisme de sa portée explicative. Comme plusieurs penseurs du XX^{e} siècle l'ont souligné, un système symbolique cohérent ne garantit pas, à lui seul, une compréhension adéquate des phénomènes humains qu'il cherche à décrire. Le langage naturel possède peut-être une dimension irréductiblement contextuelle et sémantique qui résiste, au moins en partie, à une reconstruction purement syntaxique.

Le philosophe Henry Veatch insistait précisément sur cette distinction entre cohérence symbolique et rapport au réel (Veatch, 1974). Un système formel peut posséder une grande rigueur interne tout en demeurant relativement éloigné de l'expérience concrète du monde. Cette remarque touche directement certaines versions de la linguistique générative : une théorie syntaxique très élaborée ne suffit pas nécessairement à rendre compte de la manière dont les êtres humains utilisent effectivement le langage pour signifier, comprendre, agir et entrer en relation avec le monde qui les entoure.

Le cas de Chomsky apparaît ainsi particulièrement révélateur d'une tension intellectuelle plus large ayant marqué une partie importante du XX^{e} siècle : jusqu'où peut-on étendre aux phénomènes humains les méthodes initialement développées pour les systèmes formels et les structures symboliques abstraites ? L'histoire de la linguistique générative montre ainsi à la fois la puissance explicative de cette orientation et les limites philosophiques qui apparaissent lorsque la syntaxe tend à être séparée du sens, du contexte et de l'expérience vécue.

7. De la logique mathématique à la linguistique générative

Vue rétrospectivement, la parenté intellectuelle entre la logique mathématique moderne et la linguistique chomskyenne est difficile à ignorer. Bien sûr, Chomsky ne cherchait pas à transformer la linguistique en branche des mathématiques au sens strict. Son objectif demeurait l'étude du langage humain. Mais plusieurs éléments centraux de la grammaire générative portent clairement la marque du grand mouvement de formalisation issu de la logique des XIX^{e} et XX^{e} siècles (Tomalin, 2006).

Cette filiation repose notamment sur une idée fondamentale : celle selon laquelle un système complexe peut être engendré à partir d'un petit nombre de règles explicites. Chez Frege et Russell, cette idée concernait principalement le raisonnement logique et les mathématiques ; chez Hilbert, les systèmes axiomatiques ; chez Carnap, les langages formels eux-mêmes. Chez Chomsky enfin, elle devient le fondement d'une théorie générale de la faculté de langage (Frege, 1879 ; Carnap, 1934 ; Chomsky, 1957).

La proximité structurelle est frappante. Comme les systèmes logiques formels, la grammaire générative repose sur des symboles primitifs, des règles de formation, des mécanismes de transformation et des procédures récursives permettant de produire un ensemble potentiellement infini d'expressions. Plusieurs notions centrales de la linguistique chomskyenne – dérivation, transformation, générativité, computation – s'inscrivent directement dans cet univers conceptuel hérité des sciences formelles modernes (Tomalin, 2006).

Un exemple particulièrement suggestif est fourni par une observation de Chomsky lui-même, reprise notamment par Hinzen et Uriagereka (2006). Dans le cadre du Programme minimaliste, l'opération fondamentale est appelée *Merge*. Elle consiste à prendre deux objets syntaxiques et à les combiner en une nouvelle unité syntaxique, laquelle peut ensuite être combinée à son tour avec d'autres objets par la même opération. C'est cette possibilité d'application répétée qui confère à Merge son caractère génératif.

Supposons maintenant qu'un lexique ne contienne qu'un seul élément, noté *one*. Si l'on applique successivement l'opération Merge, on obtient

$$\begin{aligned} &\mathit{one}, \\ \mathrm{Merge}(\mathit{one}) &= \{\mathit{one}\}, \\ \mathrm{Merge}(\{\mathit{one}\}) &= \{\{\mathit{one}\}\}, \\ \mathrm{Merge}(\{\{\mathit{one}\}\}) &= \{\{\{\mathit{one}\}\}\}, \\ &\vdots \end{aligned}$$

Chomsky avance que cette construction fournit un analogue de la fonction successeur utilisée pour construire les entiers naturels. À partir d'un unique élément lexical et d'une seule opération syntaxique, on obtient ainsi une suite potentiellement infinie de structures hiérarchiques. Comme l'observent Hinzen et Uriagereka, cette analogie rapproche directement l'opération Merge de certaines constructions fondamentales de la théorie des ensembles et de l'arithmétique. Les mathématiciens y reconnaîtront en effet immédiatement une construction directement inspirée de celle des entiers naturels de Zermelo en théorie des ensembles, où chaque nouvel entier est obtenu en prenant le singleton du précédent.

L'intérêt de cet exemple ne réside évidemment pas dans la construction elle-même, mais dans l'idée générale qu'elle illustre. À partir d'un ensemble extrêmement réduit de primitives et d'une unique opération combinatoire, il devient possible d'engendrer une famille potentiellement illimitée de structures de complexité croissante. C'est précisément ce que Chomsky entend par une grammaire générative : un système fini de principes capables de produire un ensemble potentiellement infini d'expressions linguistiques.

Cette idée devient encore plus remarquable lorsque l'on considère le rôle de la récursivité. La récursivité intervient lorsqu'une règle ou une opération peut être réappliquée à ses propres résultats, engendrant ainsi une suite potentiellement infinie de nouvelles structures. Dans l'exemple précédent, l'opération Merge peut être réappliquée indéfiniment au résultat de son application précédente, sur un principe analogue à celui de la construction itérative des entiers naturels de Zermelo. Cette possibilité d'obtenir une infinité potentielle à partir d'un nombre fini de principes constitue l'un des liens les plus profonds entre la logique mathématique, la théorie de la calculabilité et la linguistique générative.

Cette influence ne concerne toutefois pas seulement certaines méthodes particulières. Elle touche plus profondément une certaine manière de concevoir la scientificité elle-même. Une théorie rigoureuse tend alors à être envisagée comme un système explicite, formalisable et génératif, capable de produire systématiquement les objets qu'elle étudie à partir d'un nombre limité de principes abstraits (Hilbert, 1922).

L'influence de ces idées dépasse aujourd'hui largement la linguistique. Les différentes classes de grammaires distinguées par Chomsky – grammaires régulières, hors contexte, sensibles au contexte et récursivement énumérables – constituent la célèbre hiérarchie de Chomsky, qui joue désormais un rôle fondamental en informatique théorique. Elle permet notamment de

classifier les langages formels selon leur puissance expressive et les automates nécessaires à leur reconnaissance. Cette classification établit un lien profond entre la linguistique, la logique mathématique et la théorie du calcul, illustrant la fécondité des échanges entre ces disciplines.

C'est précisément cette orientation qui contribuera à faire de Chomsky l'une des figures majeures de la révolution cognitive du XX^{e} siècle. Son opposition au behaviorisme ne consistait pas uniquement à réhabiliter l'existence de structures mentales internes ; elle participait également à l'émergence d'une nouvelle conception de la cognition comme traitement formel de structures symboliques (Gardner, 1985 ; Fodor, 1975).

8. Conclusion

Il serait évidemment excessif de prétendre que la linguistique chomskyenne constitue simplement une application directe de la logique mathématique au langage humain. Les différences entre ces domaines demeurent considérables, et Chomsky lui-même ne s'est jamais présenté comme un logicien au sens strict du terme. Pourtant, le survol historique que nous venons de proposer révèle une continuité intellectuelle profonde souvent négligée : celle reliant le grand mouvement de formalisation de la logique moderne à l'ambition de construire une théorie scientifique du langage fondée sur des structures syntaxiques explicites et génératives (Tomalin, 2006).

De Boole à Frege, de Russell à Hilbert, puis de Carnap à Chomsky, on voit progressivement se développer une manière nouvelle de concevoir les systèmes symboliques. Chez les premiers logiciens du XIX^{e} siècle, il s'agit surtout de transformer la logique en un calcul formel capable de manipuler des symboles selon des règles explicites. Avec les recherches sur les fondements des mathématiques au début du XX^{e} siècle, l'attention accordée aux structures symboliques et aux systèmes axiomatiques devient encore plus centrale.

Chez Carnap et certains représentants du positivisme logique, cette orientation atteint toutefois un degré particulièrement radical : le langage lui-même commence désormais à être étudié principalement du point de vue de sa syntaxe formelle, relativement indépendamment de sa signification. Carnap ira même jusqu'à soutenir que certains problèmes philosophiques traditionnels proviennent essentiellement d'une mauvaise compréhension de la syntaxe logique du langage (Carnap, 1934) [12].

C'est néanmoins cette phase fortement syntaxique et formaliste de son œuvre qui exercera une influence importante sur le climat intellectuel dans lequel émergera plus tard la linguistique générative chomskyenne.

L'histoire de la linguistique chomskyenne apparaît ainsi comme un chapitre particulier d'une évolution intellectuelle beaucoup plus vaste, soit celle de l'influence croissante exercée par les sciences formelles dans la culture moderne (Tomalin, 2006 ; Gardner, 1985). À partir du moment

12. Fait intéressant cependant, Carnap lui-même prendra plus tard une certaine distance par rapport aux versions les plus strictement syntaxiques de cette approche, accordant progressivement une importance croissante aux questions sémantiques (Carnap, 1942).

où les mathématiques semblaient capables de décrire avec une précision remarquable des pans entiers de la réalité physique, il devenait naturel que d'autres disciplines cherchent à importer, au moins partiellement, certaines de leurs méthodes, de leurs structures et de leurs idéaux de rigueur.

Mais cette histoire rappelle également que le langage humain possède des caractéristiques singulières qui compliquent toute réduction purement formelle. Contrairement aux systèmes symboliques artificiels construits par les logiciens, les langues naturelles demeurent profondément enracinées dans l'expérience vécue, le contexte, les pratiques culturelles, les intentions des locuteurs et le rapport concret au monde (Duffley, 2020 ; Putnam, 1975).

La signification déborde constamment les structures syntaxiques qui cherchent à l'organiser (Quine, 1951). Or cette résistance du sens aux reconstructions purement formelles constitue précisément l'une des difficultés philosophiques majeures auxquelles se heurtent les approches inspirées des sciences formelles lorsqu'elles sont appliquées au langage humain.

C'est peut-être là que réside l'intérêt philosophique le plus durable de la filiation intellectuelle que nous avons esquissée. Elle montre à quel point le prestige considérable acquis par les mathématiques et la logique modernes a contribué à imposer progressivement l'idée qu'un phénomène devient véritablement scientifique lorsqu'il peut être reconstruit sous forme de système formel explicite. Dans ce contexte, la cohérence symbolique et la puissance des structures abstraites ont pu tendre à être confondues avec une compréhension adéquate des phénomènes eux-mêmes (Veatch, 1974).

Or, l'histoire du langage humain rappelle précisément les limites possibles d'une telle assimilation. Les formalismes peuvent sans contredit révéler certaines régularités profondes et produire des outils analytiques puissants. Mais lorsqu'ils sont étendus à des phénomènes aussi riches, contextuels et sémantiquement flexibles que les langues naturelles, ils risquent également de laisser dans l'ombre des dimensions essentielles de l'expérience linguistique concrète. La cohérence interne d'un système symbolique ne garantit pas automatiquement qu'il saisisse adéquatement la réalité humaine qu'il prétend modéliser.

Le cas de Chomsky est particulièrement révélateur à cet égard. Sa linguistique demeure profondément marquée par l'héritage intellectuel de la logique mathématique moderne et par l'ambition d'étudier le langage comme un système génératif régi par des règles explicites de combinaison symbolique. Mais l'histoire de cette filiation met également en lumière les tensions qui apparaissent lorsque des méthodes initialement développées pour les mathématiques et les langages formels sont étendues aux langues naturelles, dont les usages effectifs débordent constamment les cadres purement syntaxiques (Chomsky, 1957 ; Tomalin, 2006).

Qu'on adhère ou non aux ambitions les plus fortes du projet chomskyen, la filiation reliant logique mathématique et linguistique générative demeure un épisode particulièrement révélateur de l'histoire intellectuelle moderne. Elle illustre la puissance d'attraction exercée par les sciences formelles au XX^{e} siècle, mais aussi les difficultés qui apparaissent lorsque les exigences de rigueur syntaxique en viennent à occuper une place disproportionnée dans l'étude de phénomènes profondément enracinés dans le sens, le contexte et les usages humains concrets.

Bibliographie

[1] Aristote. (1984). *De Interpretatione* (J. Tricot, trad.). Paris : Vrin. (L'œuvre originale date du IV^{e} siècle av. J.-C.)

[2] Barsky, R. F. (1997). *Noam Chomsky : A life of dissent*. Cambridge, MA : MIT Press.

[3] Bocheński, J. M. (1961). *A History of Formal Logic*. South Bend, IN : University of Notre Dame Press.

[4] Boole, G. (1847). *The mathematical analysis of logic : Being an essay towards a calculus of deductive reasoning*. Cambridge, UK : Macmillan.

[5] Carnap, R. (1934). *Logische Syntax der Sprache*. Vienne, Autriche : Springer. (Traduction anglaise : *The logical syntax of language*, A. Smeaton, trad., London, UK : Kegan Paul, 1937.)

[6] Carnap, R. (1942). *Introduction to semantics*. Cambridge, MA : Harvard University Press.

[7] Chomsky, N. (1957). *Syntactic structures*. The Hague, Netherlands : Mouton.

[8] Chomsky, N. (1959). Review of *Verbal behavior*, by B. F. Skinner. *Language*, *35*(1), 26–58.

[9] Chomsky, N. (1965). *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, MA : MIT Press.

[10] Curry, H. B. (1958). *Outlines of a formalist philosophy of mathematics*. Amsterdam, Netherlands : North-Holland.

[11] Descartes, R. (1637). *Discours de la méthode*. Paris : Flammarion.

[12] Duffley, P. J. (2018). *How can an adverb define an extension and have subject function in a sentence ? – Pragmatiquement, bien sûr !*. Communication présentée au 4th Usage-Based Linguistics Conference, University of Tel Aviv.

[13] Duffley, P. J. (2020). *Linguistic meaning meets linguistic form*. Oxford, UK : Oxford University Press.

[14] Ferreirós, J. (2001). The road to modern logic — An interpretation. *The Bulletin of Symbolic Logic*, *7*(4), 441–484.

[15] Ferreirós, J. (2007). *Labyrinth of thought : A history of set theory and its role in modern mathematics* (2^{e} éd.). Basel, Switzerland : Birkhäuser.

[16] Fodor, J. A. (1975). *The language of thought*. New York, NY : Crowell.

[17] Frege, G. (1879). *Begriffsschrift, eine der arithmetischen nachgebildete Formelsprache des reinen Denkens*. Halle, Allemagne : Louis Nebert.

[18] Frege, G. (1892). Über Sinn und Bedeutung. *Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik*, *100*, 25–50.

[19] Gardner, H. (1985). *The mind's new science : A history of the cognitive revolution*. New York, NY : Basic Books.

[20] Gilson, É. (1930). *Études sur Descartes*. Paris : Vrin.

[21] Gödel, K. (1931). Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I. *Monatshefte für Mathematik und Physik*, *38*, 173–198.

[22] Grattan-Guinness, I. (2000). *The Search for Mathematical Roots, 1870–1940 : Logics, Set Theories and the Foundations of Mathematics from Cantor through Russell to Gödel*. Princeton : Princeton University Press.

[23] Harris, R. A. (1993). *The linguistics wars*. New York, NY : Oxford University Press.

[24] Hilbert, D. (1922). Neubegründung der Mathematik. *Abhandlungen aus dem Mathematischen Seminar der Universität Hamburg*, *1*, 157–177.
[25] Hilbert, D., & Ackermann, W. (1928). *Grundzüge der theoretischen Logik*. Berlin, Allemagne : Springer.
[26] Hinzen, W., & Uriagereka, J. (2006). On the metaphysics of linguistics. *Erkenntnis*, *65*(1), 71–96.
[27] Leibniz, G. W. (1685). *Philosophical essays* (R. Ariew & D. Garber, Eds.). Indianapolis, IN : Hackett.
[28] McGilvray, J. (Ed.). (2005). *The Cambridge companion to Chomsky*. Cambridge, UK : Cambridge University Press.
[29] Nash, J. F. (1950). Equilibrium points in n-person games. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *36*(1), 48–49.
[30] Occam, G. d'. (1974). *Summa logicae* (P. Boehner, trad.). St. Bonaventure, NY : Franciscan Institute. (Oeuvre originale publiée vers 1323.)
[31] Platon. (1967). *Cratyle* (L. Méridier, trad.). Paris : Les Belles Lettres.
[32] Putnam, H. (1975). The meaning of "meaning". In K. Gunderson (Ed.), *Language, mind and knowledge* (pp. 131–193). Minneapolis, MN : University of Minnesota Press.
[33] Quine, W. V. O. (1951). Two dogmas of empiricism. *The Philosophical Review*, *60*(1), 20–43.
[34] Russell, B. (1903). *The principles of mathematics*. Cambridge, UK : Cambridge University Press.
[35] Russell, B. (1905). On denoting. *Mind*, *14*(56), 479–493.
[36] Russell, B. (1944). My mental development. In P. A. Schilpp (Ed.), *The philosophy of Bertrand Russell* (pp. 1–20). Evanston, IL : Library of Living Philosophers.
[37] Russell, B., & Whitehead, A. N. (1910–1913). *Principia mathematica* (Vols. 1–3). Cambridge, UK : Cambridge University Press.
[38] Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, *27*(3), 379–423.
[39] Skinner, B. F. (1957). *Verbal behavior*. New York, NY : Appleton-Century-Crofts.
[40] Tomalin, M. (2006). *Linguistics and the formal sciences : The origins of generative grammar*. Cambridge, UK : Cambridge University Press.
[41] Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, *59*(236), 433–460.
[42] Veatch, H. B. (1974). *Aristotle : A Contemporary Appreciation*. Bloomington, IN : Indiana University Press.
[43] von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944). *Theory of games and economic behavior*. Princeton, NJ : Princeton University Press.
[44] Wiener, N. (1948). *Cybernetics : Or control and communication in the animal and the machine*. Cambridge, MA : MIT Press.
[45] Wittgenstein, L. (1921). *Tractatus logico-philosophicus* (D. Pears & B. McGuinness, trad.). London, UK : Routledge.
[46] Zermelo, E. (1908). Untersuchungen über die Grundlagen der Mengenlehre I. *Mathematische Annalen*, *65*, 261–281.