

Giuseppe Longo

Le cauchemar de Prométhée

Dans la mythologie grecque, Prométhée – le « prévoyant » – déroba le feu aux dieux et le transmit aux hommes. Zeus, courroucé par ce transfert technologique, condamna Prométhée à un châtement itéré à l'identique, à l'infini, algorithmique. Le problème que pose l'ancien mythe est celui des limites de la connaissance. En termes modernes, jusqu'à quel point pouvons-nous transformer la nature sans une connaissance des conséquences de nos actions sur elle ? Cette question nous pousse à analyser les limites des sciences : à une techno-science devenue toujours plus invasive, la science répond en se donnant à elle-même des limites.

Giuseppe Longo est mathématicien, logicien et épistémologue (DRE-CNRS, École normale supérieure). Il est l'auteur d'une centaine d'articles et de quatre livres, dont nombreux sont écrits en collaboration avec des physiciens et des biologistes.

ISBN : 978-2-13-084308-5



9 782130 843085

www.puf.com

Prix TTC : 24 €

Couverture : le-petitatelier.com

Giuseppe Longo

Le cauchemar de Prométhée : les sciences et leurs limites

Giuseppe Longo

Le cauchemar de Prométhée

Les sciences et leurs limites

Préface de Jean Lassègue
Postface d'Alain Supiot

Le sens des limites : les sciences et leurs limites

Giuseppe Longo

CNRS – Ens, Paris

Préface de Jean Lassègue

Postface d'Alain Supiot

Introduction

1 - Un dialogue sans limites : sciences, histoire et philosophie

La ligne sans épaisseur et la monnaie

Le mouvement rectiligne uniforme et l'invention de l'espace mathématique

De la construction humaine à une ontologie des absolus

Intermezzo : existence et vérité

L'espace, la loi et l'économie

2 - Les limites du scientisme : science, société et idéologies

Métaphores du vivant et orientation de la recherche

Complexité et aléatoire à la lumière du vivant

Connaissance, controverses et polémiques : quand les cadres institutionnels contraignent la science

Economie et technologies dans le monde actuel

Les limites du Big Data

Conclusions : limites et pouvoirs de la connaissance

3 - Mythes et limites du numérique : Big Data et Intelligence Artificielle

De la méthode scientifique : les données sont-elles suffisantes ?

Le hasard des corrélations fallacieuses dans les grandes bases de données

La mémoire des lignes prégnantes

La constitution d'invariants par couches de neurones formels et la question du sens

Reconnaître un chat de l'imitation d'un chat

Les effets d'annonce et le sens de l'action

Le sens du travail

4 - La biologie du programme génétique

Une théologie renversée

Conséquences fortes d'hypothèses molles

Du triomphe à la débâcle

Hypothèses de travail en biologie

5 - La pensée par-delà ses limites : incomplétude et invention

Introduction

De Laplace à Poincaré

De la géométrie à la logique

De Hilbert à Gödel

L'arithmétique, un absolu

Poincaré vs. Gödel

Turing : des systèmes formels aux dynamiques continues

Einstein et la thèse de l'incomplétude de la Mécanique Quantique

L'incomplétude mathématique des théories formelles et la généalogie des concepts

L'information et les codages dans la cellule

6 - L'Interprétation et les limites de l'Information : la Science comme Construction Humaine de Sens

Introduction

L'origine du sens

L'origine moderne de l'élaboration de l'information comme déduction formelle : productivité et limites du « non-sens » dans le débat sur les fondements des mathématiques

Reconquérir le sens

Le rôle de « l'interprétation » dans la programmation comme élaboration de l'information

Quelle information est-elle maniée par un démon magique ?

La biologie des molécules, bien avant le seuil du sens biologique

Des géodésiques aux règles formelles et va-et-vient

7 - Le jeu difficile entre sens et rigueur, en mathématiques

1 - Les harmonies brisées du nombre

2 - Les mathématiques sont abstraites, symboliques, rigoureuses ... au-delà des axiomes, derrière les axiomes

3 - Le sens dans le diagramme, un exemple

4 - Le discret, la rigueur, la certitude

5 - Aplatir le cerveau et l'organisme sur des suites finies de signes vs. leur donner du sens

Appendice

Une lettre à Alan Turing

Introduction

Il existe un fil qui traverse à la fois l'histoire et la construction du sens en science. Ce fil se déroule depuis qu'on fait des mathématiques en Occident, c'est-à-dire depuis la Grèce jusqu'à ses applications à la biologie contemporaine et à l'intelligence artificielle. Les points de vue et les pratiques qui structurent ces deux dernières disciplines ont été profondément marquées, voire guidées, par des notions d'origine mathématique : l'information, le programme, le calcul, ... Or toute épistémologie, en particulier celle que nous essayons de développer ici, est aussi une histoire : elle doit esquisser le parcours constitutif d'une idée, d'une pratique scientifique, en retrouver les racines dans des visions du monde, en saisir la construction du sens dans le temps, pour mieux comprendre les nouvelles formes de ce "sens du monde" que la science nous propose. L'idée qui nous guide dans cette exploration est celle de la richesse dans le rapport au réel qui caractérise l'invention mathématique, qui n'est jamais seulement une pratique de calcul, ni une déduction mécanique à partir d'axiomes. En décrivant, de la façon la plus simple, un parcours constitutif possible de l'invention mathématique, nous essayerons de proposer des alternatives à ce « tournant linguistique » qui a marqué les fondements des mathématiques au XX^{ème} siècle : tout serait signe, alphabétique, numérique, manipulé selon des règles données comme suites de signes (un programme). Tel est le grand mythe contemporain : tout dans le monde et dans la pensée serait « information », écriture/codage d'axiomes, déduction, calcul, tout est suites de nombres ou de signes formellement manipulables, programmables disions-nous. Ce paradigme est passé des mathématiques au début du XX^{ème} siècle à la première intelligence artificielle (et la deuxième, fondée sur le *Deep Learning* et les Big Data, dont on parlera, n'en est pas débarrassée non plus...), et à la biologie centrée sur le programme génétique et l'information digitale – une écriture « alphabétique », comme le proclame François Jacob en 1965 (F. Jacob, 1965), censée être entièrement stockée dans l'ADN. Notre but est de mener une critique constructive des conséquences de ce tournant dans les sciences de la nature et de l'artificiel.

L'analyse des limites de cette vision dans chacune de ces deux sciences contemporaines pourra mieux faire comprendre les distorsions induites dans l'autre. Les conséquences de l'idée que « tout est signe à élaborer formellement », que tout est calcul arithmétique, programme, écriture alphabétique, sont encore plus accablantes car, à travers les deux disciplines susmentionnées, elles ont un impact sur la cognition et la vie humaine et sur l'écosystème. Si l'auteur de ce livre, en tant que mathématicien, a longtemps contribué aux très belles sciences de l'élaboration de l'information, on observera de quelle façon elles deviennent aujourd'hui le véhicule d'une idéologie du contrôle de la nature et de la cognition, bien éloignée de leur fonction originelle, si riche de sens et d'histoire. Nous rappellerons d'ailleurs que la théorie du programme et du calcul, c'est-à-dire la calculabilité et la notion rigoureuse d'algorithme, ont leur origine dans l'analyse des *limites* de la déduction et du calcul formel, c'est à dire dans les travaux des années 1930 sur les fondements des mathématiques. Aujourd'hui, l'arrogance sans limites du principe « tout est information, tout est programme », bien évidemment codés, donc décodables, arrive à promettre la (re-)programmation de l'évolution, dans le livre d'un prix Nobel en biologie de 2020, dont on parlera. De même, on en arrive à fantasmer le remplacement de l'homme par la machine, laquelle est gouvernée, même dans la plus récente et bien plus efficace Intelligence Artificielle, par des méthodes d'optimalité dérivées des techniques physico-mathématiques, qui restent tout à fait pertinentes et irremplaçables pour

rendre intelligible l'inerte, mais dont on discutera les limites dans l'analyse du vivant et de la cognition humaine. Le contrôle du biologique par la programmation génétique se prolonge en fait dans le désir, mais aussi dans la pratique grandissante, du contrôle optimisé de la pensée et de l'action de l'homme.

Le sens des limites, disions-nous, est au contraire la source des remarquables inventions mathématiques qui se trouvent au cœur de ces méthodes et de ces machines, depuis le « résultat négatif » de Poincaré (1892) - c'est ainsi qu'il appelle sa preuve des limitations de la prédictibilité des systèmes déterministes, le projet de Laplace dont on parlera longuement. Et on ira jusqu'aux grands théorèmes de limitation qui nous ont permis et imposé de définir exactement la notion d'algorithme et ses langages, pour démontrer justement qu'il n'y a pas d'algorithme pour décider ceci, calculer cela – ce qui nous a donné les définitions, les outils et les langages du calcul moderne. Dans certains cas, nous reviendrons à plusieurs reprises sur ces grands résultats limitatifs, chaque fois en creusant plus loin ou en soulignant à nouveau des points importants, dans un exposé parfois en « spirale » qui devrait permettre l'accès à certains thèmes difficiles de plusieurs points de vue. À partir de ces limites, nous esquissons un travail et un projet de recherche nourri aussi d'un regard sur les fondements des mathématiques, qui vise des alternatives à la nouvelle alliance entre formalismes computationnels et gouvernance de l'homme et de la nature par les algorithmes et par ces méthodes « d'optimalité » prétendument objectives.

Certains articles, sept au total, écrits en français et en anglais au cours de la dernière décennie, ont en grande partie inspiré ce livre. Les premiers cinq chapitres constituent un remaniement profond de quatre textes écrits au cours de cette période¹. Andrea Cavazzini a rendu possible, par une refonte minutieuse et attentive des textes originaux, plus techniques, cet élargissement du questionnement et des thèmes pour qu'ils deviennent accessibles à un public averti. Les chapitres 6 et 7 ainsi que la « lettre à Alan Turing » en appendice sont directement basés sur leurs traductions de l'anglais ou sur la version originale en français (le chapitre 7), d'ailleurs largement revues et mises à jour.

1 Trois de ces articles, ainsi que le septième, ont été récemment traduits en italien pour le livre : G. Longo (2021) *Matematica e senso. Per non divenire macchina*, Mimesis, Milano (chapitres I, II et VI).