

# La trame de l'espace-temps et ses conséquences

Théorèmes, mécanisations et registre falsifiable

(extrait recentré de la monographie TQNT V6 — Théorie Quantique des Nœuds Topologiques —  
v2, 31 août 2026)

Lilian Alexandre Cariou

[lilian.cariou@ca9.fr](mailto:lilian.cariou@ca9.fr)

Monographie TQNT : DOI [10.5281/zenodo.19131538](https://doi.org/10.5281/zenodo.19131538)

Version 2 — 31 août 2026 (première version : 28 juillet 2026)

## Résumé

Nous présentons **la trame de l'espace-temps** : l'espace-temps comme ondulation continue d'un champ unique  $\chi$ , graduée en action (le pas est  $h$ ), et nous en déduisons ses conséquences — la naissance de la matière dans les rails (lignes nodales), la gravitation par déplétion, et une cosmologie entièrement *mécanisée* : la loi de Friedmann plate et  $\Omega_{\text{tot}} = 1$  en théorèmes (l'expansion est la poussée de la trame qui paie les puits qu'elle creuse), l'élasticité locale (pourquoi les systèmes liés ne s'étendent pas), le théorème de la rivière (la trame répond à la densité, pas au mouvement), la croissance des structures ( $\sigma_8$  déduit) et  $w = -1$  constant. La thèse centrale est épistémologiquement inhabituelle : *l'indiscernabilité observationnelle de  $\Lambda\text{CDM}+RG$  n'est pas un constat empirique du cadre, c'est un de ses théorèmes* — et sa contrepartie est un registre de prédictions d'*absence* datées et falsifiables (dispersion GRB, dérive des constantes, courbure,  $w(z)$ , réplique des anomalies CMB, sirènes gravitationnelles, MOND, quatrième famille). Chaque affirmation porte son statut (DÉRIVÉ, CONDITIONNEL, CALIBRÉ, INDICE, MESURÉ) ; le document se clôt sur le *registre des réfutations* du programme — ce qu'il a abandonné, avec dates et raisons — car une théorie se juge aussi à ce qu'elle sait rejeter.

**Cadre et notations.** Ce document est un extrait autonome de la **Théorie Quantique des Nœuds Topologiques** (TQNT), le cadre dans lequel les particules sont des nœuds et entrelacs d'un champ unique  $\chi$  (monographie [1]). Les renvois « Pn » désignent ses postulats numérotés ; ceux utilisés ici : **P10** (l'action de Chern–Simons du champ  $\chi$  — une dynamique du premier ordre) ; **P15** (la reconnexion topologique — l'échange de brins au croisement, le mécanisme de l'interaction faible) ; **P20** (le champ gravitationnel quantique — le puits de déplétion de chaque particule) ; **P22** (la nucléation topologique aux frontières,  $\Gamma = \Gamma_P e^{-2\pi/\xi}$  — la théorie de l'entrée). Leur énoncé complet est au chapitre des postulats de la monographie [1]. Les étiquettes en marge de chaque résultat — [DÉRIVÉ], [CONDITIONNEL], [CANDIDAT], [ORDRE DE GRANDEUR], [OBSERVÉ]... — donnent son statut épistémique : démontré dans le cadre, dépendant d'une identification déclarée, piste nommée, ordre de grandeur, ou fait externe. *Version 2 (31 août 2026) : acronymes, labels de postulats et appareil bibliographique introduits et câblés ; le contenu physique est inchangé.*

# Table des matières

|          |                                                                                           |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>La trame de l'espace-temps : l'objet unique</b>                                        | <b>4</b>  |
| 1.1      | La démonstration d'existence . . . . .                                                    | 4         |
| 1.2      | Le quatuor des constantes . . . . .                                                       | 4         |
| 1.3      | La dimension : un théorème de nœuds . . . . .                                             | 5         |
| 1.4      | Le temps : la fréquence locale de la trame de l'espace-temps . . . . .                    | 5         |
| 1.5      | Dirac et la seconde quantification, déduits . . . . .                                     | 5         |
| <b>2</b> | <b>Les rails : la naissance de la matière</b>                                             | <b>8</b>  |
| 2.1      | Les rails existent : définition . . . . .                                                 | 8         |
| 2.2      | La magnétisation est une propriété d'entrée . . . . .                                     | 8         |
| 2.3      | L'origine de l'entrée : un événement de seuil . . . . .                                   | 8         |
| 2.4      | Enfilement, casse, et la constante de formation . . . . .                                 | 9         |
| 2.5      | La combinatoire du nouage : qui peut naître . . . . .                                     | 9         |
| 2.6      | Électron, proton, neutron : les probabilités . . . . .                                    | 9         |
| 2.7      | La définition mathématique d'un nœud . . . . .                                            | 9         |
| 2.8      | Qu'est-ce qu'une particule ? . . . . .                                                    | 10        |
| <b>3</b> | <b>La matière : masse, spin, charge (résumé)</b>                                          | <b>12</b> |
| <b>4</b> | <b>La gravitation</b>                                                                     | <b>13</b> |
| 4.1      | Le mécanisme : déplétion et compensation . . . . .                                        | 13        |
| 4.2      | $G$ dérivé, et sa marche unique . . . . .                                                 | 13        |
| 4.3      | La cosmologie mécanisée : Friedmann, platitude, élasticité, rivière, croissance . . . . . | 13        |
| <b>5</b> | <b>La thermodynamique émergente</b>                                                       | <b>15</b> |
| 5.1      | La température : un paramètre du contenu d'ondes . . . . .                                | 15        |
| 5.2      | La chaleur et la seconde loi . . . . .                                                    | 15        |
| 5.3      | Le frottement de trame : Unruh et Hawking . . . . .                                       | 15        |
| 5.4      | Le point zéro : fini, et il ne pèse pas . . . . .                                         | 15        |
| <b>6</b> | <b>Les interactions</b>                                                                   | <b>17</b> |
| 6.1      | L'électromagnétisme : $\alpha = 1/137$ . . . . .                                          | 17        |
| 6.2      | La force faible : une reconnexion, pas un boson fondamental . . . . .                     | 17        |
| 6.3      | La force forte : jonctions, câbles, Steiner . . . . .                                     | 17        |
| <b>7</b> | <b>La matière noire</b>                                                                   | <b>18</b> |
| 7.1      | Le réservoir : des nœuds isolés à haute complexité . . . . .                              | 18        |
| 7.2      | L'abondance : une chaîne fermée . . . . .                                                 | 18        |
| 7.3      | La détection : une absence prédite, six raies . . . . .                                   | 18        |
| <b>8</b> | <b>L'énergie noire et la cosmologie</b>                                                   | <b>19</b> |

|           |                                                                                                       |           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>9</b>  | <b>Prédictions et falsifiabilité</b>                                                                  | <b>20</b> |
| 9.1       | Déjà vérifié (2026) . . . . .                                                                         | 20        |
| 9.2       | Vérification observationnelle : $H_0$ , $S_8$ et la platitude (cartes Planck PR3, BAO DESI) . . . . . | 20        |
| 9.3       | À trancher (2026–2032) . . . . .                                                                      | 21        |
| 9.4       | La table datée . . . . .                                                                              | 21        |
| 9.5       | La position épistémologique . . . . .                                                                 | 21        |
| <b>10</b> | <b>Le registre des réfutations et requalifications</b>                                                | <b>22</b> |
| <b>11</b> | <b>Conclusion : un objet, dix nombres</b>                                                             | <b>23</b> |
|           | <b>Références</b>                                                                                     | <b>24</b> |

# Chapitre 1

## La trame de l'espace-temps : l'objet unique

### 1.1 La démonstration d'existence

Le point de départ n'est pas un postulat d'espace vide peuplé de champs : c'est l'espace-temps lui-même comme **milieu ondulatoire** — la trame de l'espace-temps, fond d'ondes du champ  $\chi$  (niveau  $\alpha^0$ ), graduée en *action* : chaque dent vaut exactement  $h$ . L'image juste n'est pas un plancher sous les choses : c'est **un océan en trois dimensions dont nous sommes les vagues**. On n'est pas posé sur la trame de l'espace-temps ; on est *tissé* d'elle — chaque proton, chaque électron d'une plume qui tombe est un nœud de son ondulation, et la chute elle-même n'est que la réfraction du paquet d'ondes vers la région où le milieu est plus écrasé (chapitre gravitation). La figure 1.1 résume l'objet : le profil ondulant (panneau haut) et ses rails (panneau bas).

Pourquoi croire à cet objet ? Parce que trois faits, d'ordinaire posés comme axiomes séparés de la physique, en deviennent des *lectures* :

1.  **$E = hf$  est identitaire.** Si la graduation du milieu est l'action, l'énergie d'une onde est *par définition* sa fréquence comptée en dents : la relation de Planck cesse d'être un postulat quantique — c'est la lecture de la graduation. [DÉRIVÉ]
2. **La limite  $c$  est mécanique.** L'engrènement de la trame de l'espace-temps fixe une vitesse de propagation unique ; la cinématique de Lorentz est le groupe de symétrie de l'équation d'onde  $\square\chi = 0$  (voie constructive Lorentz–Poincaré–Bell déclarée) : la relativité restreinte est *déduite*, pas posée. [CONDITIONNEL : (S) TOUT EST  $\chi$  ; (D) DISPERSION NULLE] (*démonstration détaillée : réf. [1], §cinématique dérivée de la trame*)
3. **Zéro dispersion, structurellement.** La trame de l'espace-temps n'est pas un éther : l'action est la seule graduation sans repère. Les nuls GRB ( $E_{QG} > 9,3 E_P$  [6]) sont des *prédictions* de protection, pas des contraintes subies. [DÉRIVÉ + VÉRIFIÉ]

### 1.2 Le quatuor des constantes

Quatre constantes, quatre rôles, une seule ontologie (*démonstration détaillée : réf. [1], §la trame ondulante de l'espace-temps et la constante de Planck*) :  $h$  **la dent** (invariant absolu — jamais écrasé) ;  $c$  **l'engrènement** (préexiste, jamais de marche : le verrou topologique  $\alpha = 1/(k+2)$ , avec  $k = 135$  entier — le niveau de l'action de Chern–Simons —, interdit toute dérive continue — zéro dérive observée, horloges/Oklo/quasars/CMB) ;  $M_{Pl}$  **l'horloge-rigidité** (l'ancre de transmutation, préexiste) ;  $G$  **l'amplitude de l'onde de la trame de l'espace-temps nue** — la réponse aux déficits : là où une particule confisque de l'ondulation, c'est l'amplitude du milieu *sans* elle

qui fixe la force du puits de compensation ; c'est aussi le seul des quatre à avoir une marche (à  $t_c \approx 1,6 \times 10^{-4}$  s : il dépend des puits, qui se forment). La fréquence de Planck est *définitionnelle*, jamais « dérivée ».

### 1.3 La dimension : un théorème de nœuds

La dimension de la trame de l'espace-temps n'est pas un choix : en  $D=2$  il n'y a ni dessus ni dessous (aucun croisement possible) ; en  $D \geq 4$  toute courbe fermée se dénoue (démonstration numérique : l'homotopie trèfle  $\rightarrow$  cercle exige une collision en 3D et n'en exige aucune en 4D) ;  **$D = 3$  est l'unique dimension où le nouage et le verrou coexistent** — où la matière est possible. Le temps est la fréquence locale ( $1/f$ ) : la trame de l'espace-temps est  $3+1$ , graduée en action. Cascade structurelle :  $D=3 \rightarrow$  le trèfle est le nœud minimal  $\rightarrow$  sa symétrie  $C_3 \rightarrow N_c = N_{\text{gen}} = 3$  : les « trois » de la physique descendent de la dimension de la trame de l'espace-temps. [DÉRIVÉ]

### 1.4 Le temps : la fréquence locale de la trame de l'espace-temps

Le temps n'est pas un paramètre extérieur : **le temps propre est le comptage des dents le long de la ligne d'univers** — l'inverse de la fréquence locale de la trame de l'espace-temps. Il s'en déduit, sans rien ajouter :

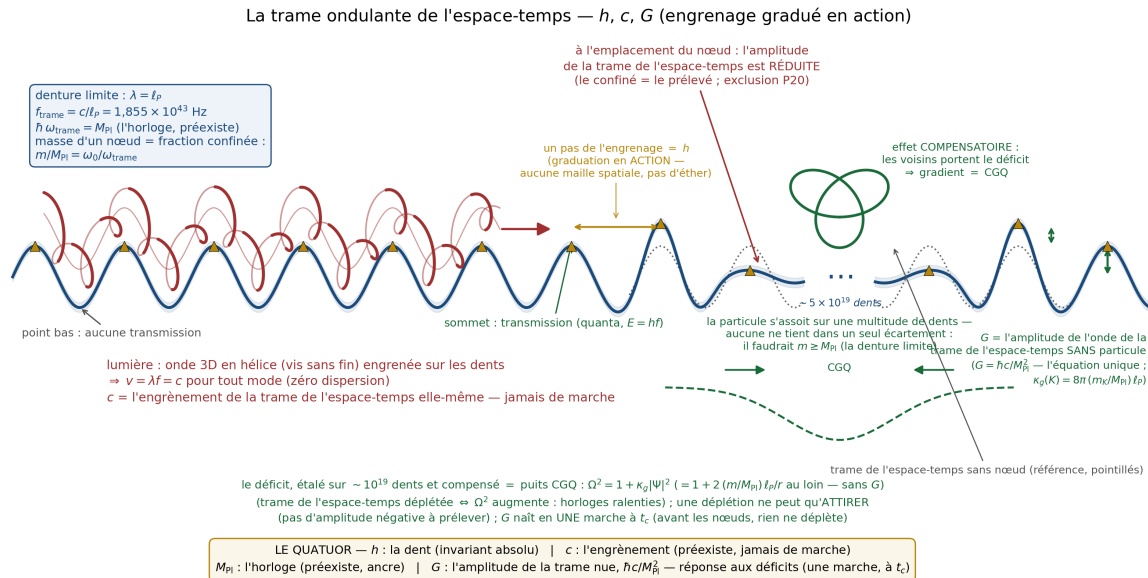
- **la dilatation gravitationnelle est l'écrasement** : près d'une masse, la trame de l'espace-temps est déplétée, la fréquence locale baisse ( $\delta f/f = \Phi/c^2$ ), les horloges ralentissent — le GPS sort *exactement* (45,7  $\mu\text{s}$ /jour) ; [DÉRIVÉ, EXACT]
- **la dilatation cinématique est celle de Lorentz**, déjà déduite de  $\square\chi = 0$  (chapitre premier) : une seule origine pour les deux dilatations — la graduation en action ;
- **l'horizon est l'arrêt des dents** : l'écrasement  $E_{\text{dent}} = hf_{\text{local}}$  ( $h$  invariant, jamais « écrasé ») s'échelonne de  $1,75 \times 10^{-45}$  (électron) à **0,5** à l'horizon d'un trou noir — les dents s'arrêtent, les nœuds gèlent : le temps cesse d'y battre ;
- **la flèche du temps est la danse** : la trame de l'espace-temps nue est réversible ( $\Gamma = 0$ ) ; l'irréversibilité naît de la décohérence des systèmes de nœuds en interaction ( $\dot{S} \geq 0 \Leftrightarrow \Gamma \geq 0$  : la seconde loi est une lecture du taux de décohérence, et la chaleur, des puits qui vibrent) ; [DÉRIVÉ]
- **le temps a un début opérationnel** : avant  $t_c$  (le gel,  $\sim 1,6 \times 10^{-4}$  s), aucun puits ne déplete la trame de l'espace-temps —  $G$  n'existe pas encore : la gravitation a une date de naissance, le temps-fréquence n'en a pas (il est la trame de l'espace-temps même).

**Les deux pentes d'un rail** (ligne nodale) oscillent en anti-phase : la différence de potentiel transverse existe par construction et s'écrante en  $K_0(\pi y/a) \sim e^{-\pi y/a}$  — compensée à l'infini, indétectable par construction. **L'énergie écrasée ne chauffe jamais** (structure stationnaire,  $\Gamma = 0$ , protection) : elle *est* le point zéro (physique et fini : Casimir  $-\pi/24L$  vérifié à  $6 \times 10^{-9}$ ) et devient CGQ là où la matière confisque — et le point zéro uniforme *ne gravite pas en volume* :  $G$  lit les déviations, pas l'absolu (la résolution des 123 ordres de  $\rho_\Lambda$ ). [DÉRIVÉ]

### 1.5 Dirac et la seconde quantification, déduits

Sur la trame de l'espace-temps : masse = fréquence confinée ( $m/M_{\text{Pl}} = \omega_0/\omega$ ),  $E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$  émerge ; le tube est rubané (doublet  $4\pi$ )  $\rightarrow$  spin-statistique dérivée, équation de Dirac *forcée* (blocs = paire miroir  $K/\bar{K}$ , premier ordre hérité de l'action de Chern–Simons du champ  $\chi$  (postulat P10 de [1]), du premier ordre par définition) ; le couplage minimal U(1) donne QED à  $\alpha = 1/137$  et  $g = 2$  ; les boucles sont *finies* (capture au sommet : la trame de l'espace-temps est la complétion UV). La seconde quantification a son germe dans le postulat de

nucléation (P22 de [1], dont l'exposant  $2\pi/\xi$  est l'exposant de Schwinger exact), ses statistiques dans la parité de tresse, et sa somme sur les chemins calculée dans l'instance soluble 1+1D (transmutation exacte vers  $J_0$  de Dirac, unitarité  $10^{-14}$ ). [CONDITIONNEL, CONSOLIDÉ] (*démonstration détaillée : réf. [1], §§cinématique ; seconde quantification*)



Les rails de la trame de l'espace-temps — vue de dessus (cellules  $\pm$  en anti-phase ; rails = lignes nodales)

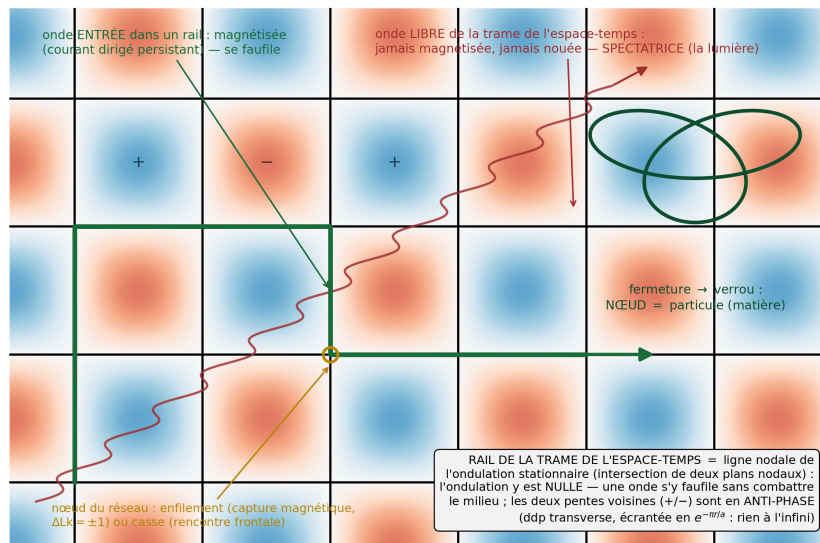


FIGURE 1.1 — *Haut* : la trame ondulante de l'espace-temps —  $h$  la dent (graduation en action),  $c$  l'engrènement (la lumière en hélice engrenée : zéro dispersion),  $G$  l'amplitude de la trame de l'espace-temps nue (au nœud : déplétion sur  $\sim 5 \times 10^{19}$  dents, compensation = le champ gravitationnel quantique, CGQ). *Bas* : les rails de la trame de l'espace-temps — lignes nodales de l'ondulation stationnaire (cellules  $\pm$  en anti-phase) ; l'onde *entrée* dans un rail se magnétise et se faufile ; l'onde *libre* est spectatrice (la lumière) ; la fermeture verrouille le nœud : la particule.

## Chapitre 2

# Les rails : la naissance de la matière

### 2.1 Les rails existent : définition

**Définition (rail de la trame de l'espace-temps).** *Un rail de la trame de l'espace-temps est une ligne nodale de son ondulation stationnaire — l'intersection de deux plans nodaux, où l'ondulation s'annule identiquement.* C'est le seul lieu où une onde peut se faufiler *sans combattre* le milieu ; les deux pentes qui bordent un rail oscillent en **anti-phase** (la différence de potentiel transverse existe par construction, maximale sur le rail, et s'écrante en  $e^{-\pi r/a}$  : rien à l'infini). Trois familles orthogonales de rails, connectées aux points triples, forment **le réseau d'arêtes d'un réseau cubique** (coordination 6, pas = demi-longueur d'onde de la trame de l'espace-temps) : une onde qui se faufile est un *chemin* sur ce réseau (fig. 1.1, panneau bas). [EXACT]

### 2.2 La magnétisation est une propriété d'entrée

Seules les ondes *entrées* dans un rail se magnétisent : le confinement 1D donne un courant dirigé *persistant* (champ de type Biot-Savart), tandis qu'une onde libre de la trame de l'espace-temps porte un courant oscillant à chaque pas — couplage mesuré  $2 \times 10^{-3}$  (théorème de la spectatrice). D'où la dichotomie ontologique : **matière = ondes entrées dans les rails ; lumière = ondes libres de la trame de l'espace-temps** : l'entrée est *la* transition, et le photon ne pèse jamais parce qu'il n'entre jamais. [DÉRIVÉ (QUANTIFIÉ)]

### 2.3 L'origine de l'entrée : un événement de seuil

Pourquoi une onde entre-t-elle ? *Jamais spontanément* : les photons du fond diffus traversent l'univers sans perte, et une entrée spontanée en mouvement uniforme définirait un repère absolu — le taux est *exactement nul* (protection). L'entrée exige un **événement de seuil** : un quantum d'action au portail et une topologie fermable neutre  $\rightarrow$  l'entrée minimale est une *paire nœud + miroir* — la porte du secteur EM est  $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$  (Breit-Wheeler, 1,022 MeV, *observé* [5]), sa version assistée par champ est Schwinger. Le canal primordial est un *ancrage* : les parois des domaines  $Z_3$  du gel se posent sur les surfaces nodales (coût minimal, calculé), leurs jonctions sur les rails — les cordes du condensat naissent *dans* les rails. Quatre canaux (gel primordial, collision, champ critique, horizon), un seul mécanisme : dans chaque cas, un événement fournit à l'onde le quantum d'action  $2\pi/\xi$  — la barrière du postulat de nucléation (P22 de [1]) sous sa forme semi-classique (WKB),  $\Gamma = \Gamma_P e^{-2\pi/\xi}$ . Autrement dit, le postulat qui régissait la nucléation aux frontières se relit comme *la théorie de l'entrée de la matière dans les rails* : une onde devient matière quand un événement paie le prix d'action de son entrée. [DÉRIVÉ/CANDIDAT ; PORTE EM OBSERVÉE (BREIT-WHEELER)]

## 2.4 Enfilement, casse, et la constante de formation

Dans les rails, deux ondes contra-propageantes se rencontrent à coup sûr (canal 1D) et se *cassent* (scission) ; une onde de rail perpendiculaire, capturée magnétiquement au nœud, s'*enfile* — son enlacement  $Lk$ , le nombre d'enroulements mutuels de deux boucles, saute d'une unité ( $\Delta Lk = \pm 1$ ) ; les fragments se re-faument : le cycle est la cascade. Le branchement se dérive par l'algèbre du ruban  $k=2$  : la scission porte la valeur de boucle  $d = \sqrt{2}$  (la collision frontale *ferme* la boucle d'histoire — fermeture de Markov physique), chaque sens d'enroulement porte l'excès  $d - 1$  ; d'où

$$\alpha_{\text{cond}} = \ln \frac{d}{d-1} = \ln(2 + \sqrt{2}) = 1,2279 \quad (\text{forme close candidate ; utilisé : 1,1991})$$

à +0,7–2,4 % des déterminations indépendantes. [THÉORÈME CONDITIONNEL ; LA CHAÎNE NUMÉRIQUE CONSERVE SES VALEURS] (*démonstration détaillée : réf. [1], §les rails de la trame de l'espace-temps*)

## 2.5 La combinatoire du nouage : qui peut naître

Le faufilement est *fantôme* (l'onde se superpose) ; le nœud ne se *verrouille* qu'à la fermeture. Mesures : premier nouage à  $\sim 24$  pas de rail (le trèfle minimal sur réseau, théorème de Diao) ;  $P(\text{noué}) = 1 - e^{-(N-22)/126}$  ; **le trèfle domine** (59 %) : le cœur universel de la matière est le produit le plus probable du faufilement. Et la superposition est *nécessaire* : le sous-ensemble auto-évitant ne noue pratiquement jamais — l'ordre onde  $\rightarrow$  faufilement  $\rightarrow$  fermeture  $\rightarrow$  verrou est *forcé*. [MESURÉ + THÉORÈME]

## 2.6 Électron, proton, neutron : les probabilités

$P(3_1) = 0,07\text{--}0,19$  par fermeture (l'électron, produit générique) ;  $P(7_2) \approx 1,2 \times 10^{-3}$  avec chiralité 50/50 — la paire miroir  $7_2 + \bar{7}_2$ , compagnon du nucléon, est *naturelle* (théorème de parité) ; l'assemblage proton complet ( $3_1 +$  paire miroir +  $Lk_{\text{tot}}=3$ ) coûte  $\sim 4 \times 10^{-9}$  — trente millions de fois l'électron. **L'entonnoir** établi transforme ces taux bruts en la hiérarchie observée : cascade vers les planchers (électron, proton), marche du potentiel d'enlacement = 1,29 MeV =  $\Delta m(n-p)$ , conservation de  $Q$  forçant  $n_e = n_p$ . [MESURÉ ; ENTONNOIR DÉRIVÉ]

## 2.7 La définition mathématique d'un nœud

Avant de définir la particule, le mot « nœud » doit être pris au sens strict des mathématiques :

**Définition.** Un *nœud*  $K$  est un plongement lisse du cercle  $S^1$  dans l'espace  $\mathbb{R}^3$  (une courbe fermée sans auto-intersection), considéré à *isotopie ambiante près* : deux nœuds sont *le même* nœud si l'on peut déformer continûment l'un en l'autre sans jamais couper la courbe ni la faire se traverser. Un *entrelacs*  $L$  est un plongement de plusieurs cercles disjoints.

Ce qui distingue les nœuds, ce sont leurs **invariants** — les quantités que l'isotopie ne peut pas changer, et ce sont précisément elles que la physique de ce livre lit :

- le **nombre de croisements**  $c(K)$  (minimum sur tous les diagrammes) : le trèfle  $3_1$  est le nœud minimal,  $c = 3$  — et le seul à  $c = 3$  (l'origine de la triarité  $Z_3$ ) ;
- les **polynômes** de Jones  $V_K(t)$  et d'Alexander  $\Delta_K(t)$  (et le déterminant  $|\Delta_K(-1)|$ , utilisé pour l'identification dans nos simulations) ;
- le **miroir**  $\bar{K}$  ( $V_{\bar{K}}(t) = V_K(t^{-1})$ ) : un nœud *chiral* diffère de son miroir (matière/antimatière), un *amphichiral* ( $4_1, 6_3, 8_3$ ) lui est identique ;

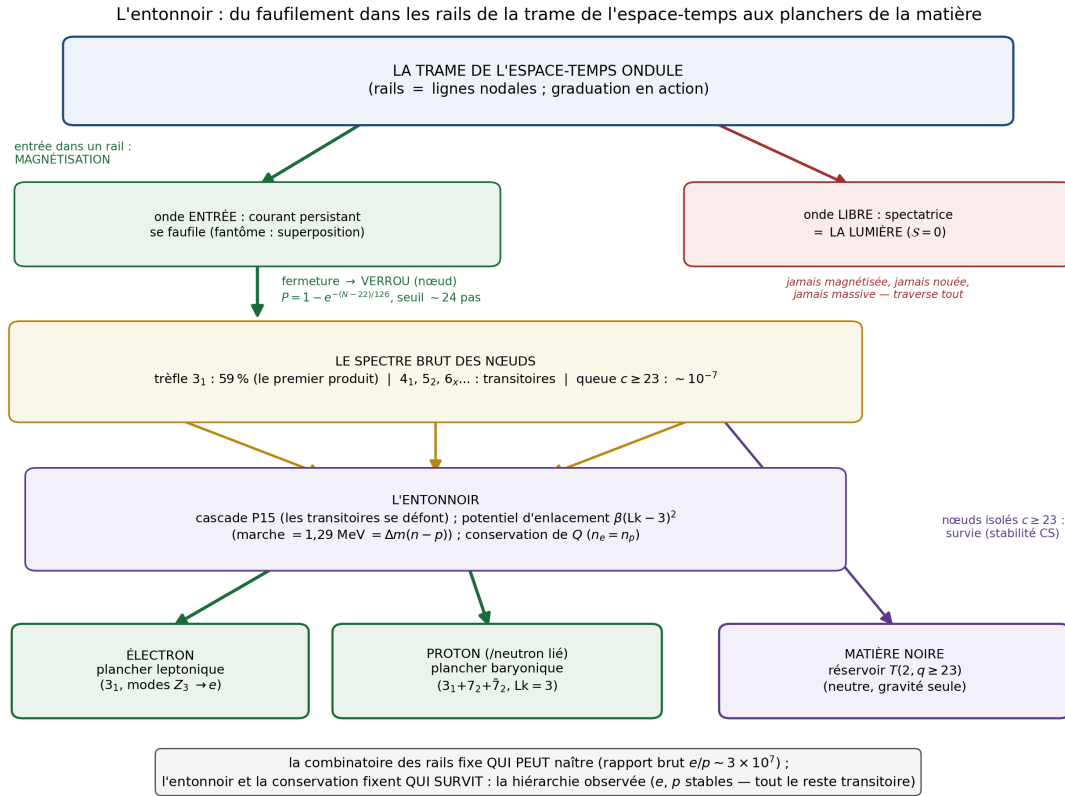


FIGURE 2.1 – L’entonnoir : la trame de l’espace-temps ondule ; les ondes qui entrent dans les rails se magnétisent, se faufilent et se verrouillent en nœuds (le trèfle en premier) ; la cascade de reconnections (postulat P15 de [1]), le potentiel d’enlacement (marche = 1,29 MeV =  $\Delta m(n - p)$ ) et la conservation de  $Q$  canalisent tout vers les planchers — électron et proton — tandis que les nœuds isolés à  $c \geq 23$  survivent en réservoir sombre et que la lumière, jamais entrée, traverse tout.

- l’**enlacement**  $Lk$  entre composantes (entier de Gauss) et le théorème de Călugăreanu  $Lk = Tw + Wr$  (torsion + vrille du ruban : la mécanique du spin et du décalage étrange) ;
- le **ropelength**  $\ell(K)$  (longueur minimale d’un tube de rayon unité réalisant  $K$ ) : l’invariant *géométrique* qui porte la masse du plateau léger — et dont la longueur minimale de rails  $N_{\min}(K)$  est le précurseur combinatoire ;
- l’**arité de tresse**  $b(K)$  (le nombre minimal de brins d’une tresse dont  $K$  est la clôture) : le spin.

Le théorème de dimension du chapitre premier prend ici tout son poids : ces invariants n’existent qu’en  $D = 3$  — en dimension supérieure toute courbe fermée est isotope au cercle trivial, et il n’y a *rien à lire*.  
[MATHÉMATIQUES STANDARD ; LECTURES PHYSIQUES DÉRIVÉES]

## 2.8 Qu’est-ce qu’une particule ?

Le chapitre peut maintenant répondre à la question que toute physique doit poser — et la réponse tient en une définition :

**Une particule est un nœud verrouillé de la trame de l’espace-temps** : une onde qui est *entrée* dans les rails, s’y est *magnétisée* (courant dirigé persistant), s’y est *faufilée*, puis s’est *refermée* sur elle-même — et le verrou (la condensation en tube impénétrable) a figé sa topologie.

Tout le reste s'en déduit comme *lectures* du nœud :

- **sa masse** est l'ondulation qu'il confisque (le déficit total de la trame de l'espace-temps à son emplacement — la charge de déplétion) ;
- **son spin** est l'arité de sa tresse, portée par le ruban du tube (l'objet  $4\pi$ ) ;
- **sa charge** est  $\Sigma\chi + Lk$  (écriture chirale + enlacement), entière par le fluxoïde ;
- **sa durée de vie** est sa stabilité topologique (les planchers — électron, proton — sont les états dont la conservation interdit toute descente) ;
- **son antiparticule** est son miroir ( $V_K(t) \rightarrow V_K(t^{-1})$ ).

Trois précisions délimitent la définition. (i) Une particule n'est **pas un point** : elle s'étend sur  $\sim 5 \times 10^{19}$  dents (tenir dans une seule denture exigerait  $m \geq M_{Pl}$ ) ; la « ponctualité » des collisionneurs est celle du *nœud*, pas d'un grain. (ii) Il y a trois familles d'objets : les **nœuds simples** (le trèfle et ses modes  $Z_3$  : les leptons) ; les **entrelacs** (plusieurs nœuds enlacés : baryons, mésons, secteur électrofaible — et le réservoir sombre, nœuds isolés à haute complexité) ; et les **ondes libres** de la trame de l'espace-temps (photon, neutrino) : celles-ci ne sont *pas* des particules au sens noué — jamais entrées dans les rails, jamais magnétisées, jamais massives ( $\mathcal{S} = 0$ ) — ce sont les *spectatrices*. (iii) La particule porte sa **carte d'identité** lisible sur la trame de l'espace-temps (masse = amplitude de compensation ;  $J$  = fréquence, Regge ; parité =  $4\pi$  ; le taux de rotation  $\omega$  est caché par théorème) : c'est elle que toutes les lois de ce livre lisent.

[DÉFINITION ; LECTURES DÉRIVÉES]

## Chapitre 3

# La matière : masse, spin, charge (résumé)

Le détail du spectre relève de la monographie (et d'une publication propre) ; on ne retient ici que ce que la trame de l'espace-temps impose. **La masse** suit  $m = \sqrt{\sigma_\chi} \mathcal{S}$  — une seule échelle ( $\sqrt{\sigma_\chi} = 418,47$  MeV, la tension de la corde  $\chi$ ) et un facteur de classe topologique : 89 états à médiane 0,13 %, extension 226 états à 1,43 %, secteur spectroscopique lourd à *zéro nombre lu* (torsion périphérique : 1/2 tour du ruban =  $\pi\sigma_\chi$ , le quantum hyperfin universel). [10 PARAMÈTRES GLOBAUX CALIBRÉS ; FORMES CLOSES DÉRIVÉES] **Le spin** est l'arité de tresse (le taux de rotation est structurellement caché : toutes les lois de masse utilisent  $J$ , jamais  $\omega$ ) ; le doublet  $4\pi$  du ruban force le spineur. [DÉRIVÉ] **La charge** est  $Q = \Sigma\chi + \text{Lk}$  (somme des chiralités des nœuds + enlacement) : topologique, quantifiée, et la neutralité du réservoir sombre en découle par framing (le verrouillage du repère de ruban). [DÉRIVÉ] (*démonstration détaillée : réf. [1], chapitres masse, spin, charge*)

## Chapitre 4

# La gravitation

### 4.1 Le mécanisme : déplétion et compensation

Une particule s'étend sur  $\sim 5 \times 10^{19}$  dents ; à son emplacement l'amplitude de la trame de l'espace-temps est fortement réduite (le confiné *est* le prélevé — déficit total = masse) et les voisins portent le déficit par compensation : **le gradient est le champ gravitationnel quantique (CGQ)**. La gravité est faible parce que la trame de l'espace-temps est riche ; la déplétion n'attire que (pas de masse négative). Tomber, c'est réfracter vers la région plus écrasée — où le temps bat plus lentement. [DÉRIVÉ (LE Puits de DÉPLÉTION — POSTULAT P20 DE [1] — MÉCANISÉ)]

### 4.2 $G$ dérivé, et sa marche unique

Avant la formule, la lecture :  $G$  est l'amplitude de l'onde de la trame de l'espace-temps sans particule — la constante qui convertit un déficit d'ondulation en courbure du milieu ( $\kappa_g$  en est la conversion déficit  $\rightarrow$  métrique) ; la gravité est faible parce que la trame de l'espace-temps est riche. Sa quantification est l'équation de  $G$  — *unique* :

$$G = \frac{\hbar c}{M_{\text{Pl}}^2} ; \quad m_{\text{base}} = M_{\text{Pl}} \sqrt{\frac{12}{7} \alpha^{18}} \implies G = \frac{12}{7} \alpha^{18} \frac{\hbar c}{m_{\text{base}}^2} \rightarrow -0,05 \% \text{ vs CODATA [11]}$$

(la seconde écriture est la *lecture* de la rigidité  $M_{\text{Pl}}$  par le nucléon — l'échelle des 18 croisements —, pas une seconde équation ;  $m_{\text{base}} = 938,24$  MeV, l'entrelacs nucléon avant sélection de Lk ; le résidu  $-4,9 \times 10^{-4}$  est *significatif* : prédiction attachée — la métrologie doit converger vers le bas). L'échelle par croisement ( $\alpha^0$  fond,  $\alpha^1$  interface,  $\alpha^{18}$  nucléon) est un théorème d'échange avec  $M_{\text{Pl}}$  (la rigidité, non dérivable : le pendant de  $\Lambda_{\text{QCD}}$ ) ;  $\kappa_g$  est exact ;  $G$  est *invariant* par particule (équivalence = unicité de la trame de l'espace-temps) et naît en *une* marche à  $t_c$ . Tests classiques : Newton, Schwarzschild, Mercure, GPS exact, GW150914 [9] ( $M_{\text{chirp}}$  exacte). [DÉRIVÉ]

### 4.3 La cosmologie mécanisée : Friedmann, platitude, élasticité, rivière, croissance

La lecture dynamique de la déplétion (2026-07-24) ferme la cosmologie du cadre en cinq mécanisations :

(1) *Friedmann mécanisé*. L'ondulation déplacée par l'écrasement doit aller quelque part : elle pousse la trame vers l'extérieur. Le bilan d'énergie (la trame *paie* les puits qu'elle creuse :  $v^2/2 = GM/R$ ) donne  $v = \sqrt{8\pi G\rho/3} R$  — **la loi de Friedmann plate** : l'expansion n'est plus une condition initiale, et  $\Omega_{\text{tot}} = 1$  est un *théorème* (poussée et attraction sont le même champ de

déplétion ; toute courbure détectée réfuterait). Portée strictement globale : seul l'univers entier n'a pas d'extérieur ; les perturbations chevauchent ce fond comme en RG (Birkhoff). [DÉRIVÉ]

(2) *L'élasticité d'échelle*. Quand la masse se retire, la trame poussée *revient* ; et nos règles étant faites de la même trame, on ne peut pas mesurer sa propre échelle. D'où : les systèmes liés ne s'étendent pas (motif d'écrasement statique — « pourquoi l'atome ne s'étend pas » reçoit son mécanisme) ; zéro dérive locale (Oklo [12], horloges, GPS) ; le décalage vers le rouge est *cumulatif*, visible au lointain seulement. La poussée est globale *parce que* seul l'univers entier ne se retire jamais. [DÉRIVÉ]

(3) *Le théorème de la rivière*. La trame répond à la *densité*  $\rho(x, t)$ , pas aux masses individuelles : une rotation stationnaire est un écrasement *constant* (l'eau passe, le niveau est fixe) — systèmes liés et rotation orbitale sont le même cas. Corollaire : pas de « MOND de trame » — les courbes de rotation plates restent l'affaire du réservoir sombre. [DÉRIVÉ]

(4) *La croissance déduite*. Le terme de friction  $2H\delta$  de l'équation de croissance *est* la poussée qui disperse : sans elle, chute libre ( $\sim 590$  kyr à la recombinaison — un grumeau unique) ; avec elle,  $D \propto a$  : la poussée est ce qui maintient  $\sigma_8 \sim 0,8$ , et la grumelosité apparente croît par dilution du fond (contraste  $\propto a^3$ , halos tenus par l'élasticité). Par Birkhoff, cette croissance freinée *est* la croissance  $\Lambda$ CDM :  $\sigma_8 = \sigma_8^{\text{Planck}}$ , *déduit*. [DÉRIVÉ]

(5)  $w = -1$  *en théorème*. Le résidu du vide ne se *dilue* pas (c'est le déficit de point zéro de la trame, pas de la matière) et ne se *retire* jamais : par la rivière, sa poussée est constante —  $dw/dz = 0$  *par construction*. La préférence DESI  $w_0 w_a$  doit régresser. [DÉRIVÉ]

**Conséquence épistémologique** : avec l'expansion, la platitude, les systèmes liés, la rotation et la croissance, *l'indiscernabilité de  $\Lambda$ CDM+RG n'est plus un constat empirique : c'est un théorème de la trame* — et chaque « anomalie » qui s'y oppose reçoit une prédiction d'absence mécanisée et datée (chapitre falsifiabilité). Deux garde-fous consignés : le sourçage *local instantané* de  $H$  est réfuté (mauvais signe pour un vide, gel des structures) ; l'isotropie est structurelle (aucun axe préféré possible). [RÉFUTATIONS CONSIGNÉES]

## Chapitre 5

# La thermodynamique émergente

### 5.1 La température : un paramètre du contenu d'ondes

La température n'est pas fondamentale : elle *émerge* du contenu d'ondes de la trame de l'espace-temps. La chaîne établie : un fond d'ondes  $\chi$  + l'équiprobabilité des configurations  $\rightarrow$  la *danse* (l'agitation auto-cohérente des nœuds dans leurs puits) + une température émergente — c'est le poids de Boltzmann de la formation, dérivé, qui gouverne jusqu'à l'abondance de la matière noire. L'équilibrage est un *frottement sur le contenu* : le fond présent (photons, ondes  $\chi$ ) définit un repère licite — comme le CMB — et la relation de fluctuation-dissipation ( $D/\mu = kT$ ) verrouille *une* température entre la traînée et les coups. [DÉRIVÉ]

### 5.2 La chaleur et la seconde loi

**La chaleur, ce sont les puits qui vibrent.** La formule maîtresse de la dissipation :  $\dot{q} = (m^*/ne^2) \Gamma J^2 = \rho J^2$  — la chaleur d'un conducteur est une lecture du taux de décohérence  $\Gamma$  de la danse. Il s'ensuit la **seconde loi comme théorème** :  $\dot{S} \geq 0 \Leftrightarrow \Gamma \geq 0$  — l'irréversibilité est la décohérence des nœuds en interaction, et la limite  $\Gamma = 0$  (cohérence parfaite : l'état supraconducteur) est exactement la limite réversible. La trame de l'espace-temps *nue*, elle, ne dissipe jamais (structure stationnaire, protection zéro-dispersion) : la flèche du temps appartient à la matière, pas au milieu. [DÉRIVÉ]

### 5.3 Le frottement de trame : Unruh et Hawking

Le frottement sur la trame de l'espace-temps *nue* est interdit en mouvement uniforme (ce serait un repère absolu — protection vérifiée par les non-détections GRB). Il n'existe qu'en *accélération propre* (absolue, sans repère), et sa température est celle d'Unruh :  $kT_U = \hbar a/(2\pi c)$  — l'identité  $4\pi/\xi = mc^2/kT_U$  est exacte dans le cadre (vérifiée à  $10^{-9}$ ) ; le cas extrême est l'horizon (dents arrêtées) et sa température de Hawking. *Le cadre contient donc déjà deux températures qui sont du frottement de trame pur.* Au quotidien, rien de tel :  $T_U(g) \approx 4 \times 10^{-20}$  K — la chaleur ordinaire vient des collisions (des puits), pas de la trame de l'espace-temps nue. [DÉRIVÉ]

### 5.4 Le point zéro : fini, et il ne pèse pas

L'énergie de structure de la trame de l'espace-temps (la ddp écrantée de ses rails, ses modes) *est* son point zéro — physique et **fini** (l'effet Casimir sort à  $-\pi/24L$ , vérifié à  $6 \times 10^{-9}$  dans l'instance soluble : la renormalisation est une réorganisation, exécutée). Et ce point zéro uniforme **ne gravite pas** :  $G$  lit les *déviation*s du niveau de la trame de l'espace-temps, pas l'absolu — c'est

la résolution structurelle des 123 ordres de grandeur du problème de la constante cosmologique, et le pont vers le chapitre suivant. [DÉRIVÉ]

## Chapitre 6

# Les interactions

### 6.1 L'électromagnétisme : $\alpha = 1/137$

Un seul entier fixe la théorie : le niveau  $k = 135$ , d'où  $\alpha_{\text{EM}} = 1/(k+2) = 1/137$ . Le couplage minimal est *forcé* par l'U(1) de  $\chi$  ;  $g = 2$  sort de la réduction de Gordon ; les boucles sont finies (la trame de l'espace-temps est la complétion UV). [DÉRIVÉ ; CANDIDAT FIN  $\cos(\pi/137)/137$  EN RÉSERVE]

### 6.2 La force faible : une reconnexion, pas un boson fondamental

Le « faible » est la **reconnexion topologique** (postulat P15 de [1]) : l'échange de brins au croisement. La structure de Fermi est *dérivée* : l'impénétrabilité du tube force la paire fusion/scission (le « second ordre » est un théorème), l'amplitude est sans échelle ( $g_{\text{topo}} = 1$  exactement : il n'existe *pas* de constante de couplage faible, seulement la barrière), l'espace des phases donne le  $m^5$  de Sargent (lui-même déduit de la cinématique de la trame de l'espace-temps). Le comptage  $N = 2+3$  du  $\tau$  et les « familles » du  $W$  sont dérivés (saturation  $Z_3$  : *jamais* de quatrième famille). La valeur du condensat électrofaible (le VEV, *vacuum expectation value*) est *dérivée* :  $v = \sqrt{7\pi/6} (k+2) m_{\text{base}} (1 + \alpha/4\pi) = 246,227 \text{ GeV}$ , +28 ppm. Les oscillations  $K/D/B/B_s$  ferment à  $|\Sigma| \log| = 0,0008 \text{ dex}$ . [DÉRIVÉ (CONDITIONNEL DÉCLARÉ)]

### 6.3 La force forte : jonctions, câbles, Steiner

Le confinement est la corde  $\chi$  elle-même (la tension du potentiel quarkonium de Cornell est celle de la corde,  $\sigma_{\text{Cornell}} = \sigma_\chi$  : Cornell n'ajoute rien). Les baryons sont des jonctions Y (Steiner : tout sommet interne est 3-valent à  $120^\circ$ ) ; les paires identiques forment des *câbles* dont l'échange vaut  $d = \sqrt{2}$  (théorème des dimensions quantiques — le même  $\sqrt{2}$  que Koide [4, 2]) ; les dibaryons compacts sont double-Y + pont ( $\ell = D$  dérivé par le théorème du contact).  $N_c = 3$  n'est pas un postulat : c'est la  $C_3$  du trèfle — et le trèfle, le nœud minimal de  $D = 3$ . [DÉRIVÉ]

## Chapitre 7

# La matière noire

### 7.1 Le réservoir : des nœuds isolés à haute complexité

La matière noire est faite de nœuds premiers *isolés* à  $c \geq 23$  (familles  $T(2, q \geq 23)$ ,  $T(3, q \geq 12)$ ) :  $c_{\min} = 23$  est *dérivé* (découplage cinétique + survie cosmologique), les entrelacs noirs  $n \geq 2$  sont instables (théorème), et le tri torique est une sélection de *survie* (stabilité Chern-Simons,  $\tau > 10^{347}$  s — la sélection magnétique à la formation est réfutée proprement). Les rails alimentent la queue ( $P(c=23) \sim 10^{-7}$  par fermeture, spectre en  $r \approx 0,48/\text{croisement}$ , encadré par  $e^{-\alpha_{\text{cond}}}$  et le taux net établi) : la production est *entièrement primordiale* (créer un haut- $c$  après coup est Vassiliev-supprimé en  $\alpha^{\Delta c}$ ). [DÉRIVÉ]

### 7.2 L'abondance : une chaîne fermée

$\Omega_{\text{DM}}/\Omega_b$  se reconstruit *sans paramètre libre* : le côté visible s'annihile jusqu'à la miette CP ( $\eta_B$ ), le côté sombre est une relique symétrique (annihilation Vassiliev-écrasée) ; l'offre de corde 8/9 est exacte (perçage  $Z_3$  dénombré) *et sa géométrie est l'ancrage nodal* : les parois des domaines  $Z_3$  du gel se posent sur les surfaces nodales (coût minimal, calculé), leurs jonctions sur les lignes nodales — **les cordes du condensat naissent dans les rails de la trame de l'espace-temps** : le substrat de la formation cosmologique et celui de la combinatoire du nouage (chapitre rails) sont *une seule et même géométrie*, la chaîne est soudée de bout en bout sans facteur nouveau ; la fraction nouée et la cascade sont dérivées, le comptage est mesuré ( $n_{\text{knot}}/L = 0,304/\xi$ ), et  $T_c = 62 \pm 3$  MeV est *dérivé* (serrage topologique). Résultat :  $\Omega \approx 0,6$  [0,2, 1,3] — l'ordre de grandeur de Planck (5,45), l'écart dans les  $O(1)$  déclarés ( $3,9 \pm 0,4$  à l'ancien  $T_c$  adopté). [CHAÎNE DÉRIVÉE ; ORDRE DE GRANDEUR]

### 7.3 La détection : une absence prédite, six raies

Les nœuds du réservoir sont neutres (framing) et leur circulation persistante — le courant de rail verrouillé dans le tube fermé — ne laisse qu'une polarisabilité :  $\sigma^{\text{eq}}(c=23) = 1,1 \times 10^{-48} \text{ cm}^2$ , sept décades sous les frontières de détection directe [14] : **l'absence en détection directe est une prédiction robuste** (toute détection à 1,7–2 GeV réfuterait). Les six états stricts amphichiraux donnent **six raies fines** 1,07–1,64 GeV (Fermi-LAT),  $\times 8$ –13 sous les limites 2015 [13]. Les sondes du réservoir sont gravitationnelles (les objets compacts du catalogue [3] — les perles) et cosmologiques. [DÉRIVÉ ; FALSIFIABLE]

## Chapitre 8

# L'énergie noire et la cosmologie

**L'énergie noire** : le point zéro de la trame de l'espace-temps ne gravite pas en volume ( $G$  lit les déviations — la ligne  $G$  du quatuor) : les 123 ordres de grandeur du problème de la constante cosmologique sont résolus *structurellement*, et  $\rho_\Lambda$  est prédit à l'ordre de grandeur (l'écart résiduel tombe dans la bande de la tension  $H_0$  : il n'y a pas de résidu à expliquer). **L'inflation** :  $n_s = 0,965$  (secteur Starobinsky ; F1 — la première des trois falsifications enregistrées du programme — fermée),  $A_s = 1,89 \times 10^{-9}$  sans paramètre libre, réchauffage au-dessus de la nucléosynthèse primordiale (BBN) — F2 fermée ;  $\Omega_b/\Omega_m$  et  $D_M/r_s$  (DESI) reproduits ; la baryogenèse fournit la miette CP qui fixe la dominance sombre. Les nuls (dispersion GRB, BBN, dérive des constantes) sont des *prédictions de protection* de la trame de l'espace-temps. [DÉRIVÉ/ORDRE ; AUDITS HONNÊTES MAINTENUS]

## Chapitre 9

# Prédictions et falsifiabilité

### 9.1 Déjà vérifié (2026)

$\Omega_{cc}$  observé par LHCb [19] à  $\sim 3\,727$  MeV dans la fourchette prédite  $[3\,715, 3\,788]$  ;  $\Sigma_b(6097) = j1$  à  $+0,02\%$  ;  $B_J(5970)$  identifié au sommet 1D bottom ( $+0,02\%$ ) et  $B_{sJ}(6064)$  au sommet 1D étrange ; les quarante ans de non-détection du H-dibaryon *postdits* ; le décalage baryonique étrange confirmé en signe et ordre.

### 9.2 Vérification observationnelle : $H_0$ , $S_8$ et la platitude (cartes Planck PR3, BAO DESI)

Les théorèmes cosmologiques de la trame ( $\Omega_{\text{tot}} = 1$ ,  $w = -1$  constant, croissance =  $\Lambda$ CDM par Birkhoff) ont été confrontés aux *cartes publiques* Planck PR3 [7] par une chaîne indépendante (juillet 2026, scripts ouverts) :

**$H_0$ .** L'échelle acoustique est re-mesurée sur la carte SMICA sous le masque commun (pseudo- $C_\ell$ , étirement de gabarit avec terme de bruit) :  $100\,\theta_* = 1,0417$ , à  $0,06\%$  de la valeur officielle. Sous le *théorème* de platitude, ce  $\theta_*$  fixe  $H_0 = 67,2$  km/s/Mpc (Planck :  $67,36 \pm 0,54$ ) — sans liberté géométrique. La démonstration attachée : *sans* le théorème, le même  $\theta_*$  accepte  $H_0 = 73,2$  (valeur locale SH0ES) avec  $\Omega_k = +0,011$  ; la trame *interdit* cette issue — c'est elle qui fait de la valeur locale une tension héritée, pas une solution.

**Platitude certifiée.** La dégénérescence géométrique se brise en lisant la même règle standard à deux époques : notre  $\theta_*$  ( $z \simeq 1090$ ) + les distances BAO publiques DESI DR1 [8] ( $z = 0,30\text{--}2,33$ ), fond à  $w = -1$  (cohérence interne du théorème) :

$$\Omega_k = +0,0023 \pm 0,0016 \quad (|\Omega_k| < 0,0056 \text{ à } 95\%),$$

compatible avec le théorème à  $1,4\sigma$ . Le théorème restera toujours plus fort que toute mesure (plancher de variance cosmique  $\sim 10^{-4}$ ) : il se réfute, il ne se démontre pas.

**$S_8$ .** Les bandpowers officiels du lentillage PR3 (MV,  $L \in [8, 400]$ , dé-biaisés) donnent  $A = 0,987 \pm 0,025$  relatif au fiduciel, soit sous la croissance-théorème  $S_8 = 0,826 \pm 0,011$  (Planck :  $0,832 \pm 0,013$ ). L'écart de  $2\text{--}3\sigma$  avec le lentillage faible ( $\sim 0,76\text{--}0,79$ ) est *hérité* : la trame ne peut pas le résorber (théorème de la rivière — pas de MOND de trame), et elle s'y expose — une croissance modifiée *confirmée* la réfuterait. [VÉRIFICATION DE COHÉRENCE ; DEUX RÉFUTATIONS OFFERTES]

### 9.3 À trancher (2026–2032)

LHCb :  $H_{cc}^{++}$  à  $4497 \pm 10$  MeV (vertex déplacé  $30 \mu\text{m}$ , doublet  $0^+/1^+$  de 75 MeV, jamais de pic au-dessus de 4573) ;  $\Xi_{cc}^* = 3659$  (vs  $\sim 3690$  QCD) ;  $B_0^*/B_1'$  centroïde 5665 ;  $\Omega_b(1P)$  6297–6304 ;  $\Omega_{ccc} = 4782$  strict ; quintets  $\Sigma_c/\Sigma_b$  ;  $J^P(5970) = 3^-$ . Astroparticules : absence DM directe (DS-20k/XLZD), six raies Fermi-LAT,  $0\nu\beta\beta = 0$  exactement,  $\Sigma m_\nu \approx 66$  meV,  $\tau_p$  fini,  $r$  (LiteBIRD 2032). Et les **dix interdits** falsifiables (jamais de  $\Lambda_{ss}$ , de quatrième famille, de stérile, de bande stable  $c = 19\text{--}22$ , de fractionnaire libre, d'état TQNT-seul au collisionneur...) : une seule observation contraire réfuterait la règle correspondante.

### 9.4 La table datée

| prédiction                                                                                                   | instrument / échéance                     | ce qu'une contradiction réfuterait |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
| $H_{cc}^{++} = 4497 \pm 10$ MeV (vertex déplacé), doublet 75 MeV                                             | LHCb Run 3                                | la carte dibaryon (Steiner+pont)   |
| $\Xi_{cc}^* = 3659$ vs $\sim 3690$ (QCD)                                                                     | LHCb [18]                                 | l'échelle de recouplage            |
| $B_0^*/B_1'$ centroïde 5665 MeV                                                                              | LHCb                                      | la monotonie des bandes            |
| $\Omega_b(1P) = 6297\text{--}6304$ ; $\Omega_{ccc} = 4782$                                                   | LHCb                                      | la règle de multiplet              |
| absence DM directe 1,7–2 GeV                                                                                 | DS-20k / XLZD                             | le canal polarisabilité dérivé     |
| six raies fines 1,07–1,64 GeV                                                                                | Fermi-LAT 15+ ans                         | les états stricts                  |
| $0\nu\beta\beta = 0$ exactement ; $\Sigma m_\nu \approx 66$ meV                                              | expériences tonne (LEGEND, nEXO) ; KATRIN | le neutrino onde libre             |
| zéro dispersion GRB ; zéro dérive des constantes                                                             | continu                                   | la protection de la trame          |
| $\Omega_{\text{tot}} = 1$ exact                                                                              | CMB-S4 [17], Euclid                       | le théorème de platitude           |
| $w = -1$ constant (la préférence $w_0 w_a$ régresse)                                                         | DESI DR3+, Euclid                         | le résidu statique du vide         |
| sirènes GW locales [10] $\rightarrow H_0 = 67,4$                                                             | LIGO O5 / ET ( $\sim 2030$ )              | la position d'élimination          |
| non-réplication des anomalies CMB grande échelle                                                             | LiteBIRD (modes E), lentillage, 21 cm     | l'isotropie structurelle           |
| aucune population JWST $z > 10$ au-delà de $\Lambda\text{CDM}$                                               | JWST (systématiques) [15]                 | le théorème de croissance          |
| jamais de MOND (courbes plates = réservoir)                                                                  | rotation naines/LSB                       | le théorème de la rivière          |
| jamais de 4 <sup>e</sup> famille, de stérile, d'axion, de $\Lambda_{ss}$ , d'état TQNT-seul au collisionneur | continu                                   | les théorèmes de spectre           |
| $r \leq 0,01$                                                                                                | LiteBIRD 2032 [16]                        | le secteur Starobinsky             |

TABLE 9.1 – Le registre falsifiable daté. Chaque ligne est *une* observation contraire suffisante.

### 9.5 La position épistémologique

La TQNT [1] est une *cartographie topologique* du spectre à  $\sim 1\%$  (pas une théorie de précision) :  $\sim 25$  résultats porteurs passent le test nul d'assignation, le reste est compatibilité ; dans les régimes testés 2024–2026 elle est observationnellement indiscernable de  $\Lambda\text{CDM}+\text{RG}$  ; les falsifications passées sont traitées (F1 fermée, F2 fermée, F3 levée) ; les tests distinctifs sont *futurs* et datés.

## Chapitre 10

# Le registre des réfutations et requalifications

Une théorie se juge aussi à ce qu'elle sait rejeter. Le programme tient un registre de ses propres abandons — en voici les entrées principales, avec dates et raisons ; aucune n'a été silencieusement retirée.

| objet abandonné                                                    | date       | raison                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| F1 : inflation pure ( $n_s$ )                                      | 2026       | fermée par le secteur Starobinsky                                                                                                                                                      |
| F2 : réchauffage $T_{\text{reh}}$                                  | 2026-07-17 | fermée par insensibilités (la voie « V5.17 » de l'histoire du programme, menée à terme)                                                                                                |
| F3 : raies Class E aux énergies $\Omega_{ts}$                      | 2026-07-15 | levée : artefact des masses $\Omega_{ts}$ ; raies canoniques $\times 8-13$ sous les limites                                                                                            |
| opérateur de masse $\Omega_{ts}$ (V5)                              | 2026-07    | archivé : courbes fausses 14/19, liberté d'assignation (test nul)                                                                                                                      |
| « doublet de writhe du $8_3$ »                                     | 2026-07-22 | mort au vrai idéal ( $W_r = 0$ convergé)                                                                                                                                               |
| amplification par nucléation (P22 [1]) (JWST, énergie noire, halo) | 2026-07-14 | calcul sans paramètre libre : nulle (81 décades)                                                                                                                                       |
| « signal $m=3$ » Planck (interne)                                  | 2026-07-23 | audit exécuté : anisotropie bas- $m$ générique, aucune signature $\mathbb{Z}_3$ (contrôles $m$ -spectre + bruit anisotrope)                                                            |
| sourçage local instantané de $H_0$                                 | 2026-07-24 | mauvais signe pour un vide ; gèlerait la formation des structures                                                                                                                      |
| mécanisme Li-7 « cendres du gel »                                  | 2026-07-24 | réfuté <i>le jour de sa consolidation</i> au mur d'efficacité ( $3 \times 10^{-13}$ /photon calculé : déficit $\times 10^4$ ) ; l'erreur d'efficacité du premier passage est consignée |
| sélection magnétique des familles sombres                          | 2026-07-23 | réfutée proprement (tri par survie confirmé)                                                                                                                                           |
| « 419 tests $< 5\%$ » comme argument                               | 2026-07    | relecture par le test nul : $\sim 25$ résultats porteurs + compatibilités                                                                                                              |

TABLE 10.1 – Le registre des réfutations (extrait ; liste complète dans la monographie [1]). Les quatre mystères *hérités* —  $H_0$ ,  $S_8$ , lithium-7, muon puzzle des gerbes — sont déclarés comme tels : là où le cadre n'a pas de mécanisme, il le dit.

## Chapitre 11

# Conclusion : un objet, dix nombres

Le cheminement tient en une phrase : **la trame de l'espace-temps ondule ; ses lignes nodales forment des rails ; les ondes qui y entrent se magnétisent, s'enfilent, se cassent et se verrouillent en nœuds ; ces nœuds sont la matière — leur longueur est la masse, leur tresse le spin, leur enlacement la charge ; leur déficit d'ondulation est la gravitation ; les nœuds trop complexes pour interagir sont la matière noire ; le point zéro qui ne gravite pas est l'énergie noire résolue ; et la lumière est la population qui n'est jamais entrée dans les rails.**

| LES DIX NOMBRES CALIBRÉS DU CADRE (et rien par particule)                                                      |                                           |                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                              | $\sqrt{\sigma_\chi} = 418,47 \text{ MeV}$ | la tension de la corde $\chi$ — l'unique échelle ; en dérivent Regge, $\Lambda_\chi$ , $E_{Z_3}$ , Cornell |
| 2                                                                                                              | $m_\ell = 310 \text{ MeV}$                | le nœud trèfle — la constante de <i>transmutation</i> (non dérivable par principe : invariance d'échelle)  |
| 3                                                                                                              | $m_s = 494,8 \text{ MeV}$                 | le nœud $5_2$ (indice géométrique ; rails : $3/2$ exact ; habillage +5,6 % ouvert)                         |
| 4–5                                                                                                            | $m_c = 1\,557, m_b = 4\,952 \text{ MeV}$  | les nœuds lourds (le plafond géométrique est réfuté : restent calibrés)                                    |
| 6                                                                                                              | $f_\pi$                                   | le secteur Goldstone (relation de Gell-Mann–Oakes–Renner)                                                  |
| 7                                                                                                              | ratio radial 1,38                         | les excitations radiales de la fonctionnelle                                                               |
| 8                                                                                                              | $\tau_\perp$                              | l'hyperfine N– $\Delta$ (jonction Y)                                                                       |
| 9                                                                                                              | hyperfine lourd                           | le couple J/ $\psi$ – $\eta_c$                                                                             |
| 10                                                                                                             | $\beta_\otimes = 0,210 \text{ MeV}$       | le potentiel d'enlacement (mécanisme identifié : fluxoïde)                                                 |
| deux indices : $A = \sqrt{2}$ ( $= d_{1/2}(k=2)$ , le même que l'excès $d-1$ ) ; $\delta_{\text{Koide}} = 2/9$ |                                           |                                                                                                            |
| et un entier : $k = 135$ (identifié par $\alpha_{\text{EM}} = 1/137$ — fixe aussi la cosmologie)               |                                           |                                                                                                            |

TABLE 11.1 – Le comptage complet. Dérivés (ne comptent pas) :  $v$  (+28 ppm),  $G$ ,  $T_c$ ,  $c_{\min}$ ,  $\alpha_{\text{cond}}$  (forme close candidate), l'échelle de recouplage entière, les bandes à tout  $L \dots$

Le tout avec **dix paramètres globaux calibrés** (contre dix-neuf au Modèle Standard, zéro par particule — table 11.1) et **deux indices** ( $\sqrt{2}$ ,  $2/9$ ) ; un seul entier ( $k = 135$ ) fixant  $\alpha$  et la cosmologie ; et une liste de travail honnête : le résidu  $\Omega_c^*$  ( $-0,7\%$ ), l'habillage de  $m_s$  (+5,6 %, ni géométrique ni combinatoire), la transmutation  $m_\ell$  (non dérivable par principe), les nombres lourds  $m_c$ ,  $m_b$ , la décimale du décalage baryonique, et le pincement fin d' $\alpha_{\text{cond}}$ . Chaque affirmation du cadre est falsifiable ; plusieurs le seront bientôt.

# Bibliographie

- [1] L. A. Cariou, *Du néant aux particules — Théorie Quantique des Nœuds Topologiques*, monographie V6 (éditions française et anglaise), Zenodo (2026). DOI [10.5281/zenodo.19131538](https://doi.org/10.5281/zenodo.19131538). La source de toutes les démonstrations détaillées renvoyées dans le texte.
- [2] L. A. Cariou, *La relation de Koide relue par le  $\mathbb{Z}_3$  du trèfle* (FR/EN), Zenodo (2026). DOI [10.5281/zenodo.20817001](https://doi.org/10.5281/zenodo.20817001).
- [3] L. A. Cariou, *Catalogue des objets compacts topologiques (V5p19)*, Zenodo (2026). DOI [10.5281/zenodo.20708582](https://doi.org/10.5281/zenodo.20708582). Les objets compacts du réservoir sombre (les perles de matière noire).
- [4] Y. Koide, *A fermion-boson composite model of quarks and leptons*, Lett. Nuovo Cimento **34** (1982) 201 — la relation  $Q = 2/3$  des leptons chargés.
- [5] STAR Collaboration (J. Adam *et al.*), *Measurement of  $e^+e^-$  momentum and angular distributions from linearly polarized photon collisions*, Phys. Rev. Lett. **127** (2021) 052302 — l’observation du processus de Breit-Wheeler.
- [6] V. Vasileiou *et al.* (Fermi-LAT), *Constraints on Lorentz invariance violation from Fermi-LAT observations of gamma-ray bursts*, Phys. Rev. D **87** (2013) 122001 — le nul de dispersion GRB 090510,  $E_{\text{QG}} > 9,3 E_P$ .
- [7] Planck Collaboration (N. Aghanim *et al.*), *Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters*, Astron. Astrophys. **641** (2020) A6 —  $H_0 = 67,4$ ,  $\Omega$ ,  $A_s$ ,  $\sigma_8$ .
- [8] DESI Collaboration, *DESI 2024 VI : cosmological constraints from the measurements of baryon acoustic oscillations*, arXiv :2404.03002 (2024) — la préférence  $w(z)$  qui doit régresser.
- [9] B. P. Abbott *et al.* (LIGO-Virgo), *Observation of gravitational waves from a binary black hole merger*, Phys. Rev. Lett. **116** (2016) 061102 — GW150914 ( $M_{\text{chirp}}$ ).
- [10] B. P. Abbott *et al.*, *A gravitational-wave standard siren measurement of the Hubble constant*, Nature **551** (2017) 85 — la voie des sirènes pour  $H_0$ .
- [11] E. Tiesinga, P. J. Mohr, D. B. Newell, B. N. Taylor, *CODATA recommended values of the fundamental physical constants : 2018*, Rev. Mod. Phys. **93** (2021) 025010 —  $G$  et son incertitude relative  $2,2 \times 10^{-5}$ .
- [12] T. Damour, F. Dyson, *The Oklo bound on the time variation of the fine-structure constant revisited*, Nucl. Phys. B **480** (1996) 37 — la non-dérive des constantes (Oklo).
- [13] M. Ackermann *et al.* (Fermi-LAT), *Updated search for spectral lines from galactic dark matter interactions*, Phys. Rev. D **91** (2015) 122002 — les limites de raies  $\gamma$  (chapitre 9).
- [14] P. Agnes *et al.* (DarkSide-50), *Search for low-mass dark matter WIMPs with 12 ton-day exposure of DarkSide-50*, Phys. Rev. D **107** (2023) 063001 (arXiv :2207.11966) — la frontière basse masse.
- [15] I. Labbé *et al.*, *A population of red candidate massive galaxies  $\sim 600$  Myr after the Big Bang*, Nature **616** (2023) 266 — les « galaxies impossibles » JWST (registre des requalifications).
- [16] LiteBIRD Collaboration, *Probing cosmic inflation with the LiteBIRD CMB polarization survey*, Prog. Theor. Exp. Phys. **2023** (2023) 042F01 — la cible  $r$ .
- [17] K. N. Abazajian *et al.*, *CMB-S4 Science Book*, arXiv :1610.02743 (2016).
- [18] R. Aaij *et al.* (LHCb), *Observation of the doubly charmed baryon  $\Xi_{cc}^{++}$* , Phys. Rev. Lett. **119** (2017) 112001 — l’ancrage du secteur doublement charmé.
- [19] LHCb Collaboration, annonce à la conférence Beauty 2026 (juin 2026) : candidat  $\Omega_{cc}$  à  $\sim 3\,727$  MeV — dans la fourchette TQNT [3 715, 3 788] MeV (masse fine à paraître ; chronologie déclarée au chapitre 10).