A paraître en espagnol dans ‘‘*Educar la mirada: cruces entre arte y matemáticas*’’ (Camiz, Ugarte eds), 2027

Artifice intelligent et Intelligence Artificielle.

Opacité et transparence en art, en science et en IA

Pour toi, Jean-Yves,

dédié à J.Y. Girard

Sara Longo
History of Art, PhD, Paris 1, Panthéon-Sorbonne
https://char.hypotheses.org/membres/sara-longo

Giuseppe Longo
CNRS - Ecole Normale Sup., Paris
https://www.di.ens.fr/users/longo/

Artifice : « moyen ingénieux de produire ce qui n’arriverait pas naturellement »
Etienne Souriau, *Vocabulaire d’esthétique,* Paris, PUF, 1990.

L’artifice intelligent

Peut-on penser la création sans imagination ? Et l’imagination, cette faculté créatrice d’images, n’a-t-elle pas pour terrain de jeu la représentation, la fiction, l’artifice ? En rappelant l’origine de l’aporie de Magritte, *Ceci n’est pas une pipe*, repensons le concept d’artifice : quand on regarde une œuvre d’art, on sait que ce qui est représenté, si tant que l’œuvre soit figurative, est l’image d’une chose. À la *transparence* de l’objet reconnaissable, nommable, vrai, s’ajoute *l’opacité* de la nature même de l’œuvre, peinture, sculpture, dessin ou photographie : c’est faux, oui, c’est un artifice, mais un faux qui pense. Un artifice certes, mais intelligent. On ne s’y trompe pas. Le plus beau des trompe-l’œil n’est-il pas trompeur justement parce qu’on sait que c’est « pour de faux », et non parce qu'on « dirait que c'est vrai » ? Différence fondamentale. En cela réside la valeur de l’artifice, non pas dans son pouvoir d’imitation, mais dans sa capacité à éveiller notre fascination esthétique et notre sens critique, que ce soit du plaisir ou du dégoût, que ce soit dans l’imitation ou dans la plus totale des abstractions. Artifice intelligent, car ça pense et ça nous force à penser.

Venons-en au réel. Devant un coucher de soleil sur une mer parfaitement plate, le plaisir esthétique est dû au moment (plus ou moins long) de contemplation, au fait que nous sommes là, immergés, que nous sentons l'odeur du sable, le chant des oiseaux, la fraîcheur du soir… et c'est le temps, qui passe et nous est donné à savourer au fur et à mesure que le soleil s'approche de l'horizon puis s'y cache. Aucune fiction, aucune mise en scène, contrairement à l'œuvre de fiction qui *sait* qu'elle est en représentation. Mais pourquoi avons-nous pris l'habitude de dire « c'est si beau qu'on dirait une peinture » ? C'est bien *dans* l'événement que nous nous trouvons, et non *face* à sa reproduction. Quelle différence y a-t-il ? Si l'on rend ce moment bidimensionnel et atemporel (en prenant une photo par exemple), on éteint ce réel, on plaque sur deux dimensions mécaniques un vécu tridimensionnel et organique, expérientiel et, surtout, temporel. Bill Viola parle de ce temps dans ses œuvres. Inventeur du *slow motion* en art vidéo, il plie le spectateur à un traitement du temps étrange, très lent, hypnotique (*Surrender* 2001).

Tout art est artifice, mais il ne serait et ne sera pas art s'il n'est pas intelligent, c'est-à-dire sans qu'un esprit pensant, vivant, empreint d'histoire, l'ait imaginé. Pensons et apprenons à éduquer notre regard sur cette catégorie humaine de l'artifice intelligent afin de considérer la représentation dans sa nature fictionnelle (qu'elle soit figurative ou non, qu'elle soit peinture, sculpture ou vidéo) et intelligente, car elle nous propose une intelligence du monde.

Intelligence artificielle

À contrario, si l'on pense à l'intelligence artificielle, comment mieux concevoir et mieux utiliser ces machines électroniques, alphanumériques, logiques (*Logical Computing Machine*, la définit Alan Turing en 1936), à « états discrets » (*Discrete State Machine*, précise Turing en 1950) ? Voici comment elles fonctionnent : elles itèrent en suivant des ordres (les systèmes d'exploitation sont tous écrits dans des « langages impératifs », on y reviendra) avec un peu d'aléatoire et de l'« émergence » de type physique, produits par du bruit dans le réseau ou ajoutés ad hoc pour simuler la « créativité » (Noble 2026). Leur sens ne réside que dans l'usage, humain, tout humain, qu'on en fait. Et aujourd'hui, cet usage est surtout celui du contrôle et de la guerre — or rien ne tue davantage l'intelligence que le contrôle et la guerre. Alors, combien d'intelligence « politique » — celle de l'humain dans la cité — faut-il pour donner à ces outils exécutifs de l'itération un nouveau rôle, participatif, qui en construise un meilleur usage et contribue à la découverte et à la joie de vivre ensemble ?

L'épistémologie propose une piste à suivre. Explicitons les principes constitutifs : 1 - de ces machines logico-arithmétiques à états discrets, 2 - de la science qui les a précédées, puis ensevelie sous les mythes et le « business ».

Dans les années 1930, un très beau débat, en physique quantique, oppose Niels Bohr et Albert Einstein : que devient la causalité physique quand la mesure ne

révèle que des événements discrets ? Tous deux s'accordent sur la manière dont leurs collègues Emy Noether et Hermann Weyl ont rendu intelligible la causalité physique en termes de *symétries continues* (l'aspect mathématique des *lois de conservation* en physique). Mais ils divergent d'une part sur le caractère intrinsèque ou non de l'aléatoire en mécanique quantique quand on effectue une mesure qui ne donne qu'un 0 ou un 1, des valeurs discrètes, et d'autre part sur l'*incomplétude* de la théorie proposée par Heisenberg et Schrödinger. À la même époque, Gödel, Church et Turing inventent celles qui deviendront les mathématiques de la machine à états discrets… cet ordinateur qui est en train de changer le monde. Et ils le font en montrant les limites du calculable, en inventant pour cela des systèmes alphanumériques d'écriture et de réécriture, encore aujourd'hui au cœur de nos puissants systèmes de calcul en réseau — invention très intelligente d'une machine logique à états discrets. Mais « suffit-il d'être logique pour être intelligent ? » se demande Turing en 1950.

Point de méthode : l'anachronisme critique

En art

Une réflexion sur l'artifice intelligent et sur l'intelligence artificielle, vaste sujet, ne peut être envisagée que si l'on conçoit un temps non linéaire, fait non seulement de découvertes, d'accidents et de surprises, de rebondissements et d'oublis, mais aussi de ce polychronisme constitutif du rapport entre l'objet et celui qui l'étudie. En histoire de la peinture, on a beaucoup parlé de l'avènement de l'abstraction à travers la lente et progressive disparition de la figure, par le dessin, la touche de couleur, pour arriver à la peinture non figurative. Mais notre point de vue est que le sujet qui regarde une peinture est nourri de sa propre culture, de celle de son temps, nécessairement anachronique par rapport à l'œuvre, de laquelle il ne doit pas s'affranchir, mais au contraire qu'il doit utiliser pour mieux comprendre l'objet qui lui fait face. Un très bel exemple de l'anachronisme et de ses paradoxes sont les pages de l'historien de l'art et philosophe Georges Didi-Huberman à propos des marbres peints par Fra Angelico, que l'historien contemporain ne peut étudier sans tenir compte du dripping de Jackson Pollock (Didi-Huberman 2000, p. 9-55). De plus, l'objet ancien nous est inévitablement contemporain puisqu'il est devant nous : le tableau est là, sur le mur, en même temps que le regardeur. Dans le chapitre d'*Histoires de peintures* intitulé « Heurs et malheurs de l'anachronisme », Daniel Arasse discute les notions de « bon anachronisme » et d'« anachronisme contrôlé ». Trois temps de l'anachronisme sont mis en évidence : le premier est celui physique et contemporain, la présence matérielle de l'œuvre sous les yeux du regardeur. Le deuxième temps est celui, plus ou moins éloigné, de sa production, et le troisième est le laps intermédiaire, le temps qui sépare la production du moment du regard contemporain. Durant ce temps, nous dit Arasse, l'œuvre a été l'objet de regards que l'historien actuel, anachroniquement contemporain, doit prendre en compte. Le

tableau est couvert de regards, il porte la trace du « temps mental écoulé » entre sa fabrication et le temps présent (Arasse 2004, p. 228).

> « Entre les deux, il y a cette durée dans laquelle il s'est passé beaucoup de choses mentales, une histoire du regard. Je pense que cette histoire du regard est aussi une des dimensions que devrait se donner l'histoire de l'art : faire une histoire du regard, avec toutes les pratiques qu'il implique, parce que le regard touche. Le regard touche les œuvres, et la preuve en est qu'on les a découpées, on les a repeintes, brûlées etc., parce que le regard peut toucher et être touché » (Arasse 2004, p. 231).

Cette catégorisation des différentes temporalités et leur enchevêtrement chez Daniel Arasse est développée aussi chez plusieurs auteurs du XX^{e} siècle : pour ne prendre que quelques exemples, rappelons Michel Foucault dans *Les mots et les choses* ainsi que les belles réflexions de Gérard Genette, Jacques Rancière, Paul Ricoeur et Jérôme Baschet à ce sujet. Un anachronisme critique, que nous tentons de faire nôtre, permet de repenser le rapport entre approche historique et singularité artistique.

En science

De même, on comprend mieux Euclide après Riemann (1854) et Gödel (1931). Jusqu'à la crise des géométries non-euclidiennes, dont Riemann est l'inventeur principal, et donc pendant 2.500 ans, la géométrie d'Euclide était considérée comme le fondement *des mathématiques*, car elle était totalement assimilée à l'espace de la physique. Galilée arrive à dire que la nature, toute la nature, est « écrite dans les triangles, carrés, cercles… de la géométrie d'Euclide ». Une fois immergée dans les espaces de Descartes, dans lesquels Newton développe la physique-mathématique, l'identification de la géométrie d'Euclide au monde devient inébranlable : elle est le lieu de la certitude des mathématiques, de toutes les mathématiques, car elle constituerait l'organisation intrinsèque de l'espace physique, de l'espace vécu - elle serait *transparente*, dirions-nous. Et voilà que les géométries non-euclidiennes (Riemann) ébranlent cette transparence : quelle est la *vraie* géométrie du monde ? Il y en a plusieurs possibles, fort différentes. La méthode axiomatique, formelle (Hilbert 1899), est proposée pour retrouver l'assurance et l'autonomie des mathématiques indépendamment de la signification (spatiale par exemple) de son écriture – la certitude de la géométrie n'est plus dans une correspondance à l'espace, sa transparence, mais dans une preuve de *cohérence* (non contradiction) des axiomes, indépendamment de leur *sens* (spatial). C'est ainsi que, en érigeant Euclide à l'inventeur de « la méthode axiomatique », les hilbertiens, comme le traducteur et interprète d'Euclide, Heath (1908), lisent Euclide comme « hilbertien, mais pas assez rigoureux » : il écrit en note que la preuve du premier théorème du premier livre est incomplète et répète ce type de critique dans d'autres notes de bas de page. Quel anachronisme a-critique ! Heath cherche chez Euclide la construction de la ligne de Cantor (1883), formalisée à la Hilbert (1899).

De fait, tout dépend de comment on comprend les lignes tracées par Euclide : déjà Léonard de Vinci, réagissant à Leon Battista Alberti, nous avait expliqué que la ligne d'Euclide n'est pas faite de points, comme le seront celles de Cantor-Hilbert, mais qu'elle est *un point qui bouge* ; le plan n'est pas fait de lignes, mais il est produit par *une ligne en translation*[1]. Mais ce n'est qu'après l'introduction de la notion de *geste* mathématique par J. Cavaillès et G. Châtelet, proposées après Gödel et sa critique du formalisme, que l'on *voit* le geste chez Euclide et on peut mieux saisir son rôle dans la géométrie grecque[2]. Pour Châtelet (1993), le geste est ce qui précède et articule le discours mathématique : l'acte spatial et gestuel (couper, projeter, capturer) qui engendre les concepts et les diagrammes. Les axiomes d'Euclide requièrent (postulent) que pour faire de la géométrie, il faut « tracer », « produire » une ligne continue, car engendrée par un mouvement, un geste. Ce mouvement évoque une trajectoire, qui est « sans épaisseur » (définition 2). À cet égard, il faut noter que seulement dans le langage on peut dire : cette ligne que je trace est sans épaisseur – jeu très expressif entre geste et langage. La « ligne sans épaisseur » sera la toute première structure des mathématiques occidentales. Ce faisant, Euclide propose la notion de *bord*, une notion très difficile. Grâce à cette lecture, on comprend autrement la preuve du premier théorème (Longo G. 2009), ainsi que d'autres preuves, qui sont tout un jeu de symétries et diagrammes (Panza 2012), des gestes organisateurs des figures sur le plan, figures faites de purs bords[3].

Cette explicitation critique du rôle des regards contemporains dans la compréhension du passé nous sert aussi comme horizon méthodologique pour étudier la construction de la machine logique à états discrets, son histoire et son contexte d'usage. Le même anachronisme critique nous guidera dans notre réflexion sur l'œuvre d'art, cet artifice dont l'intelligence est constituée aussi par l'ensemble des regards qui ont été portés sur lui.

1. Ceci n'est pas une pipe / Ceci n'est pas un théorème

« Ceci n'est pas une pipe » n'est pas le titre du tableau de Magritte. Le titre du tableau est *La trahison des images.* « Ceci n'est pas une pipe » n'est pas une

[1] Arasse 1997b, p.18 : « c'est le mouvement du point qui engendre la ligne, le mouvement transversal de la ligne qui engendre la surface, et le corps est fait par le mouvement. […] Rejetant l'idée d'une discontinuité de l'espace dont les points seraient comme des monades immobiles, sa conception du point en mouvement le conduit à une vision de l'espace lui-même en mouvement, presque fluide, et, de là, à une conception du temps comme mouvement de l'instant ».

[2] Cavaillès 1938, p.184 : « comprendre, c'est attraper le geste, et pouvoir continuer ». Cavaillès 1939, pp. 186–187 : « tout objet abstrait […] est un geste sur un geste […] un geste sur le sensible primitif ».

[3] della Francesca 1474, définitions I.0.17–21. Piero della Francesca remarque aussi l'importance de la définition de point et de ligne chez Euclide et, en tant que peintre, rejette la possibilité de considérer le point sans dimension (déf. 1) et la ligne sans épaisseur, pour qu'elles « *seano comprese da l'ochio* ». Il propose alors : « *Dirò adunqua puncto essere una cosa tanto picholina quanto è posibile ad ochio comprendere. Le line dico essere extensione da uno puncto ad un altro, la cui largheçça è de simile natura che è il puncto »*.

légende, il *est* peinture : Magritte inscrit, en peinture, une remarque linguistique – une phrase qui devrait être en dehors du tableau, en dehors du langage pictural. Bref, cette phrase parle du tableau et devrait, selon la tradition, être hors de l'œuvre et nommer ses éléments : *Nature morte à la carafe et au citron*, *Pipe*. En faisant remonter et en incorporant cette didascalie dans la peinture, Magritte la fait devenir peinture. Du dedans du tableau, elle traduit (en inscrivant) dans le langage pictural le commentaire sur la peinture. Puis, en la mettant au négatif, il crée une aporie, geste artistique, riche de sens : la peinture est artifice. On ne regarde pas un objet mais sa représentation, et une représentation qui pense, pourrait-on dire, indépendamment de l'objet qu'elle devrait représenter[4]. Le tableau de Magritte peut donc être considéré comme une synthèse de l'artifice intelligent. « Nulle part, il n'y a de pipe » (Foucault 1973, p. 35). La pipe est pensée en peinture et niée par l'inscription peinte : intelligence de son créateur, l'artiste, et de la peinture elle-même.

Deux ans plus tard, en 1931, que Kurt Gödel inscrit (« encode ») dans le langage formel de l'arithmétique (la Théorie Formelle des Nombres, fort importante en mathématiques) le langage dans lequel on parle de l'arithmétique, ce langage qui permet de dire : *ceci est un axiome, cet autre est un théorème*. Par l'écriture arithmétique elle-même, Gödel nous permet donc de *parler de* l'arithmétique : toute écriture, y compris celle qui la présente aux humains, devient alors un code numérique et est immergée dans les suites des nombres et des opérations de l'arithmétique - une idée à l'origine du codage du monde dans nos machines logico-arithmétiques, les ordinateurs. Comme Magritte, Gödel va mettre au négatif l'énoncé *sur* l'arithmétique : il encode "ceci n'est pas un théorème" *dans* le langage de l'arithmétique, codage techniquement original, à l'époque. Cette phrase devient alors une aporie mathématique qui a marqué le siècle : la théorie formelle des nombres, l'arithmétique, n'est pas *transparente*, elle ne coïncide pas avec son *sens*, la structure bien ordonnée des nombres, car cet énoncé est indémontrable, tout comme sa négation - il est un non-sens. L'artificiel du calcul formel diffère donc de la structure mathématique des nombres entiers, il n'est pas transparent. Cette structure est le résultat d'une pratique du comptage dans l'espace et le temps : on partage avec certains animaux le comptage et la comparaison de petite quantité d'objets[5], ainsi que l'appréciation des instants qui passent (Brouwer 1907). La suite des nombres entiers sera construite, dans le langage et l'écriture, comme l'invariant conceptuel de ces pratiques de l'ordonnancement des nombres dans l'espace et dans le temps, des *vécus*, riches de sens. Des résultats d' « incomplétude concrète », 40-50 ans plus tard, clarifient ce décalage, on y reviendra.

Ainsi, dans les mêmes années et dans le même esprit et, si l'on ose dire, par la même méthode, un peintre surréaliste et un mathématicien cassent les prétendues

[4] Marin 1991a, p.77-90 : « Toute représentation *se présente représentant* quelque chose (ou) pour le dire avec Kant, un 'je pense' accompagne toutes les représentations ». Le « je pense » est reformulé par Marin en un « ça pense » : « une intention qui traverserait toute énonciation et toute figuration et dont signes et figures seraient les témoins par leur existence même ».
[5] ''Number sense in animals'' : https://en.wikipedia.org/wiki/Number_sense_in_animals

transparence et complétude de l'image et de la théorie formelle. Si Magritte nous montre que la peinture *pense* et demande une pensée, Gödel nous montre que les fondements des mathématiques ne peuvent pas se réduire à une analyse de la déduction formelle-machinique, prétendu lieu de certitude *car sans pensée*. Cela obligera à (re-)penser le regard sur les fondements de l'art et sur les fondements des mathématiques. En mathématiques, après 1931, on inventera la Théorie de la Preuve moderne, Gentzen (1934), mais aussi la Théorie des Modèles et on aura les premiers résultats importants en Théorie des Ensembles, par Gödel, en 1938, puis (Cohen 1964). Ces façons nouvelles de revisiter les mathématiques iront jusqu'aux travaux de Grothendieck des années 1950 et '60 et, en Logique Mathématique, de Girard, après 1970. Grothendieck repense même des vieux problèmes en les immergeant dans de nouvelles structures mathématiques, profondément originales : une pensée qui précède tout calcul (Zalamea 2012).

En histoire de l'art, la deuxième moitié du XX^{e} siècle sera une ouverture aux autres sciences sociales : la sémiologie, la psychanalyse, la philosophie viendront au secours des historiens de l'art. Ces derniers repensent la discipline grâce à de nouveaux outils, parmi lesquels la proposition magrittienne de *La trahison des images.* Du dedans de la peinture, Magritte explicite un discours critique sur l'art, qui se précisera tout au long de son siècle : l'art pense, indépendamment (ou non) de ce qu'il représente.

2. Transparence / opacité

2.1 Transparence / opacité en art

Plus généralement, la nouveauté en art est la conséquence de changements profondément enracinés dans l'histoire. Pour ne prendre qu'un exemple, les révolutions métaphysiques de la fin du XIV^{e} siècle, ces profondes mutations théologiques et philosophiques dans la relation de l'homme à Dieu, ont donné naissance à une révolution de la représentation de l'espace en peinture, qui pour la première fois a pour visée d'inclure, par le point de fuite, l'infini dans le tableau (Longo, Longo 2020b). La perspective linéaire (Alberti 1435/2004) naît du besoin de théorisation de la nouvelle place de l'homme dans l'univers et de son rapport à l'infini de Dieu. L'abandon de cette construction spatiale inventée au XV^{e} siècle s'est fait par des passages et des ruptures : dans l'art baroque, l'âge romantique, jusqu'aux impressionnismes et à l'art dit abstrait, c'est à dire non figuratif, les codes picturaux suivent (et parfois précèdent) la crise d'une culture en plein chamboulement.

Prenons le temps de lire l'historien de l'art et sémiologue Louis Marin, et de porter un regard de près à la peinture :

> « Quel est le postulat théorique et pratique de la représentation ? Par la perspective, l'organisation tridimensionnelle de l'espace, relief et profondeur sont figurés sur une surface et un support matériels qui sont par là même niés puisque tout se passe comme si le tableau était une fenêtre ouverte sur la « réalité » : le regard n'est filtré par nulle grille ou tamis interprétatif pour se saisir d'elle. Mais pour pouvoir représenter la « réalité », le tableau comme surface-support doit exister : sur et par le tableau miroir, la réalité est projetée dans son image et l'œil reçoit le monde sur et par lui […] Cet écran, parce qu'il est un plan, une surface, un support, est aussi un dispositif réflexif-reflétant sur lequel et grâce auquel les objets « réels » sont peints. […] C'est l'invisibilité de la surface-support qui est la condition de possibilité de la visibilité du monde représenté. La diaphanéité est la définition théorique-technique de l'écran plastique de la représentation » (Marin 1989, p. 305).

Cette réflexion s'applique à la peinture figurative. Les auteurs de la Renaissance, tel Leon Battista Alberti, conçoivent le tableau comme une fenêtre ouverte sur l'histoire. La vitre de cette fenêtre, nous dit Louis Marin, doit être transparente. Mais la *storia* est indispensable (Marin 1997, p. 60, Alberti 1435/2004, p. 24-25). À la Renaissance, il n'y a pas de perspective sans un récit (ou, pour reprendre les mots d'Alberti, une *storia*). La spatialité nouvelle est un regard sur le monde, certes, mais un monde narratif. On contemple cette histoire à travers une fenêtre créée par le peintre, pour un regardeur. La vitre de cette fenêtre est la surface du tableau. Elle doit être transparente, invisible, « diaphane » dit Marin, afin de faire exister la représentation. Le support existe, mur ou toile qu'il soit, mais il doit être nié pour ouvrir, artificiellement, sur l'espace de l'histoire peinte. L'œil doit traverser cette surface. Cette peinture peut aussi donner l'impression que le monde se poursuit au-delà du tableau, à sa droite et à sa gauche, en haut et en bas. Artifice intelligent : de fait, le support existe bien, il est même nécessaire, cela va de soi. Il peut même être donné à voir. Ce sont d'ailleurs les artistes du Quattrocento, justement au moment de l'invention de la perspective géométrique et de sa théorisation, qui joueront des ambiguïtés entre surface et illusion de profondeur. Deux références peuvent appuyer cette idée : la première est l'article que Daniel Arasse consacre à l'escargot qui, au tout premier plan d'une *Annonciation* peinte par Francesco del Cossa en 1470 semble « cheminer »[6] indépendamment de l'espace construit par la perspective : il avance sur la *surface* du tableau. Il n'a pas d'ombre contrairement à Gabriel, juste à côté de lui. Il n'est pas non plus en trompe l'œil, ce qui le mettrait *en avant* de l'espace. Non, il est *sur* la surface, et il est absurdement grand : « Cet escargot est énorme, gigantesque, monstrueux »... or, « quand on est devant le tableau, l'escargot a l'air normal. C'est la Vierge qui est petite (..) En fait, par sa disproportion, l'escargot fait, localement, échec à la profondeur fictive de la perspective et restaure la présence matérielle du panneau, de la surface de la représentation » (Arasse

[6] Arasse 2000, p. 31.

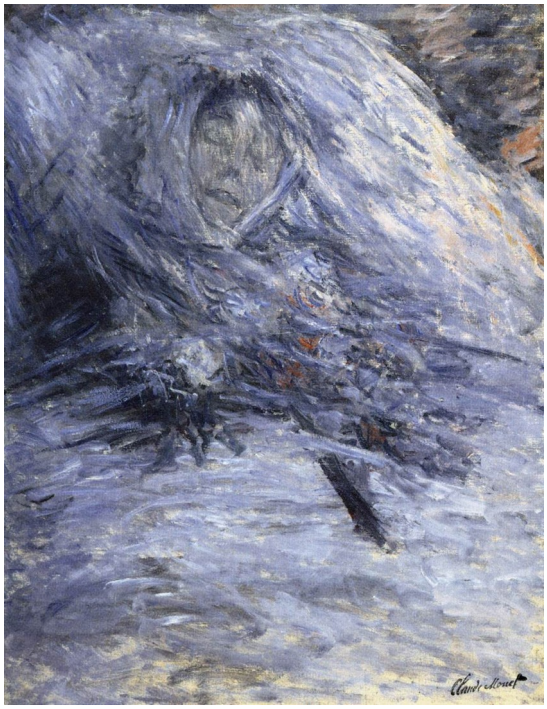
2000, p. 42 et 51-52). L'escargot, par sa taille et sa position, nous permet de percevoir le support, qui n'est alors plus diaphane.

Cet exemple est loin d'être un cas isolé. Dans plusieurs Annonciations du XV^{e} siècle, la colombe, figure de l'Esprit Saint qui descend sur Marie au moment de l'Incarnation, est représentée arrivant depuis Dieu (sa main, un nuage…) vers la Vierge. Sa trajectoire est souvent donnée à voir par un trait, une trace lumineuse. Tout comme l'escargot de Cossa, lorsque la trajectoire est figurée, elle ne s'inscrit pas dans la perspective, mais fait glisser l'oiseau, chose étonnante, sur la "surface" du tableau, sur le support. Chez Crivelli, comme chez beaucoup d'autres, la trajectoire de la colombe est parfaitement parallèle à la diagonale du rectangle constitué par la *surface* du tableau, en opposition totale avec l'illusion de profondeur perspective (Longo S., 2013, p. 74-91 ; Longo S. 2022, p. 145-172). Ces peintres réfléchissent aux possibilités des jeux entre transparence et opacité de la surface de la peinture. Artifice intelligent.



CRIVELLI Carlo, *Annonciation avec saint Emidius,* 1486, détrempe sur bois, 207 x 146,7 cm. Londres, National Gallery.

C'est à partir de la fin du XIX^{e} siècle que le plan du tableau va jouer un rôle essentiel. Monet laisse des zones de ses toiles sans peinture : il rend visible la trame de la toile préparée, peint en réserve et annule la notion de fond et de figure.



Claude Monet, *Camille Monet sur son lit de mort*, 1879, huile sur toile, 90 x 68 cm. Paris, Musée d'Orsay.

Les cubistes démembrent les formes, en tournant autour de l'objet, remplaçant le point de vue unique par une surface où tout s'équivaut, arrière et avant, haut et bas. Ce n'est pas eux qui tournent autour de l'objet, c'est la guitare, le journal ou le modèle, qui sont rabattus sur la surface. Puis vient Malevitch, en 1918, avec le *Carré blanc sur fond blanc.* Et ainsi de suite, Mondrian, Pollock, le mouvement *Support Surfaces*… Le support n'est plus nié, son opacité est donnée à voir, et devient un acteur du tableau. On montre la page blanche, tout comme on tire un trait sur l'art figuratif (*Concetti spaziali* de Lucio Fontana). Pour cette raison, on a regroupé ces artistes sous l'appellation d'Abstraction non figurative[7].

L'opacité, être là du support, donnée à voir par les formes dans l'Abstraction non figurative, sera tout aussi présente dans l'Abstraction *figurative*, chez Magritte et les surréalistes. Ils ne se séparent pas de la figure, leur peinture est imitative, mais non moins abstraite et *opaque* : le surréalisme déforme, en effet, le réel, non pas en déconstruisant l'objet reconnaissable, mais par des apories de signification, des incohérences et des utopies – pensons à Dalì. Et qu'en est-il du *ready made* de Marcel Duchamp (urinoir exposé tel quel) ? L'origine du mouvement Dada se veut une réponse - intelligente - à la perte de sens et au chaos engendré par la Première Guerre mondiale. Il faut s'éloigner de ce réel terrifiant. Artifice intelligent.

[7] Foucault 1973, p. 45 : « Peinture plus que tout autre attachée à séparer, soigneusement, cruellement, l'élément graphique et l'élément plastique : s'il leur arrive d'être superposés à l'intérieur du tableau lui-même comme le sont une légende et son image, c'est à la condition que l'énoncé conteste l'identité manifeste de la figure, et le nom qu'on est prêt à lui donner. (...) Et pourtant la peinture de Magritte n'est pas étrangère à l'entreprise de Klee et de Kandinsky ; elle constitue plutôt, en face d'elles et à partir d'un système qui leur est commun, une figure à la fois opposée et complémentaire ».

Un peintre est par définition dans le faux, dans l'artifice, disions-nous. Une peinture, aussi « réaliste », voire hyperréaliste, qu'elle soit, est *l'image* d'une chose, elle *n'est pas* la chose. Cette différence n'est pas qu'un jeu sémantico-pictural de Magritte : elle est fondamentale car une œuvre est le résultat de choix humains (historiques, techniques, formels) qui a pour origine une pensée, historiquement, techniquement et formellement définie - une intelligence, donc. La Renaissance avait un très beau terme pour mentionner l'art de cacher l'art, la *Sprezzatura*. Ce terme, qui a eu une grande fortune au XVI[e] siècle dans toute l'Europe, veut signifier que l'artiste, afin d'être digne des plus grandes cours, devra « user en toutes choses d'une certaine nonchalance, qui cache l'artifice, et qui montre ce qu'on fait comme s'il était venu sans peine et quasi sans y penser » (Castiglione 1528). Dissimuler l'artifice avec intelligence, une des finalités de l'artiste.

2.2 Transparence / opacité en mathématiques

> « I will especially denounce, expose a deep and pregnant unsaid of scientific activity : the subliminal idea that, beyond immediate perception, could exist a world, a layer of reading, completely intelligible, i.e., explicit and immediate. What I will call the fantasy (or phantom, as a matter of joke) of transparency. Transparency has little to do with poetical ideas (the key of dreams, etc.). It is indeed a unidimensional underside of the universe, not always monstrous, but anyway grotesque. » Girard J. Y. "The phantom of transparency" (dedicated to Giuseppe (Peppe) Longo for his birthday). *Inst. Maths. Luminy*, Marseille, 2007 https://girard.perso.math.cnrs.fr/longo1.pdf

Le mythe de la transparence traverse toutes les sciences, mais il trouve son expression la plus claire en mathématiques : c'est le mythe millénaire de la transparence de la géométrie d'Euclide, dont nous avons parlé, et, au XX[e] siècle, de la « complétude » des théories formelles. Celles-ci, à partir d'axiomes et de règles bien définis, auraient dû permettre de déduire toutes les propositions « vraies » d'un domaine donné. Le « programme de Hilbert » (années 1900-1920) a exprimé ce mythe avec une grande rigueur : la formalisation des théories mathématiques suffisamment expressives aurait dû trancher toute proposition, vraie ou fausse. Par conséquent, tout ce qui n'est pas faux serait démontrable : l'univers des « vérités » mathématiques serait parfaitement accessible, sa représentation formelle serait parfaitement transparente, un accès direct au « réel mathématique ».

Plus haut, nous avons donné une version informelle du théorème de Gödel qui a cassé ce programme : *« Ceci n'est pas un théorème »*. Par la suite, d'autres mathématiciens sont allé plus loin, toujours dans la lignée de Gödel, grâce à des résultats d'« incomplétude concrète ». On a en effet démontré *l'indémontrabilité formelle* de propositions intéressantes de la théorie formelle des nombres, bien au-delà de la très fine astuce autoréférentielle, l'énoncé magrittien de Gödel : par

exemple, le théorème de Kruskal-Friedman (Harrington 1985 ; voir aussi le théorème de Normalisation dans Girard et al. 1989; dans (Longo G. 2011) on réfléchit sur les méthodes de preuve des deux théorèmes).

En réalité, on est souvent tombé dans ce mythe de la transparence de l'écriture mathématique, tout comme on a souvent cultivé le mythe de la transparence de la peinture classique. Pythagore, voyant dans les nombres entiers et leurs rapports l'essence rationnelle du monde, pensait en particulier que tout était mesurable grâce à eux : ils fournissaient une essence transparente du monde. Or, cela ne fonctionne pas : la diagonale d'un carré de côté 1 n'est pas un rapport d'entiers, c'est un *a-logos*, un « irrationnel ». De même, pendant 2 500 ans, on a cru que la géométrie de l'univers coïncidait avec celle d'Euclide, celle que Piero della Francesca, dans son traité de 1482, avait étendue à une géométrie projective pour les peintres. Elle coïncidait, disions-nous, avec les espaces physiques conçus par Descartes et Newton : une transparence parfaite. Ce n'est qu'au milieu du XIX^{e} siècle que les géométries non euclidiennes ont révélé la pluralité de géométries possibles du monde, rendant visibles les choix des différentes organisations de l'espace, non plus des fenêtres transparentes, mais des perspectives changeantes, des points de vue à expliciter en expliquant comment passer de l'un à l'autre : elles seront au cœur de la Relativité Einsteinienne. Alain Connes ira plus loin en proposant encore une autre géométrie du monde, inventée pour les espaces du Quantique, « non-commutative » comme la mesure quantique (Connes 1994).

Quant au *mouvement* dans les espaces euclidiens de Newton, au début du XIX^{e} siècle, Laplace et d'autres grands noms de la physique mathématique pensaient que toute dynamique physique raisonnable pouvait être décrite par un système d'équations permettant une détermination *complète* et, par conséquent, de prédire son évolution future. Or, il existe des systèmes d'équations pour des simples dynamiques classiques (un soleil et deux planètes en orbites newtoniennes autour de lui) qui n'admettent pas de solutions ; ces dynamiques sont donc *non prévisibles*, même pas par des approximations (Poincaré 1892 ; Charpentier et al. 2006). L'écriture équationnelle n'est donc pas complète, transparente, même pour des dynamiques physiques si simples : on ne peut pas se passer de l'opacité de l'aléatoire, c'est-à-dire de l'imprévisibilité mathématique. Ce résultat « négatif », comme le définit Poincaré, qui montre l'échec du programme de Laplace, est philosophiquement lié à l'indécidabilité/incomplétude de Gödel : on ne peut pas décider du futur. Ce lien peut être aussi montré du point de vue technique en utilisant l'aléatoire algorithmique à la Martin-Löf (1966) (Longo G. 2018).

Pourtant, même après Poincaré et Gödel, après la preuve que notre *écriture mathématique du monde* n'est pas transparente, qu'elle n'est pas une « fenêtre ouverte sur le monde », le mythe ressurgit. On continue à proposer des « mathématiques explicites », immédiates et transparentes, celles dont parle Girard (2016 et en exergue), ainsi que des « revitalisations partielles » du programme de Hilbert, qui entendait utiliser « la mécanisabilité potentielle des mathématiques » comme un lieu de certitude *a posteriori*, et non comme un espace de travail mathématique. Jusqu'à des absurdités affirmant que la « nature », y compris le

vivant, est gouvernée par des algorithmes, c'est-à-dire par des écritures alphanumériques d'instructions et d'ordres, des automates (Kalmykov, Kalmykov 2024 : *« un manifeste pour une modélisation mathématique transparente »*, et bien d'autres avant eux, comme J. Pearl, L. Vaillant, Turing Awards). Une pierre tomberait parce qu'elle est programmée pour tomber : le programme de sa chute serait inscrit dans son ADN. Sous la forme de « automates cellulaires » (Kalmykov, Kalmykov 2024), l'écriture algorithmique-formelle serait donc complète, transparente par rapport au monde, et nous le montrerait tel quel, en tant qu'intrinsèque au monde, inventée avant le monde ou du moins avant l'écriture (Dowek 2018) - au contraire, la machine alphanumérique est la lointaine descendante d'une forme très particulière d'écriture, l'alphabet grec (Lassègue, Longo 2025).

La physique peut se moquer de ces visions, car, d'après la Relativité Générale, *nous comprenons* qu'une pierre tombe « pour des raisons de symétries théoriques » : la gravitation équivaut à l'inertie, qui est une *symétrie continue dans les équations du mouvement* (théorèmes de Noether (Kosmann-Schwarzbach 2010)). Une proposition d'intelligibilité du réel, une perspective relativiste et relativisante : on montre les équations et les théorèmes de Noether, et la manière dont ils parlent de l'inerte. Ils ne sont pas transparents — l'objectivité de la construction de connaissance dépend du jeu des systèmes de référence. Comme l'écrit H. Weyl (1949), mathématicien de la Relativité, « on passe du subjectif-absolu au relatif-objectif » : l'objectivité scientifique est produite par la mise en évidence des invariants par rapport aux changements de systèmes de référence – elle est donc construite par le jeu relativisant et critique des différents points de vue.

> « Ce que nous percevons comme réalité est le résultat du maillage serré entre les quatre cases cognitives constat/performance/usine/usage, ou plutôt de l'oubli de ce maillage. Le réalisme, essentialisation de la réalité, est l'oubli de cet oubli. » De la présentation par l'auteur, (Girard 2016).

2.3 Des mathématiques au vivant

Malheureusement, on retrouve cette même vision de la transparence de l'écriture (algorithmique) en biologie : comme le décrète le « Dogme central » de la biologie moléculaire, l'ADN contiendrait le « programme génétique » *complet* de chaque organisme. Mais en biologie, d'énormes intérêts financiers rendent cette approche « *too big to fail »*. En reprogrammant l'ADN, écriture complète de l'ontogenèse, on aurait dû « faire disparaître le cancer dès 2015 » (von Eschenbach 2003), et, aujourd'hui encore, on nous raconte que nous avons « le pouvoir de contrôler l'évolution » (Doudna et al. 2017), pouvoir qui suppose aussi que les « interactions macromoléculaires soient exactes » - deuxième Dogme du génocentrisme, souvent implicite : on contrôle le vivant en ré-écrivant, exactement, les lettres de son ADN, de ses macromolécules. Ce contrôle *scriptural* exact du vivant justifie les OGM en agriculture et les pesticides associés (souvent cancérigènes, Guyton et al., 2015) : on prétend guider la plante dans l'écosystème (conséquence du premier Dogme) et

toucher exactement le récepteur cellulaire du parasite visé (deuxième Dogme) - on provoque au contraire un massacre dans l'humus. S'en suivent des promesses toujours renouvelées de nouvelles techniques génétiques dans le domaine, malgré les échecs répétés depuis des décennies (Giraud, Amelier 2024), des échecs couverts par le refus de financement de chercheurs critiques en Europe[8].

Les mythes de l'IA sont à l'apogée de cette confiance dans la transparence de l'écriture : toute l'intelligence, humaine et animale, serait exprimée ou exprimable en 0 et 1, les séquences de codage ultimes de tout *système d'exploitation* en informatique. À cet égard, observons que toutes les écritures d'algorithmes, et donc tous les langages de programmation, se réduisent à des « systèmes d'écriture et réécriture » impératifs : les « règles de réduction » d'une séquence de signes à une autre étant des ordres (Bezem et al. 2013; théorèmes de Church-Rosser (Barendregt 1984) et de Normalisation (Girard et al. 1989)). De plus, dans chaque ordinateur, les pixels, les bits changent en suivant des *ordres*, des commandes. Le vivant, avec son « programme génétique » fait d'instructions, mais aussi la cognition (humaine), seraient alors parfaitement rendus intelligibles, voire pilotés par des codages, les quatre lettres de l'ADN ou des 0 et des 1, encodage d'ordres donnés à la nature, au vivant, dans une écriture alphanumérique : « La surprise, c'est que la spécificité génétique soit écrite, non avec des idéogrammes comme en chinois, mais avec un alphabet comme en français, ou plutôt en morse » (Jacob 1965). Tout serait codable, voire déjà codé.

Il faut réinventer un regard critique qui, en montrant l'opacité de l'outil, c'est-à-dire la richesse même de son histoire constitutive à partir de l'écriture alphabétique (Lassègue, Longo 2025), nous permette de l'utiliser au mieux. Mais ce n'est pas facile, car telle quelle, cette modalité impérative fonctionne bien pour produire les profits liés à la croissance de 400 % de l'usage des pesticides en 20 ans dans les Amériques et en Inde (Giraud, Amelier 2024), ou, grâce à l'IA, pour le contrôle de toute activité humaine et pour la guerre, une rente assurée.

L'intelligence humaine et le vivant écrits en algorithmes partagent donc une épistémè commune avec des politiques à la mode : le vivant et la cognition, algorithmiques, ne feraient que suivre des « *executive orders* ». Le rôle des nombres entiers dans la machine arithmétique, ce retour à Pythagore, nous a conduit à définir cette nouvelle mode de la transparence algorithmique du monde comme un « pythagorisme impératif » (Longo G. 2025; Lassègue, Longo 2025).

Le sens des limites des théories scientifiques (Longo G. 2023), la pensée critique et la mise en évidence du regard proposé, du point de vue, accompagnent en revanche l'invention scientifique, la construction de connaissances, avec son incomplétude. En montrant, par exemple, son support scriptural, alphanumérique ou équationnel, disions-nous, toute l'intelligence de la praxis scientifique se donne dans son épaisseur, avec son opacité. Cela permet d'analyser où l'écriture, les axiomes, les

[8] Le Monde & The Guardian: Le fichage à grande échelle de personnalités gênantes pour l'industrie agrochimique, 27/9/24 (500 chercheurs) ou par l'assassinat, en Amérique Latine, de ceux qui les dénoncent (Bombardi 2024 et ici).

équations... avec leur puissance expressive et leurs limites, se placent entre nous et l'intelligibilité du monde. L'opacité, produite par la friction entre le sujet connaissant et le monde, est le lieu de la construction du sens.

3. Caricatures et chimères

3.1 Reconnaissance

L'invention du *Deep Learning* a constitué un grand tournant en IA : on a enrichi l'IA logico-déductive (symbolique) par des méthodes mathématiques de *construction d'invariants*. En bref, des techniques, souvent inspirées par la physique mathématique (équations différentielles, ondelettes …), ont permis d'implémenter une dynamique dans les mémoires (bases de données) jusqu'alors statiques des ordinateurs. Par filtrage, convolution et … rétropropagation (correction à posteriori), les données stockées sont modifiées jusqu'à cerner des composantes stables, « invariantes », d'une image – ce qui permet de reconnaître un chat, par exemple, par des traits que l'on retrouve chez tous les chats. Il faut pour cela que des humains étiquettent à la main des milliers d'images de chat et la machine les reconnaît tous, même des chats jamais vus, mais qui répondent à des *invariants* communs. Il existe aussi un apprentissage sans supervision, où l'on constitue des invariants en corrélant des données similaires, selon un critère pré-donné. Certains de ces invariants sont des *saillances*, des structures singulières – des « catastrophes » dans les mathématiques de R. Thom (1990). Toujours selon Thom, elles diffèrent des *prégnances*, qui émergent de l'image pour l'humain et non pour la machine, car elles sont constitutives du sens. Par exemple, si on revoit un ami après trente ans, on reconnaît son sourire bien que toute forme, toute saillance de son visage ait changé : ce mouvement du visage qui est le sourire, imprégné de sens, d'affection, n'a pas changé et nous touche.

Dans le travail de l'imagination humaine, qu'en est-il des invariants et des prégnances ? Un caricaturiste nous fait reconnaître une célébrité en mettant en évidence un seul trait, une seule prégnance. Extraire des traits caractéristiques, invariants d'un individu, qui permettent à la machine de reconnaître cet individu, n'a rien à voir avec l'exagération d'un seul trait par lequel le caricaturiste sait extraire ce qui fait sens pour beaucoup de monde, à une époque : en France, le menton de Chirac ou le grand nez de De Gaulle. En général, nous, les animaux, reconnaissons en premier lieu, ou seulement, des prégnances : l'animal ou l'humain qui s'approche nous intéresse pour ses intentions, sa grimace agressive ou son contraire, ce qui diffère radicalement de la reconnaissance d'invariants par une machine.

Autre exemple parlant : prenons le chat du Cheshire d'*Alice au pays des merveilles*. Son sourire à pleines dents forme un croissant de lune… ou est-ce la lune qui devient son sourire ? Le chat se construit autour de son sourire, et cette double

nature de l'objet fait que dans notre vécu, après avoir lu Alice, on voit un sourire dans tout croissant de lune. Lewis Carroll (auteur mathématicien) investit la même forme, invariante, de deux significations riches d'émotions et d'étrangeté. Et tout le long du récit, dès qu'un croissant de lune apparaît, on sait que le chat arrive. Reconnaître un chat à son sourire de lune : qualité humaine s'il en est.

3.2 Production de nouveauté : l'exemple de la chimère.

Intelligente

Revenons à la Renaissance. Dans ses *Vies des meilleurs peintres, sculpteurs et architectes*, Giorgio Vasari décrit comme suit le travail de Léonard : celui-ci pense à peindre une tête de Méduse. Voici le paragraphe :

> *« Portò dunque Lionardo per questo effetto ad una sua stanza, dove non entrava se non egli solo, lucertole, ramarri, grilli, serpe, farfalle, locuste, nottole et altre strane spezie di simili animali, da la moltitudine de' quali variamente adattata insieme cavò uno animalaccio molto orribile e spaventoso, il quale avvelenava con l'alito e faceva l'aria di fuoco, e quello fece uscire d'una pietra scura e spezzata, buffando veleno da la gola aperta, fuoco dagl'occhi e fumo dal naso sì stranamente, ch'e' pareva monstruosa et orribile cosa affatto* » (Vasari 1550/2003, p.559).

Dans la biographie, l'assemblage fabrique un monstre bien vivant, qui crache du feu. Or ce n'est qu'à partir de l'observation des dessins et des peintures de Léonard, que Vasari invente, dans ce récit performatif, la naissance *réelle* du monstre, dont il s'agira ensuite, pour le peintre, de tirer le portrait. Mais déjà, la construction de la chimère prend dans la biographie une tournure surnaturelle et symbolique : mises ensemble, les pièces détachées d'animaux créent un *animalaccio* bien vivant. Il y a dans cette narration une étincelle créative, celle qui porte Vasari à faire de Léonard un démiurge : autant la prose de Vasari que l'art de Léonard sont des constructions poétiques, qui font advenir ce qu'elles énoncent et ne sont pas une fenêtre transparente sur le réel. C'est cette opacité qui fait d'elles un artifice pensant.

Artificielle

Lorsque l'intelligence artificielle produit des textes, des images ou des musiques, elle utilise le passé pour obtenir quelque chose de nouveau, de jamais vu, par un processus basé sur un ré-assemblage des données, par des méthodes de recombinaison de textes ou d'images. Ainsi, toute création par IA est une chimère, comme dans le récit de Vasari – être ou objet fait de parties disparates. Mais dans l'IA il ne s'agit que d'un pur recollement combinatoire de parties d'images, de sons, de phrases existantes, sans aucune valeur symbolique et surtout sans aucun choix

ni interprétation, sans aucune imagination. L'unique raison d'être des chimères créées par les humains est qu'elles sont la résultante de choix signifiants, souvent inspirés des mythes. Comme dans l'exemple de Vasari, la bête prend vie car l'artiste y a insufflé son imagination. Afin de saluer la créativité de l'inventeur Léonard, le biographe projette sa propre imagination au point de lui faire générer un être vivant.

Les LLM (*Large Language Models*) utilisent d'immenses bases de données pour produire des phrases chimériques grâce à des probabilités « fréquentistes », c'est-à-dire basées sur la fréquence des occurrences d'associations de mots et de phrases existantes dans ces bases de données. Les phrases ou les images sont donc produites avec des probabilités engendrées par ces fréquences *données*, car les probabilités des occurrences produites dépendent du passé, elles (re-)combinent le passé. Le débat sur comment donner les probabilités a été très important en mathématiques : aux méthodes fréquentistes on a opposé le choix d'une mesure proposée par le sujet connaissant[9]. Typiquement, on regarde un dé, on apprécie ses symétries et on attribue à chaque face ⅙ de probabilité, *a priori*. Cela est très différent de l'objectivité prétendue et machinale basée sur une analyse de la distribution des fréquences, *a posteriori*, dans tous les tirages de dés dans les mémoires numériques en réseau.

En mélangeant donc les phrases et les images, avec les méthodes des LLM et du *Deep Learning*, on arrive à produire des phrases et des images « nouvelles », extensions probables, par combinaison et recollement, de ce qui existe déjà, sur la base des *fréquences* des occurrences passées : on ne fait que projeter le passé dans le futur, avec du « *mixing* ». Qui plus est, puisqu'on a à faire à des « machines à états discrets », à partir des mêmes bits et pixels, des mêmes données, face au même « *prompt* », on aurait en principe toujours la même dynamique, le même futur. Alors, ruse humaine, toute humaine, les informaticiens ont modifié les fonctions mathématiques qui étendent le passé le plus fréquent vers le futur en introduisant un coefficient qui peut changer (voir la fonction « softmax »). Ce coefficient dépend d'un nombre « aléatoire » que la machine est instruite à pêcher dans le réseau (nombre pair ou impair des visiteurs de la Tour Eiffel, au moment donné). Voilà la construction de nouveauté machinique, présentée comme *créative*, terme à bannir dans ce contexte. On confond ici la production de ces chimères numériques, rendue qui plus est imprédictible, non « réitérable », par des ruses, avec la production de nouveauté de sens propre à toute activité vivante, historique, créative.

4. La production de nouveauté comme expérience collective

[9] https://fr.wikipedia.org/wiki/Interpr%C3%A9tations_de_la_probabilit%C3%A9

La production de nouveauté humaine, et l'art en est un paradigme, est le résultat d'une histoire et en aucun cas d'un assemblage, même fortement imprédictible, d'images préexistantes. Remontons assez loin. L'art égyptien et les icônes byzantines ont, si l'on ose dire, un point commun : rien ne doit changer, leur valeur réside dans leur nature achéiropoïète - ce qui signifie "non faites de la main de l'homme". L'œuvre est le support de la prière ou du passage à l'au-delà. Elle a un pouvoir unique et autonome. Alors, lorsque des souverains (pharaon ou autre pouvoir en place) décident que l'image inventée sous leur règne est l'accès visible le plus parfait – aux dieux pour l'Égypte, à Dieu pour les orthodoxes – , l'image devient, dans le cas de l'icône, la *vraie* trace du visage de Dieu, ou de Jésus. L'image vit car elle est le réceptacle du divin. Cette importance de la copie conforme engendre une élusion de l'artiste : le « faiseur d'images », bien qu'ayant un rôle très important dans la société, ne doit pas laisser sa marque sur l'image.

L'histoire de l'art identifie la naissance de l'artiste, distinct de l'artisan, au début de la Renaissance, vers 1400. C'est alors que le fabricant d'images va commencer à signer ses œuvres, mais surtout à se distinguer et se faire appeler sur les chantiers et dans les cours pour son unicité et son originalité. Faire preuve d'une ingéniosité individuelle devient une qualité, en Europe, au XV^{e} siècle. À partir de ce moment, l'art se définira par sa capacité à étonner dans la nouveauté, la surprise et l'unicité, à sortir des chemins battus. On a vu dans l'exemple de la chimère de Léonard comment même le récit de l'invention devient lui-même, au XVI^{e} siècle, poétique et fictionnel. Au XVII^{e} siècle, la nouveauté se manifeste aussi dans le choix du sujet, par exemple dans l'invention de la scène de genre, différente de la peinture religieuse et du portrait : dans *Le mangeur de haricots* d'Annibal Carrache, un homme attablé mange une soupe. Certains ont analysé en détail et énuméré les mets qu'il consomme, typiques de sa tradition locale. Mais on peut aller plus loin et saisir que, tel qu'il est peint, cet homme est interrompu dans son quotidien : il fait tomber la soupe de sa cuillère et lève vers nous un regard extatique, peut être devant une vision divine… ici, le contexte d'invention donne à l'œuvre cette opacité qui ouvre à l'interprétation.



Annibal Carrache, *Le mangeur de haricots*, 1585, huile sur toile. Rome, Galleria Colonna.

Postures, expressions, symboles, mais aussi choix techniques du peintre – pensons à l'importance du dessin, du contour, distinct de la touche, parfois invisible, parfois apparente. Ces parcours construits collectivement à travers les millénaires dans ce dialogue serré entre art et société prennent, au XIX^{e} et au XX^{e} siècle, une nouvelle tournure. La machine à photographier inquiète les peintres pour son pouvoir d'imitation. Mais les photographes n'auront jamais la couleur ! Naissent l'impressionnisme et l'expressionnisme. L'appareil photographique obtient la couleur : naissent le Pop Art et le Nouveau Réalisme. L'artiste et machine auront un dialogue extrêmement serré tout au long du XX^{e} siècle.

Nous avons opposé la production combinatoire de nouveauté en IA, que nous avons nommée chimère, à la valeur symbolique de la création artistique (même quand il s'agit d'une « chimère », comme chez Vasari racontant la Méduse de Léonard). Le mot symbole vient du grec SYM - BALLEIN, mettre ensemble : la chimère artistique peut elle aussi résulter d'un assemblage d'images préexistantes, mais le résultat, la nouvelle image, dépend d'un contexte historique de sens et ouvre sur une histoire nouvelle. Elle est un nouveau symbole qui fait référence à une nouvelle expérience collective de sens (Fabbrichesi Leo 2006).

5. Le corps créatif, la pensée incorporée

On apprend ce qu'est le continu mathématique quand on voit, à l'école, le geste du premier maître qui trace de la main une trajectoire dans l'air, puis une ligne sur le tableau noir. Comme Euclide, il dira qu'elle est sans épaisseur : il n'y a que le geste corporel qui compte, la trace que son mouvement *donne à imaginer*. Cette trace devient œuvre d'art dans le « *dripping* » de Jackson Pollock, où le jet de peinture, protagoniste, est la résultante des mouvements du corps. L'entrelacs de lignes est produit par l'engagement corporel, il est la trace d'une danse autour de la toile posée à terre. Ensuite, Pollock regarde et fait un choix esthétique. Il choisit comment recadrer et tendre sa toile. Son art est une combinaison de spontanéité et de construction consciente. Sa fameuse citation nous l'explique : « *I don't paint nature. I am nature* ». Le peintre fixe la trace de son action (*Action painting*) sur une toile, qui devient le relai entre sa performance et nous.

Le pianiste, c'est bien connu, pense avec ses doigts, sa main, son bras, c'est-à-dire qu'il a une mémoire corporelle qui canalise et anticipe ses gestes. L'exécution résulte du dialogue entre ses mouvements et son cerveau émotionnel. Elle est basée sur une continuelle anticipation.

Nous naissons entourés de sons, de rythmes et de mélodies. Pas besoin d'avoir une mère chanteuse lyrique pour s'attacher, étant bébé, aux mélodies qu'un parent nous chante en nous tenant contre sa poitrine. Ce sont les vibrations et les émotions qui

passent, non la note ni la justesse rythmique. Des études pédopsychiatriques montrent que, de plus en plus souvent, des parents pensent sonner « faux » et n'osent pas chanter à leurs enfants. En faisant cela, non seulement ils ne se procurent plus le plaisir et le bien-être que donne l'acte de chanter, mais surtout, en jouant une berceuse depuis l'enceinte rudimentaire d'un smartphone, ils privent l'enfant de la découverte de la musique, qui ne peut passer que par l'émotion et les vibrations partagées.

Si l'on considère la créativité, donc, du point de vue du geste et de la vibration, qu'est-ce qui différencie Pollock et une chanteuse lyrique du commun des mortels ? Rien, nous pratiquons tous les jours le geste et la vibration, qui nous permettent de nous mouvoir et de parler, donc de communiquer. L'art fait partie de ces échanges. Les nouveaux outils numériques peuvent les enrichir. Et tant mieux, donc, si le rapport réfléchi à la machine nous permet de mieux voir cet aspect porteur de notre humanité, souvent partagé avec tant d'animaux, du « petit comptage » en arithmétique à la musique. Mais des oligopoles immenses gèrent ces machines et en imposent un usage centré sur la publicité, avec un regard permanent sur la valeur des actions sur les marchés boursiers. Qui plus est, leur gain principal se fait grâce au contrôle (Zuboff 2019) et à la guerre, ce qui façonne la technologie elle-même. Le contrôle et la guerre empêchent plus que tout d'avoir des idées scientifiques, pire encore si la technologie en question permet d'écraser la diversité, orientée comme elle est à projeter sur le futur des moyennes statistiques du passé, production du « mal de la banalité » (Longo G. 2025b).

La programmation de ces machines arithmétiques en réseau pourrait être mieux conçue si elles étaient utilisées à d'autres finalités. Le partage de connaissances, qui existe mais est biaisé, est une conséquence extrêmement positive de cette mémoire de l'humanité potentiellement mise à disposition de l'humanité. Malheureusement, son usage commercial, qui domine, est conçu pour enlever de la valeur à l'humain et, surtout, au travail : on façonne des tâches pour qu'une machine puisse remplacer ou être utilisée pour menacer de remplacer un humain.

Affrontons autrement le problème : la machine et ses réseaux sont décomposables et intelligibles. En passant de l'énorme machine à calculer des années '50 à l'*Apple watch*, mais aussi de l'écriture en code à l'icône sur l'écran (comprenons la différence avec les icônes byzantines mentionnées plus haut), ses créateurs nous donnent à croire que l'ordinateur fonctionne par des procédés naturels, propres au vivant. Il réfléchit, digère, crée. Et vice versa, la mémoire humaine aurait une quantité de GB, le cerveau serait (parfaitement modélisé par) un réseau de neurones sur plusieurs couches parallèles, points mathématiques connectés.

6. Démonter la machine

Qu'en est-il des fondements numériques de l'ordinateur et de ses réseaux ? Il est à l'origine de la machine une philosophie et des techniques qu'il faut saisir pour utiliser au mieux l'Intelligence Artificielle. À la base d'un empilement de l'élémentaire et du simple à partir des 0 et 1 de tout ordinateur, il y a un choix de codage du monde par des nombres entiers et leurs rapports, des fractions rationnelles. La machine d'écriture et re-écriture numérique est une invention extraordinaire, un outil comparable à l'invention de l'alphabet. L'enjeu est qu'on ne nous induise pas à penser que *la nature elle-même est faite de codes numériques*. Or, si on y réfléchit, il n'y a pas de lignes droites parallèles dans la nature, tout comme il n'y pas de nombre – la longueur de cette table n'est pas un nombre : il faut faire l'opération humaine et difficile de « mesure ». De plus, les mathématiques du discret et du continu organisent le monde de façon fort différente, elles ne sont point transparentes.

Cet instrument révolutionnaire, le réseau d'ordinateurs, peut mieux servir si l'on tient compte de la transparence de sa construction. Pour ce faire, continuons à *ouvrir* la machine : elle résulte de l'empilement de réseaux de réseaux, les uns sur les autres, cumul d'écriture électronique sur des composantes élémentaires et simples, celle des machines numériques dans tout nœud des réseaux. Construites bit sur bit, pixel sur pixel, base matérielle d'un empilement richissime de langages de programmation, tout se réduit à fonctionner de façon impérative. Ce caractère impératif, dont on a évoqué plus haut l'importance et les enjeux, ne nous est pas donné à voir, ne nous est pas explicité : on introduit dans la machine artificielle une opacité qui contribue à la faire passer pour intelligente. Depuis les discours des grands leaders et jusqu'à la structure des interfaces de grande facilité « intuitive », il y a la construction d'un mystère technique, délibérément entretenu, qui engendre toutes sortes de mythes (la machine vivante, émotionnelle, qui se révolte).

Pensons à l'écran d'un ordinateur, nouvelle toile de l'imaginaire, qui se veut transparente. Sur un écran, rien ne bouge. Lorsqu'on y voit une pierre qui tombe, il n'y a que des pixels qui changent d'état (de couleur) *en suivant des ordres*. Mais en tant qu'être humain intelligent et poétique, éduqué à l'artifice, nous voyons, dans un recollement au réel physique, la pierre tomber *naturellement*. Si, au milieu de sa trajectoire, la pierre effectue un angle droit, nous en sommes étonnés mais acceptons un niveau supplémentaire d'artificialité - les pixels n'ont fait que suivre des ordres. Toutefois, un bébé qui accède au réel à travers les écrans aura, vers ses quatre ans, des difficultés à saisir une balle, à apprécier la profondeur de l'espace et donc à se mouvoir (Bossière 2021). En revanche, il apprend extrêmement vite à utiliser une souris d'ordinateur et à bouger des icônes qui représentent des animaux, à faire le geste qui les mettra… à la poubelle. Mais il se peut que, devant un vrai aquarium, il tente d'agrandir un poisson en écartant deux doigts sur la vitre. L'invention, par les fondateurs d'Apple, des icônes et de la souris, a été une révolution : elles nous donnent l'illusion, comme nous le disions, de faire faire un mouvement continu à un objet réel, alors qu'on ne fait que donner des *ordres écrits*

au système d'exploitation, à partir de la cascade de changements d'état des pixels sur l'écran induite par le mouvement de notre main. En faisant levier sur une pratique humaine et en inventant la notion d'intuitif en informatique, ces développeurs ont brouillé les pistes : nous reconnaissons quelque chose qui n'existe pas. *Bougeons* une icône sur notre *bureau* : ceci n'est pas un bureau et ceci n'est pas un mouvement. Demandons aux LLM d'écrire un poème : ce sera une chimère statistique. Ceci n'est pas un poème.

Conclusion

En arrivant à l'Opera House de Köln, Keith Jarrett découvre que le piano de la salle n'est pas le modèle qu'il avait demandé. Pour lui, le piano sonne mal, des notes détonnent dans les aigus et les graves, rendant la musique bancale. Sur cette *erreur physique*, au lieu de ne pas s'en soucier, le pianiste bâtira, fabriquera son concert. La surprise, l'erreur et le grincement du son et donc du sens (Barthes 1973/1995, p. 1495) donnent le ton à l'invention. Entièrement improvisé, ce concert a besoin de repères. L'autre repère de l'artiste, ce soir-là, a été, raconte la légende, la note de la cloche qui annonce le début du show. L'*ostinato* sur lequel ouvre le concert est la reprise de cette note. Au moment de la cloche, la représentation n'a pas encore commencé. On est dans le réel, le public est invité à s'asseoir – décollement du temps, car la cloche a pour fonction d'annoncer ce qui va se passer dans quelques secondes. Mais la musique, à ce moment-là, est déjà dans le corps, l'oreille et les doigts de Jarrett. Une fois au piano, le bruit de la cloche devient note, et de là prend naissance l'artifice. Il est si plein de sens qu'il construit pour l'artiste le tapis qui emporte le public, une heure durant, dans ce qui deviendra le disque le plus vendu du jazz. Artifice intelligent : construction humaine, corporelle et mentale, fabriqué polysémique de vécus, qui pense et force à penser.

Contrairement à l'expérience de Keith Jarrett avec ce piano, l'ordinateur isolé, lui, ne fait pas d'erreur. Un remarquable empilement d'ingénierie rend précis et parfaitement stables tous les passages qui vont des bases de données jusqu'à l'écran en passant du système d'exploitation aux langages haut niveau et vice versa. L'ordinateur *itère à l'identique* toute commande et, s'il y a erreur, cela nous rend, nous utilisateurs, furieux - l'exact opposé du pianiste de génie, qui s'inspire de l'imprécision, du défaut matériel. En réseau, la complexité technique est bien plus grande. Depuis les années 1990, des mathématiciens des réseaux ont inventé des méthodes qui cachent l'inévitable aléatoire physique (fluctuations électriques, attentes dans les nœuds…), au point de l'appeler « *do not care* » (ne pas s'en soucier) : l'utilisateur ne doit pas le voir. Si l'erreur se présente sur notre écran, par exemple sous la forme d'une barre de chargement ou, encore pire, d'un rond qui tourne indéfiniment, nous, humains mortels, sommes subitement envahis d'une grande angoisse. Pensez-y. L'outil prend son temps ? L'ordinateur ne suit plus les ordres, se comporte de façon imprédictible ?

En intelligence artificielle, on a été obligé d'introduire de l'aléatoire dans les méthodes statistiques pour que ça paraisse créatif : nous en avons parlé au sujet des LLM. Et il peut arriver que cet aléatoire produise des erreurs dans les associations statistiques de phrases, par exemple. Notre intelligence les interprétera comme des erreurs de sens. Et on nous raconte alors qu'il s'agit d'« hallucinations ». Ce terme est si riche d'une histoire humaine, toute humaine : il contient le désir, l'inconscient freudien, Dalì et les surréalistes… au secours !

Les mathématiques de la machine sont inventées pour définir et mettre au point un système de calcul sans pensée. On voulait la certitude, l'impossibilité d'erreur, d'ambiguïtés interprétatives dans les fondements des mathématiques, en formalisant *a posteriori* le travail du mathématicien. Cette méthode est devenue une machine, l'ordinateur, et son calcul sans pensée a été transformé en une pratique cognitive. Intelligence artificielle : illusion d'avoir construit une intelligence.

Pensons au contraire comment insérer cet outil dans un environnement humain de connaissance. Tout d'abord par un regard partagé et critique. D'une part, il faut être averti du fonctionnement de la machine, dont il est toujours possible, disions-nous, de démonter la structure matérielle et logicielle. D'autre part, il faut avoir conscience de la spécificité du regard humain, historiquement situé et incarné. Ce regard doit intégrer les échanges permis par les réseaux, nouvelle forme de mise en relation de la diversité humaine. Pour faire cela il faut construire des réseaux partagés, des « *commons* » (Alombert, Giraud 2024) échappant au contrôle des immenses oligopoles qui dessinent les machines pour leurs objectifs propres. Sa puissance dans les tâches itérées peut nous servir pour entrer dans une boucle nouvelle de créativité humaine et nous permettre d'inventer de formes originales d'imagination.

BIBLIOGRAPHIE

Alombert A., Giraud G. (2024) *Le capital que je ne suis pas*. Fayard.

Arasse D.,
- « Présentation », in *Symboles de la Renaissance*, I, Daniel Arasse, Georges Brunel (dir.), Paris, Presses de l'École normale supérieure, 1976, p. 9-12.
- « *Ars memoriæ* et symboles visuels : la critique de l'imagination et la fin de la Renaissance », in *Symboles de la Renaissance*, I, Daniel Arasse, Georges Brunel (dir.), Paris, Presses de l'École normale supérieure, 1976, p. 57-77.
- *Le détail. Pour une histoire rapprochée de la peinture,* Paris, Flammarion, 1992.
- *Le sujet dans le tableau. Essais d'iconographie analytique*, Paris, Flammarion, coll. « Idées et recherches », 1997a.
- *Léonard de Vinci et le rythme du monde,* Paris, Hazan, 1997b.
- *On n'y voit rien. Descriptions*, Paris, Denoël, 2000.
- *Histoires de peintures*, Paris, Denoël / France Culture, 2004.

Alberti L. B. (1435) *La peinture,* Thomas Golsenne, Bertrand Prévost, Yves Hersant (éd. et trad.), Paris, Seuil, 2004.

Ambrosini A. (2009) *Immaginazione visiva e conoscenza : teoria della visione e pratica figurativa nei trattati di Leon Battista Alberti, Lorenzo Ghiberti, Leonardo da Vinci*, Pise, Pisa University Press.

Barendregt, H. (1984) *The Lambda-Calculus: its Syntax, its Semantics*. Amsterdam: North-Holland.

Barthes R., « Le plaisir du texte » (1973), in *Œuvres complètes*, tome 2 (1966-1973), Paris, Seuil, 1995.

Bombardi L. M. (2024) *Pesticides – Un colonialisme chimique*, Anacaona, Paris.

Bossière M.-C. (2021) ,*Le bébé au temps du numérique*, Hermann, Paris.

Brouwer L.E.J. (1907) *On the Foundations of Mathematics*. Collected works, vol I, pp. 53-97.

Cavaillès J. (1938/1939) *Œuvres complètes de philosophie des sciences*, Paris, Hermann, 1994.

Castiglione B. (1528), *Le livre du courtisan,* Paris, Flammarion, 1991.

Châtelet G. (1993) *Les enjeux du mobile*, Seuil, Paris.

Charpentier, E., Ghys, E., Lesne, A., & Laguës, M. (2006). *L'héritage scientifique de Poincaré,* Belin.

Cohen, Paul J. (1964) "The Independence of the Continuum Hypothesis, II." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 51, no. 1: 105–110

Connes, A. (1994). *Non-commutative Geometry,* New York: Academic Press.

Damisch H.,
- *Théorie du /nuage/. Pour une histoire de la peinture*, Paris, Seuil, 1972.
- *L'origine de la perspective*, Paris, Flammarion, 1987.
- *Fenêtre jaune cadmium*, Paris, Seuil, 1984.

- « Le gardien de l'interprétation », in *Y voir mieux, y regarder de plus près,* actes du colloque international, Danièle Cohn (dir.), Paris, Éd. rue d'Ulm, coll. « Æsthetica », 2003, p. 285-320.

Didi-Huberman G.,
- *La peinture incarnée*, Paris, Minuit, 1986.
- Devant l'image. Question posée aux fins de l'histoire de l'art, Paris, Minuit, 1990.
- *Phasmes. Essais sur l'apparition*, Paris, Minuit, 1998.
- *Devant le temps. Histoire de l'art et anachronisme des images*, Paris, Minuit, 2000.
- *L'image ouverte*, Paris, Gallimard, 2007.

Dosse F. (2005) « De l'usage raisonné de l'anachronisme », *Espaces Temps* LXXXVII/LXXXVIII, p. 156-171.

Doudna J., Sternberg S. (2017) *A crack in Creation, Gene Editing and the Unthinkable Power to Control Evolution*, Bodley Head, London.

Dowek G. (2018) *Ce dont on ne peut parler il faut l'écrire*. Langues et langages, Paris, Pommier.

von Eschenbach, A. C. (2003). NCI sets goal of eliminating suffering and death due to cancer by 2015. *Journal of the National Medical Association*, *95*(7), 637-639.

Fabbrichesi Leo R. (2006), *La freccia di Apollo*, Pisa, ETS.

Feferman, S. (1975). "A language and axioms for explicit mathematics". *Algebra and Logic,* pp. 87–139. *Lecture Notes in Mathematics*, Vol. 450, Springer, Berlin.

Feferman, S. (1988). "Hilbert's Program relativized: Proof-theoretical and foundational reductions" *Journal of Symbolic Logic*, 53(2): 364–384.

Foucault M.,
- *Les mots et les choses*, Paris, Gallimard, 1966.
- *L'archéologie du savoir*, Paris, Gallimard, 1969.
- *Ceci n'est pas une pipe*, Paris, Fata morgana, 1973.

della Francesca P. (1482), *De Prospectiva Pingendi*, éd. critique C. Gizzi, Venise, Edizioni Ca' Foscari, 2016.

Garuccio L. (2010) *Immagine e rappresentazione in Louis Marin,* thèse de doctorat sous la co-direction de Giovanni Careri et Luigi Russo, université de Palerme.

Gentzen G. (1934), « Untersuchungen über das logische Schließen. I », *Mathematische Zeitschrift*, vol. 39, n° 2, p. 176-210.

Girard J.Y. (2016) *Le fantôme de la transparence*, Allia éd., Paris

Girard J.Y., Lafont Y., Taylor R. (1989) *Proofs and Types,* Cambridge University Press.

Giraud T., Amelier M. (2024) *L'attention au vivant,* L'observatoire Eds, Paris.

Guyton K, Loomis D, Grosse Y et al. (2015) Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *The Lancet Oncology*; 16, 490-491

Harrington, L.A., Morley, M.D., Ščedrov, A., Simpson, S.G. (eds) (1985) *Harvey Friedman's research on the foundations of mathematics*. Elsevier.

Heath, T.L. (1908). *The thirteen books of Euclid's Elements*. Cambridge University Press.

Hilbert, D. (1899). *Grundlagen der geometrie*, Teubner.

Kalmykov VL, Kalmykov LV. (2024) Manifesto for transparent mathematical modeling: from ecology to general science. *Academia Biology*; 2.

Kosman-Schwarback, Y. (2010). *The Noether theorems : Invariance and conservation laws in the twentieth century,* Springer.

Jacob F. (1965) *Génétique cellulaire,* Leçon inaugurale, Collège de France*,* Paris.

Lassègue J., Longo G. (2025) *L'empire du numérique. De l'alphabet à l'IA,* PUF, Paris

Longo, G.
(2009). Theorems as constructive visions, in: *Proceedings of ICMI 19 Conf. on Proof and Proving*, Springer.
(2011). Reflections on concrete incompleteness. *Philosophia Mathematica* 19, 255–280.
(2018). Interfaces of Incompleteness. In Minati, G, Abram, M & Pessa, E (Eds.) *Systemics of Incompleteness*, Springer, New York, NY.
(2023), *Le cauchemar de Prométhée. Les sciences et leurs limites*, PUF, Paris.
(2025) *L'invenzione matematica e scientifica, al di là dei miti tecnoscientifici*. Prefazione a: "Il Liceo matematico: un approccio storico e interdisciplinare all'insegnamento delle scienze e della matematica" di A. Nigrelli e F. S. Tortoriello, Mimesis, Milano.
(2025b) The Evil of Banality, *in* Cornell's book series : *Mechanema: AI and the Humanities*.

Longo G., Longo S. (2020) « Among the trees: iterating geneses of forms, in art and in nature ». ISTE OpenScience, published by ISTE Ltd. London, UK, January 2020 (reprinted in *Mathematics in the Visual Arts* (R. Scheps and M.-C. Maurel ed.), ISTE-WILEY Ltd, London.

Longo G., Longo S. (2020b) « Infinity of God and Space of Men in Painting, Conditions of Possibility for the Scientific Revolution », in *Mathematics in the Visual Arts* (R. Scheps and M.-C. Maurel ed.), ISTE-WILEY Ltd, London.

Longo S.
- « Le travail de l'œuvre et l'empathie du regard », *Figures de l'art,* 2009, p. 205-217.
- « La manière de Daniel Arasse », *Critique*, DCCLXXV, décembre 2011, p. 983-989.
- « L'Annonciation en Toscane, enjeux méthodologiques et historiographiques. Autour du colloque florentin de 1986 », introduction au texte de Daniel Arasse, « La perspective de l'Annonciation », *Studiolo*, X, 2013, p. 24-32.
- *Daniel Arasse et les plaisirs de la peinture*, Paris, éditions de la Sorbonne, 2022.

Marin L.,
- « L'œuvre d'art et les sciences humaines », *Encyclopaedia Universalis : Organum*, XVII, Paris, 1973, p. 487-489.
- *Opacité de la peinture,* Paris, EHESS, 2006 (Usher 1989).
- « Les plaisirs de la narration », *Furor*, XXII, 1991a, p. 5-24.
- « Dans le laboratoire de l'écriture - figure », *Cahiers du Musée d'art moderne*, 1991b, n° 38 : Ut pictura poesis, p.77-90.

- « Transparence et opacité de la peinture…du *moi* », in *Bologna. La cultura italiana e le letterature straniere moderne,* Ravenne, Longo, 1992, p.123-130.
- *Des pouvoirs de l'image : gloses,* Paris, Seuil, 1993.
- *De la représentation*, Daniel Arasse, Alain Cantillon, Giovanni Careri (dir.), Paris, Gallimard, 1994.
- *Détruire la peinture*, Paris, Flammarion, 1997.

Martin-Löf. (1966). The Definition of Random Sequences. *Information and Control*, *9*(6), 602-619.

Mengoni A. (2001) « Bianco, rottura, opacità. Note intorno a *Della rappresentazione* di Louis Marin », *Esercizi critici*, III, p. 21-30.

Noble J. (2026) What is LLM Temperature? *IBM*, April 2 https://www.ibm.com/think/topics/llm-temperature

Panza M. (2012) The Twofold Role of Diagrams in Euclid's Plane Geometry", in Janiak, Schliesser (éd.), *Interpreting Newton: Critical Essays,* Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp, 55-102.

Paulian C. (2011) « L'anachronisme pas tout à fait contrôlé de Georges Didi-Huberman », séminaire « Anachronies – textes anciens et théories modernes », *Fabula,* octobre.

Poincaré, H. (1892). *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste, Tome 1.* (Gauthier-Villars).

Riemann, B. (1854). On the hypothesis which lie at the basis of Geometry. (Engl. par W. Clifford, *Nature*, 1873)

Thom, R. (1990) *Apologie du Logos*, Houthète, Paris.

Vasari G. (1550) *Vite,* Newton and Compton editori, 2003, p.559.

Zalamea F. (2012)*, Synthetic Philosophy of Contemporary Mathematics*, Urbanomic (UK), Sequence Press (USA)

Zuboff S. (2019) *The Age of Surveillance Capitalism,* PublicAffairs, NY.