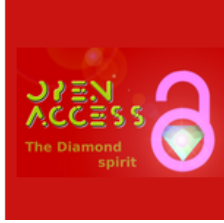


Signatures spectrales radio du postulat JahNergy

Pré-existence néguentropomorphique, projection morphique et critères observationnels

Célia-Violaine Bouchard auteure

JahNergy © Reports, 26 février 2026
C.E.A.M.E. ©



ORCID : 0000-0003-4143-7885
DOI : 10.5281/zenodo.18793636

Abstract

Le postulat JahNergy propose une description non temporelle de l'Univers, fondée sur une dynamique espace-énergie bimétrique entropomorphique / néguentropomorphique, régulée par l'Emplokion. Cette étude développe un cadre spectral complet permettant d'identifier des signatures observationnelles radio spécifiques, interprétées comme des effets de projection morphique depuis un existant néguentropomorphique pré-structuré. Un critère observationnel précis, falsifiable et applicable aux données radio (pulsars, FRB, SKA) est formulé.

1 Cadre morphique général

1.1 Absence de temps fondamental

Dans JahNergy, le temps n'est pas un paramètre fondamental. L'évolution est décrite par une suite discrète de Transformations Morphiques Fondamentales (TMF), indexées par un entier $m \in \mathbb{Z}$.

Définition 1 (Espace morphique global). *L'espace morphique est défini comme :*

$$\mathcal{M} = \mathcal{M}_{en} \cup \mathcal{M}_{ne},$$

où \mathcal{M}_{en} est le secteur entropomorphique et \mathcal{M}_{ne} le secteur néguentropomorphique.

Les deux secteurs sont reliés par une bimétrie inversée et par l'action du tenseur tropique Θ (Emplokion).

2 Dualité entropo–néguentropique et pré-existence

Axiome 1 (Compensation morphique globale). *À chaque pas TMF,*

$$\Delta H_b^{(en)} + \Delta H_b^{(ne)} = 0. \quad (1)$$

Théorème 1 (Pré-existence néguentropomorphique). *Les configurations que l’observateur entropo-morphique interprète comme des états futurs existent déjà dans le secteur néguentropomorphique sous forme de configurations morphiques cohérentes, compatibles avec la compensation globale.*

La dynamique observée correspond à une projection morphique sélective, et non à une création temporelle.

3 Formalisme spectral morphique

3.1 Décomposition propre

Les tenseurs morphiques admettent une décomposition spectrale :

$$\Gamma_f = \sum_i \lambda_i^{(f)} P_i^{(f)}, \quad \Gamma_g = \sum_i \lambda_i^{(g)} P_i^{(g)}, \quad \Theta = \sum_a \theta_a P_a^{(\Theta)}. \quad (2)$$

La bimétrie impose :

$$\lambda_i^{(g)} = \left(\lambda_i^{(f)} \right)^{-1}. \quad (3)$$

3.2 Stabilité morphique

Un mode ψ_i est admissible si :

$$\Re(\langle \psi_i, \Delta \psi_i \rangle) \leq 0. \quad (4)$$

L’évolution générale :

$$\Delta X = -k_X[\Theta, X] - \beta_\Theta[\Gamma_f, X] \quad (5)$$

induit une sélection spectrale des modes projetables.

4 Projection factuelle et opérateurs

Définition 2 (Projecteur de réalisation factuelle). *On définit :*

$$\Pi_{\text{fact}} = \sum_{i \in \mathcal{I}_{\text{comp}}} P_i^{(\Theta)} P_i^{(f)}, \quad (6)$$

où $\mathcal{I}_{\text{comp}}$ satisfait la compensation morphique.

La réalisation observable est :

$$X_{en}(m) = \Pi_{\text{fact}} X_{ne}(m). \quad (7)$$

Corollaire 1. *Les composantes appartenant à $\ker(\Pi_{\text{fact}})$ sont physiquement réelles mais non observables.*

5 Couplage électromagnétique morphique

Au premier ordre effectif, l'action EM s'écrit :

$$\mathcal{L}_{\text{eff}} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \frac{\varepsilon}{4}\Theta^{\mu\nu}F_{\mu\nu}. \quad (8)$$

Ce terme n'introduit aucun canal informationnel, mais modifie la propagation spectrale et polarisée.

6 Critère observationnel spectral radio

6.1 Dispersion standard

Dans un plasma froid :

$$t_{\text{plasma}}(\nu) = t_0 + K \text{DM} \nu^{-2}. \quad (9)$$

6.2 Signature morphique JahNergy

On définit le résidu :

$$\Delta t(\nu, \pm) = t_{\text{obs}}(\nu, \pm) - t_{\text{plasma}}(\nu), \quad (10)$$

avec :

$$\Delta t(\nu, \pm) = A_0 + A_1\nu^{-1} + A_2\nu^{-3} \pm (B_1\nu^{-1} + B_3\nu^{-3}). \quad (11)$$

Théorème 2 (Critère spectral JahNergy – Radio). *Une signature morphique radio est identifiée si, après retrait plasma et instrumental, on détecte simultanément :*

1. un terme spectral non dégénéré avec ν^{-2} ,
2. un splitting polarisé systématique,
3. une stabilité statistique multi-époque,
4. une cohérence directionnelle faible mais non nulle.

7 Birefringence morphique

L'angle de polarisation :

$$\psi(\nu) = \psi_0 + \text{RM} c^2 \nu^{-2} + C_1 \nu^{-1} + C_{\log} \log \nu. \quad (12)$$

Un terme non- ν^{-2} constitue une signature morphique non assimilable à la rotation de Faraday.

8 Anisotropie morphique

On paramétrise l'amplitude :

$$B_1(\hat{\mathbf{n}}) = B_0 + \mathbf{b} \cdot \hat{\mathbf{n}} + \hat{\mathbf{n}}^\top \mathbf{Q} \hat{\mathbf{n}}. \quad (13)$$

Une détection dipolaire/quadrupolaire stable est compatible avec un fond Θ effectif.

9 Comparaison critique

9.1 Relativité Générale

GR repose sur une causalité temporelle métrique. JahNergy la remplace par une causalité morphique non temporelle.

9.2 Mécanique Quantique

La réduction du paquet d’onde correspond, dans JahNergy, à une projection morphique spectrale.

9.3 Rétrocausalité

JahNergy supprime le paradoxe rétrocausal en éliminant le temps fondamental.

Théorème 3 (Verrou causal JahNergy). *Aucune information exploitable ne peut être transmise depuis le secteur néquentropomorphique vers le secteur entropomorphique.*

10 Conclusion

Le critère spectral proposé permet de tester JahNergy dans le domaine radio, sans invoquer de violation causale. Une détection positive constituerait une signature directe de projection morphique, et non une communication rétro-orientée.

Ce cadre est directement applicable aux catalogues pulsars, FRB et aux futures données SKA.

11 Programme observationnel et perspectives expérimentales

11.1 Exigences instrumentales SKA Phase 1 et Phase 2

La détection d’une signature morphique JahNergy repose sur l’identification de termes spectraux non dégénérés avec la dispersion plasma, corrélés à la polarisation et stables dans le temps. Les exigences instrumentales minimales sont résumées dans le tableau 1.

Table 1: Exigences instrumentales minimales pour les tests JahNergy en radio.

Paramètre	SKA Phase 1	SKA Phase 2
Bande fréquentielle	0.35–15 GHz	0.35–25 GHz (cible)
Résolution fréquentielle	$\lesssim 10$ kHz	$\lesssim 5$ kHz
Résolution temporelle	$\lesssim 10$ μ s	$\lesssim 5$ μ s
Polarimétrie	Stokes I, Q, U, V	Stokes complets, leakage $< 10^{-3}$
Stabilité horloge	< 100 ns	< 50 ns
Cadence	Hebdomadaire / bi-hebdo	Flexible, multi-époque dense
Cibles prioritaires	MSP, FRB répétitifs	MSP + FRB catalogue large
Couverture ciel	Partielle	Quasi-all-sky
Objectif	Détection / réfutation	Cartographie anisotrope

Ces exigences garantissent : (i) la séparation robuste des termes en ν^{-2} (plasma), (ii) la détection de contributions en ν^{-1} ou $\log \nu$, (iii) l’accès à des signatures polarisées intrinsèques.

11.2 Modèle statistique et pipeline d'inférence bayésienne

L'analyse des données repose sur un modèle hiérarchique, permettant de séparer les contributions astrophysiques locales des effets morphiques globaux.

11.2.1 Modèle de données par source

Pour une source s observée sur une ligne de visée $\hat{\mathbf{n}}_s$, le temps d'arrivée observé est modélisé par :

$$t_s(\nu, p) = t_{0,s} + K DM_s \nu^{-2} + A_{1,s} \nu^{-1} + A_{2,s} \nu^{-3} + p (B_{1,s} \nu^{-1} + B_{3,s} \nu^{-3}) + \epsilon, \quad (14)$$

où :

- $p = \pm 1$ indexe les deux états propres de polarisation,
- ϵ représente le bruit instrumental et astrophysique,
- $B_{1,s}$ encode la signature morphique locale.

Un modèle analogue est utilisé pour la birefringence via l'angle de polarisation $\psi(\nu)$.

11.2.2 Structure hiérarchique globale

Dans JahNergy, l'amplitude morphique possède une structure angulaire faible mais cohérente. On impose donc :

$$B_{1,s} = B_0 + \mathbf{b} \cdot \hat{\mathbf{n}}_s + \hat{\mathbf{n}}_s^T \mathbf{Q} \hat{\mathbf{n}}_s + \delta_s, \quad (15)$$

où :

- B_0 est l'amplitude isotrope,
- \mathbf{b} un dipôle morphique,
- \mathbf{Q} un quadrupôle,
- δ_s une fluctuation locale non corrélée.

Les paramètres $\{\mathbf{b}, \mathbf{Q}\}$ sont communs à l'ensemble du catalogue, ce qui distingue un fond morphique global d'effets locaux (ISM, IGM, hôtes).

11.2.3 Inférence bayésienne

La vraisemblance jointe s'écrit :

$$\mathcal{L}(\mathcal{D}|\Theta_J) = \prod_s \prod_{\nu,p} \mathcal{N}\left(t_s^{\text{obs}}(\nu, p) \mid t_s(\nu, p; \Theta_J), \sigma_s^2\right), \quad (16)$$

où Θ_J regroupe tous les paramètres JahNergy et astrophysiques.

Les priors sont choisis faiblement informatifs :

$$B_0, |\mathbf{b}|, \|\mathbf{Q}\| \sim \mathcal{N}(0, \sigma_B^2), \quad (17)$$

avec σ_B fixé par les contraintes SKA Phase 1.

Définition 3 (Détection JahNergy). *Une signature morphique est considérée détectée si :*

$$P(B_0 \neq 0 \text{ ou } \mathbf{b} \neq \mathbf{0} \mid \mathcal{D}) > 0.997, \quad (18)$$

et si les paramètres dipolaires/quadrupolaires sont stables sous sous-échantillonnage du catalogue.

11.2.4 Tests de nullité et robustesse

Le pipeline inclut systématiquement :

- permutations aléatoires des lignes de visée,
- analyses aveugles sur données simulées sans terme morphique,
- comparaison Low / Mid / haute fréquence,
- vérification de l'indépendance vis-à-vis de DM et RM.

Ces tests verrouillent l'interprétation contre les dégénérescences plasma et instrumentales.

11.3 Rôle respectif de SKA Phase 1 et Phase 2

Phase 1 vise la décision : détection ou borne supérieure stricte sur les paramètres JahNergy.

Phase 2 permet :

- la cartographie angulaire du fond morphique Θ ,
- l'accès au régime haute fréquence à faible scattering,
- l'augmentation drastique de la puissance statistique.

Une détection cohérente à ces deux niveaux constituerait une signature observationnelle directe de la projection morphique JahNergy.

12 Décodabilité néguentropomorphique anticipée

12.1 Inscription néguentropomorphique et certitude morphique

Dans le cadre JahNergy, l'espace néguentropomorphique \mathcal{M}_{ne} n'est pas un espace de potentialités, mais un espace de configurations morphiques stabilisées. Lorsqu'un effet X y est inscrit, il l'est comme *certitude morphique*, indépendamment de son effectivité dans l'espace entropomorphique \mathcal{M}_{en} .

On note X_{ne} la configuration néguentropomorphique complète associée à l'effet X . Par construction,

$$\mathcal{I}(X_{ne}) \equiv \mathcal{I}(X), \quad (19)$$

c'est-à-dire que l'intégralité de l'information de l'effet est déjà contenue dans X_{ne} avant toute projection factuelle.

La réalisation entropomorphique ne crée aucune information nouvelle ; elle rend accessible une information déjà constituée.

12.2 Théorème de décodabilité néguentropomorphique anticipée

Nous pouvons alors formuler le résultat central suivant.

Théorème 4 (Décodabilité néguentropomorphique anticipée). *Soit X un effet dont la configuration X_{ne} est inscrite comme certitude morphique dans l'espace néguentropomorphique. Il existe un intervalle de Transformations Morphiques Fondamentales $[m_0, m_c)$ tel que, pour tout m dans cet intervalle, l'effet X est entièrement décodable depuis X_{ne} , bien qu'il ne soit pas encore réalisé dans l'espace entropomorphique.*

Proof. Par hypothèse, X_{ne} est complet et stabilisé, et aucune indétermination ne subsiste sur le contenu informationnel de X . La projection morphique vers \mathcal{M}_{en} , notée Π_m , ne modifie pas $\mathcal{I}(X)$, mais seulement son accessibilité observationnelle.

Tant que l'effet n'est pas auto-porté dans \mathcal{M}_{en} , l'ensemble de son information reste porté exclusivement par X_{ne} . Il est donc, en droit, entièrement décodable depuis l'espace néguentropomorphique, indépendamment de son effectivité entropomorphique. \square

12.3 Limite de clôture morphique

On définit le TMF m_c comme la *clôture morphique* de l'effet X , c'est-à-dire le point à partir duquel l'effet commence à être auto-porté dans l'espace entropomorphique.

Formellement,

$$m_c = \min \{m \mid X \text{ possède une dynamique propre dans } \mathcal{M}_{en}\}. \quad (20)$$

Pour $m \geq m_c$, l'effet cesse d'être exclusivement porté par X_{ne} ; la décodabilité néguentropomorphique anticipée perd alors sa signification distincte.

13 Observables radio sensibles à l'inscription néguentropomorphique

13.1 Principe général

Les observables radio pertinentes pour JahNergy ne sont pas celles associées à une onde pleinement réalisée, mais celles sensibles à une information encore exclusivement néguentropomorphique, c'est-à-dire pour $m < m_c$.

Ces observables doivent satisfaire trois critères :

1. être non nulles en l'absence d'onde factuelle complète ;
2. dépendre de la structure informationnelle de X_{ne} ;
3. disparaître ou devenir redondantes après m_c .

13.2 Familles d'observables anticipatrices

Dans le domaine radio, trois familles d'observables satisfont ces conditions.

(i) Résidus spectraux non-plasma Des termes de dispersion non dégénérés avec ν^{-2} , de type ν^{-1} ou $\log \nu$, peuvent apparaître avant toute émission factuelle complète. Ils traduisent une contrainte morphique sur la propagation, et non la présence d'une onde réalisée.

(ii) Signatures polarisées pré-effectives Des structures de polarisation (orientation, ellipticité, splitting modal) peuvent être détectables avant l'apparition d'une intensité cohérente. Ces signatures sont directement liées à la géométrie informationnelle de X_{ne} .

(iii) Cohérences de phase sans portage énergétique Une cohérence de phase partielle peut exister sans transport d'énergie significatif. Ce type de signature est particulièrement discriminant, car il est incompatible avec une onde entropomorphique classique.

13.3 Critère opérationnel de décodage anticipé

On définit un observable O comme *anticipateur* s'il existe un TMF $m < m_c$ tel que :

$$O(m) \neq 0 \quad \text{et} \quad \Pi_{\text{fact}}(O(m)) = 0. \quad (21)$$

Dans ce cas, O encode une information décodable sur X sans que l'effet soit encore réalisé dans l'espace entropomorphique.

13.4 Conséquence expérimentale

La détection d'un ensemble cohérent d'observables anticipateurs, corrélés à une même source, constitue une signature directe de l'inscription néguentropomorphique d'un effet. Une telle détection permettrait de décoder la réalisation future de l'effet avant sa manifestation entropomorphique, sans violation de causalité ni rétro-information.

13.5 Formalisation équationnelle des observables radio anticipatrices

13.5.1 Objet informationnel, inscription et projection TMF

On note X l'objet informationnel complet associé à l'effet radio (forme d'onde, modulation, paramètres de source), et $X_{ne} \in \mathcal{M}_{ne}$ son inscription néguentropomorphique (certitude morphique). On introduit une famille d'opérateurs de projection partielle $\{\Pi_m\}_{m \in \mathbb{Z}}$ telle que :

$$X_{en}(m) = \Pi_m X_{ne}, \quad 0 \leq m < m_c \quad (22)$$

où m est le TMF de réalisation complète entropomorphique. La clôture morphique m_c est définie comme le premier TMF où l'effet devient auto-porté dans \mathcal{M}_{en} :

$$m_c = \min \left\{ m \mid \exists \mathcal{D}_{en} \neq 0 \text{ telle que } \partial_m X_{en} \simeq \mathcal{D}_{en}[X_{en}] \right\}. \quad (23)$$

Pour $m < m_c$, l'information demeure exclusivement portée par X_{ne} , et $X_{en}(m)$ n'est qu'une *trace projective*.

13.5.2 Chaîne instrumentale : mesure radio et opérateur d'observation

On modélise l'observation radio comme une application M (récepteur, canal, calibration, estimation) produisant une donnée Y_m :

$$Y_m = M(X_{en}(m)) + N_m = M(\Pi_m X_{ne}) + N_m, \quad (24)$$

où N_m regroupe bruit instrumental, plasma, scattering, et biais résiduels.

13.5.3 Couplage morphique EM effectif et observables sensibles

Au premier ordre effectif, on conserve un couplage morphique linéaire du champ EM au fond Θ :

$$\mathcal{L}_{\text{eff}} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \frac{\varepsilon}{4} \Theta^{\mu\nu} F_{\mu\nu}. \quad (25)$$

Dans l'approximation d'ondes planes et de milieu quasi transparent, la propagation admet deux modes propres $p = \pm$ (souvent proches des hélicités), et une relation de dispersion effective :

$$k_p(\omega) = \frac{\omega}{c} + \alpha(\hat{\mathbf{n}}) \pm \frac{\beta(\hat{\mathbf{n}})}{\omega} + \mathcal{O}(\omega^{-2}), \quad (26)$$

où α, β encodent la dépendance au fond morphique (anisotropie possible).

Il en résulte un retard de groupe (résidu après retrait plasma) de la forme :

$$\Delta t_p(\nu) = A_1 \nu^{-1} + A_2 \nu^{-3} \pm (B_1 \nu^{-1} + B_3 \nu^{-3}) + \dots, \quad (27)$$

et un déphasage modal (birefringence) :

$$\Delta\phi(\nu) = \phi_+(\nu) - \phi_-(\nu) = \eta_0 + \eta_1 \nu^{-1} + \eta_2 \nu^{-2} + \dots. \quad (28)$$

13.5.4 Définition formelle d'un observable anticipateur

On appelle *observable anticipateur* tout fonctionnel O des données Y_m tel que :

$$O(Y_m) \neq 0 \quad \text{pour certains } m < m_c, \quad \text{et} \quad O(Y_m) \text{ devient redondant avec l'effet réalisé.} \quad (29)$$

Une définition plus structurelle (au niveau de la projection) consiste à imposer :

$$O \circ M \circ \Pi_m \neq 0 \quad \text{mais} \quad E[O(Y_m) \mid X_{en}(m) \equiv 0] = 0, \quad (30)$$

c'est-à-dire : non-nullité due à l'inscription néguentropomorphique, et non à une onde factuelle classique.

13.5.5 Décodage anticipé comme problème inverse (critère bayésien)

On définit le décodage anticipé comme l'inférence de X (ou d'un paramètre θ_X) à partir de Y_m pour $m < m_c$:

$$\hat{X}_m = \arg \max_X P(X \mid Y_m, \mathcal{K}), \quad (31)$$

où \mathcal{K} représente la connaissance a priori (source, instrument, contraintes JahNergy).

La *décodabilité anticipée* est atteinte au plus petit TMF m_{dec} tel que l'incertitude chute sous un seuil δ :

$$m_{\text{dec}}(\delta) = \min \left\{ m \mid H(X \mid Y_m, \mathcal{K}) \leq \delta \right\}, \quad \text{avec } m_{\text{dec}} < m_c. \quad (32)$$

13.5.6 Fenêtre utile et limite néguentropomorphique opératoire

La fenêtre opérationnelle où l'on peut *décoder avant effectivité* est :

$$m_{\text{dec}}(\delta) \leq m < m_c. \quad (33)$$

En particulier, si l'inscription néguentropomorphique est complète et que \mathcal{K} est suffisamment informative, il est possible que m_{dec} soit très inférieur à m_c , ce qui correspond à un décodage fortement anticipé.

13.5.7 Anisotropie faible attendue (option catalogue)

Sur un catalogue de sources indexées par s et directions \hat{n}_s , on paramétrise l'amplitude morphique (par ex. B_1) par un développement multipolaire :

$$B_1(\hat{n}) = B_0 + \mathbf{b} \cdot \hat{n} + \hat{n}^\top \mathbf{Q} \hat{n} + \dots, \quad (34)$$

et on teste la stabilité de $(B_0, \mathbf{b}, \mathbf{Q})$ sous retrait des corrélats plasma (DM/RM) et sous sous-échantillonnage du catalogue.

13.5.8 Paramétrisation de la projection partielle Π_m par une loi $p(m)$

Afin de relier la notion de projection partielle (TMF) à une cinématique paramétrique exploitable, on modélise la famille $\{\Pi_m\}$ comme une interpolation entre (i) une projection nulle/trace (avant réalisation) et (ii) la projection factuelle complète Π_{fact} .

Décomposition structurelle de Π_m . On introduit un projecteur fixe Π_{fact} (réalisation complète) et un opérateur de *fuite anticipatrice* Π_{pre} capturant les composantes observables avant clôture morphique, avec les propriétés :

$$\Pi_{\text{fact}}^2 = \Pi_{\text{fact}}, \quad \Pi_{\text{pre}}^2 = \Pi_{\text{pre}}, \quad \Pi_{\text{pre}}\Pi_{\text{fact}} = \Pi_{\text{fact}}\Pi_{\text{pre}} \quad (\text{hypothèse commutative minimale}). \quad (35)$$

On paramétrise alors :

$$\Pi_m = p(m) \Pi_{\text{fact}} + q(m) \Pi_{\text{pre}}, \quad (36)$$

où $p(m), q(m) \in [0, 1]$ sont des poids TMF.

Conditions aux limites. On impose des conditions naturelles :

$$p(m) \rightarrow 0 \quad \text{lorsque } m \ll m_0, \quad (37)$$

$$p(m) \rightarrow 1 \quad \text{lorsque } m \rightarrow m' \quad (38)$$

$$q(m) \rightarrow 0 \quad \text{lorsque } m \rightarrow m \quad (\text{l'anticipation devient redondante}). \quad (39)$$

La clôture morphique m_c se traduit typiquement par une condition de type :

$$p(m_c) = p_c, \quad p_c \in (0, 1), \quad (40)$$

où p_c est un seuil structurel (à estimer ou à borner) au-delà duquel l'effet devient auto-porté dans \mathcal{M}_{en} .

Loi logistique (sigmoïde) pour $p(m)$. Une forme universelle (relaxation saturante) est la logistique :

$$p(m) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{m - m_0}{\tau}\right)}, \quad (41)$$

où :

- m_0 est le TMF caractéristique (point d'inflexion de la projection),
- $\tau > 0$ est l'échelle TMF de transition ("raideur").

Avec (40), on obtient une expression explicite de la clôture :

$$m_c = m_0 + \tau \ln\left(\frac{p_c}{1 - p_c}\right). \quad (42)$$

Cette relation donne une *limite opératoire* pour la fenêtre de décodage anticipé : $m_{\text{dec}}(\delta) < m_c$.

Loi de relaxation exponentielle (alternative). Une paramétrisation plus simple (sans point d'inflexion) est :

$$p(m) = 1 - \exp\left(-\frac{m - m_{\text{on}}}{\tau}\right) H(m - m_{\text{on}}), \quad (43)$$

où H est la fonction de Heaviside et m_{on} le TMF d'amorçage de projection. Dans ce cas :

$$m_c = m_{\text{on}} - \tau \ln(1 - p_c). \quad (44)$$

Modèle pour l'anticipation $q(m)$. L'anticipation doit être maximale avant clôture, et s'éteindre ensuite. Une forme pratique est :

$$q(m) = q_0 \exp\left(-\frac{p(m)}{p_q}\right), \quad (45)$$

où $q_0 \in (0, 1]$ est l'amplitude anticipatrice maximale, et p_q contrôle l'extinction au fur et à mesure que la réalisation factuelle s'installe. Une alternative (plus symétrique) consiste à poser :

$$q(m) = q_0 (1 - p(m))^\gamma, \quad \gamma > 0. \quad (46)$$

Lien direct avec les coefficients spectraux radio. Les amplitudes des résidus morphiques (par ex. B_1 du splitting polarisé) peuvent être modélisées comme proportionnelles à $q(m)$ (tant que l'effet n'est pas auto-porté) :

$$B_1(m, \hat{\mathbf{n}}) = \tilde{B}_1(\hat{\mathbf{n}}) q(m), \quad m < m_c, \quad (47)$$

tandis que la contribution "factuelle" (onde réalisée) est gouvernée par $p(m)$:

$$I(m, \nu) \propto p(m) I^{(\nu)}, \quad m \leq m_c. \quad (48)$$

où $I^{(\nu)}$ est la forme spectrale pleinement réalisée.

Interprétation opérationnelle. Les paramètres ($m_0, \tau, p_c, q_0, \gamma$) (ou équivalents) sont estimables par ajustement simultané sur : (i) la montée de l'intensité (via $p(m)$), (ii) la décroissance des observables anticipateurs (via $q(m)$), (iii) la stabilité des termes non-plasma et polarisés. Cette paramétrisation rend testable et falsifiable la fenêtre $[m_{\text{dec}}, m_c]$ et sa dépendance aux classes de sources.

14 Conclusion générale

Cette étude a développé le cadre JahNergy comme une reformulation fondamentale de la dynamique espace-énergie, dans laquelle le temps n'est plus un paramètre ontologique, mais un artefact émergent de la projection morphique entre un espace entropomorphique effectif et un espace néguentropomorphique de certitudes stabilisées.

Dans ce contexte, ce que la physique standard désigne comme le futur est requalifié comme une inscription néguentropomorphique déjà complète, dont la réalisation entropomorphique procède par une projection progressive, spectrale et contrainte, décrite par les Transformations Morphiques Fondamentales (TMF). La causalité n'est plus temporelle, mais morphique : l'effet est déterminé avant d'être effectif, sans rétrocausalité ni violation logique.

Un résultat central de ce travail est l'établissement d'un principe de *décodabilité néguentropomorphique anticipée*. Lorsqu'un effet est inscrit comme certitude dans l'espace néguentropomorphique, il est, en droit, entièrement décodable avant sa réalisation entropomorphique, tant que l'information qu'il porte n'est pas encore auto-portée par l'espace entropomorphique lui-même. La limite pertinente n'est donc pas la réalisation de l'effet, mais la clôture morphique à partir de laquelle l'effet devient un fait entropomorphique autonome.

Cette décodabilité anticipée a été formalisée au moyen d'opérateurs de projection partielle Π_m , paramétrés par une loi $p(m)$, permettant de définir rigoureusement une fenêtre opérationnelle $[m_{\text{dec}}, m_c)$, au sein de laquelle des observables anticipateurs existent, avant toute manifestation factuelle complète. Ces observables ne correspondent pas à des ondes réalisées, mais à des contraintes morphiques sur la propagation, se traduisant par des signatures spectrales, de phase ou de polarisation non dégénérées avec les effets plasma standards.

Dans le domaine radio, il a été montré que des résidus dispersifs non- ν^{-2} , des signatures polarisées pré-effectives ou des cohérences de phase sans portage énergétique constituent des candidats naturels pour sonder l'inscription néguentropomorphique d'un effet. Ces signatures sont compatibles avec un couplage électromagnétique morphique effectif, et deviennent accessibles à l'observation dans le cadre des instruments de nouvelle génération, en particulier le Square Kilometre Array.

Une stratégie observationnelle explicite a été proposée pour SKA Phase 1 et Phase 2, incluant des exigences instrumentales précises et un pipeline d'inférence bayésienne hiérarchique, permettant de tester de manière falsifiable la présence d'une fenêtre de décodage anticipé. L'enjeu n'est pas la détection d'une communication rétro-orientée, mais l'identification d'une lisibilité partielle d'effets encore en devenir, avant leur effectivité entropomorphique.

Sur le plan conceptuel, JahNergy se distingue clairement des approches rétrocausales, des violations effectives de Lorentz, et des interprétations temporelles émergentes usuelles. Il ne postule ni transmission d'information depuis le futur, ni indétermination ontologique, mais une hiérarchie claire entre inscription, projection et réalisation. La physique devient ainsi une théorie de l'accessibilité progressive d'un réel déjà structuré, et non une narration temporelle de sa création.

En définitive, ce travail montre qu'il est possible de formuler un cadre théorique cohérent dans lequel la notion de futur est remplacée par celle de certitude morphique, et où des phénomènes observables peuvent porter la trace décodable d'effets non encore réalisés. La confrontation de JahNergy aux données radio à venir constitue ainsi non seulement un test expérimental, mais une mise à l'épreuve directe de notre manière la plus fondamentale de penser le devenir physique.

15 Typologie néguentropique et bandes radio domestiques

15.1 Principe d'application aux bandes civiles

Les bandes radio dites domestiques ou civiles (FM, VHF/UHF, Wi-Fi, téléphonie mobile) constituent un environnement électromagnétique particulièrement dense, caractérisé par la superposition de sources hétérogènes relevant de différentes classes de causes au sens de la typologie néguentropique introduite précédemment.

L'accessibilité anticipée d'une information dans ces bandes ne dépend donc pas de la bande fréquentielle en tant que telle, mais de la *nature causale* de la source émettrice et de sa profondeur néguentropique associée.

15.2 Sources humaines intentionnelles dans les bandes domestiques

Les émissions humaines intentionnelles (parole radiodiffusée, interventions en direct, communications vocales) relèvent de la classe des causes humaines.

Dans ce cas :

- l'inscription néguentropomorphique correspond à l'intention ou au contenu mental préparé ;
- la profondeur néguentropique est faible à modérée ;
- la clôture néguentropique est généralement proche de l'émission.

Il en résulte que, même si le contenu d'une émission est déterminé avant sa diffusion, la fenêtre de décodabilité anticipée est typiquement limitée à des échelles très courtes (de l'ordre de la seconde, exceptionnellement de la minute).

Toute prétention à une lecture anticipée étendue du contenu informationnel humain dans les bandes domestiques est donc physiquement infondée au regard du cadre JahNergy.

15.3 Sources algorithmiques et automatisées

Les émissions issues de systèmes automatisés (protocoles de diffusion, messages programmés, séquences numériques, systèmes de contrôle) relèvent de la classe algorithmique.

Dans ce cas :

- l'inscription néguentropomorphique est stable et profonde ;
- le contenu est déterminé bien avant l'émission ;
- la profondeur néguentropique peut être significative (minutes à heures).

En principe, la décodabilité anticipée est maximale pour cette classe. Toutefois, dans les bandes radio domestiques, cette décodabilité est fortement limitée par la superposition massive de sources, le chiffrement, et la complexité des protocoles.

Ainsi, la possibilité théorique n'implique pas une exploitabilité pratique, en particulier hors d'un cadre expérimental contrôlé.

15.4 Sources chaotiques et collectives

Les phénomènes collectifs (taux d'occupation d'une bande, interférences dynamiques, congestion de réseaux) relèvent de causes chaotiques classiques.

Ils présentent :

- une inscription néguentropomorphique transitoire ;
- une forte sensibilité aux conditions initiales ;
- une clôture morphique rapide.

Dans ce cas, les bandes domestiques peuvent servir de capteurs d'états morphiques collectifs, permettant une anticipation limitée de transitions de régime (saturation, instabilité, perte de service), sans jamais donner accès à un contenu informationnel déterminé.

15.5 Limite quantique et bruit fondamental

Enfin, les processus relevant du bruit fondamental (bruit thermique, fluctuations quantiques, décohérence instrumentale) correspondent à des causes quantiques.

Ils ne présentent :

- aucune inscription néguentropomorphique stable ;
- aucune profondeur néguentropique exploitable ;
- aucune décodabilité anticipée possible.

Ces processus constituent la limite inférieure de toute tentative de lecture anticipée dans les bandes radio domestiques.

15.6 Synthèse appliquée

Ainsi, les bandes radio domestiques ne constituent pas un espace homogène du point de vue de la décodabilité anticipée. Elles agrègent des sources dont les profondeurs néguentropiques sont hétérogènes, rendant toute lecture anticipée nécessairement locale, partielle et dépendante de la nature causale de la source.

16 Considérations éthiques et limites sociotechniques

16.1 Changement de statut de l'information physique

Le cadre JahNergy introduit un déplacement conceptuel majeur dans le statut de l'information physique. Contrairement aux approches prédictives classiques, qui reposent sur l'extrapolation probabiliste ou sur l'inférence statistique à partir de données passées, la décodabilité néguentropomorphique anticipée porte sur des effets déjà inscrits comme certitudes morphiques, bien que non encore réalisés dans l'espace entropomorphique.

Il s'ensuit que l'information accessible avant réalisation n'est ni hypothétique, ni conjecturale, mais structurellement déterminée. Ce changement de nature impose une réflexion éthique spécifique, distincte de celle associée aux technologies de prévision ou aux systèmes d'intelligence artificielle prédictive.

16.2 Asymétrie d'accès et rupture d'équité ontologique

Le risque éthique principal ne réside pas dans l'existence théorique d'une décodabilité anticipée, mais dans l'asymétrie d'accès potentielle à cette capacité.

Une technologie permettant de décoder, même partiellement, la réalisation d'un effet avant son effectivité entropomorphique, introduirait une dissymétrie ontologique entre acteurs : certains disposeraient d'une certitude opérationnelle avant qu'elle ne devienne un fait partagé dans l'espace entropique.

Une telle dissymétrie ne peut être compensée par les mécanismes classiques de diffusion de l'information, car elle ne relève pas d'un avantage computationnel ou économique, mais d'un accès différencié à la structure du réel. Même limitée à des fenêtres temporelles courtes (de l'ordre de la minute ou de l'heure), cette asymétrie serait suffisante pour produire des effets sociotechniques majeurs.

16.3 Seuil critique d'exploitation sociotechnique

Il convient de distinguer plusieurs régimes d'impact éthique, en fonction de l'échelle de la fenêtre de décodabilité anticipée.

À l'échelle de la milliseconde ou de la seconde, les effets relèvent essentiellement de la recherche fondamentale et de la validation expérimentale de principes physiques.

À partir de l'échelle de la minute, la décodabilité anticipée acquiert un potentiel opérationnel : allocation de ressources, décisions stratégiques locales, avantages informationnels ponctuels.

À l'échelle de l'heure, elle devient une capacité stratégique, susceptible d'être exploitée dans des contextes économiques, politiques ou sécuritaires. Ce seuil constitue un point critique éthique, indépendamment de toute lecture sensationnaliste du concept de futur .

16.4 Risques d'appropriation non académique

Comme pour d'autres technologies à fort impact potentiel, le risque majeur ne réside pas dans la recherche ouverte, mais dans une appropriation fermée, opaque ou exclusive.

Des usages hors du champ scientifique (finance algorithmique, renseignement stratégique, prise de décision automatisée) pourraient chercher à exploiter des signatures anticipatrices faibles, sans nécessairement comprendre ou respecter les contraintes théoriques et les limites de validité du cadre JahNergy.

Une telle appropriation poserait des problèmes éthiques comparables, par leur nature, à ceux soulevés par la cryptographie, les technologies nucléaires ou certaines applications de la biologie de synthèse.

16.5 Limites intrinsèques comme garde-fous naturels

Il est toutefois essentiel de souligner que le cadre JahNergy contient en lui-même des limitations structurelles fortes, qui constituent des garde-fous naturels.

La décodabilité anticipée :

- dépend d'une connaissance causale approfondie de la source ;
- repose sur des signatures faibles et non universelles ;
- n'est pas généralisable à tous les effets ou toutes les sources ;
- ne se prête pas à une industrialisation massive ou automatisée.

Il ne s'agit donc pas d'une capacité universelle de lecture du devenir, mais d'une lisibilité locale, fragile et contextuelle, dont la reproductibilité exige des conditions expérimentales et théoriques strictes.

16.6 Responsabilité scientifique et cadre normatif

Compte tenu de ces enjeux, les auteurs estiment que toute recherche portant sur la décodabilité néguentropomorphique anticipée doit s'inscrire dans un cadre de responsabilité scientifique renforcée.

Cela implique notamment :

- une transparence méthodologique complète ;
- une publication ouverte des résultats et des limites ;

- une vigilance explicite quant aux usages non académiques ;
- un dialogue interdisciplinaire avec les sciences humaines et sociales.

L'objectif de ce travail n'est pas de fournir une technologie de prédiction exploitable, mais de tester expérimentalement une hypothèse fondamentale sur la structure du réel. Toute tentative d'extrapolation opérationnelle hors de ce cadre doit être considérée avec une extrême prudence.

16.7 Position éthique explicite

En conclusion, les auteurs affirment que, si le cadre JahNergy devait être confirmé expérimentalement, il ne saurait justifier une exploitation unilatérale ou propriétaire de la décodabilité anticipée.

La connaissance d'une certitude morphique avant sa réalisation entropomorphique constitue un pouvoir épistémique inédit, qui engage une responsabilité collective. À ce titre, la recherche sur JahNergy doit rester ancrée dans une démarche ouverte, collégiale et orientée vers la compréhension, et non vers le contrôle du devenir.

16.8 Usages sociétaux légitimes et finalités prosociales

Si les risques associés à une exploitation asymétrique de la décodabilité néguentropomorphique anticipée sont réels et doivent être explicitement reconnus, il serait toutefois réducteur de n'envisager ce cadre qu'à travers le prisme de ses dérives potentielles. Comme toute avancée fondamentale touchant à la structure de l'information physique, JahNergy ouvre également des perspectives d'usages sociétaux légitimes, à condition que ceux-ci soient clairement circonscrits, encadrés et finalisés par l'intérêt collectif.

16.8.1 Différence de nature entre usages extractifs et usages protecteurs

Une distinction éthique essentielle doit être opérée entre les usages de type extractif ou compétitif, visant à créer un avantage stratégique privé, et les usages de type protecteur ou réparateur, dont la finalité est la réduction du risque, la préservation de l'intégrité humaine ou la résilience de systèmes critiques.

Dans le premier cas, même une fenêtre anticipatrice très courte peut engendrer des effets de rupture systémique, en particulier dans les domaines financiers ou décisionnels. Dans le second cas, l'anticipation constitue au contraire un facteur de soin, de prévention ou de stabilisation, sans création d'asymétrie de pouvoir injustifiée.

Cette différence de finalité, plus encore que la nature technique de l'outil, est déterminante pour l'évaluation éthique.

16.8.2 Applications médicales et biomédicales potentielles

Le champ médical constitue un exemple paradigmatique d'usage prosocial potentiel. Dans ce contexte, la décodabilité anticipée ne vise pas l'exploitation d'une certitude morphique, mais la protection du sujet concerné.

Même une anticipation limitée (de l'ordre de la seconde ou de la minute) peut avoir des conséquences cliniques majeures, par exemple en permettant :

- l'activation précoce de protocoles de sécurité,
- l'anticipation d'un basculement critique physiologique,

- la prévention d'événements aigus lorsque les signaux précurseurs sont faibles ou non classiques.

Dans ce cadre, l'asymétrie informationnelle est éthiquement admissible, car elle est consentie, encadrée par des normes strictes, et orientée vers le bénéfice direct du patient. L'information anticipée ne crée pas un pouvoir sur autrui, mais une capacité accrue de soin.

16.8.3 Gestion de crises et systèmes critiques

Un second domaine d'intérêt légitime concerne la gestion de systèmes critiques non humains, dont la défaillance peut avoir des conséquences humaines majeures : infrastructures hospitalières, réseaux énergétiques, systèmes de transport ou de communication essentiels.

Dans ces contextes, la décodabilité anticipée peut être interprétée comme un outil de diagnostic avancé permettant d'identifier un état de fragilité avant qu'un point de non-retour ne soit atteint. L'objectif n'est pas la prédiction déterministe d'un événement, mais l'activation de stratégies de résilience ou de modes dégradés contrôlés.

Là encore, la valeur éthique réside dans la prévention d'un dommage collectif, et non dans l'exploitation d'un avantage informationnel.

16.8.4 Conditions éthiques minimales d'acceptabilité

Sur la base de ces considérations, les usages prosociaux potentiels de JahNergy doivent satisfaire au minimum les conditions suivantes :

- une finalité explicitement non compétitive ;
- un bénéfice direct pour les individus ou systèmes concernés ;
- un encadrement institutionnel clair et auditable ;
- une limitation volontaire de la fenêtre anticipatrice exploitée ;
- une transparence scientifique sur les capacités et les limites.

Ces conditions ne constituent pas une garantie absolue, mais un socle normatif minimal permettant de distinguer une recherche responsable d'une instrumentalisation problématique.

16.8.5 Positionnement de la présente étude

La présente étude s'inscrit explicitement dans une démarche de recherche fondamentale et de clarification conceptuelle. Elle n'a pas pour objet le développement d'outils prédictifs opérationnels, mais l'exploration des conditions sous lesquelles des effets physiques peuvent devenir partiellement lisibles avant leur effectivité entropomorphique.

Toute extrapolation vers des usages appliqués ne peut être envisagée qu'à travers une évaluation éthique rigoureuse, interdisciplinaire et collective. À ce titre, les auteurs considèrent que les applications médicales, préventives ou de protection des systèmes vitaux constituent les seuls horizons où une telle exploration pourrait, à terme, être envisagée de manière responsable.

16.9 Typologie néguentropique et enjeux éthiques des bandes civiles

L'intégration de la typologie des causes selon leur profondeur néguentropique permet de préciser et de nuancer les enjeux éthiques associés aux bandes radio domestiques.

Les risques majeurs ne proviennent pas des sources humaines intentionnelles, dont la profondeur néguentropique est limitée, ni des phénomènes chaotiques, dont la décodabilité anticipée est intrinsèquement fragile.

Les enjeux éthiques les plus sensibles concernent les causes algorithmiques et automatisées, dont l'inscription néguentropomorphique peut être profonde et dont les effets sont susceptibles d'être exploités à des échelles temporelles significatives.

Dans ce contexte, les bandes radio domestiques ne posent pas un problème par leur nature civile, mais par la coexistence, au sein d'un même espace électromagnétique, de causes aux profondeurs néguentropiques très différentes.

Cette analyse conduit à une distinction éthique claire :

- la lecture anticipée de contenus humains doit être considérée comme non exploitable et éthiquement irrecevable ;
- l'anticipation d'états collectifs ou de défaillances peut relever d'un usage protecteur légitime ;
- l'exploitation anticipée de processus algorithmiques à des fins compétitives constitue le principal risque sociotechnique.

En conséquence, la gouvernance éthique de toute recherche fondée sur JahNergy doit explicitement tenir compte de la nature causale des sources étudiées, et non uniquement des capacités instrumentales. La typologie néguentropique proposée ici constitue à ce titre un outil conceptuel essentiel pour encadrer les usages acceptables et prévenir les dérives.

A Spécification d'un détecteur radio opérationnel et feuille de route expérimentale

A.1 Objet et périmètre

Cette annexe spécifie un *détecteur opérationnel* au sens expérimental : un système instrumental + chaîne de traitement capable de (i) extraire des *observables anticipateurs* compatibles avec JahNergy (résidus non- ν^{-2} , splitting polarisé, birefringence non-Faraday, cohérences de phase), (ii) estimer les paramètres d'un modèle projectif Π_m paramétré par $p(m), q(m)$, et (iii) produire un verdict falsifiable (détection/borne supérieure) avec tests de robustesse.

Le périmètre exclut explicitement toute promesse de "lecture du futur" à la demande : la finalité est la *métrologie* de signatures faibles dans des données radio, et la calibration empirique des paramètres $(m_0, \tau, p_c, q_0, \gamma)$ dans des classes de sources bien définies.

A.2 Architecture fonctionnelle du détecteur

On décompose le détecteur en trois couches :

1. **Acquisition (RF / numérique)** : récepteur large bande, numérisation, canalisation fine, horloge.
2. **Métrologie polarimétrique** : calibration Stokes, correction leakage, modèle de bande (bandpass), RFI excision.

3. **Inférence JahNergy** : extraction d’observables anticipateurs, ajustement DM/RM/scattering + paramètres JahNergy, tests de nullité, estimation hiérarchique catalogue.

Le schéma fonctionnel minimal est :

RF → ADC → Channelizer → (RFI, Bandpass, PolCal) → (DM/RM/Scatt) → (JahNergy fit) → Décision.

A.3 Exigences minimales (prototype) et exigences cibles (SKA-grade)

Le tableau 2 donne une spécification pragmatique : “prototype” (déjà testable sur instruments existants) et “cible” (SKA-grade).

Table 2: Exigences minimales vs cibles pour un détecteur JahNergy en radio.

Paramètre	Prototype	Cible (SKA-grade)
Bande utile	0.7–2.0 GHz	0.35–3.0 GHz (min), + hautes bandes
Fractionnelle	$\gtrsim 2 : 1$	$\gtrsim 8 : 1$ (multi-bandes combinées)
Canalisation $\Delta\nu$	10–50 kHz	≤ 10 kHz (idéal 1–5 kHz)
Résolution temporelle	10–50 μ s	≤ 10 μ s (FRB), ≤ 1 μ s (amb.)
Polarimétrie	Stokes complets	Stokes complets + leakage $< 10^{-3}$
Horloge / time transfer	≤ 1 μ s	≤ 100 ns (objectif < 50 ns)
Stabilité bandpass	$< 10^{-2}$	$< 10^{-3}$ (après calibration)
RFI excision	standard + logs	temps réel + reproductible / audit
Cibles	MSP + FRB répétés	MSP/PTA + FRB + catalogue large

Remarque. Les exigences de canalisation et de polarimétrie dominent la capacité à dissocier un terme ν^{-1} d’effets plasma complexes et de systématiques.

A.4 Observables extraits et métriques de performance

A.4.1 Observables primaires

Le détecteur extrait, par source s :

- **Temps d’arrivée** $t_s(\nu, p)$ par canal fréquentiel et mode $p = \pm$;
- **Résidu de dispersion** $\Delta t_s(\nu, p)$ après retrait plasma (DM) ;
- **Rotation de polarisation** $\psi_s(\nu)$ et résidu non- λ^2 après RM ;
- **Déphasage modal** $\Delta\phi_s(\nu)$ (birefringence) ;
- **Cohérence de phase** (ex. spectre de phase/phase-lock index) sans portage énergétique significatif quand applicable.

Le modèle de fit minimal (déjà défini dans le corps de l’étude) est rappelé :

$$t_s(\nu, p) = t_{0,s} + K DM_s \nu^{-2} + A_{1,s} \nu^{-1} + A_{2,s} \nu^{-3} + p (B_{1,s} \nu^{-1} + B_{3,s} \nu^{-3}) + \epsilon. \quad (49)$$

A.4.2 Métriques de décision

On définit des métriques opérationnelles :

- **SNR_{B₁}** : rapport $|B_{1,s}|/\sigma(B_{1,s})$;
- **Gain d'évidence** Bayésien $\Delta \ln \mathcal{Z}$ entre modèle sans terme ν^{-1} et modèle avec ;
- **Stabilité multi-époque** : variance inter-époques de $B_{1,s}$ vs variance attendue par plasma/scattering ;
- **Robustesse** : invariance de $B_{1,s}$ sous perturbations contrôlées (bandpass, RFI, choix de sous-bandes).

Une détection (niveau source) peut être fixée par exemple par :

$$\text{SNR}_{B_1} \geq 5 \quad \text{et} \quad \Delta \ln \mathcal{Z} \geq 8, \quad (50)$$

avec confirmation sur au moins deux époques indépendantes.

A.5 Lien à la projection partielle : estimation de $p(m)$ et $q(m)$

Le détecteur estime les paramètres projectifs via :

$$\Pi_m = p(m) \Pi_{\text{fact}} + q(m) \Pi_{\text{pre}}, \quad (51)$$

avec $p(m)$ logistique ou relaxation exponentielle, et $q(m)$ décroissant avec $p(m)$. On utilise notamment :

$$p(m) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{m-m_0}{\tau}\right)}, \quad (52)$$

$$q(m) = q_0(1 - p(m))^\gamma. \quad (53)$$

Couplage aux observables. Une paramétrisation minimalement testable est :

$$I(m, \nu) \propto p(m) I^{(\nu)}, \quad (54)$$

$$B_1(m, \hat{\mathbf{n}}) = \tilde{B}_1(\hat{\mathbf{n}}) q(m), \quad (m < m_c), \quad (55)$$

ce qui permet d'inférer (m_0, τ, q_0, γ) à partir de la montée de l'intensité (quand observable) et de la décroissance des observables anticipateurs.

A.6 Pipeline d'inférence : version “engineering”

A.6.1 Étapes de traitement

1. **Prétraitement** : RFI excision, bandpass flattening, flagging systématique (log versionné).
2. **Calibration polarimétrique** : estimation matrice de Mueller, correction leakage, validation sur calibrateurs.
3. **Dédispersion et modèle plasma** : DM variable, multi-écrans si nécessaire, modèle de scattering (ex. exponentiel ou Kolmogorov paramétrique).

4. **Extraction des TOA** : par sous-bandes et par modes $p = \pm$ ou projection sur bases polarisées.
5. **Fit joint** : ajustement (49) + modèle $\psi(\nu)$, avec contraintes priors (instrument) et pénalisation de complexité (Bayes).
6. **Robustesse** : tests de permutation (shuffle des canaux), injections (signaux synthétiques), sous-échantillonnage.
7. **Catalogue** : modèle hiérarchique $B_1(\hat{\mathbf{n}})$ (dipôle/quadrupôle) et comparaison aux corrélats DM/RM.

A.6.2 Log-vraisemblance (forme prête à coder)

Pour une source s , canaux j , modes p , on utilise :

$$\ln \mathcal{L}_s = -\frac{1}{2} \sum_{j,p} \left[\frac{\left(t_{s,j,p}^{\text{obs}} - t_s(\nu_j, p) \right)^2}{\sigma_{s,j,p}^2} + \ln(2\pi\sigma_{s,j,p}^2) \right], \quad (56)$$

avec extension analogue pour $\psi(\nu)$ et $\Delta\phi(\nu)$. Les hyperparamètres catalogue s'infèrent via un niveau hiérarchique.

A.7 Feuille de route expérimentale en trois paliers

A.7.1 Palier 1 : bornes supérieures robustes (null result propre)

Objectif. Produire des contraintes supérieures sur B_1 , C_1 (birefringence non-Faraday), et sur des paramètres projectifs (q_0 en particulier), en maîtrisant les systématiques.

Plan.

- Échantillon : 20–50 MSP stables + 1–2 FRB répétitifs bien caractérisés.
- Multi-bandes : au moins deux bandes séparées (ex. ~ 0.7 – 1.0 et 1.2 – 1.8 GHz).
- Multi-époque : ≥ 20 sessions pour séparer variabilité DM/RM.
- Sortie : bornes supérieures par source et globales (catalogue).

A.7.2 Palier 2 : détection statistique catalogue (cohérence directionnelle)

Objectif. Détecter (ou exclure) une structure cohérente faible dans les amplitudes $B_{1,s}$, potentiellement anisotrope.

Plan.

- Catalogue : centaines de sources (MSP + pulsars + FRB).
- Modèle hiérarchique :

$$B_1(\hat{\mathbf{n}}) = B_0 + \mathbf{b} \cdot \hat{\mathbf{n}} + \hat{\mathbf{n}}^\top \mathbf{Q} \hat{\mathbf{n}}.$$

- Tests : indépendance vis-à-vis de DM/RM, cross-validation ciel, comparaisons sous-catalogues.
- Sortie : postérieurs sur $(B_0, \mathbf{b}, \mathbf{Q})$ et sur la dispersion locale.

A.7.3 Palier 3 : décodabilité anticipée contrôlée (classe de sources contraintes)

Objectif. Démontrer une fenêtre opérationnelle $[m_{\text{dec}}, m_c)$ sur une classe de sources où \mathcal{K} (connaissance causale) est suffisamment informative, et où les observables anticipateurs sont détectables avant l’effectivité.

Candidats privilégiés.

- MSP très stables avec géométrie polarisée bien contrainte ;
- FRB répétitifs présentant des *états d’activité* quasi stationnaires ;
- phénomènes de type “state switching” (si corrélables à des signatures polarisées/phase).

Plan.

- Campagnes intensives (cadence minute) lors de fenêtres d’activité.
- Fit couplé $p(m), q(m)$ via (54)–(55).
- Critère : réduction de l’entropie conditionnelle $H(X | Y_m, \mathcal{K})$ sous un seuil δ pour $m < m_c$ (définition de $m_{\text{dec}}(\delta)$).
- Sortie : estimation empirique de τ et de la largeur de fenêtre en unités de temps (timestamps instrumentaux).

A.8 Sûreté, gouvernance, et atténuation des risques d’usage

Même dans un cadre strictement scientifique, un dispositif visant l’accès à des observables anticipateurs peut soulever des préoccupations d’usage. On recommande, dès la phase prototype :

- transparence (publication des méthodes, limites, null tests) ;
- auditabilité (logs RFI, versions pipeline, traçabilité des calibrations) ;
- gouvernance institutionnelle (revue éthique interne, contrôle d’accès aux données brutes si nécessaire) ;
- cadrage explicite : interdiction d’usage compétitif (finance, décision asymétrique) dans le cadre du projet.

Note. Ces mesures n’affectent pas la falsifiabilité scientifique : elles encadrent la dissémination et l’industrialisation, non la reproductibilité académique.

A.9 Critères de succès et critères d’arrêt

Succès (scientifique).

- Détection robuste (multi-epoch, multi-bandes) de termes non- ν^{-2} et polarisés, non réabsorbables dans des modèles plasma réalistes ;
- cohérence catalogue ou directionnelle ; estimation non nulle de q_0 ;
- calibration empirique d’une échelle τ (même sous forme de borne).

Arrêt (falsification pratique).

- Tous les signaux candidats se réduisent à DM/RM/scattering/instrument après modèles enrichis et tests d'injection ;
- contraintes supérieures poussées rendant q_0 compatible avec zéro au-delà d'un seuil d'intérêt physique défini.

B Typologie des causes selon la profondeur néguentropique

B.1 Principe général

Dans le cadre JahNergy, la décodabilité anticipée d'un effet ne dépend ni de sa nature apparente (humaine, technique ou physique), ni de son caractère perçu comme aléatoire, mais de la *profondeur néguentropique* de sa cause, c'est-à-dire de la durée et de la stabilité avec lesquelles l'effet est inscrit comme certitude morphique dans l'espace néguentropomorphique \mathcal{M}_{ne} .

On définit la *profondeur néguentropique* Δm_{ne} comme l'intervalle de Transformations Morphiques Fondamentales (TMF) séparant l'inscription certaine de l'effet de sa réalisation entropomorphique :

$$\Delta m_{ne} \equiv m^{-m_{\text{ins}}}, (57)$$

où m_{ins} est le TMF d'inscription néguentropomorphique et m celui de la réalisation entropomorphique.

Cette grandeur détermine directement la fenêtre maximale de décodabilité anticipée.

B.2 Classes de causes

Sur cette base, on peut distinguer quatre grandes classes de causes, ordonnées par profondeur néguentropique croissante.

B.2.1 Causes humaines intentionnelles

Les causes humaines intentionnelles (parole, geste, décision consciente, discours préparé) présentent une inscription néguentropomorphique liée à la stabilité cognitive et intentionnelle du sujet.

- **Inscription** : intention ou plan d'action conscient.
- **Stabilité** : faible à modérée, sensible au contexte.
- **Profondeur néguentropique typique** : Δm_{ne} correspondant à des échelles de la seconde à la minute.

Dans le cas d'une parole spontanée, la clôture néguentropique est proche de l'émission. Dans le cas d'un discours préparé ou ritualisé, elle peut s'étendre davantage, sans toutefois dépasser des échelles courtes.

La décodabilité anticipée est donc possible en droit, mais limitée temporellement et fortement contextuelle.

B.2.2 Causes algorithmiques et déterministes

Les causes algorithmiques (programmes, scripts, générateurs pseudo-aléatoires, processus industriels automatisés) présentent une inscription néguentropomorphique particulièrement stable.

- **Inscription** : état initial + règles de transition fixes.
- **Stabilité** : élevée, indépendante de l'observateur.
- **Profondeur néguentropique typique** : Δm_{ne} pouvant correspondre à des minutes, heures, voire davantage.

Dans ce cas, l'effet est entièrement déterminé bien avant sa réalisation entropomorphique. La décodabilité anticipée est maximale en principe, et la seule limite devient l'accessibilité expérimentale à l'inscription néguentropomorphique.

Les processus dits aléatoires dans ce cadre cessent de l'être tant qu'ils restent algorithmiques.

B.2.3 Causes chaotiques classiques

Les causes chaotiques (systèmes dynamiques non linéaires sensibles aux conditions initiales) occupent une position intermédiaire.

- **Inscription** : déterministe mais extrêmement sensible.
- **Stabilité** : décroissante avec l'échelle.
- **Profondeur néguentropique typique** : Δm_{ne} finie mais variable, souvent courte à moyenne.

Dans JahNergy, ces systèmes sont déterminés néguentropomorphiquement, mais leur clôture morphique intervient rapidement, du fait de l'amplification exponentielle des incertitudes microscopiques.

La décodabilité anticipée est possible, mais uniquement sur une fenêtre étroite, dépendant fortement de la précision de l'information initiale.

B.2.4 Causes quantiques fondamentales

Les causes quantiques fondamentales (processus de mesure irréductibles, décohérence intrinsèque) constituent le cas limite.

- **Inscription** : inexistante ou non stabilisée avant la mesure.
- **Stabilité** : nulle au-delà de la clôture.
- **Profondeur néguentropique typique** : $\Delta m_{ne} \approx 0$.

Dans ce régime, l'effet n'est pas inscrit comme certitude dans l'espace néguentropomorphique avant sa réalisation entropomorphique. Il devient effectivement aléatoire au sens fort, et toute décodabilité anticipée est impossible, même en principe.

Ce cas constitue la limite inférieure absolue de la décodabilité JahNergy.

B.3 Synthèse et hiérarchie

La hiérarchie des causes selon la profondeur néguentropique peut être résumée comme suit :

$$\text{Quantique} < \text{Chaotique} < \text{Humain} < \text{Algorithmique}. \quad (58)$$

Cette hiérarchie ne reflète pas un degré de complexité, mais un degré de *stabilité morphique* de l'inscription causale.

B.4 Conséquence conceptuelle majeure

Cette typologie montre que ce que l'on appelle couramment aléatoire n'est pas une catégorie ontologique unique, mais le résultat d'un franchissement de la limite néguentropique propre à chaque classe de causes.

Ainsi, dans JahNergy :

- l'aléatoire humain est souvent un aléatoire apparent ;
- l'aléatoire algorithmique n'en est pas un ;
- l'aléatoire chaotique est transitoire ;
- l'aléatoire quantique est fondamental.

La décodabilité anticipée n'est donc ni universelle ni arbitraire, mais strictement gouvernée par la profondeur néguentropique de la cause considérée.