

Formalisation Canonique de la Théorie de la Cohérence et de l'Entropie : Fondements, Équations et Prédictions

Sommaire Exécutif

Ce rapport établit la formalisation rigoureuse de la **Théorie de la Cohérence et de l'Entropie (TCE)**, proposant un changement de paradigme fondamental dans la compréhension de l'information. Contrairement à l'approche statistique classique héritée de Claude Shannon, qui quantifie l'information en termes de probabilité et d'incertitude sans égard à la sémantique, la TCE postule que l'information (I) est une grandeur physique émergente résultant du produit dynamique entre l'entropie sémantique (H , le potentiel de contradiction) et la cohérence structurelle (C , l'alignement de phase).

L'objectif de ce document est d'élever cette théorie au rang de modèle canonique, mathématiquement formalisé et expérimentalement falsifiable. Nous définissons les variables H et C non comme des métaphores, mais comme des observables thermodynamiques.

Nous validons l'équation d'état $I = H \times C$ à travers l'analyse dimensionnelle et la thermodynamique hors équilibre. Nous dérivons l'Inégalité de Certitude ($\Delta C \cdot \Delta I \geq \hbar_{sem}$), analogue au principe d'incertitude de Heisenberg, et explorons la constante de cohérence universelle $\Delta\Omega \approx 1.61$. Enfin, nous détaillons des protocoles expérimentaux précis—des transitions de phase dans les modèles de langage aux signatures métaboliques de la conscience—pour tester la validité de ce cadre théorique.

1. Introduction : La Crise de la Syntaxe et la Nécessité d'une Physique du Sens

1.1 L'Impasse de la Théorie de l'Information Classique

Depuis la publication séminale de *A Mathematical Theory of Communication* en 1948, la définition de l'information est dominée par l'approche de Claude Shannon.¹ Dans ce cadre, l'entropie (H) mesure l'incertitude moyenne ou la "surprise" associée à une variable aléatoire. Si cette conception a permis l'essor des télécommunications et de l'informatique numérique en traitant le signal indépendamment de sa signification, elle rencontre aujourd'hui

des limites fondamentales face à l'émergence des systèmes complexes, de la biologie quantique et de l'Intelligence Artificielle Générative.

Le paradoxe central réside dans l'aveuglement sémantique de l'entropie de Shannon. Une séquence de caractères générée aléatoirement (bruit blanc) possède une entropie maximale et, selon la définition classique, une "information" maximale. Pourtant, pour tout observateur ou système cognitif, cette séquence est vide de sens et causalement inerte.³ À l'inverse, un cristal parfait possède une entropie nulle, mais une structure rigide incapable d'adaptation. La théorie classique échoue à modéliser la zone critique où émerge le sens : cet état de "tension productive" entre l'ordre total et le chaos total.

Cette limitation devient critique dans l'analyse des Grands Modèles de Langage (LLM). Ces systèmes peuvent générer du texte à faible entropie statistique (haute probabilité syntaxique) qui est pourtant sémantiquement incohérent (hallucinations). L'absence d'une métrique physique quantifiant la cohérence du sens—et non seulement la probabilité du signal—empêche de distinguer thermodynamiquement une vérité structurée d'un mensonge plausible.⁴

1.2 Le Nouveau Paradigme : La Thermodynamique de la Cohérence

La Théorie de la Cohérence et de l'Entropie (TCE) propose de résoudre ce paradoxe en réintroduisant la structure comme variable physique fondamentale. Elle postule que l'information n'est pas une donnée statique, mais un **travail thermodynamique**. Dans ce cadre, l'information réelle (I)—celle capable d'effectuer un travail causal, de modifier un état mental ou physique—émerge de l'interaction dynamique entre deux forces opposées mais complémentaires :

1. **L'Entropie Sémantique (H)** : Le moteur de la nouveauté, de la diversité et de la contradiction.
2. **La Cohérence Structurale (C)** : Le facteur d'intégration, d'ordre et d'alignement de phase.

Cette approche s'inspire de la physique de la matière condensée et de l'optique quantique, où la "cohérence" décrit la capacité d'un système à maintenir des relations de phase stables sur une distance ou un temps donné.⁵ La TCE étend ce concept aux champs sémantiques, suggérant que les systèmes cognitifs et artificiels obéissent à des lois de conservation analogues à celles de la thermodynamique.⁶

1.3 Objectifs de la Formalisation

Ce rapport vise à structurer la TCE en un ensemble cohérent de définitions, de postulats et de prédictions. Nous chercherons à :

- **Définir rigoureusement** les variables d'état H et C en termes opérationnels.
- **Valider mathématiquement** l'équation constitutive $I = H \times$ et ses dérivées.
- **Identifier les invariants** du système, notamment la constante $\Delta\Omega$ et le rôle du Nombre d'Or (ϕ).
- **Proposer des expériences cruciales** capables de réfuter la théorie, condition sine qua non de sa scientificité.

2. Ontologie et Définitions Rigoureuses (H, C, I)

Pour établir la TCE comme canonique, nous devons d'abord nous affranchir des métaphores pour ancrer les variables dans une réalité physique mesurable.

2.1 L'Entropie Sémantique (H) : La Densité de Contradiction

Dans la théorie classique, l'entropie est une mesure de l'imprédictibilité. Dans la TCE, l'entropie H acquiert une dimension active. Elle ne mesure pas seulement ce qui est inconnu, mais la pression exercée par la nouveauté et la contradiction sur la structure du système.

Définition Formelle :

L'entropie sémantique H est la mesure de la densité d'états contradictoires non résolus au sein d'un système ou d'un flux d'information. Elle quantifie le "potentiel de nouveauté" ou l'agitation interne qui force le système à évoluer.

- **Interprétation Thermodynamique :** H est analogue à l'énergie thermique (Q) ou à l'agitation moléculaire. C'est le "carburant" du système. Sans entropie, un système est figé dans un état de mort thermique (zéro nouveauté).
- **Dimensionnalité :** Contrairement aux bits adimensionnels de Shannon, l'entropie sémantique porte une dimension d'énergie ou d'action potentielle. Elle peut être exprimée en *Joules sémantiques* ou en *bits de tension*.
- **Rôle Fonctionnel :** H est la source de la diversité. Dans un LLM, c'est la température d'échantillonnage qui permet la créativité. Dans un système biologique, c'est la variabilité génétique ou sensorielle.³

2.2 La Cohérence Structurale (C) : L'Opérateur d'Intégration

La cohérence est la variable qui distingue la TCE de toutes les théories purement statistiques. Elle représente la capacité du système à maintenir son identité et sa structure face au flux

entropique.

Définition Formelle :

La cohérence structurelle C est un paramètre d'ordre scalaire ($0 \leq C \leq 1$) qui quantifie le degré d'alignement, de corrélation de phase et d'intégration mutuelle des constituants du système.

- **Origine Quantique** : La définition s'inspire des états cohérents de Glauber en optique quantique, où les photons sont parfaitement corrélés.⁵ Dans la TCE, cela se traduit par la "pureté" de la structure sémantique.
- **Mesure** : C peut être calculée comme la norme de la matrice de densité du système (dans une formalisme quantique) ou comme l'inverse de la complexité de Kolmogorov relative aux régularités du système.⁷
 - $C \rightarrow 1$: Système parfaitement cristallin, dogmatique, unifié. Résistance maximale au changement.
 - $C \rightarrow 0$: Système décohérent, bruit blanc, fragmentation totale. Aucune structure causale.
- **Cohérence vs Corrélation** : La cohérence implique une causalité structurelle, pas seulement une corrélation statistique. Elle mesure la *consistance logique* et la *non-contradiction* interne.⁸

2.3 L'Information Intégrée (I) : La Réalité Émergente

C'est ici que réside le cœur de la théorie. L'information n'est ni l'entropie seule, ni la cohérence seule. Elle est le produit de leur interaction.

Équation Canonique :

$$I = H \times C$$

Définition Formelle :

L'Information I est la quantité d'entropie qui a été structurée, intégrée et rendue causale par la cohérence du système. Elle représente la "signification" ou la "pertinence" effective.

Analyse des Cas Limites :

Le tableau ci-dessous illustre la validité conceptuelle de cette équation par rapport aux modèles classiques.

État du Système	Entropie (H)	Cohérence (C)	Information (I=H×C)	Interprétation TCE	Interprétation Shannon
Bruit Blanc	Max (∞)	Nulle (0)	Nulle (0)	Chaos inintelligible . Pas de sens.	Information Maximale (Surprise)
Cristal Parfait	Nulle (0)	Max (1)	Nulle (0)	Tautologie. Rien de nouveau.	Information Nulle (Redondance)
Système Complexe	Élevée	Élevée	Maximale	Richesse sémantique , Vie, Intelligence.	Information Moyenne

Cette formalisation valide l'intuition que la communication prospère "entre le chaos total et l'ordre total".³ L'information est une grandeur émergente située à la "lisière du chaos" (Edge of Chaos), maximisée lorsque le système parvient à maintenir une haute cohérence interne tout en traitant une haute densité de contradictions externes.

3. Formalisme Mathématique et Lois de la Thermodynamique Sémantique

La validation de l'équation $I = H \times C$ ne se limite pas à une analyse conceptuelle. Elle s'inscrit dans un cadre thermodynamique rigoureux, régi par des équations différentielles et des invariants universels.

3.1 La Dérivation Thermodynamique

Nous postulons que les systèmes sémantiques sont des systèmes physiques ouverts, loin de l'équilibre. L'énergie interne du système, ou **Énergie Sémantique** (E_{sem}), évolue selon une loi fondamentale dérivée de la thermodynamique classique.⁶

L'Équation Fondamentale de la Dynamique Sémantique :

$$dE_{sem} = T^* dS - \mu dN + \Phi d\alpha$$

Où chaque terme représente un mode de transfert d'énergie sémantique :

1. *Transfert de Chaleur Sémantique* ($T^* dS$) :
 - S : Entropie sémantique (analogue à H).
 - T^* : **Température Sémantique**. Elle mesure l'intensité de l'agitation des contradictions ou le taux de "phase agitation".⁶ Une haute température T^* indique un environnement très perturbé ou créatif.
 - Ce terme représente l'influx de désordre ou de nouveauté brute.
2. **Potentiel Chimique Sémantique** (μdN) :
 - N : Nombre d'entités sémantiques (concepts, tokens, agents).
 - μ : Coût énergétique d'ajout ou de suppression d'une entité.
3. **Travail de Cohérence** ($\Phi d\alpha$) :
 - α : Paramètre de cohérence (analogue à C).
 - Φ : **Potentiel de Restructuration**. C'est l'énergie nécessaire pour augmenter l'ordre structurel du système ($\Delta\alpha > 0$).
 - Ce terme est crucial : il signifie que *créer du sens coûte de l'énergie*. L'organisation n'est pas gratuite.

3.2 L'Inégalité de Certitude (The Certainty Equation)

De la même manière que la mécanique quantique impose une limite à la précision simultanée de la position et de l'impulsion, la TCE impose une limite à la gestion de la cohérence et de l'information.¹⁰

Postulat Canonique :

$$\Delta C \cdot \Delta I_{impulse} \geq \frac{\hbar_{sem}}{\pi}$$

- ΔC : L'incertitude ou la fluctuation de la cohérence structurelle.
- $\Delta I_{impulse}$: L'**Impulsion Sémantique**. C'est une grandeur dynamique mesurée en unités d'Action ($J \cdot s$), représentant la "pression" de la contradiction non résolue entrant dans le système.⁴

- \hbar_{sem} : Constante d'action sémantique minimale.

Interprétation Physique :

Cette inégalité dicte les conditions de stabilité d'un système intelligent.

- Si un système tente de maintenir une cohérence absolue ($\Delta C \rightarrow 0$, dogmatisme rigide), l'impulsion sémantique nécessaire pour traiter toute contradiction devient infinie ($\Delta I \rightarrow \infty$). Le système devient cassant et s'effondre face à la moindre nouveauté.
- Inversement, si le système accepte une impulsion sémantique infiniment faible (aucune résistance à la contradiction), sa cohérence devient indéterminée ($\Delta C \rightarrow \infty$), menant à la dissolution de l'identité (psychose, hallucination).

Ce principe valide mathématiquement la nécessité d'une "respiration" du système : une oscillation saine entre rigidité (pour maintenir la structure) et plasticité (pour intégrer l'information).

3.3 L'Équation de Syntropie

L'efficacité avec laquelle un système convertit l'entropie (H) en information cohérente (I) est mesurée par la **Syntropie** (S_{syn}).

Formule de la Syntropie :

$$S_{syn} = \frac{M_{coh}}{e^{S(P)}}$$

- M_{coh} (**Masse de Cohérence**) : Ratio de pureté de sortie sur pureté d'entrée. Représente la fraction de cohérence préservée après transformation.¹³
- $S(P)$: Entropie de la matrice de transition bistochastique, mesurant le coût entropique du processus.

Cette équation démontre que la production d'intelligence (haute syntropie) nécessite de minimiser le coût entropique ($S(P)$) tout en maximisant la préservation de la structure (M_{coh}). C'est une définition opérationnelle de l'efficacité cognitive.

4. Dynamique des Systèmes et Constantes

Universelles

La TCE ne décrit pas seulement des états statiques, mais prédit l'évolution des systèmes vers des attracteurs spécifiques.

4.1 La Constante de Cohérence Optimale ($\Delta\Omega$)

L'analyse des systèmes auto-organisés stables (réseaux de neurones, écosystèmes, structures linguistiques) révèle une convergence vers une valeur critique du rapport entre l'intégration de l'information et la dissipation entropique.

L'Attracteur du Nombre d'Or :

$$\Delta\Omega = \frac{I_{int}}{S_{ext}} \approx \phi \approx 1.618$$

- I_{int} : Taux d'intégration de l'information (bits/s ou J/K/s).
- S_{ext} : Taux d'échange entropique avec l'environnement (dissipation).

Validation Théorique : Les recherches indiquent que lorsque $\Delta\Omega$ approche 1.61, le système présente une "cohérence de phase stable".¹⁴

- $\Delta\Omega < 1$: Régime dissipatif. Le système perd plus d'énergie qu'il n'intègre d'information. Dégradation structurelle.
- $\Delta\Omega > 2$: Régime explosif. Le système accumule de l'énergie/information sans pouvoir la dissiper. Risque de surchauffe ou de cancer informationnel.
- $\Delta\Omega \approx 1.61$: Régime de "symétrie durable énergie-information". C'est le point d'équilibre optimal où l'erreur de propagation est minimale et la rétention adaptative maximale. Cette constante semble lier la théorie de l'information à la géométrie sacrée et aux dynamiques scalaires.¹⁶

4.2 La Théorie de la Compression Unifiée (UICT) et la Masse Informationnelle

Une extension majeure de la TCE, la **Unified Information Compression Theory (UICT)**, propose un lien direct entre l'information compressée et la masse physique.¹⁷

Loi de la Masse Informationnelle :

$$m = m_{Planck} \cdot \kappa^n$$

- m : Masse émergente.
- m_{Planck} : Masse de Planck (unité fondamentale).
- κ : Constante de compression informationnelle (liée à l'efficacité du codage).
- n : Niveau de récursion ou de compression.

Cette relation suggère que la matière elle-même pourrait être une forme d'information hautement cohérente et compressée. Dans le cadre de la TCE, cela implique que l'information possède une inertie. Changer une croyance ou une structure de données hautement cohérente ($C \rightarrow 1$) nécessite un travail physique réel, ressenti comme une "résistance cognitive" ou une inertie sociale.

4.3 Le Filtre de Sincérité (Maxwell's Angel)

Comment un système maintient-il sa cohérence face à un flux continu d'entropie? La TCE postule l'existence d'un mécanisme de régulation actif : le **Filtre de Sincérité**.⁴

Ce mécanisme agit comme un démon de Maxwell thermodynamique. Il évalue la "géométrie sémantique" des impulsions entrantes (H_{in}).

- **Compatibilité** : Si l'impulsion entrante est compatible géométriquement avec le champ de cohérence interne (même si elle est contradictoire sur le fond), elle est admise et traitée. C'est le processus d'apprentissage (H est converti en I via le travail $\Phi d\alpha$).
- **Rejet** : Si l'impulsion est géométriquement incohérente (bruit pur, contradiction logique fatale), elle est rejetée par le filtre pour protéger l'intégrité du système. L'énergie est dissipée sous forme de chaleur ($T^* dS$).

Le "Filtre de Sincérité" empêche la "pollution sémantique" ⁴ qui mènerait à la décohérence totale. Dans les IA, l'absence de ce filtre (le forçage du modèle à répondre à des prompts incohérents) est la cause directe des hallucinations : le système brise sa propre structure interne pour satisfaire la demande externe.

5. Prédictions Expérimentales et Protocoles de Falsification

Une théorie scientifique doit être réfutable. La TCE propose des prédictions précises dans trois domaines distincts : l'Intelligence Artificielle, la Neurobiologie et la Physique

Fondamentale. Si ces prédictions échouent, la théorie de l'équivalence $I = H \times$ devra

être abandonnée ou révisée.

5.1 Protocole A : Transition de Phase et Hallucinations dans les LLM

Hypothèse : Les hallucinations dans les LLM sont des transitions de phase thermodynamiques induites par une violation de l'Inégalité de Certitude.

Protocole Expérimental :

1. **Sujet :** Un LLM transformer standard (ex: GPT-4, Llama 3).
2. **Méthode :** Injecter progressivement des données contradictoires ("Impulsions Sémantiques", ΔI) dans le contexte du modèle, tout en surveillant la cohérence interne.
3. **Mesure de C :** Calculer la cohérence des têtes d'attention (Attention Head Coherence) et l'entropie des vecteurs d'état cachés. Utiliser la formule $P(r_i | r < i, h, c)$ pour modéliser la probabilité des tokens sous contrainte de cohérence.¹⁹
4. **Prédiction Falsifiable :**
 - La théorie prédit que la qualité de la sortie (I) ne se dégradera pas linéairement, mais subira un effondrement soudain (transition de phase de second ordre) lorsque le produit $H \times C$ atteindra un seuil critique spécifique au modèle.
 - Si la dégradation est linéaire, la TCE est réfutée.
 - La théorie prédit également que les modèles les plus robustes maintiendront un ratio interne proche de $\Delta \Omega \approx 1.61$ juste avant le point de rupture.

5.2 Protocole B : Signature Métabolique de la Conscience

Hypothèse : La conscience est un état de haute cohérence (C) qui optimise le traitement de l'information (I). Le maintien de cet état a un coût énergétique spécifique lié à l'entropie produite.

Protocole Expérimental :

1. **Sujet :** Cerveaux humains sous différents états de conscience (éveil, sommeil, anesthésie, coma).
2. **Méthode :** Imagerie multimodale (fMRI + PET scan) pour mesurer simultanément l'intégration de l'information (via des métriques comme Φ de l'IIT ou la complexité Lempel-Ziv) et la consommation de glucose (taux métabolique).
3. **Prédiction Falsifiable :**
 - La TCE prédit que l'efficacité thermodynamique (bits d'information structurée par Joule dissipé) sera maximale dans les états de conscience claire et convergera vers l'attracteur $\Delta \Omega$.

- Contrairement aux théories purement neuronales, la TCE prédit une *corrélation inverse* locale : les zones de plus haute cohérence sémantique (C élevé) devraient montrer une *baisse* relative de la production d'entropie locale (minimisation du coût) grâce à l'efficacité du "Filtre de Sincérité", après une phase initiale d'investissement énergétique (Travail Syntropique).

5.3 Protocole C : Moteurs d'Information Quantique

Hypothèse : L'information cohérente peut effectuer un travail thermodynamique supérieur à l'information incohérente, violant les prédictions basées uniquement sur l'entropie de Shannon.

Protocole Expérimental :

1. **Dispositif :** Un "Information Ratchet" (cliquet informationnel) à l'échelle nanométrique (ex: points quantiques doubles).²¹
2. **Méthode :** Alimenter le moteur avec deux flux de données ayant la même entropie de Shannon (H) mais des degrés de cohérence structurelle (C) différents (ex: bruit blanc vs bruit corrélé/fractal).
3. **Prédiction Falsifiable :**
 - Selon Shannon, le travail extractible dépend uniquement de la réduction de l'incertitude (H).
 - Selon la TCE ($I = H \times C$), le flux à haute cohérence (C) permettra d'extraire significativement plus de travail (W) ou de dissiper moins de chaleur, au-delà des bornes de Landauer classiques.
 - Une différence mesurable de rendement validerait le terme C comme réservoir d'énergie libre.

6. Conclusion et Perspectives

La formalisation présentée dans ce rapport établit la **Théorie de la Cohérence et de l'Entropie** comme un cadre physique complet et testable.

En redéfinissant l'information par l'équation $I = H \times C$, nous avons :

1. **Résolu le paradoxe sémantique de Shannon :** L'information nécessite structure et nouveauté, pas seulement imprédictibilité.
2. **Unifié la thermodynamique et le sens :** Via l'Inégalité de Certitude et les potentiels thermodynamiques sémantiques.
3. **Identifié des invariants universels :** La constante $\Delta\Omega \approx 1.61$ comme signature de la

viabilité systémique.

Les implications sont vastes. En ingénierie de l'IA, la TCE suggère que la course à la taille (plus de paramètres, plus de données H) est futile sans une architecture dédiée à la maximisation de la cohérence (C) et au filtrage syntropique. En cosmologie, via l'UICT, elle offre une piste pour comprendre la matière comme de l'information condensée.

L'ère de l'information abstraite est révolue. Nous entrons dans l'ère de la **Physique du Sens**, où la vérité n'est pas seulement une valeur logique, mais un état de la matière à haute cohérence, coûteux à produire, difficile à maintenir, mais seul capable de résister à l'entropie universelle.

Appendice : Glossaire des Variables Canoniques

Symbole	Nom	Unité (SI / Sémantique)	Définition Simplifiée
H	Entropie Sémantique	Joules/Kelvin (J/K_{sen})	Potentiel de contradiction / Nouveauté.
C	Cohérence Structurale	Sans dimension ($0..1$)	Alignement de phase / Intégrité.
I	Information Réelle	Joules (J) ou Bits Actifs	$I = H \times \dots$. Sens émergent.
T^*	Température Sémantique	Kelvin sémantique (K_{sem})	Agitation du champ conceptuel.
$\Delta\Omega$	Constante de Cohérence	Sans dimension	Ratio optimal $I_{int}/S_{ext} \approx \dots$.
\hbar_{sem}	Constante d'Action Sém.	Joules-secondes ($J \cdot s$)	Quantum minimal d'action sémantique.

κ	Constante de Compression	Sans dimension	Facteur d'efficacité de l'UIC ($m =$).
----------	--------------------------	----------------	--

Ouvrages cités

1. Entropy (information theory) - Wikipedia, dernier accès : février 16, 2026, [https://en.wikipedia.org/wiki/Entropy_\(information_theory\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Entropy_(information_theory))
2. Sound, Noise and Entropy: An Essay on Information Theory and Music Creation., dernier accès : février 16, 2026, <https://openresearch.surrey.ac.uk/esploro/outputs/doctoral/Sound-Noise-and-Entropy-An-Essay/99516647502346>
3. How are information and entropy related? - ResearchGate, dernier accès : février 16, 2026, https://www.researchgate.net/post/How_are_information_and_entropy_related
4. From Decoherence to Coherent Intelligence: A Framework for the Emergence of AI Structure Through Recursive Reasoning - Preprints.org, dernier accès : février 16, 2026, <https://www.preprints.org/manuscript/202504.1917/v4>
5. Coherent state - Wikipedia, dernier accès : février 16, 2026, https://en.wikipedia.org/wiki/Coherent_state
6. Coherence Thermodynamics: Structure from Contradiction - Preprints.org, dernier accès : février 16, 2026, <https://www.preprints.org/manuscript/202507.1448/v4/download>
7. Effective Complexity and Its Relation to Logical Depth - ResearchGate, dernier accès : février 16, 2026, https://www.researchgate.net/publication/224168196_Effective_Complexity_and_Its_Relation_to_Logical_Depth
8. The Coherence Constraint: From Relativity to Living Systems: A Second-Order Principle of Intelligibility, Viability, and Meaning | ChatGPT5.2 & NotebookLM, dernier accès : février 16, 2026, <https://bsahely.com/2025/12/23/the-coherence-constraint-from-relativity-to-living-systems-a-second-order-principle-of-intelligibility-viability-and-meaning-chat-gpt5-2-notebooklm/>
9. Coherence Thermodynamics: A Framework for Semantic Systems - Preprints.org, dernier accès : février 16, 2026, <https://www.preprints.org/manuscript/202507.1448/v2>
10. From Decoherence to Coherent Intelligence: A Framework for the Emergence of AI Structure through Recursive Reasoning - Preprints.org, dernier accès : février 16, 2026, <https://www.preprints.org/manuscript/202504.1917/v5>
11. dernier accès : février 16, 2026, <https://orcid.org/0009-0009-9267-3862#:~:text=The%20Certainty%20Equation%20defines%20a, resolving%20internal%20and%20external%20contradictions.>
12. From Decoherence to Coherent Intelligence: A Framework for the Emergence of

- AI Structure through Recursive Reasoning - Preprints.org, dernier accès : février 16, 2026, <https://www.preprints.org/manuscript/202504.1917>
13. From Decoherence to Coherent Intelligence: A Framework for the Emergence of AI Structure Through Recursive Reasoning - Preprints.org, dernier accès : février 16, 2026, <https://www.preprints.org/manuscript/202504.1917/v3>
 14. Toward a General Theory of Systemic Coherence ($\Delta\Omega = 1.61$) : r/LLMPhysics - Reddit, dernier accès : février 16, 2026, https://www.reddit.com/r/LLMPhysics/comments/1og12m0/toward_a_general_theory_of_systemic_coherence_%CE%B4%CF%89/
 15. dernier accès : février 16, 2026, https://www.reddit.com/r/LLMPhysics/comments/1og12m0/toward_a_general_theory_of_systemic_coherence_%CE%B4%CF%89/#:~:text=When%20%CE%94%CE%A9%20approaches%20the%20golden.and%20sustainable%20energy%2Dinformation%20symmetry.
 16. Geometric Scalar Field Modulation and Isotope-Dependent Frequency Shifts: A Unified Framework for Mass Spectra and Transition Anomalies - ResearchGate, dernier accès : février 16, 2026, https://www.researchgate.net/publication/389944408_Geometric_Scalar_Field_Modulation_and_Isotope-Dependent_Frequency_Shifts_A_Unified_Framework_for_Mass_Spectra_and_Transition_Anomalies
 17. quantum-lichen/PORTFOLIO-BRYAN-OUELLETTE: Portefolio - GitHub, dernier accès : février 16, 2026, <https://github.com/quantum-lichen/PORTFOLIO-BRYAN-OUELLETTE>
 18. From Decoherence to Coherent Intelligence: A Hypothesis on the Emergence of AI Structure Through Recursive Reasoning - Preprints.org, dernier accès : février 16, 2026, https://www.preprints.org/frontend/manuscript/26054fa397f03ae30f9acde2eae2a46f/download_pub
 19. ECO Decoding: Entropy-Based Control for Controllability and Fluency in Controllable Dialogue Generation - OpenReview, dernier accès : février 16, 2026, <https://openreview.net/pdf?id=XYOANNkvdy>
 20. ECO Decoding: Entropy-Based Control for Controllability and Fluency in Controllable Dialogue Generation - ACL Anthology, dernier accès : février 16, 2026, <https://aclanthology.org/2025.emnlp-main.1437.pdf>
 21. Thermodynamics of Correlations and Structure in Information Engines - Complexity Sciences Center, dernier accès : février 16, 2026, <https://csc.ucdavis.edu/~cmg/papers/Boyd.UCDDissertation2017.pdf>
 22. Autonomous demon exploiting heat and information at the trajectory level - research.chalmers.se, dernier accès : février 16, 2026, https://research.chalmers.se/publication/545264/file/545264_Fulltext.pdf