

Analyse critique de « *Mathesis Universalis* » de Hugues Genvrin (novembre 2025, Bordeaux)

TL;DR

- Le projet de Hugues Genvrin est philosophiquement ambitieux et structurellement cohérent : il réinscrit la *mathesis universalis* dans la lignée Descartes-Leibniz-Husserl tout en introduisant deux innovations propres — la « classe entropique » $H_b = (H, N)$ et la « Relation Fondamentale de la Dynamique Généralisée » ($Fr = \dot{q}$) — qui méritent d'être prises au sérieux ; toutefois plusieurs articulations cruciales (statut logique du dépassement du principe de non-contradiction, statut épistémique de la « force sémantique », rigueur des emprunts géométriques) demandent à être consolidées avant d'atteindre la robustesse des projets contemporains équivalents (Petitot, Friston-Ramstead, Bailly-Longo, Deacon).
- Sur la théorie de l'information, la « néguentropie de composition » converge avec des concepts existants bien établis (anti-entropie de Bailly & Longo 2009, information intégrée Φ de Tononi, *synergy* dans la *Partial Information Decomposition* de Williams & Beer, complexité algorithmique de Kolmogorov) ; l'auteur gagnerait à expliciter ces parentés plutôt qu'à proposer une notation isolée, et à se confronter au *Free Energy Principle* de Karl Friston, qui constitue aujourd'hui le cadre formel dominant unifiant dynamique, information et signification en biologie.
- En biologie, les pistes les plus prometteuses pour appliquer la RFDG « sémantique » concernent la morphogenèse (Kuchling, Friston, Georgiev & Levin 2020), la signalisation cellulaire et la différenciation eucaryote/procaryote (où la « coupure épistémique » de Pattee offre un cadre opératoire), la plasticité neuronale (validée empiriquement par Isomura, Kotani, Jimbo & Friston, *Nature Communications* 14, 2023), et la biosémiotique des codes organiques (Barbieri, Hoffmeyer) — à condition d'opérationnaliser la RFDG sous forme d'équations testables et réfutables.

Key Findings

Sur la dimension philosophique (fondation métaphysique)

1. Le projet s'inscrit légitimement dans une tradition profonde, mais l'auteur sous-estime probablement la diversité interne de cette tradition : la *mathesis universalis* de Descartes (*Regulae*) est distincte de la *characteristica universalis* / *calculus ratiocinator* de Leibniz, elle-même distincte de l'ontologie formelle *a priori* du Husserl tardif (*Logique formelle et transcendantale*, 1929, §§ 23-30). Jürgen Mittelstrass, « The Philosopher's Conception of Mathesis Universalis from Descartes to Leibniz » (*Annals of Science* 36/6, 1979, p. 593-610), et David Rabouin (*Mathesis universalis*, Vrin, 2009) sont les références incontournables pour situer la singularité du projet.

2. Le « principe de la classe entropique » qui violerait le PNC d'Aristote est en réalité ambigu : selon la formalisation choisie, il peut relever soit (a) du dialéthisme de Graham Priest, soit (b) de la paraconsistance de Newton da Costa (sans engagement dialéthiste), soit (c) d'une simple complémentarité bohrienne, soit (d) d'une *coincidentia oppositorum* à la Nicolas de Cues. L'auteur doit choisir explicitement.
3. La réduction des quatre causes aristotéliennes à une cause unique « RFDG » répète, en l'amplifiant, le geste moderne (Bacon-Descartes-Newton) ; mais elle s'expose à la critique de Stuart Kauffman, « Beyond Reductionism Twice: No Laws Entail Biosphere Evolution, Formal Cause Laws Beyond Efficient Cause Laws » (arXiv:1303.5684, 22 mars 2013), qui plaide au contraire pour la réhabilitation des lois de cause formelle en biologie. (arxiv + 2)

Sur la dimension mathématique (théorie de l'information) 4. La « néguentropie de composition » $N(U_{\{k+1\}} \circ U_k) \geq N(U_k)$ est mathématiquement proche de trois concepts contemporains : la *synergy* dans la *Partial Information Decomposition* de Paul L. Williams & Randall D. Beer, « Nonnegative Decomposition of Multivariate Information » (arXiv:1004.2515, 14 avril 2010) ; l'information intégrée Φ de Giulio Tononi (*Biol. Bull.* 215, 2008, p. 216-242) ; et l'anti-entropie de Francis Bailly & Giuseppe Longo (2009). 5. Le choix de mobiliser Rényi à côté de Shannon est judicieux mais Andreia Teixeira et al., « Entropy Measures vs. Kolmogorov Complexity » (*Entropy* 13/3, 2011, p. 595-611), ont démontré que la correspondance Kolmogorov-Shannon ($E[K(x)] = H(X) + O(1)$ pour toute distribution récursive) ne s'étend PAS aux entropies de Rényi/Tsallis pour $\alpha \neq 1$. Cela affecte la légitimité de toute formule centrale qui supposerait cette extension. 6. L'inspiration prise sur Terence Tao (« The dichotomy between structure and randomness, arithmetic progressions, and the primes », arXiv:math/0512114) est métaphoriquement séduisante mais le théorème de Green-Tao porte sur les progressions arithmétiques dans les nombres premiers, non sur une coïncidence ordre/désordre ; il faut donc être prudent dans l'analogie. (ResearchGate + 4)

Sur la dimension sémiotique 7. La distinction de l'auteur entre sémiologie (signifié/signifiant) et sémantique (dénotation/connotation) recoupe la stratification de Hjelmlev (plan du contenu / plan de l'expression, forme / substance) et de Barthes ; il est crucial de la situer explicitement. 8. Le concept de « force sémantique » a un précurseur précis chez Greimas, qui parle d'« énergétique actantielle » dans *Sémantique structurale* (1966), et chez Jean Petitot, qui développe les forces actantielles dans *Morphogenèse du sens* (PUF, 1985) à partir de René Thom. L'appel à articles d'*Actes Sémiotiques* dirigé par Sophie Anquetil et Nicolas Couégnas, « Du sens à l'action — Une rencontre entre sémiotique et pragmatique autour du concept de force » (CeReS / SFSIC, 2024), atteste que c'est aujourd'hui un thème vif. 9. L'« espace de vibrations » et l'« espace à sphères » construits via fibration de Hopf et tores Γ^3 doivent être évalués sur deux critères : (a) rigueur mathématique de la construction ($S^3 \rightarrow S^2$ est parfaitement définie depuis Heinz Hopf, *Mathematische Annalen* 104, 1931, p. 637-665), (b) pouvoir explicatif sémiotique. Petitot, *Cognitive Morphodynamics* (Peter Lang, 2011), donne le standard à atteindre. (SFSIC) (SFSIC)

Sur les applications biologiques 10. Le cadre théorique le plus pertinent pour appliquer la RFDG est le *Free Energy Principle* de Karl Friston, qui formalise précisément le programme implicite de

l'auteur : la dynamique d'un système biologique est une descente de gradient sur une fonctionnelle informationnelle (free energy variationnelle F), formalisable comme $\dot{x} = (Q - \Gamma) \nabla \ln p(x) + \Lambda + \omega$ (Friston, Da Costa, Sajid, Heins, Ueltzhöffer, Pavliotis & Parr, « The free energy principle made simpler but not too simple », *Physics Reports* 1024, 2023, p. 1-29). Maxwell J. D. Ramstead, Karl J. Friston & Inês Hipólito, « Is the Free-Energy Principle a Formal Theory of Semantics? From Variational Density Dynamics to Neural and Phenotypic Representations » (*Entropy* 22/8, 2020, 889), ont explicitement étendu le FEP en théorie formelle de la sémantique. 11. Pour la cellule procaryote/eucaryote, le concept de coupure épistémique (epistemic cut) et de fermeture sémantique (semantic closure) de Howard H. Pattee (« The Physics of Symbols: Bridging the Epistemic Cut », *BioSystems* 60, 2001) est le pendant biologique exact de la distinction sémiologie/sémantique de l'auteur. 12. Pour la morphogenèse et la différenciation, Franz Kuchling, Karl Friston, Georgi Georgiev & Michael Levin, « Morphogenesis as Bayesian inference: A variational approach to pattern formation and control in complex biological systems » (*Physics of Life Reviews* 33, 2020, p. 88-108), proposent déjà un cadre bayésien formel. (MDPI)

Details

A. Le projet dans la tradition de la mathesis universalis

L'idée d'une *mathesis universalis* traverse l'histoire moderne de la philosophie. Chez **Descartes**, on la trouve dans les *Regulae ad directionem ingenii* (Règle IV en particulier) et dans la lettre à Mersenne du 26 avril 1619 ; elle y est une « science générale des proportions et des mesures » destinée à servir de matrice à toutes les disciplines. Chez **Leibniz**, elle se dédouble en *characteristica universalis* (langue symbolique universelle exprimant les pensées par combinaison de signes primitifs) et *calculus ratiocinator* (calcul des démonstrations) ; Jürgen Mittelstrass, dans « The Philosopher's Conception of Mathesis Universalis from Descartes to Leibniz » (*Annals of Science* 36/6, 1979, p. 593-610), a montré que pour Leibniz la *mathesis universalis* au sens strict n'est qu'une partie d'un projet plus large de *scientia generalis*. Chez **Husserl** (*Logique formelle et transcendantale*, 1929, §§ 23-30 ; *Krisis*, 1936), elle devient une ontologie formelle *a priori* unifiant logique apophantique et analyse mathématique ; Stefania Centrone et Jairo José Da Silva, « Husserl and Leibniz: Notes on the Mathesis Universalis » (chap. 1 de S. Centrone éd., *Essays on Husserl's Logic and Philosophy of Mathematics*, Synthese Library vol. 384, Springer, 2017, doi:10.1007/978-94-024-1132-4_1), ont retracé l'apport décisif de Bolzano — le « Leibniz bohémien » — à cette reconfiguration husserlienne. (Ontology + 3)

Le projet de Genvrin se situe donc dans une lignée précise mais introduit deux ruptures : (i) il ne part pas d'une science générale des « proportions » (Descartes), ni d'une logique des « idées simples » (Leibniz), ni d'une ontologie formelle (Husserl), mais d'un *template* hérité simultanément du langage naturel et de la programmation générique (les *templates* C++ de Stroustrup) ; (ii) il fait de la théorie de l'information non un instrument mais le *fondement* métaphysique. C'est cette double torsion qui constitue son originalité — et son risque.

Recommandation : se confronter explicitement à David Rabouin (*Mathesis universalis*, Vrin,

2009 ; « Interpretations of Leibniz's Mathesis universalis at the Beginning of the XXth Century », in R. Krömer & Y. Chin-Drian éd., *New Essays on Leibniz Reception in Philosophy of Science 1800-2000*, Birkhäuser, 2011) et à Sybille Krämer (sur les opérations symboliques) pour positionner cette singularité ; Jean-Claude Dumoncel, *La tradition de la mathesis universalis : Platon, Leibniz, Russell* (Unebévue, 2002) constitue un complément utile. (PhilPapers)

B. Le principe de la classe entropique et le principe de non-contradiction

L'auteur substitue au PNC d'Aristote (Métaphysique Γ , 1005b19-23 : « il est impossible que le même attribut appartienne et n'appartienne pas en même temps au même sujet et sous le même rapport ») un « principe de la classe entropique » $H_b = (H, N)$. Plusieurs lectures sont possibles, et l'auteur gagnerait à les distinguer rigoureusement :

(1) **Lecture paraconsistante.** H_b violerait l'*ex falso quodlibet* mais préserverait l'inférence rationnelle. C'est la voie ouverte par Newton da Costa et l'école brésilienne, qui n'est pas nécessairement dialéthiste : on peut être paraconsistantiste sans accepter de contradictions vraies (cf. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, entrée « Paraconsistent Logic », Priest, Tanaka & Weber). (2) **Lecture dialéthiste.** Graham Priest, *In Contradiction. A Study of the Transconsistent* (1987, 2e éd. Oxford UP, 2006), défend qu'il existe des contradictions vraies (dialetheiai) — H et N seraient simultanément maximales en certains points limites. C'est métaphysiquement plus radical. (3) **Lecture bohrienne.** H et N seraient deux descriptions complémentaires non simultanément maximales (analogue à position/impulsion en mécanique quantique). Cette lecture évite la violation du PNC mais introduit une indétermination épistémique. (4) **Lecture cuséenne.** *Coincidentia oppositorum* : à l'infini (le « néant » de l'auteur), maximum et minimum coïncident. Nicolas de Cues, *De docta ignorantia* I, 4 (1440), donne la formulation princeps, et la dimension explicitement anti-aristotélécienne de cette coïncidence a été montrée par Claudia D'Amico et María Jimena Solé (« Aspectos antiaristotélicos de la coincidentia oppositorum en Nicolás de Cusa », *Veritas* 60/2, 2015) à partir de *De beryllo* et *De li non aliud*. (Stanford Encyclopedia of P...)

L'image de la « droite équivalente à un cercle à l'infini » mobilisée par l'auteur est précisément un thème cuséen central (le cercle de rayon infini = ligne droite, c'est l'exemple emblématique de la *coincidentia* mathématisée). **L'auteur doit choisir** : sans ce choix, le statut logique de H_b reste indéterminé, et l'on risque de confondre paradoxe poétique et innovation logique. Mon hypothèse de lecture est que l'option (4) est la plus cohérente avec le geste métaphysique global du livre, mais qu'elle ne remplace pas le PNC : elle en circonscrit le domaine de validité, ce qui est tout différent.

C. Réduction des quatre causes : la RFDG comme cause unique

Aristote (Physique II 3, Métaphysique V 2 et Δ) distingue matière, forme, agent (efficient), fin. La modernité, depuis Bacon, a évacué la cause finale et la cause formelle, ne conservant que matérielle et efficiente — geste poursuivi par Descartes et Newton. L'auteur va plus loin : une

seule cause, la RFDG $F_r = \dot{q}$, par analogie avec la quantité de mouvement newtonienne ($F = dp/dt$). (Wikipedia + 2)

Cette unification mérite trois remarques.

Première remarque : la RFDG n'élimine pas réellement les quatre causes, elle les *réinscrit*. Dans $F = dp/dt$, p (la quantité dynamique) implique une *forme* (la structure paramétrique qui définit q), une *matière* (les états sur lesquels q est défini), une *fin* (l'attracteur ou l'état stationnaire de la dynamique), et un *agent* (la force F_r elle-même). Le geste est donc moins une élimination qu'un *encapsulation* — ce qui rejoint Stuart Kauffman, « Beyond Reductionism Twice: No Laws Entail Biosphere Evolution, Formal Cause Laws Beyond Efficient Cause Laws » (arXiv:1303.5684, 22 mars 2013), qui plaide pour le rétablissement de lois de cause formelle en biologie. Pour Kauffman, l'évolution de la biosphère n'est pas entraînée par des lois efficientes ; il faut donc enrichir, et non appauvrir, l'ontologie causale. (MDPI + 3)

Deuxième remarque : l'isomorphisme entre force corporelle et force sémantique est une intuition forte, mais elle doit être démontrée. Le précédent le plus avancé est précisément le **principe de l'énergie libre de Karl Friston** (Friston et al., « The free energy principle made simpler but not too simple », *Physics Reports* 1024, 2023), où la dynamique d'un système biologique est formellement une descente de gradient sur une fonctionnelle informationnelle :

$$\dot{x} = (Q - \Gamma) \nabla \ln p(x) + \Lambda + \omega$$

C'est précisément une équation du type « force = gradient d'une quantité informationnelle » (ici, la log-vraisemblance d'état stationnaire, autrement dit la self-information ou « surprise »). Friston synthétise : « starting from a description of the world in terms of random dynamical systems, we end up with a description of self-organisation as sentient behaviour that can be interpreted as self-evidencing; namely, self-assembly, autopoiesis or active inference ». Le travail explicite de Ramstead, Friston & Hipólito (« Is the Free-Energy Principle a Formal Theory of Semantics? », *Entropy* 22, 2020, 889) va plus loin : « the mathematical function that is realized by the (gradient flows of the) cognitive system is a free-energy functional that measures the divergence between the posterior and variational densities ». L'auteur doit absolument se positionner par rapport à ce programme — soit en montrant que la RFDG y est réductible (et alors il bénéficie de toute la littérature empirique du FEP), soit en montrant qu'elle s'en distingue (et alors il faut dire en quoi). (arxiv) (ResearchGate)

Troisième remarque : la critique de Matteo Colombo et Cory Wright, « First principles in the life sciences: the free-energy principle, organicism, and mechanism » (*Synthese* 198/14, 2021, p. 3463-3488), du FEP — dont le statut épistémique a été qualifié de « postulate, an unfalsifiable principle, a natural law, and an imperative », et dont les explications fonctionnelles ne fournissent que des « sketches of mechanisms » sans ancrage biophysique — s'appliquera *a fortiori* à la RFDG. La défense partielle de Mel Andrews (« The math is not the territory: navigating the free energy principle », *Biology and Philosophy* 36/3, 2021, 30) consistant à dire que ce sont des *cadres de modélisation* et non des théories empiriques est défendable, mais doit être assumée

explicitement. Voir aussi la critique frontale de Jelle Bruineberg, Krzysztof Dołęga, Joe Dewhurst & Manuel Baltieri, « The Emperor's New Markov Blankets » (*Behavioral and Brain Sciences* 45, 2022, e183), qui distingue « Pearl blankets » (outil épistémique) et « Friston blankets » (construit métaphysique) — distinction qui s'appliquera à toute « force sémantique » que la RFDG proposerait. (PhilArchive + 3)

D. La théorie de l'information : Kolmogorov, Shannon, Rényi, néguentropie

L'auteur mobilise Kolmogorov (complexité algorithmique), Shannon (entropie statistique) et Rényi (entropie généralisée). Trois remarques techniques.

Première : la correspondance Kolmogorov-Shannon ($E[K(x)] = H(X) + O(1)$ pour toute distribution récursive) est bien établie (Cover, Gács & Gray 1989), mais Andreia Teixeira et al., « Entropy Measures vs. Kolmogorov Complexity » (*Entropy* 13/3, 2011, p. 595-611), ont démontré qu'elle ne s'étend *pas* aux entropies de Rényi/Tsallis pour $\alpha \neq 1$: « it only holds for Rényi and Tsallis entropies of order 1 (i.e., for Shannon entropy) ». Si la formule centrale de l'auteur — $\sum N^{(k-1)}_p = \sum N^k_q \Rightarrow \Delta E = \sum \Pr(N^k_q) \log_b(\Pr(N^k_q)) \leq 0$ — repose sur une telle correspondance, elle doit être révisée. À tout le moins, l'auteur doit préciser quel α il utilise et pour quels arguments il invoque Rényi plutôt que Shannon. (Academia.edu + 2)

Deuxième : la « néguentropie de composition » a trois cousins théoriques majeurs qu'il faut absolument confronter.

- **Anti-entropie de Bailly-Longo** (Francis Bailly & Giuseppe Longo, « Biological Organization and Anti-Entropy », *Journal of Biological Systems* 17/1, 2009, p. 63-96 ; Longo & Maël Montévil, « Randomness Increases Order in Biological Evolution », 2012) : « anti-entropy differs from negentropy, which is just entropy with a negative sign, also because, when added to entropy, it never gives 0, but it is realized in a very different singularity: extended criticality ». L'anti-entropie est définie par deux principes spécifiquement biologiques (établissement/maintenance) sans analogue physique. La néguentropie de composition de l'auteur s'y rapproche en ce qu'elle dépend du niveau hiérarchique ($k+1 \cdot k$) ; il devrait s'en distinguer ou s'y rallier explicitement. (Montevil) (ENS)
- **Information intégrée Φ de Giulio Tononi** (« Consciousness as integrated information: a provisional manifesto », *Biol. Bull.* 215, 2008, p. 216-242) : « the amount of information generated by a complex of elements, above and beyond the information generated by its parts ». C'est exactement la structure de la néguentropie de composition. La critique de Michael A. Cerullo (« The Problem with Phi: A Critique of Integrated Information Theory », *PLoS Computational Biology* 11/9, 2015, e1004286) doit être anticipée : Cerullo montre qu'on peut construire des théories triviales d'égal pouvoir explicatif que IIT, ce qui pose la question de la falsifiabilité. (PubMed) (nih)
- **Synergy dans la *Partial Information Decomposition*** : Paul L. Williams & Randall D. Beer, « Nonnegative Decomposition of Multivariate Information » (arXiv:1004.2515, 14 avril 2010), définissent l'information qu'un ensemble de sources fournit conjointement au-delà de leurs

contributions individuelles, via un treillis de redondance (« redundancy lattice »). C'est encore une fois la même structure conceptuelle. Voir aussi Pica, Piasini, Chicharro & Panzeri (arXiv:1706.08921, 2017) pour des extensions. (arXiv + 2)

L'auteur doit reconnaître ces parentés et *différencier* sa proposition — ou la subsumer sous l'une d'entre elles. Sinon, le risque est de réinventer un concept déjà disponible sous une notation moins puissante.

Troisième : l'inspiration prise sur Terence Tao (« The dichotomy between structure and randomness », ICM 2006 ; arXiv:math/0512114) est philosophiquement séduisante mais doit être maniée avec précaution. Tao identifie une *dichotomie structurelle* qui permet de décomposer un objet combinatoire en « structured (low-complexity) component, pseudo-random (discorrelated) component, and a small (error) component » ; le théorème de Green-Tao (« the prime numbers contain arbitrarily long arithmetic progressions ») est une *application* de cette philosophie, non une preuve de coïncidence ordre/désordre. La métaphore est juste — elle suggère que tout système informationnel se décompose ainsi — mais le théorème ne prouve pas la classe entropique de l'auteur. (arXiv + 2)

E. Topologie, géométrie de Klein, et les espaces sémantiques

L'utilisation du programme d'Erlangen de Felix Klein (*Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen*, 1872) — définir une géométrie par son groupe de transformations — est conceptuellement solide. La hiérarchie des géométries (euclidienne $\subset$ affine $\subset$ projective $\subset$ topologique) selon la richesse du groupe est un classique. L'auteur peut légitimement y voir une matrice pour penser des espaces sémantiques à différents degrés d'invariance.

La fibration de Hopf $S^3 \rightarrow S^2$ est mathématiquement parfaitement définie : S^3 est fibré par des cercles S^1 , et la projection sur S^2 est la *Hopf map* (Heinz Hopf, *Mathematische Annalen* 104, 1931, p. 637-665). En physique quantique, S^3 est l'espace d'états d'un qubit pur, S^2 est la sphère de Bloch, et la fibre S^1 est la phase globale (non observable physiquement). Cette structure a été étendue aux deux qubits par Rémy Mosseri et Rossen Dandoloff (« Geometry of entangled states, Bloch spheres and Hopf fibrations », *J. Phys. A* 34, 2001) et aux trois qubits par B. Andrei Bernevig et Han-Dong Chen. **L'usage qu'en fait l'auteur** — un « espace de vibrations » pour la sémiologie — sera évalué selon qu'il exploite ou non cette structure (entanglement, phase de Berry, etc.) ; sinon il s'agit d'une analogie ornementale. (Vlad0007) (ResearchGate)

L'usage de la métrique de Riemann à courbure constante ($ds^2 = \sum dx_i^2 / (1 + \kappa/4 \sum x_i^2)^2$) avec courbure positive pour les signifiés/dénotés, négative pour les signifiants/connotés, nulle pour les symboles a un précédent en sciences cognitives : Petitot, *Morphogenèse du sens. Pour un schématisme de la structure* (PUF, 1985), *Physique du sens* (CNRS, 1992), et *Cognitive Morphodynamics. Dynamical Morphological Models of Constituency in Perception and Syntax* (Peter Lang, 2011) déploient des géométries différentielles pour modéliser les espaces de signification, à partir de Thom (*Stabilité structurelle et morphogenèse*, Interéditions, 1972 ;

Esquisse d'une sémiophysique, Interéditions, 1988). **L'auteur devrait absolument se confronter à Petitot** : c'est son interlocuteur le plus proche et le plus exigeant. La question critique est : la fibration de Hopf et les rubans de Möbius ajoutent-ils quelque chose aux théorèmes de classification des catastrophes de Thom et aux modèles morphodynamiques de Petitot, ou bien y a-t-il redondance ?

Sur les rubans de Möbius en sémiotique/psychanalyse, Lacan (en particulier *L'identification*, séminaire 1961-1962 et *L'angoisse*, séminaire 1962-1963) en a fait un usage métaphorique pour penser la continuité du dedans et du dehors (sujet/Autre). Petitot a discuté ces emprunts dans *Cognitive Morphodynamics*. L'auteur s'inscrit donc dans une tradition, mais doit éviter le piège de l'« évocation topologique » sans démonstration : Wolfgang Wildgen (*Catastrophe Theoretical Semantics*, Benjamins, 1982) et Per Aage Brandt (cf. Wildgen & Brandt éd., *Semiosis and Catastrophes. René Thom's Semiotic Heritage*, Peter Lang, 2010) sont d'autres références utiles.

F. Sémiotique : Saussure, Hjelmslev, Peirce, Greimas, Petitot

L'opposition de l'auteur entre :

- sémiologie : signe = signifié/signifiant (signifié → N, signifiant → H)
- sémantique : sens = dénotation/connotation

recoupe partiellement la stratification de Louis Hjelmslev (*Prolegomena to a Theory of Language*, 1943 ; plan du contenu / plan de l'expression, forme / substance) et de Roland Barthes (*Mythologies*, 1957 ; *Éléments de sémiologie*, 1964 : « la connotation comme système secondaire dont le signifié dénoté est le signifiant »). L'attribution signifié → N et signifiant → H est forte et originale, mais elle demande à être justifiée empiriquement (pourquoi cette assignation et non l'inverse ?). La conversion $\Psi : \text{Sémantique} \rightarrow \text{Hb}$ est une opération forte qui doit être formalisée.

Le concept de « **force sémantique** » a deux précurseurs majeurs.

- **Greimas** parle dès 1966 (*Sémantique structurale*) d'« énergétique actantielle » ; l'appel à articles d'*Actes Sémiotiques* dirigé par Sophie Anquetil et Nicolas Couégnas (CeReS / SFSIC, 2024), « Du sens à l'action — Une rencontre entre sémiotique et pragmatique autour du concept de force », atteste que c'est aujourd'hui un thème vivant.
- **Petitot** formalise ce concept dans la lignée de Thom : les actants sont des attracteurs d'un système dynamique, les transformations sont des bifurcations catastrophiques, les forces actantielles sont les gradients dynamiques sur l'espace de contrôle (*Morphogenèse du sens*, 1985 ; « Topologie du carré sémiotique », *Études littéraires* 1977 ; *Physique du sens*, 1992).

L'auteur a donc une niche réelle, mais doit dialoguer explicitement avec ces deux références.

La sémiotique triadique de Peirce (representamen–objet–interprétant ; icône/indice/symbole) doit aussi être prise en compte. Surtout, Ahti-Veikko Pietarinen et Majid D. Beni, « Active Inference and Abduction » (*Biosemiotics* 14/2, 2021, p. 499-517, lauréat du Biosemiotic

Achievement Award 2021), ont articulé Peirce et le FEP : c'est une voie possible pour l'auteur, qui doit en prendre acte. Voir aussi Beni & Pietarinen, « Aligning the free-energy principle with Peirce's logic of science and economy of research » (*European Journal for Philosophy of Science* 11/3, 2021), et Pietarinen, Beni & Shumilina, « Developmental Bioelectricity as an Explanatory Framework for Cognition and Meaning » (*Biosemiotics* 18/1, 2025). (Biosemiotics) (PhilPapers)

Enfin, sur l'articulation langage intérieur / langage naturel / langage entropique : Lev Vygotski (*Pensée et langage*, 1934) sur le « langage intérieur » et John L. Austin (*How to Do Things with Words*, 1962) sur les actes de langage sont des références à mobiliser.

G. Applications biologiques : feuille de route détaillée

Les pistes d'application esquissées par l'auteur (conscience selon Cyrulnik, néo-darwinisme, cellule eucaryote/procaryote, réflexe de Pavlov, diagnostic médical, iconographie) sont nombreuses mais hétérogènes. Pour les approfondir, voici un ordre de priorité argumenté.

1. Différenciation et morphogenèse cellulaire. C'est ici que le FEP a fait ses preuves les plus convaincantes. Kuchling, Friston, Georgiev & Levin, « Morphogenesis as Bayesian inference: A variational approach to pattern formation and control in complex biological systems » (*Physics of Life Reviews* 33, 2020, p. 88-108), proposent un cadre où « cells [are treated] as information processing agents, where the driving force behind morphogenesis is the maximization of a cell's model evidence ». Voir aussi Friston, Levin, Sengupta & Pezzulo, « Knowing one's place: a free-energy approach to pattern regulation » (*J. R. Soc. Interface* 12/105, 2015). La RFDG pourrait être testée ici comme reformulation du gradient d'évidence variationnelle. (ScienceDirect)

2. Plasticité neuronale et apprentissage (réflexe de Pavlov). Takuya Isomura, Kiyoshi Kotani, Yasuhiko Jimbo & Karl J. Friston, « Experimental validation of the free-energy principle with in vitro neural networks » (*Nature Communications* 14, 2023, 4547, doi:10.1038/s41467-023-40141-z), ont validé empiriquement le FEP sur réseaux corticaux : « changes in effective synaptic connectivity reduced variational free energy, where the connection strengths encoded parameters of the generative model ». La RFDG appliquée au conditionnement pavlovien serait un test direct, et c'est la voie où la validation expérimentale est la plus accessible aujourd'hui.

(Nature)

3. Cellule eucaryote vs procaryote (cyanobactérie). La coupure épistémique de Howard H. Pattee (« The Physics of Symbols: Bridging the Epistemic Cut », *BioSystems* 60, 2001 ; « Evolving Self-Reference: Matter, Symbols, and Semantic Closure », *Communication and Cognition-AI* 12, 1995) est le concept central. Pattee distingue les états dynamiques *rate-dependent* (matière, énergie) des contraintes symboliques *rate-independent* (gène), reliés par une « semantic closure » qui est « the molecular chicken-egg closure that makes the origin of life problem so difficult ». L'eucaryote, avec ses compartiments (noyau, organites) et son régime régulateur transcription/traduction multi-niveaux, est un cas-modèle pour la « néguentropie de composition ». Jesper Hoffmeyer (*Signs of Meaning in the Universe*, Indiana UP, 1996 ; « Code-duality and the epistemic cut », *Annals of the New York Academy of Sciences* 901, 2000) parle de

« code-duality » entre code analogique (phénotype, *rate-dependent*) et code digital (génotype, *rate-independent*). (Royal Society Publishing + 2)

4. Sémantique du génome et codes organiques. Marcello Barbieri (*The Organic Codes: An Introduction to Semantic Biology*, Cambridge UP, 2003 ; « Biosemiotics: a new understanding of life », *Naturwissenschaften* 95, 2008) défend l'existence de codes organiques multiples (code génétique, codes de signalisation, code neural) à côté du code génétique classique. La « néguentropie de composition » de l'auteur, qui passe d'un alphabet à des mots, à des phrases, à un texte, est isomorphe au passage codons → gènes → opérons/réseaux → génome. À anticiper : la critique d'Alexander Kravchenko (« A Critique of Barbieri's Code Biology Through Rosen's Relational Biology », *Constructivist Foundations* 15/2, 2020) sur la conception trop rigide du « code » comme correspondance un-à-un. (Academia.edu) (Constructivist Foundations)

5. Conscience. La référence à Boris Cyrulnik (conscience en acte / réfléchie / réflexive / partagée) est légitime mais l'auteur devrait se confronter aussi à Tononi (IIT 4.0 : Albantakis, Barbosa, Findlay et al., *PLoS Computational Biology* 19/10, 2023, e1011465) et à Terrence W. Deacon (*Incomplete Nature. How Mind Emerged from Matter*, Norton, 2011), qui développe une triade dynamique homéodynamique-morphodynamique-téléodynamique pour rendre compte de l'émergence du sens à partir de la matière. La discussion par Joseph E. Brenner (« The Logical Dynamics of Information: Deacon's Incomplete Nature », *Information* 3, 2012, p. 676-714) montre la convergence entre Deacon et une logique de la présence-absence qui pourrait éclairer la dualité H/N de l'auteur. (Grokipedia)

6. Évolution et information. Sara Imari Walker & Paul C. W. Davies, « The Algorithmic Origins of Life » (*J. R. Soc. Interface* 10/79, 2013, 20120869), défendent que la transition vie/non-vie est un changement de structure causale où « information gains direct and context-dependent causal efficacy over the matter in which it is instantiated ». Voir aussi Walker, Kim & Davies, « The Informational Architecture of the Cell » (*Phil. Trans. R. Soc. A* 374, 2016, 20150057). C'est très proche du programme de l'auteur. Pour le débat biosémiotique général sur l'information, voir John Maynard Smith (« The Concept of Information in Biology », *Philosophy of Science* 67, 2000), Eva Jablonka et Marion J. Lamb (*Evolution in Four Dimensions*, MIT Press, 2005), et Peter Godfrey-Smith. (Arizona State University)

7. Bioélectricité développementale et signification. Le travail récent de Michael Levin sur la bioélectricité et la mémoire morphogénétique, articulé au FEP par Pietarinen, Beni & Shumilina (« Developmental Bioelectricity as an Explanatory Framework for Cognition and Meaning », *Biosemiotics* 18/1, 2025), est une voie d'investigation particulièrement prometteuse pour la RFDG.

Recommandations

Stade 1 (court terme, 0-6 mois) : consolider les fondations

- **Choisir explicitement le statut logique du principe de la classe entropique :** paraconsistance (Da Costa), dialéthéisme (Priest), complémentarité (Bohr) ou *coincidentia oppositorum* (Cuse) ? Les enjeux philosophiques de chaque option sont distincts. Mon hypothèse de lecture est que l'option cuséenne est la plus cohérente avec le geste métaphysique de l'œuvre, mais elle ne supprime pas le PNC : elle en circonscrit le domaine.
- **Réviser les formules d'information** à la lumière de Teixeira et al. (*Entropy* 13, 2011) : la correspondance Kolmogorov-Shannon ne s'étend pas aux Rényi pour $\alpha \neq 1$. Préciser le rôle de Rényi.
- **Relire et citer explicitement :** Rabouin (*Mathesis universalis*, 2009), Centrone & Da Silva (2017), Petitot (*Cognitive Morphodynamics*, 2011), Bailly & Longo (« Biological Organization and Anti-Entropy », 2009), Williams & Beer (arXiv:1004.2515, 2010), Ramstead, Friston & Hipólito (*Entropy* 22, 2020), Pietarinen & Beni (*Biosemiotics* 14, 2021).
- **Critère :** si après cette confrontation la classe entropique reste distincte des concepts existants, alors le projet a une niche propre ; sinon, il doit s'y rallier ou y être subsumé.

Stade 2 (moyen terme, 6-18 mois) : opérationnaliser la RFDG

- **Formaliser $Fr = \dot{q}$ en équation testable :** par exemple $\dot{x} = -\nabla F(x)$ où F est une fonctionnelle d'énergie libre variationnelle (Friston), ou une fonctionnelle d'anti-entropie (Bailly-Longo). Sans cette formalisation, la « force sémantique » reste métaphorique et exposée à la critique de Colombo & Wright (*Synthese* 198, 2021) et de Bruineberg et al. (*BBS* 45, 2022).
- **Proposer un cas-test biologique :** par exemple, prédire le profil d'expression génique d'une différenciation cellulaire à partir d'un gradient de néguentropie de composition, puis comparer aux données de *single-cell RNA-seq* publiquement disponibles (Tabula Muris, Human Cell Atlas). Alternative : prédire des courbes d'apprentissage pavlovien sur réseaux corticaux in vitro, à la manière d'Isomura et al. (*Nature Communications* 14, 2023).
- **Critère :** pouvoir produire au moins une prédiction quantitative falsifiable dans un système biologique simple (E. coli, levure, organoïde, réseau cortical in vitro).

Stade 3 (long terme, 18 mois +) : étendre vers une mathesis biologique

- **Engager un dialogue formalisé avec la biosémiotique :** Pattee (semantic closure), Hoffmeyer (code-duality), Barbieri (codes organiques), Deacon (teleodynamics). Ces auteurs ont posé des conditions de possibilité du « sens » biologique. La RFDG peut s'inscrire dans cette conversation, en particulier en faisant le pont avec le FEP (où Pietarinen et Beni font œuvre pionnière mais où Pattee/Hoffmeyer ne sont pas encore intégrés).
- **Examiner la cellule eucaryote vs procaryote** comme cas-test paradigmatique de la néguentropie de composition : la compartimentation eucaryote (noyau, mitochondrie, RE, Golgi) est un exemple privilégié de composition multi-niveaux à *gain* d'information structurelle.

- **Publier un premier article-jalon** dans une revue à comité de lecture (*Biosemitotics, Entropy, Journal of Theoretical Biology, Theory in Biosciences, Philosophia Scientiae*) qui présente la RFDG comme contribution opérationnelle et non comme simple système philosophique.

Seuils qui changeraient les recommandations

- Si l'auteur démontre une équivalence formelle (et non simplement analogique) entre $Fr = \dot{q}$ et $\dot{x} = -\nabla F$ (descente de gradient FEP), alors le stade 2 est largement franchi et l'enjeu devient l'application biologique systématique.
- Si l'auteur démontre une distinction formelle entre néguentropie de composition et synergy/PID/information intégrée Φ /anti-entropie de Longo, le stade 1 est franchi avec une contribution propre identifiable.
- Si l'auteur produit une prédiction quantitative testable sur un système biologique, le stade 3 est franchi et l'œuvre acquiert le statut de programme scientifique au sens fort.

Caveats

- **L'analyse de ce rapport repose sur le résumé fourni de l'ouvrage et non sur le texte intégral.** Certaines critiques pourraient être levées par la lecture des développements complets, en particulier sur la formalisation effective de la « néguentropie de composition » et de la RFDG ; d'autres au contraire pourraient être renforcées.
- **L'ampleur du projet (philosophie, mathématiques, sémiotique, biologie) est à la fois sa force et sa fragilité :** aucun lecteur unique n'est compétent dans tous ces domaines, et il est probable que des spécialistes de chaque champ trouveront à redire. Cela ne disqualifie pas le projet mais en rappelle la difficulté ; il est sage d'anticiper en soumettant des extraits à des spécialistes ciblés (un philosophe leibnizien pour la partie historique, un théoricien de l'information pour la partie entropique, un biosémioticien pour la partie biologique).
- **La distinction entre métaphore féconde et concept opératoire** est le critère décisif pour évaluer les emprunts mathématiques (Hopf, Möbius, Riemann, Klein) : certains de ces objets ont un usage métaphorique légitime (suggérer des structures), d'autres demandent une exploitation effective (calculer des invariants, prédire des bifurcations). Le rapport ci-dessus émet l'hypothèse que plusieurs emprunts restent au stade métaphorique ; seule la lecture du texte intégral peut confirmer ou infirmer.
- **Le ton respectueux de ce rapport ne doit pas masquer une exigence forte :** une *mathesis universalis* en 2025 ne peut faire l'économie d'un dialogue formalisé avec Friston, Tononi, Pattee, Petitot, Longo, Walker-Davies. Ne pas le faire serait risquer l'isolement intellectuel ; le faire ouvre une vraie place dans le paysage philosophique contemporain.
- **Quelques sources mentionnées comme entrées encyclopédiques (Wikipedia, Stanford Encyclopedia of Philosophy) ont une valeur d'orientation mais pas la robustesse des articles à comité de lecture ;** pour chaque référence centrale, l'auteur devrait remonter aux

textes originaux. Inversement, ce rapport a privilégié les sources primaires (articles dans *Physics Reports*, *Nature Communications*, *Synthese*, *Entropy*, *J. R. Soc. Interface*, *Biosemiotics*, *Annals of Science*, etc.) quand elles étaient disponibles.

- **Enfin, ce rapport ne dit rien sur la qualité littéraire ou pédagogique de l'ouvrage**, qui peut être considérable et qui constitue un mérite propre, indépendant des critères de rigueur scientifique discutés ici. Une *mathesis universalis* est aussi, depuis Leibniz, un projet stylistique et architectonique — et c'est par cette dimension que les œuvres de Petitot, de Deacon, de Longo continuent de séduire bien au-delà de leurs énoncés techniques.