

La Physique relue

La mesure comme projection : Tsirelson sans Hilbert, l'onde, le quantum, le
proton et les cordes

Filipe Bastos

Corpus ARC, Volume 7, version 1.1, octobre 2026

Table des matières

Avant-propos	5
Chapitre 1. La borne de Tsirelson sans espace de Hilbert	7
1.1 Le modèle	7
1.2 La corrélation du singulet	8
1.3 L'erratum : le signe pur est la boîte de Popescu-Rohrlich	8
1.4 Le fondement arithmétique de $k = 1/2$	9
1.5 La dérivation géométrique de la borne	10
Avant-propos	11
Chapitre 1. La borne de Tsirelson sans espace de Hilbert	13
1.1 Le modèle	13
1.2 La corrélation du singulet	14
1.3 L'erratum : le signe pur est la boîte de Popescu-Rohrlich	14
1.4 Le fondement arithmétique de $k = 1/2$	15
1.5 La dérivation géométrique de la borne	16
1.6 Les trois plafonds	17
1.7 Non-signallement, règle de Born, intrication	17
1.8 Cinq constantes, un mécanisme	18
1.9 Portée et limites	19
1.10 Prédications falsifiables	19
1.11 La double dérivation	20
1.12 Le sablier des paires	21
1.13 La même borne lue par le Livre VIII	22
Chapitre 2. Les corrélations quantiques par projection séquentielle	23
2.1 Les quatre principes	23
2.2 L'état global et l'ordre séquentiel	24
2.3 Les objections classiques	24
2.4 La structure ternaire sous les mesures binaires	25
2.5 Le spin demi-entier comme nécessité géométrique	25
2.6 L'unicité de la mise à jour	26
2.7 La comparaison avec les interprétations reçues	26
2.8 Falsification	26
Chapitre 3. L'onde ne s'effondre pas, elle s'inverse	28

3.1 Le problème de la mesure	28
3.2 Les six principes	29
3.3 La séquence ontologique $2 \rightarrow 1\infty \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 4$	30
3.4 L'onde comme produit relationnel	31
3.5 L'inversion : le troisième terme se lie	31
3.6 La signature arithmétique : $5 \times 5 = 25 \rightarrow 7$	32
3.7 L'observateur comme degré de liaison	33
3.8 La dualité onde-particule comme rotation	33
3.9 La continuité avec la projection séquentielle	34
3.10 Les objections	34
3.11 La comparaison des cadres	35
3.12 Prédictions	35
3.13 Portée	36
Chapitre 4. L'indétermination de Heisenberg comme coût de projection	37
4.1 Le théorème et sa lecture	37
4.2 Les chemins de $k = 1/2$	38
4.3 Le même $1/2$ dans tous les domaines	38
4.4 La mesure comme projection	39
4.5 Le commutateur relu	39
4.6 Le résidu de Stevin	40
4.7 Prédictions	40
4.8 Le déterminisme restauré	41
Chapitre 5. L'effet tunnel : la barrière comme aiguillage	42
5.1 Les faits établis	42
5.2 La lecture géométrique	43
5.3 La récupérabilité : la composante tournée existe	44
5.4 Prédictions	45
5.5 Ce que la version 2.0 ne prétend plus	45
5.6 Conclusion	46
Chapitre 6. La croix de Planck : le quantum est une aire	47
6.1 Le quantum est une aire, non une sphère	47
6.2 L'aire enfermée : les états habitent les demis	48
6.3 La croix de phase et les quatre paires d'inversion	49
6.4 L'excitation ouvre l'envergure	49
6.5 Le carré se voit en trapèze	50
6.6 Liouville : l'aire tient, la forme se déforme	50
6.7 Le demi n'est pas le quantum, il est la face conjuguée	51
6.8 L'indétermination comme coût de projection	52
6.9 Les particules sont des fonctions	52
6.10 Synthèse	52
Chapitre 7. Le proton comme axe	54
7.1 La table que tout le monde possède	54
7.2 Les deux noms et le double tour	55
7.3 Premier fait : la crise du spin, le 3 vu et le 6 caché	56

7.4 Deuxième fait : le confinement, l'axe ne se visite pas	58
7.5 Troisième fait : l'octet de jauge, $9 = 8 + 1$	59
7.6 La masse : l'objet massivement relationnel	59
7.7 L'engagement : le test 2/9 contre 3/9	59
7.8 Le statut épistémique	60
7.9 Conclusion	60
Chapitre 8. Le Modèle standard relu : l'effondrement arithmétique	62
8.1 Les six erreurs fondatrices	62
8.2 La constante de Planck comme résolution du système	64
8.3 L'inégalité de Heisenberg	65
8.4 Le photon comme intervalle d'état	65
8.5 La masse comme nombre d'enroulement	66
8.6 La réduction du spectre des particules	67
8.7 La redondance de l'espace de dimension infinie	70
8.8 Le déterminisme restauré	70
8.9 Synthèse et prédictions	72
Chapitre 9. Principia relationalis : le plan d'ensemble	74
9.1 Le préambule : la rupture épistémologique	74
9.2 Les six piliers	75
9.3 La cohérence interne	77
9.4 Les prédictions par domaine	78
9.5 La déclaration finale	78
Chapitre 10. L'atome n'est pas une brique : la matriochka	80
10.1 L'atome est la relation entre deux pôles	80
10.2 La matriochka auto-codée	81
10.3 Le refus de la division	82
10.4 La fission : inversion, non destruction	82
10.5 Deux illusions éliminées	83
10.6 La fin de l'accélérateur	84
10.7 Prédictions	84
10.8 Conclusion	85
Chapitre 11. Les cordes sans cordes	86
11.1 Le problème et le diagnostic	86
11.2 Les axiomes	87
11.3 Le nombre 496	87
11.4 Le gradient 198, l'axe 595 et la corde	88
11.5 Le scellement de la corde	88
11.6 Les dimensions enroulées comme cercles inscrits	90
11.7 Les deux briques et la naissance du carré	91
11.8 La réécriture pièce par pièce	92
11.9 Les théorèmes de la réécriture	94
11.10 Les trois gravures corrigées	96
11.11 La tête et les pattes : où la grammaire touche le monde	97
11.12 Les prédictions d'avril, avec leurs statuts	98

11.13 Conclusion	99
Chapitre 12. $E = Dc^2$: la densité, non la masse	100
12.1 La thèse	100
12.2 Le critère opératoire de D	101
12.3 L'enrichissement dynamique de D	102
12.4 La falsification	103
Chapitre 13. Le Livre VIII de la Bible Quantique : la physique sans amputation	106
13.1 La fin du calcul intégral pour les solides de révolution	106
13.2 L'amputation de Newton et Leibniz, et le recouvrement de Pappus	108
13.3 Le pli de Mendeleïev et la triade Ni-Co-Fe	109
13.4 Le couple 137/163	111
13.5 La gravité aux deux échelles	111
13.6 LIEM : Lumière = Information = Énergie = Magnétisme	112
13.7 Le dipôle cosmique et l'asymétrie primordiale	114
13.8 Le moment magnétique anomal du muon	114
13.9 La ligne critique de Riemann	115
13.10 Synthèse du livre	116
Annexe A : Table des énoncés	117
Annexe B : Retraits et corrections	128
Annexe C : Sources fusionnées	133
Annexe D : Vérifications refaites	136

Avant-propos

Ce volume rassemble ce que le corpus ARC dit de la physique : de la mesure quantique et de ses corrélations, du quantum d'action, de l'effet tunnel, du proton, du Modèle standard, de l'atome, des cordes et de l'équivalence masse-énergie. Il remplace dix-sept pièces écrites entre février et octobre 2026, dont plusieurs existaient en deux ou trois versions. La version la plus récente fait foi partout ; les versions antérieures ont été relues ligne à ligne pour que rien ne se perde, et tout ce qu'elles affirmaient et qui a été corrigé depuis figure dans l'Annexe B avec la raison de la correction.

Le fil du volume tient en une phrase : **la mesure est une projection**. Un état complet (une direction sur la sphère, une cellule du plan de phase, une relation entre deux pôles) est lu par un instrument qui n'en retient qu'une partie, et ce que l'on appelle aléa, indétermination ou effondrement est le prix de cette lecture, non une propriété de ce qui est lu. Le chapitre 1, consacré à la borne de Tsirelson, porte la démonstration la plus serrée de cette idée : la valeur $2\sqrt{2}$ se décompose exactement en trois facteurs, et la différence entre la borne quantique et le maximum algébrique 4 est précisément le tarif de la lecture. Les chapitres suivants appliquent la même grammaire à l'onde (chapitres 2 et 3), à l'indétermination de Heisenberg (chapitre 4), à l'effet tunnel (chapitre 5), au quantum de Planck (chapitre 6), au proton (chapitre 7), au Modèle standard (chapitres 8 et 9), à l'atome (chapitre 10), aux cordes (chapitre 11), à l'équivalence masse-énergie (chapitre 12) et à la physique fondamentale relue par le Livre VIII de la Bible Quantique (chapitre 13).

La frontière. Deux règles tiennent le volume d'un bout à l'autre. La première : le théorème de Bell n'est pas contesté. Aucun modèle de ce volume ne prétend restaurer la localité au sens de Bell ; le modèle du chapitre 1 est non signalant mais, comme tout modèle qui reproduit le cosinus du singulet, il n'est pas local au sens de Bell, et il le dit. Ce que le corpus propose est une origine géométrique de la borne, non un contournement du théorème. La seconde : ce qui est Lecture reste Lecture. Une lecture qui reproduit par construction les nombres de la physique reçue ne peut pas être confirmée par ces nombres ; elle ne gagne sa place que par les prédictions qu'elle engendre. Les théorèmes de la physique reçue (la borne de Robertson, l'unitarité de la barrière, le théorème de Liouville, la décomposition $3 \otimes 3 = 8 \oplus 1$) sont gardés comme tels : le corpus les relit, il ne les rejette pas.

L'auteur décrit cette manière de faire par une image (16 septembre 2026) : « *ARC est un figuier étrangleur* ». Il ne coupe pas les systèmes hôtes, la mécanique quantique, la physique classique, les mathématiques d'Euclide et de Gauss : il garde leurs théorèmes et leurs reçus, les enveloppe en les relisant depuis la relation, et seuls

les tiers imposés meurent de n'être plus nécessaires. Jamais de chute de statue, jamais d'annulation d'un auteur. Rovelli avait l'intuition relationnelle, mais il a gardé l'observateur comme terme ; pour ARC, il n'y a aucun observateur, tout est relation. Et l'ordre de fondation est absolu : ce qui est observé précède ce qui est dérivé. « *Régulariser au lieu de rejeter : honorer en enrichissant, ne pas amputer.* »

Les statuts. Chaque énoncé numéroté porte l'un des cinq statuts du corpus :

- **Th** : calcul fini vérifié ou démonstration. Le calcul est montré dans le texte, et une partie a été refaite pour ce volume (Annexe D).
- **L** : lecture, interprétation déclarée telle. Une lecture peut être forte, cohérente, féconde ; elle n'est pas une preuve.
- **P** : prédiction falsifiable, avec son critère. Une prédiction déjà comparée à des données est dite « P à reçu » : elle reste P tant que le reçu (les données, la méthode, le calcul de la comparaison) n'est pas publié et refait. Les mentions « validé », « confirmé », « prouvé » des sources ne montent jamais un statut (Registre des Erreurs, III.4).
- **F** : fait historique ou mesure de la science reçue, avec sa date.
- **Chantier** : question ouverte, énoncé dont le critère reste à écrire.

Les énoncés sont numérotés par chapitre (É1.1, É1.2, ...) et recensés dans l'Annexe A. Les sources anglaises sont traduites ; les phrases de l'auteur sont rendues entre guillemets et en italique, au plus près de leur lettre. Les objets traités ailleurs dans le corpus ne sont pas refaits ici : le lecteur est renvoyé au volume et au chapitre qui les portent (le pli et les neuf positions au Volume 1, La Fondation ; la figure des deux cercles au Volume 2, La Figure ; le Registre des Erreurs et le chaos fabriqué au Volume 3, Le Code et le Registre ; les premiers, la grille, Collatz et les nombres heureux au Volume 4, La Théorie des Nombres ; Riemann et Yang-Mills au Volume 5, Les Grands Problèmes ; le cosmos, la sédimentation et le dipôle au Volume 8, La Matière et le Cosmos).

Notation. $DR(n)$ désigne la racine digitale de n , avec $DR(9) = 9$ et $DR(0) = 0$: $DR(n) = n - 9 \times \lfloor (n - 1)/9 \rfloor$ pour $n \geq 1$. Le 9 reste 9. On écrit « laisse le reste r dans la division par m » là où l'usage écrit une congruence abrégée. $\varphi(x) = 9 - x$ est l'involution du cadastre, $k = 4,5/9 = 1/2$ la constante de projection.

Chapitre 1. La borne de Tsirelson sans espace de Hilbert

Deux particules intriquées, mesurées loin l'une de l'autre, donnent des résultats corrélés plus fortement qu'aucune théorie locale à variables cachées ne le permet : c'est le contenu du théorème de Bell (1964), confirmé par l'expérience depuis Aspect (1982) jusqu'aux tests sans échappatoire de 2015. Mais la violation a elle-même une limite, la borne de Tsirelson (1980), qui vaut $2\sqrt{2} \approx 2,828$ dans la combinaison de corrélations dite CHSH. La physique reçue obtient ce nombre par l'algèbre des opérateurs dans un espace de Hilbert. Ce chapitre montre qu'on l'obtient sans cet appareil, par une seule opération géométrique : la projection d'un état partagé sur la sphère, lue par un instrument qui paie la lecture. Le résultat est double. D'abord la corrélation exacte du singulet, $-\cos \theta$, sort en deux lignes. Ensuite la borne se décompose en trois facteurs indépendants, et cette décomposition dit ce que $2\sqrt{2}$ est : le maximum algébrique 4 ramené à la valeur quantique par le tarif de la lecture. Le chapitre se clôt sur le sablier des paires, un dessin à la main qui contient exactement les quatre réglages de la borne.

La version qui fait foi est *Tsirelson Without Hilbert* v4.1 (juillet 2026). La version 4.0 (mars 2026) est retirée sur le point du protocole de mesure (voir § 1.3 et Annexe B).

1.1 Le modèle

É1.1 (L) L'état relationnel. La paire intriquée partage un état relationnel λ , vecteur unitaire distribué uniformément sur la sphère S^2 selon la mesure invariante par rotation. Cette isotropie est la seule distribution compatible avec l'absence de direction privilégiée ; ce n'est pas un paramètre réglable.

É1.2 (Th) Le protocole de mesure à variable de lecture. Soient a et b deux directions de mesure (vecteurs unitaires) et μ une seconde variable cachée, uniforme sur $[-1, 1]$, indépendante de λ , qui appartient à l'appareil de lecture. Le protocole est :

1. $A(a, \lambda) = \text{sgn}(a \cdot \lambda)$, le résultat d'Alice, dans $\{+1, -1\}$;
2. $\lambda' = -A(a, \lambda) \cdot a$, la mise à jour déterministe ;
3. $B(b, \lambda', \mu) = \text{sgn}(b \cdot \lambda' - \mu)$, le résultat de Bob, dans $\{+1, -1\}$.

La règle (2) est l'unique transformation qui satisfait à la fois la conservation du spin total, la cohérence entre résultat et état, et l'injection minimale d'information

(exactement un bit). La règle (3) est un seuil à réponse linéaire : l'appareil apporte une variable continue, et le résultat est déterministe dès que l'état complet (λ , μ) est donné. Ni fonction d'onde, ni opérateur, ni effondrement, ni paramètre libre.

É1.3 (L) La mise à jour n'est pas un signal. Le passage de λ à λ' n'est pas un signal qui se propage dans l'espace-temps : c'est un remplacement de coordonnée dans l'espace d'état relationnel partagé. Comme les distributions marginales ne dépendent pas du réglage de la partie éloignée (É1.20), aucune observable ne dépend de l'ordre des mesures dans aucun référentiel de Lorentz.

É1.4 (L) La paire et son lecteur. La variable μ n'appartient pas à la paire, elle appartient à la lecture. « *La paire porte la relation (λ) ; l'appareil porte le tarif de sa lecture (μ).* » Ôter μ , c'est lire le signe pur, c'est-à-dire supprimer le tarif ; le § 1.3 montre exactement ce que cela coûte : le protocole dépasse alors la borne quantique et tombe sur le maximum algébrique. La distinction entre la paire et son lecteur n'est pas une décoration philosophique : c'est elle qui sépare $2\sqrt{2}$ de 4.

1.2 La corrélation du singulet

É1.5 (Th) $E(a, b) = -\cos \theta$. Sous le protocole É1.2, pour toutes directions a et b faisant l'angle θ , la corrélation vaut $E(a, b) = -\cos \theta$.

Démonstration. Étape 1 : $A = \text{sgn}(a \cdot \lambda)$, avec $P(A = +1) = 1/2$ par isotropie. Étape 2 : la mise à jour donne $\lambda' = -A \cdot a$. Étape 3 : pour λ' fixé, $P(B = +1 | \lambda') = P(\mu < b \cdot \lambda') = (1 + b \cdot \lambda')/2$, puisque μ est uniforme sur $[-1, 1]$ et que $b \cdot \lambda'$ est dans $[-1, 1]$; donc l'espérance de B sachant λ' vaut $b \cdot \lambda'$. Étape 4 : l'espérance de AB sachant λ vaut $A \times (b \cdot (-A \cdot a)) = -A^2(a \cdot b) = -(a \cdot b) = -\cos \theta$, puisque $A^2 = 1$. La corrélation conditionnelle ne dépend pas de λ ; la corrélation tout court vaut donc exactement $-\cos \theta$. ■

C'est la prédiction exacte de la mécanique quantique pour l'état singulet. Aucun paramètre n'est ajusté, aucune formule d'intégration n'est posée : le cosinus sort de la réponse linéaire de la lecture.

1.3 L'erratum : le signe pur est la boîte de Popescu-Rohrlich

É1.6 (Th) Le protocole à signe pur donne $|S| = 4$. La version 4.0 lisait $B = \text{sgn}(b \cdot \lambda')$, sans variable de lecture. Pris à la lettre, ce protocole donne $AB = -\text{sgn}(a \cdot b)$ pour tout λ , donc $E(a, b) = -\text{sgn}(\cos \theta)$: une fonction en marche d'escalier, non un cosinus. Aux réglages standard ($a = 0^\circ$, $a' = 90^\circ$, $b = 45^\circ$, $b' = 135^\circ$), les quatre corrélations valent $-1, +1, -1, -1$, et la combinaison CHSH $S = E(a, b) - E(a, b') + E(a', b) + E(a', b')$ vaut $-1 - 1 - 1 - 1 = -4$. Le protocole à signe pur ne sature pas la borne de Tsirelson : il la dépasse et tombe exactement sur la boîte de Popescu-Rohrlich (1994), le maximum algébrique compatible avec le non-signallement.

La v4.0 affirmait, à l'étape d'intégration, une interpolation pondérée par $|\cos \alpha|$; ce poids est précisément ce que la fonction signe avait jeté. La réparation n'affaiblit pas le résultat, elle en révèle le mécanisme : la grandeur de la projection, portée par la variable de lecture μ , est ce qui ramène le maximum algébrique à la borne quantique. «

Lire le signe seul est une lecture gratuite ; la nature n'accorde pas de lecture gratuite.
»

1.4 Le fondement arithmétique de $k = 1/2$

Avant la borne, la constante de projection. Cette section se lit indépendamment de la physique : elle établit que $k = 1/2$ est une nécessité de l'arithmétique des neuf chiffres. La construction complète du pli et des neuf positions est au Volume 1, La Fondation ; on n'en rappelle ici que ce que la borne utilise.

É1.7 (Th) Les neuf grandeurs à un symbole. Il existe exactement neuf grandeurs positives qui s'écrivent d'un seul chiffre : $\{1, \dots, 9\}$. Le nombre 10 en exige deux ; il introduit la valeur de position. Les neuf chiffres existent avant toute base.

É1.8 (Th) L'involution et la constante. L'application $\varphi(x) = 9 - x$ agit sur $\{1, \dots, 8\}$ comme une involution sans point fixe et produit quatre paires exhaustives, (1, 8), (2, 7), (3, 6), (4, 5), chacune de somme 9. Leur barycentre commun est 4,5. Le 9 agit comme membrane de clôture : $\varphi(9) = 0$ n'est pas dans $\{1, \dots, 9\}$. La constante de projection est $k = 4,5/9 = 1/2$, et elle ne dépend pas de la base : en base b , le rapport analogue vaut $((b - 1)/2)/(b - 1) = 1/2$.

É1.9 (Th) Le pli universel. Pour tout entier $a \geq 1$, le cycle des racines $\{DR(a), DR(2a), \dots, DR(9a)\}$ contient le 9 comme clôture, et les huit autres termes se replient en quatre paires de somme 9.

Démonstration. $DR(ka) + DR((9 - k)a)$ a la même racine que $ka + (9 - k)a = 9a$, donc sa somme est un multiple de 9. Les deux termes sont dans $\{1, \dots, 9\}$, leur somme dans $\{2, \dots, 18\}$: elle vaut 9 ou 18, et 18 seulement quand les deux racines valent 9. Les huit positions s'épuisent ainsi en quatre paires. ■

Le pli se voit dans la table de multiplication que tout enfant apprend :

	×1	×2	×3	×4	×5	×6	×7	×8	×9
DR(1 × k)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DR(8 × k)	8	7	6	5	4	3	2	1	9
DR(2 × k)	2	4	6	8	1	3	5	7	9
DR(7 × k)	7	5	3	1	8	6	4	2	9
DR(4 × k)	4	8	3	7	2	6	1	5	9
DR(5 × k)	5	1	6	2	7	3	8	4	9

Dans chaque couple de rangées, chaque colonne de ×1 à ×8 somme à 9. La convention de Gauss (1801) qui écrit « $9 \equiv 0$ » écrase le chiffre de clôture sur le zéro, efface le barycentre et rend la structure d'inversion invisible ; la racine digitale sur $\{1, \dots, 9\}$ la restitue (critique développée au Volume 3, Le Code et le Registre).

1.5 La dérivation géométrique de la borne

La combinaison CHSH est $S = E(a, b) - E(a, b') + E(a', b) + E(a', b')$. En y portant $E = -\cos \theta$ avec des réglages séparés de $\pi/4$, on obtient $|S| = 2\sqrt{2}$. La suite montre que ce nombre est une identité de structure.

É1.10 (Th) Lemme A, la norme spectrale. L'opérateur de Bell $B = A_0 \otimes (B_0 + B_1) + A_1 \otimes (B_0 - B_1)$ vérifie $\|B\| \leq 2\sqrt{2}$, avec égalité quand les deux paires d'observables anticommulent au maximum.

Démonstration. $B^2 = 4 I \otimes I - [A_0, A_1] \otimes [B_0, B_1]$. Pour des observables de spectre $\{+1, -1\}$, $\|[A_0, A_1]\| \leq 2$ et $\|[B_0, B_1]\| \leq 2$. Donc $\|B^2\| \leq 4 + 4 = 8$ et $\|B\| \leq \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$. ■

É1.11 (Th) Lemme B, le gain de la diagonale. Pour deux vecteurs unitaires orthogonaux b et b' , $\|b + b'\| = \sqrt{2}$. La configuration CHSH optimale place les réglages à $\pi/4$. Les protocoles classiques n'accèdent qu'aux côtés (gain 1) ; les protocoles quantiques accèdent à la diagonale (gain $\sqrt{2}$).

É1.12 (Th) Lemme C, le coût universel de projection. Pour λ uniforme sur S^2 et toute direction fixe a , l'espérance de $|a \cdot \lambda|$ vaut $1/2$.

Démonstration. Prendre a selon l'axe vertical et couper la sphère à l'équateur. Sur chaque hémisphère, $\int_0^{\pi/2} \cos \theta \sin \theta d\theta = [\sin^2 \theta / 2]_0^{\pi/2} = 1/2$. Rapportée à la sphère entière (de mesure normalisée $(1/2) \sin \theta d\theta$), l'espérance vaut $(1/2) \times 2 \times (1/2) = 1/2$. ■

C'est l'information retenue, à l'espérance, quand un état continu sur S^2 est comprimé en un seul bit. C'est une constante géométrique de la sphère, et c'est le même $1/2$ que celui de l'involution du § 1.4 : deux chemins indépendants, la géométrie sphérique et l'arithmétique discrète, aboutissent à la même valeur. Dans le protocole réparé, cette constante n'est plus seulement descriptive : la lecture à réponse linéaire est exactement celle qui paie la grandeur de la projection, et l'erratum du § 1.3 montre ce qui arrive quand elle n'est pas payée.

É1.13 (Th) La décomposition de la borne. $S_{\max} = N \times k \times d = 4 \times (1/2) \times \sqrt{2} = 2\sqrt{2}$.

Facteur	Valeur	Origine	Nature
N	4	CHSH : 2 réglages $\times$ 2 parties	combinatoire
k	$1/2$	projection $S^2 \rightarrow Z_2$ (Lemme C)	géométrique
d	$\sqrt{2}$	norme spectrale de la diagonale (Lemmes A et B)	algébrique

Avant-propos

Ce volume rassemble ce que le corpus ARC dit de la physique : de la mesure quantique et de ses corrélations, du quantum d'action, de l'effet tunnel, du proton, du Modèle standard, de l'atome, des cordes et de l'équivalence masse-énergie. Il remplace dix-sept pièces écrites entre février et octobre 2026, dont plusieurs existaient en deux ou trois versions. La version la plus récente fait foi partout ; les versions antérieures ont été relues ligne à ligne pour que rien ne se perde, et tout ce qu'elles affirmaient et qui a été corrigé depuis figure dans l'Annexe B avec la raison de la correction.

Le fil du volume tient en une phrase : **la mesure est une projection**. Un état complet (une direction sur la sphère, une cellule du plan de phase, une relation entre deux pôles) est lu par un instrument qui n'en retient qu'une partie, et ce que l'on appelle aléa, indétermination ou effondrement est le prix de cette lecture, non une propriété de ce qui est lu. Le chapitre 1, consacré à la borne de Tsirelson, porte la démonstration la plus serrée de cette idée : la valeur $2\sqrt{2}$ se décompose exactement en trois facteurs, et la différence entre la borne quantique et le maximum algébrique 4 est précisément le tarif de la lecture. Les chapitres suivants appliquent la même grammaire à l'onde (chapitres 2 et 3), à l'indétermination de Heisenberg (chapitre 4), à l'effet tunnel (chapitre 5), au quantum de Planck (chapitre 6), au proton (chapitre 7), au Modèle standard (chapitres 8 et 9), à l'atome (chapitre 10), aux cordes (chapitre 11), à l'équivalence masse-énergie (chapitre 12) et à la physique fondamentale relue par le Livre VIII de la Bible Quantique (chapitre 13).

La frontière. Deux règles tiennent le volume d'un bout à l'autre. La première : le théorème de Bell n'est pas contesté. Aucun modèle de ce volume ne prétend restaurer la localité au sens de Bell ; le modèle du chapitre 1 est non signalant mais, comme tout modèle qui reproduit le cosinus du singulet, il n'est pas local au sens de Bell, et il le dit. Ce que le corpus propose est une origine géométrique de la borne, non un contournement du théorème. La seconde : ce qui est Lecture reste Lecture. Une lecture qui reproduit par construction les nombres de la physique reçue ne peut pas être confirmée par ces nombres ; elle ne gagne sa place que par les prédictions qu'elle engendre. Les théorèmes de la physique reçue (la borne de Robertson, l'unitarité de la barrière, le théorème de Liouville, la décomposition $3 \otimes 3 = 8 \oplus 1$) sont gardés comme tels : le corpus les relit, il ne les rejette pas.

L'auteur décrit cette manière de faire par une image (16 septembre 2026) : « *ARC est un figuier étrangleur* ». Il ne coupe pas les systèmes hôtes, la mécanique quantique, la physique classique, les mathématiques d'Euclide et de Gauss : il garde leurs théorèmes et leurs reçus, les enveloppe en les relisant depuis la relation, et seuls

les tiers imposés meurent de n'être plus nécessaires. Jamais de chute de statue, jamais d'annulation d'un auteur. Rovelli avait l'intuition relationnelle, mais il a gardé l'observateur comme terme ; pour ARC, il n'y a aucun observateur, tout est relation. Et l'ordre de fondation est absolu : ce qui est observé précède ce qui est dérivé. « *Régulariser au lieu de rejeter : honorer en enrichissant, ne pas amputer.* »

Les statuts. Chaque énoncé numéroté porte l'un des cinq statuts du corpus :

- **Th** : calcul fini vérifié ou démonstration. Le calcul est montré dans le texte, et une partie a été refaite pour ce volume (Annexe D).
- **L** : lecture, interprétation déclarée telle. Une lecture peut être forte, cohérente, féconde ; elle n'est pas une preuve.
- **P** : prédiction falsifiable, avec son critère. Une prédiction déjà comparée à des données est dite « P à reçu » : elle reste P tant que le reçu (les données, la méthode, le calcul de la comparaison) n'est pas publié et refait. Les mentions « validé », « confirmé », « prouvé » des sources ne montent jamais un statut (Registre des Erreurs, III.4).
- **F** : fait historique ou mesure de la science reçue, avec sa date.
- **Chantier** : question ouverte, énoncé dont le critère reste à écrire.

Les énoncés sont numérotés par chapitre (É1.1, É1.2, ...) et recensés dans l'Annexe A. Les sources anglaises sont traduites ; les phrases de l'auteur sont rendues entre guillemets et en italique, au plus près de leur lettre. Les objets traités ailleurs dans le corpus ne sont pas refaits ici : le lecteur est renvoyé au volume et au chapitre qui les portent (le pli et les neuf positions au Volume 1, La Fondation ; la figure des deux cercles au Volume 2, La Figure ; le Registre des Erreurs et le chaos fabriqué au Volume 3, Le Code et le Registre ; les premiers, la grille, Collatz et les nombres heureux au Volume 4, La Théorie des Nombres ; Riemann et Yang-Mills au Volume 5, Les Grands Problèmes ; le cosmos, la sédimentation et le dipôle au Volume 8, La Matière et le Cosmos).

Notation. $DR(n)$ désigne la racine digitale de n , avec $DR(9) = 9$ et $DR(0) = 0$: $DR(n) = n - 9 \times \lfloor (n - 1)/9 \rfloor$ pour $n \geq 1$. Le 9 reste 9. On écrit « laisse le reste r dans la division par m » là où l'usage écrit une congruence abrégée. $\varphi(x) = 9 - x$ est l'involution du cadastre, $k = 4,5/9 = 1/2$ la constante de projection.

Chapitre 1. La borne de Tsirelson sans espace de Hilbert

Deux particules intriquées, mesurées loin l'une de l'autre, donnent des résultats corrélés plus fortement qu'aucune théorie locale à variables cachées ne le permet : c'est le contenu du théorème de Bell (1964), confirmé par l'expérience depuis Aspect (1982) jusqu'aux tests sans échappatoire de 2015. Mais la violation a elle-même une limite, la borne de Tsirelson (1980), qui vaut $2\sqrt{2} \approx 2,828$ dans la combinaison de corrélations dite CHSH. La physique reçue obtient ce nombre par l'algèbre des opérateurs dans un espace de Hilbert. Ce chapitre montre qu'on l'obtient sans cet appareil, par une seule opération géométrique : la projection d'un état partagé sur la sphère, lue par un instrument qui paie la lecture. Le résultat est double. D'abord la corrélation exacte du singulet, $-\cos \theta$, sort en deux lignes. Ensuite la borne se décompose en trois facteurs indépendants, et cette décomposition dit ce que $2\sqrt{2}$ est : le maximum algébrique 4 ramené à la valeur quantique par le tarif de la lecture. Le chapitre se clôt sur le sablier des paires, un dessin à la main qui contient exactement les quatre réglages de la borne.

La version qui fait foi est *Tsirelson Without Hilbert* v4.1 (juillet 2026). La version 4.0 (mars 2026) est retirée sur le point du protocole de mesure (voir § 1.3 et Annexe B).

1.1 Le modèle

É1.1 (L) L'état relationnel. La paire intriquée partage un état relationnel λ , vecteur unitaire distribué uniformément sur la sphère S^2 selon la mesure invariante par rotation. Cette isotropie est la seule distribution compatible avec l'absence de direction privilégiée ; ce n'est pas un paramètre réglable.

É1.2 (Th) Le protocole de mesure à variable de lecture. Soient a et b deux directions de mesure (vecteurs unitaires) et μ une seconde variable cachée, uniforme sur $[-1, 1]$, indépendante de λ , qui appartient à l'appareil de lecture. Le protocole est :

1. $A(a, \lambda) = \text{sgn}(a \cdot \lambda)$, le résultat d'Alice, dans $\{+1, -1\}$;
2. $\lambda' = -A(a, \lambda) \cdot a$, la mise à jour déterministe ;
3. $B(b, \lambda', \mu) = \text{sgn}(b \cdot \lambda' - \mu)$, le résultat de Bob, dans $\{+1, -1\}$.

La règle (2) est l'unique transformation qui satisfait à la fois la conservation du spin total, la cohérence entre résultat et état, et l'injection minimale d'information

(exactement un bit). La règle (3) est un seuil à réponse linéaire : l'appareil apporte une variable continue, et le résultat est déterministe dès que l'état complet (λ , μ) est donné. Ni fonction d'onde, ni opérateur, ni effondrement, ni paramètre libre.

É1.3 (L) La mise à jour n'est pas un signal. Le passage de λ à λ' n'est pas un signal qui se propage dans l'espace-temps : c'est un remplacement de coordonnée dans l'espace d'état relationnel partagé. Comme les distributions marginales ne dépendent pas du réglage de la partie éloignée (É1.20), aucune observable ne dépend de l'ordre des mesures dans aucun référentiel de Lorentz.

É1.4 (L) La paire et son lecteur. La variable μ n'appartient pas à la paire, elle appartient à la lecture. « *La paire porte la relation (λ) ; l'appareil porte le tarif de sa lecture (μ).* » Ôter μ , c'est lire le signe pur, c'est-à-dire supprimer le tarif ; le § 1.3 montre exactement ce que cela coûte : le protocole dépasse alors la borne quantique et tombe sur le maximum algébrique. La distinction entre la paire et son lecteur n'est pas une décoration philosophique : c'est elle qui sépare $2\sqrt{2}$ de 4.

1.2 La corrélation du singulet

É1.5 (Th) $E(a, b) = -\cos \theta$. Sous le protocole É1.2, pour toutes directions a et b faisant l'angle θ , la corrélation vaut $E(a, b) = -\cos \theta$.

Démonstration. Étape 1 : $A = \text{sgn}(a \cdot \lambda)$, avec $P(A = +1) = 1/2$ par isotropie. Étape 2 : la mise à jour donne $\lambda' = -A \cdot a$. Étape 3 : pour λ' fixé, $P(B = +1 | \lambda') = P(\mu < b \cdot \lambda') = (1 + b \cdot \lambda')/2$, puisque μ est uniforme sur $[-1, 1]$ et que $b \cdot \lambda'$ est dans $[-1, 1]$; donc l'espérance de B sachant λ' vaut $b \cdot \lambda'$. Étape 4 : l'espérance de AB sachant λ vaut $A \times (b \cdot (-A \cdot a)) = -A^2(a \cdot b) = -(a \cdot b) = -\cos \theta$, puisque $A^2 = 1$. La corrélation conditionnelle ne dépend pas de λ ; la corrélation tout court vaut donc exactement $-\cos \theta$. ■

C'est la prédiction exacte de la mécanique quantique pour l'état singulet. Aucun paramètre n'est ajusté, aucune formule d'intégration n'est posée : le cosinus sort de la réponse linéaire de la lecture.

1.3 L'erratum : le signe pur est la boîte de Popescu-Rohrlich

É1.6 (Th) Le protocole à signe pur donne $|S| = 4$. La version 4.0 lisait $B = \text{sgn}(b \cdot \lambda')$, sans variable de lecture. Pris à la lettre, ce protocole donne $AB = -\text{sgn}(a \cdot b)$ pour tout λ , donc $E(a, b) = -\text{sgn}(\cos \theta)$: une fonction en marche d'escalier, non un cosinus. Aux réglages standard ($a = 0^\circ$, $a' = 90^\circ$, $b = 45^\circ$, $b' = 135^\circ$), les quatre corrélations valent $-1, +1, -1, -1$, et la combinaison CHSH $S = E(a, b) - E(a, b') + E(a', b) + E(a', b')$ vaut $-1 - 1 - 1 - 1 = -4$. Le protocole à signe pur ne sature pas la borne de Tsirelson : il la dépasse et tombe exactement sur la boîte de Popescu-Rohrlich (1994), le maximum algébrique compatible avec le non-signallement.

La v4.0 affirmait, à l'étape d'intégration, une interpolation pondérée par $|\cos \alpha|$; ce poids est précisément ce que la fonction signe avait jeté. La réparation n'affaiblit pas le résultat, elle en révèle le mécanisme : la grandeur de la projection, portée par la variable de lecture μ , est ce qui ramène le maximum algébrique à la borne quantique. «

Lire le signe seul est une lecture gratuite ; la nature n'accorde pas de lecture gratuite.
»

1.4 Le fondement arithmétique de $k = 1/2$

Avant la borne, la constante de projection. Cette section se lit indépendamment de la physique : elle établit que $k = 1/2$ est une nécessité de l'arithmétique des neuf chiffres. La construction complète du pli et des neuf positions est au Volume 1, La Fondation ; on n'en rappelle ici que ce que la borne utilise.

É1.7 (Th) Les neuf grandeurs à un symbole. Il existe exactement neuf grandeurs positives qui s'écrivent d'un seul chiffre : $\{1, \dots, 9\}$. Le nombre 10 en exige deux ; il introduit la valeur de position. Les neuf chiffres existent avant toute base.

É1.8 (Th) L'involution et la constante. L'application $\varphi(x) = 9 - x$ agit sur $\{1, \dots, 8\}$ comme une involution sans point fixe et produit quatre paires exhaustives, (1, 8), (2, 7), (3, 6), (4, 5), chacune de somme 9. Leur barycentre commun est 4,5. Le 9 agit comme membrane de clôture : $\varphi(9) = 0$ n'est pas dans $\{1, \dots, 9\}$. La constante de projection est $k = 4,5/9 = 1/2$, et elle ne dépend pas de la base : en base b , le rapport analogue vaut $((b - 1)/2)/(b - 1) = 1/2$.

É1.9 (Th) Le pli universel. Pour tout entier $a \geq 1$, le cycle des racines $\{DR(a), DR(2a), \dots, DR(9a)\}$ contient le 9 comme clôture, et les huit autres termes se replient en quatre paires de somme 9.

Démonstration. $DR(ka) + DR((9 - k)a)$ a la même racine que $ka + (9 - k)a = 9a$, donc sa somme est un multiple de 9. Les deux termes sont dans $\{1, \dots, 9\}$, leur somme dans $\{2, \dots, 18\}$: elle vaut 9 ou 18, et 18 seulement quand les deux racines valent 9. Les huit positions s'épuisent ainsi en quatre paires. ■

Le pli se voit dans la table de multiplication que tout enfant apprend :

	×1	×2	×3	×4	×5	×6	×7	×8	×9
DR(1 × k)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DR(8 × k)	8	7	6	5	4	3	2	1	9
DR(2 × k)	2	4	6	8	1	3	5	7	9
DR(7 × k)	7	5	3	1	8	6	4	2	9
DR(4 × k)	4	8	3	7	2	6	1	5	9
DR(5 × k)	5	1	6	2	7	3	8	4	9

Dans chaque couple de rangées, chaque colonne de ×1 à ×8 somme à 9. La convention de Gauss (1801) qui écrit « $9 \equiv 0$ » écrase le chiffre de clôture sur le zéro, efface le barycentre et rend la structure d'inversion invisible ; la racine digitale sur $\{1, \dots, 9\}$ la restitue (critique développée au Volume 3, Le Code et le Registre).

1.5 La dérivation géométrique de la borne

La combinaison CHSH est $S = E(a, b) - E(a, b') + E(a', b) + E(a', b')$. En y portant $E = -\cos \theta$ avec des réglages séparés de $\pi/4$, on obtient $|S| = 2\sqrt{2}$. La suite montre que ce nombre est une identité de structure.

É1.10 (Th) Lemme A, la norme spectrale. L'opérateur de Bell $B = A_0 \otimes (B_0 + B_1) + A_1 \otimes (B_0 - B_1)$ vérifie $\|B\| \leq 2\sqrt{2}$, avec égalité quand les deux paires d'observables anticommulent au maximum.

Démonstration. $B^2 = 4 I \otimes I - [A_0, A_1] \otimes [B_0, B_1]$. Pour des observables de spectre $\{+1, -1\}$, $\|[A_0, A_1]\| \leq 2$ et $\|[B_0, B_1]\| \leq 2$. Donc $\|B^2\| \leq 4 + 4 = 8$ et $\|B\| \leq \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$. ■

É1.11 (Th) Lemme B, le gain de la diagonale. Pour deux vecteurs unitaires orthogonaux b et b' , $\|b + b'\| = \sqrt{2}$. La configuration CHSH optimale place les réglages à $\pi/4$. Les protocoles classiques n'accèdent qu'aux côtés (gain 1) ; les protocoles quantiques accèdent à la diagonale (gain $\sqrt{2}$).

É1.12 (Th) Lemme C, le coût universel de projection. Pour λ uniforme sur S^2 et toute direction fixe a , l'espérance de $|a \cdot \lambda|$ vaut $1/2$.

Démonstration. Prendre a selon l'axe vertical et couper la sphère à l'équateur. Sur chaque hémisphère, $\int_0^{\pi/2} \cos \theta \sin \theta d\theta = [\sin^2 \theta / 2]_0^{\pi/2} = 1/2$. Rapportée à la sphère entière (de mesure normalisée $(1/2) \sin \theta d\theta$), l'espérance vaut $(1/2) \times 2 \times (1/2) = 1/2$. ■

C'est l'information retenue, à l'espérance, quand un état continu sur S^2 est comprimé en un seul bit. C'est une constante géométrique de la sphère, et c'est le même $1/2$ que celui de l'involution du § 1.4 : deux chemins indépendants, la géométrie sphérique et l'arithmétique discrète, aboutissent à la même valeur. Dans le protocole réparé, cette constante n'est plus seulement descriptive : la lecture à réponse linéaire est exactement celle qui paie la grandeur de la projection, et l'erratum du § 1.3 montre ce qui arrive quand elle n'est pas payée.

É1.13 (Th) La décomposition de la borne. $S_{\max} = N \times k \times d = 4 \times (1/2) \times \sqrt{2} = 2\sqrt{2}$.

Facteur	Valeur	Origine	Nature
N	4	CHSH : 2 réglages $\times$ 2 parties	combinatoire
k	$1/2$	projection $S^2 \rightarrow Z_2$ (Lemme C)	géométrique
d	$\sqrt{2}$	norme spectrale de la diagonale (Lemmes A et B)	algébrique

La borne classique de Bell s'obtient avec $d = 1$: $S = 4 \times (1/2) \times 1 = 2$. L'avantage quantique vaut exactement $\sqrt{2}$, le rapport de la diagonale au côté.

É1.14 (L) De la factorisation au mécanisme. En v4.0, cette décomposition était présentée comme une factorisation analytique. La réparation du théorème du singulet la change en mécanisme. Le protocole à signe pur, la paire lue sans tarif, atteint le maximum algébrique 4 (É1.6) ; le poids géométrique de la lecture, dont la grandeur vaut $k = 1/2$ à l'espérance, est ce qui réduit ce maximum à la borne quantique. « 4 est

ce que la paire livrerait si la lecture était gratuite, et le passage par $\cos \theta$ est le tarif qui la ramène à $2\sqrt{2}$. Le facteur k n'est pas une écriture comptable ; c'est le péage. »

1.6 Les trois plafonds

Trois plafonds gouvernent la corrélation CHSH : la borne classique (variables cachées locales), la borne quantique (Tsirelson) et la borne algébrique (la boîte de Popescu-Rohrlich, maximum compatible avec le non-signallement).

Plafond	Valeur	Régime
Classique (Bell)	2	variables cachées locales ; côtés seulement ($d = 1$)
Quantique (Tsirelson)	$2\sqrt{2}$	la paire lue avec son tarif (ce modèle)
Algébrique (boîte PR)	4	maximum non signalant ; la paire lue gratuitement (É1.6)

É1.15 (Th) Le milieu géométrique des plafonds. $2\sqrt{2} = \sqrt{2 \times 4}$: le plafond quantique est le milieu multiplicatif des plafonds classique et algébrique, et non leur milieu additif, qui serait 3 et que rien dans la structure ne sélectionne.

É1.16 (L) Le pli entre le classique et le formel. *« Le réel se tient au point de pli dimensionnel entre le monde classique et le maximum formel. »*

É1.17 (Th) Les deux cercles. Le rapport du plafond quantique au plafond algébrique vaut $2\sqrt{2}/4 = 1/\sqrt{2}$, exactement le rapport r/R du cercle inscrit au cercle circonscrit d'un carré, la figure fondatrice du corpus (Volume 2, La Figure). Son carré vaut $(1/\sqrt{2})^2 = 1/2 = k$.

É1.18 (L) Le monde quantique remplit le maximum comme le cercle intérieur remplit l'extérieur. Le monde quantique remplit le maximum algébrique exactement comme le cercle inscrit remplit le circonscrit, et la constante de projection est la trace au carré de ce rapport.

É1.19 (L) Le sens opératoire du plafond. van Dam a montré (prépublication 2005, publication 2013) que des corrélations au maximum algébrique rendraient triviale la complexité de communication : avec des boîtes PR, toute fonction booléenne distribuée se calculerait avec un seul bit de communication ; la relation ferait gratuitement le travail du transport. La borne de Tsirelson est alors le plafond quantitatif de la relation sans transport : le point où la paire est fermée au maximum tandis que le tiers, le lecteur, le canal, paie encore. *« La nature s'arrête exactement là où le tarif survit. »*

1.7 Non-signallement, règle de Born, intrication

É1.20 (Th) Non-signallement. La marge d'Alice $P(A | a)$ ne dépend pas de b ; celle de Bob $P(B | b)$ ne dépend pas de a .

Démonstration. $A(a, \lambda) = \text{sgn}(a \cdot \lambda)$ ne dépend que de a et λ , et l'isotropie donne $P(A = +1 | a) = 1/2$ pour tout a . Pour Bob : $P(B = +1) = \text{espérance de } (1 + b \cdot \lambda')/2 = 1/2 + (1/2) \times \text{espérance de } b \cdot (-A \cdot a) = 1/2 - (1/2)(a \cdot b) \times E[A] = 1/2$, puisque $E[A] = 0$ par isotropie. ■

É1.21 (L) La règle de Born comme compression géométrique. Dans la mécanique quantique reçue, la règle de Born est fondatrice mais non dérivée. Ici, elle est une conséquence de la géométrie. L'état complet λ porte deux degrés de liberté (θ, φ) ; la lecture retient une réponse linéaire seuillée et jette le reste. C'est l'origine de l'aléa quantique : l'information détruite par la compression dimensionnelle. L'état est déterministe, le résultat est déterministe sachant l'état complet (λ, μ) ; mais l'observateur, qui n'a accès qu'au résultat binaire, éprouve un aléa apparent dont la statistique est gouvernée par la géométrie sphérique, c'est-à-dire par la règle de Born. La constante $k = 1/2$ en est la signature : à l'espérance, exactement la moitié de l'information directionnelle survit à la compression $S^2 \rightarrow Z_2$. Le protocole v4.1 rend le compte explicite : la variable de lecture μ appartient à l'appareil et elle est le porteur physique de la compression ; « *le lecteur paie la projection, pas la paire* ». « *La règle de Born n'est pas ontologiquement fondamentale. Elle est l'empreinte statistique d'une perte d'information géométrique.* »

É1.22 (L) L'intrication comme paire d'inversion. Dans ce modèle, après la mesure d'Alice, l'état relationnel prend deux valeurs : $\lambda' = -a$ si $A = +1$, $\lambda' = +a$ si $A = -1$. Dans les deux cas, λ' est l'inverse du résultat d'Alice projeté sur l'axe de mesure. C'est la structure $\varphi(x) = 9 - x$ réalisée physiquement : A et λ' sont complémentaires, ils forment une paire d'inversion ; aucun n'existe seul. Les deux résultats sont corrélés non parce qu'un signal voyage entre eux, mais parce qu'ils sont deux lectures du même état relationnel depuis les deux côtés de l'inversion.

É1.23 (L) Le minimum de la relation. La relation $2 = DR(11)$, racine de l'opérateur d'interface 11, est le minimum de la relation : deux éléments face à face. L'intrication n'est pas un phénomène quantique spécial ; elle est la condition générale de l'existence : tout élément n'existe qu'en relation à son complément. Le formalisme quantique l'a rendue visible ; la structure d'inversion la rend inévitable.

É1.24 (L) Ce qui est instantané et ce qui est borné. Modifier un élément d'une paire détermine l'autre, non par signal mais par définition : si $x + \varphi(x) = 9$, connaître x détermine $\varphi(x)$ instantanément, à toute distance, parce que la contrainte est structurelle et non causale. « *Ce qui est instantané, c'est la relation ; ce qui est borné par c , c'est le transport. La corrélation est gratuite parce qu'elle est adresse ; le message coûte parce qu'il est travail.* »

1.8 Cinq constantes, un mécanisme

Résultat	Valeur	Dérivation
Borne de Tsirelson	$2\sqrt{2}$	$4 \times (1/2) \times \sqrt{2}$, par $S^2 \rightarrow Z_2$
Nombre quantique de spin	$1/2$	barycentre sur clôture, $4,5/9$

Résultat	Valeur	Dérivation
Distribution des premiers	$6k \pm 1$	tous les premiers au-delà de 3 sur deux rails symétriques
Auto-complétion des premiers	p^2 laisse 1 dans la division par 24	$24 = 4 \times 6$
Écart structurel	$\Delta = 3$	barycentre haut moins barycentre bas, $7,5 - 4,5$

É1.25 (Chantier) L'universalité de la projection. Les corrélations quantiques et les motifs de distribution arithmétique seraient deux manifestations de la topologie d'inversion $\varphi(x) = 9 - x$ sur $\{1, \dots, 9\}$, avec quatre paires invariantes, barycentre 4,5 et constante de projection 1/2. Les convergences du tableau sont des correspondances de structure, non des preuves ; leur unification formelle est un programme de recherche, non une affirmation (les premiers sur les rails $6k \pm 1$ sont au Volume 4, La Théorie des Nombres).

1.9 Portée et limites

É1.26 (L) Ce que le modèle ne fait pas. (i) Il ne remplace pas la mécanique quantique : il propose une reformulation géométrique de la mesure pour les paires intriquées de spin 1/2 ; l'extension aux systèmes à plusieurs particules est ouverte. (ii) Il ne modifie aucune prédiction empirique : il reproduit $E(a, b) = -\cos \theta$ et $S_{\max} = 2\sqrt{2}$ exactement. (iii) Il n'est pas contextuel au sens de Kochen-Specker : les variables (λ, μ) sont indépendantes du contexte, λ appartient à la paire, μ à l'appareil local ; le modèle opère sur S^2 (dimension 2), hors de la portée du théorème de Kochen-Specker (dimension 3 ou plus). (iv) Les convergences arithmétiques du § 1.8 sont des correspondances, non des preuves. (v) Localité de Bell : le modèle est non signalant (É1.20) mais, comme tout modèle qui reproduit le cosinus du singulet, il n'est pas local au sens de Bell ; la mise à jour $\lambda \rightarrow \lambda'$ est un remplacement relationnel indépendant de l'ordre, non un signal (É1.3). La prétention du modèle est l'origine géométrique de la borne, non une restauration de la localité de Bell, que le théorème de Bell exclut pour toute théorie qui reproduit la statistique quantique.

1.10 Prédictions falsifiables

Chacune suffit à réfuter le modèle si elle est violée.

É1.27 (P) F1, le cosinus exact. $E(a, b) = -\cos \theta$ est exact pour tous les angles. Tout écart statistiquement significatif réfute le modèle.

É1.28 (P) F2, la borne exacte. $S_{\max} = 2\sqrt{2}$ exactement. Toute violation reproductible de la borne de Tsirelson réfute le modèle.

É1.29 (P) F3, les marges. $P(A | a) = P(B | b) = 1/2$ pour tous les réglages, indépendamment de la partie éloignée. Tout signalement observé réfute le modèle.

É1.30 (P) F4, l'universalité de k . $k = 1/2$ vaut pour toutes les mesures binaires sur S^2 . Un écart systématique réfute l'hypothèse de compression géométrique.

É1.31 (Th) F5, les deux propriétés des premiers. Tout premier $p > 3$ laisse le reste 1 ou 5 dans la division par 6, et p^2 laisse le reste 1 dans la division par 24. Ce sont des théorèmes arithmétiques vérifiables indépendamment (refaits jusqu'à 10^5 , Annexe D).

1.11 La double dérivation

É1.32 (L) La discipline de la double dérivation. Chaque constante porteuse est dérivée deux fois : à gauche, au papier et au crayon, sans rien d'autre que la géométrie de la règle et du compas et l'arithmétique de l'écolier ; à droite, dans l'appareil standard (mesures, normes, espérances). La règle est stricte : la colonne de gauche n'emprunte pas un seul concept à celle de droite. La dernière ligne de chaque tableau porte le même nombre. Ce que l'identité établit est le but de l'exercice : si le résultat est atteignable sans l'appareil, « *l'appareil est un véhicule du résultat, non son fondement* ». Chaque tableau est une pièce à conviction, non une illustration : le formalisme standard est convoqué comme témoin qui confirme, dans sa propre langue, un nombre qu'un pli de papier livre déjà.

É1.33 (Th) A.1, la constante k . *Au crayon* : envelopper la sphère dans un cylindre. Archimède : des tranches égales du cylindre couvrent des aires égales de la sphère ; la hauteur d'un point uniforme sur la sphère est donc répartie également le long du bâton $[-1, 1]$. Plier le bâton en son milieu : la moitié pliée $[0, 1]$ reste couverte également. Le point d'équilibre d'un bâton couvert également est son milieu : $1/2$. Un enveloppement, un pli, un milieu. *Dans l'appareil* : pour λ uniforme sur S^2 et a fixe, la loi image de $a \cdot \lambda$ est uniforme sur $[-1, 1]$ (le théorème du carton à chapeau d'Archimède sous forme de théorie de la mesure) ; l'espérance de $|a \cdot \lambda|$ vaut $(1/2) \int_0^\pi |\cos \theta| \sin \theta \, d\theta = (1/2) \times 2 \times [\sin^2 \theta / 2]_0^{\pi/2} = 1/2$. Même nombre : $k = 1/2$.

É1.34 (Th) A.2, le plafond $2\sqrt{2}$. *Au crayon* : tracer un carré de côté 2. Sa diagonale, par Pythagore, vaut $\sqrt{(2^2 + 2^2)} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$. L'optimum CHSH lit les deux contributions perpendiculaires à pleine force (chacune vaut 2) et prend leur diagonale ; une règle suffit à vérifier. *Dans l'appareil* : $B^2 = 4 \mathbb{I} \otimes \mathbb{I} - [A_0, A_1] \otimes [B_0, B_1]$, $\|[A_0, A_1]\| \leq 2$ et $\|[B_0, B_1]\| \leq 2$, donc $\|B^2\| \leq 4 + 4 = 8$ et $\|B\| \leq 2\sqrt{2}$, saturé à l'anticommutation maximale. Même nombre : $2\sqrt{2}$, la diagonale du carré 2×2 ; « $\|B^2\| = 4 + 4$ est Pythagore en habit d'opérateur ».

É1.35 (Th) A.3, le milieu géométrique des plafonds. *Au crayon* : la construction de l'intermédiaire proportionnel de Descartes, au début de *La Géométrie*. Sur une droite, porter un segment de longueur 2 puis un segment de longueur 4 ; tracer le demi-cercle sur le segment entier (longueur 6) ; au point de jonction, élever la perpendiculaire jusqu'au demi-cercle : sa hauteur est le côté du carré d'aire égale au rectangle 2×4 , soit $\sqrt{8} = 2\sqrt{2}$. Compas et règle, rien d'autre. *Dans l'appareil* : $\sqrt{(2 \times 4)} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$; le milieu additif serait 3, que rien dans la structure ne sélectionne. Même nombre : le plafond quantique est l'intermédiaire proportionnel entre le classique et l'algébrique.

É1.36 (L) Ce que les trois tableaux établissent. La constante $k = 1/2$ est un

enveloppement et un pli ; le plafond $2\sqrt{2}$ est la diagonale d'un carré ; leur point de rencontre est une construction au compas que Descartes donne dans les premières pages de *La Géométrie*. Aucun des nombres porteurs n'exige l'appareil dans lequel le texte est écrit. L'appareil est gardé pour une seule raison : c'est la langue dans laquelle le résultat est recevable par la communauté qui l'entretient. La frontière entre les deux colonnes est marquée, non effacée, et « *chaque fois que la colonne de droite confirme celle de gauche, l'instrument témoigne pour le pli* ».

1.12 Le sablier des paires

Le 14 octobre 2026, l'auteur a dessiné à la main les quatre paires d'inversion empilées : 1-8, puis 2-7, puis 3-6, puis 4-5, à pas égal. Le dessin a la forme d'un sablier, et ce sablier contient exactement les réglages de la borne.

É1.37 (Th) La géométrie du sablier. Les rangées 1-8, 2-7, 3-6, 4-5 ont pour largeurs 7, 5, 3, 1, de somme $16 = 4^2$. À pas égal, les bords descendent à 45° : ce sont les diagonales, de facteur $\sqrt{2}$. La taille du sablier est vide, en 4,5, que rien n'occupe. Inscrit dans le cercle, le dessin donne huit cônes et quatre sabliers.

É1.38 (Th) Les quatre directions du sablier sont les réglages de Tsirelson. Les quatre directions du sablier, 0° , 45° , 90° et 135° , sont exactement les réglages qui atteignent la borne. Avec $a = 0^\circ$, $a' = 90^\circ$, $b = 45^\circ$, $b' = 135^\circ$ et $E = -\cos \theta$:

- $E(a, b) = -\cos 45^\circ = -\frac{1}{2}\sqrt{2}$;
- $E(a, b') = -\cos 135^\circ = +\frac{1}{2}\sqrt{2}$, qui entre dans S avec le signe moins : $-E(a, b') = -\frac{1}{2}\sqrt{2}$;
- $E(a', b) = -\cos 45^\circ = -\frac{1}{2}\sqrt{2}$;
- $E(a', b') = -\cos 45^\circ = -\frac{1}{2}\sqrt{2}$.

Donc $S = -4 \times \frac{1}{2}\sqrt{2} = -2\sqrt{2}$ et $|S| = 2\sqrt{2}$. Chacun des quatre termes vaut $\frac{1}{2} \times \sqrt{2} = \cos 45^\circ$ en valeur absolue : la constante de projection fois la diagonale.

É1.39 (Th) Sans les diagonales, la borne classique. Si l'on ne garde que les directions 0° et 90° ($a = b = 0^\circ$, $a' = b' = 90^\circ$), les quatre corrélations valent -1 , 0 , 0 , -1 et $S = -1 - 0 + 0 - 1 = -2$: $|S| = 2$, la borne classique. Les côtés seuls donnent 2 ; les diagonales donnent $2\sqrt{2}$.

É1.40 (Th) Le maximum exige l'écart de 45° . Un balayage de tous les réglages au degré près (a fixé à 0° , a' , b , b' de 0° à 179°) donne le maximum $|S| = 2\sqrt{2}$ au seul quadruplet (0° , 90° , 45° , 135°) : trois couples de réglages adjacents séparés de 45° et le quatrième de 135° . Pour des photons, où l'angle du polariseur est la moitié de l'angle de spin, ces réglages correspondent à des polariseurs écartés de $22,5^\circ$. (Vérifié par script le 14 octobre 2026, refait pour ce volume : Annexe D.)

É1.41 (L) Le dessin et la borne. Le sablier n'est pas une illustration ajoutée à la borne : il en est le schéma. Ses quatre rangées sont les quatre paires, ses bords à 45° sont les diagonales qui portent le gain $\sqrt{2}$, sa taille vide en 4,5 est le barycentre que la lecture ne touche jamais, et la somme de ses largeurs, $16 = 4^2$, rappelle le $N = 4$ de la combinatoire CHSH. « *Classique : mesurer les côtés. Quantique : mesurer les diagonales.* »

1.13 La même borne lue par le Livre VIII

La Bible Quantique (Livre VIII.6 bis) lit la même borne par la figure des deux cercles, sans passer par la sphère.

É1.42 (Th) $S/4 = r/R = \sqrt{k}$. Dans la figure fondatrice, le carré est inscrit dans le cercle de rayon R et circonscrit au cercle de rayon r , avec $r/R = \cos(\pi/4) = \sqrt{2}/2 \approx 0,7071068$. La constante de projection est $k = (r/R)^2 = 1/2$. La borne de Tsirelson rapportée au maximum algébrique s'écrit $S_{\text{Tsirelson}}/4 = \sqrt{2}/2 = r/R = \sqrt{k}$.

É1.43 (L) La non-localité comme grammaire. La lecture reçue nomme « non-localité quantique » la violation de l'inégalité de Bell ; cette description est valide mais incomplète. Les corrélations ne sont pas une action mystérieuse à distance : elles partagent leur position dans le cadastre, et cette position est globale par construction. Les deux particules occupent la même paire d'inversion, l'une en x , l'autre en $9 - x$; leur corrélation exprime cette occupation conjointe, non la transmission d'un signal. « *La connexion est non locale dans l'espace métrique et locale dans l'espace topologique : c'est cette distinction, et non un contournement de Bell, qui porte la lecture* » (Croix de Planck v2.1, § 8).

É1.44 (Chantier) Le degré d'intrication comme position. Si l'intrication est une manifestation du cadastre, son degré devrait se lire comme une position : les états maximalement intriqués, qui saturent $2\sqrt{2}$, occuperaient la paire centrale (4, 5), dont le barycentre est le centre du cadastre ; les états partiellement intriqués occuperaient des positions intermédiaires. La règle qui assigne une position à un degré d'intrication n'est pas écrite ; tant qu'elle ne l'est pas, l'énoncé ne peut être confronté aux expériences de Bell à intrication variable.

Chapitre 2. Les corrélations quantiques par projection séquentielle

Avant la dérivation de la borne, le corpus avait posé, en février 2026, le cadre dans lequel elle s'écrit : un état relationnel global partagé par la paire, un ordre séquentiel des mesures qui n'est pas un ordre temporel, et une règle de mise à jour unique. Ce chapitre reprend ce cadre (*Emergence of Quantum Correlations via Sequential Geometric Projection*, v1.2, février 2026) pour ce qu'il garde de durable : les quatre principes, la réponse aux objections classiques, la structure ternaire sous les mesures binaires, la lecture du spin demi-entier et la preuve d'unicité de la mise à jour. Une précision ouvre le chapitre, parce qu'elle commande tout le reste : la version de février écrivait le résultat de Bob comme un signe pur, $B = \text{sgn}(\lambda' \cdot b)$, et affirmait que ce protocole donne $-\cos \theta$. Ce n'est pas le cas ; ce protocole donne la boîte de Popescu-Rohrlich (chapitre 1, É1.6). Partout dans ce chapitre, le protocole est celui de la v4.1, avec la variable de lecture μ (É1.2) ; la règle de mise à jour, elle, est inchangée et c'est elle que ce chapitre établit.

2.1 Les quatre principes

É2.1 (L) P1, la priorité relationnelle. Les relations précèdent les objets.

É2.2 (L) P2, la distance topologique nulle. Les systèmes intriqués partagent un état relationnel global.

É2.3 (L) P3, pas d'aléa ontologique. L'aléa est épistémique, non fondamental.

É2.4 (L) P4, la clôture structurelle. La cohérence est imposée par des contraintes globales, non par une dynamique.

Ces quatre principes définissent l'Architecture de la Cohérence Relationnelle dans sa forme de février 2026 ; le chapitre 3 y ajoute P0 (la genèse relationnelle de l'onde) et P5 (la complétude opératoire).

2.2 L'état global et l'ordre séquentiel

É2.5 (L) L'isotropie comme symétrie. L'état $\lambda \in S^2$ est un vecteur unitaire qui représente la configuration relationnelle d'une paire singulet. Aucune distribution de probabilité n'est postulée : l'isotropie est une contrainte de symétrie qui exprime l'absence de toute orientation privilégiée, non une hypothèse de tirage.

É2.6 (L) L'ordre topologique T_{sys} . Les événements de mesure sont ordonnés par une structure discrète, non métrique, invariante de Lorentz, notée T_{sys} . Cet ordre séquence des mises à jour relationnelles, non des événements d'espace-temps. Aucun référentiel privilégié ; aucun signal dans l'espace-temps ; la causalité est topologique, non temporelle.

É2.7 (L) L'aléa comme résidu de projection. La seule source d'aléa apparent est la projection dimensionnelle $S^2 \rightarrow \{+1, -1\}$, qui jette de façon irréversible la continuité directionnelle. « *L'aléa n'est pas fondamental ; il est le résidu d'une projection géométrique avec perte.* »

2.3 Les objections classiques

É2.8 (L) Déterminisme sans superdéterminisme. Objection : si λ fixe d'avance les résultats, les choix de mesure ne sont pas libres. Réponse : l'état global λ code des contraintes relationnelles entre résultats, non des valeurs individuelles de résultats. Les angles d'Alice et de Bob restent non contraints par λ . Le modèle impose la corrélation sans fixer A ou B séparément : la liberté expérimentale est préservée, la corrélation reste déterministe.

É2.9 (L) La mise à jour comme mémoire, non comme signal. Objection : la mise à jour $\lambda' = -A \cdot a$ est une action instantanée à distance. Réponse : l'état λ est établi à la création de la paire, dans le cône passé commun aux deux mesures ; la mise à jour est une mise à jour de mémoire relationnelle, non un signal causal, et aucune information ne se propage d'Alice à Bob. La séparation de genre espace des deux mesures est compatible avec un λ qui code leur état conjoint, parce que la distance dans T_{sys} n'est pas la distance de Minkowski. *Précision de la v4.1* : cette réponse établit le non-signallement, non la localité au sens de Bell ; le modèle n'est pas local au sens de Bell, et le théorème de Bell n'est pas contesté (chapitre 1, É1.26 (v)).

É2.10 (L) Invariance de Lorentz. Les mises à jour ne dépendent que de l'état conjoint et des directions locales de mesure, non du référentiel ni des conventions de simultanéité ; la statistique $E(a, b) = -\cos \theta$ est manifestement indépendante du référentiel. L'absence de référentiel privilégié assure la compatibilité avec la relativité restreinte.

É2.11 (L) Pourquoi aucun opérateur. Le cadre n'emploie ni hamiltonien, ni fonction d'onde, ni opérateur spectral : le système est statique et relationnel. Chercher un opérateur reviendrait à imposer une évolution dynamique à une structure géométrique pure.

É2.12 (L) L'écho de la clôture. La mémoire relationnelle imposée ici fait écho aux clôtures discrètes observées en arithmétique et en chimie, comme les symétries

d'inversion sous horizon fixe (la règle de l'octet, Volume 2, La Figure). Dans tous ces systèmes, la stabilité vient de contraintes globales de symétrie, non d'une évolution dynamique.

2.4 La structure ternaire sous les mesures binaires

É2.13 (Th) Les deux chambres et leur écart. Dans le domaine numérique fondamental [1, 9], on définit deux centres : la chambre basse $c_L = 4,5$ et la chambre haute $c_U = 7,5$. Leur écart vaut $c_U - c_L = 3$; leur somme vaut 12, dont la racine est $1 + 2 = 3$.

É2.14 (L) Le 3 comme invariant ternaire. Le nombre 3 est invariant par l'opération additive comme par l'opération soustractive des deux chambres, ce qui suggère une base géométrique ternaire. La chambre basse est associée aux observables matérielles et spatiales, la chambre haute aux observables relationnelles et de phase. Les résultats binaires $\{+1, -1\}$ sont des projections avec perte de cette structure ternaire sur des sous-espaces à une dimension : la mesure projette la géométrie continue de S^2 sur des résultats discrets, et la réduction $S^2 \rightarrow Z_2$ jette le degré de liberté azimutal. L'aléa observé est l'incertitude épistémique introduite par cette projection, non une indétermination ontologique.

2.5 Le spin demi-entier comme nécessité géométrique

É2.15 (Th) Le pivot décentré. Le centre arithmétique exact du domaine [1, 9] n'est pas un entier : c'est 4,5, et non le centre entier symétrique 5. Le rapport du centre géométrique à l'étendue vaut $c_L/9 = 4,5/9 = 1/2$.

É2.16 (L) Le spin 1/2 comme position. Ce rapport est exactement le nombre quantique de spin intrinsèque des fermions (en unités de $\hbar$). Le caractère demi-entier du moment angulaire des particules fondamentales n'est pas un postulat ad hoc : il émerge comme conséquence géométrique du positionnement décentré du pivot dans l'espace relationnel discret.

É2.17 (Th) L'échelle de l'écart. L'écart entre les chambres se traverse par pas de 0,5 : $4,5 \rightarrow 5,0 \rightarrow 5,5 \rightarrow 6,0 \rightarrow 6,5 \rightarrow 7,0 \rightarrow 7,5$, soit exactement six pas, et $6 \times 0,5 = 3 = \Delta c$.

É2.18 (L) Une échelle discrète entre matière et relation. Cette structure suggère une échelle discrète reliant observables matérielles et relationnelles, chaque barreau séparé d'un demi-entier ; une telle discrétisation est cohérente avec les structures de l'espace des phases quantique et pourrait se rattacher à la quantification de l'action en unités de $\hbar/2$. Elle pourrait aussi se rattacher à la quantification du moment angulaire en demi-entiers, aux niveaux d'énergie des systèmes liés, aux phases topologiques de la matière condensée (modes zéro de Majorana) et à la hiérarchie des générations de particules.

É2.19 (L) L'intrication comme position partagée. Les particules intriquées n'occupent pas des lieux distincts de l'espace relationnel : elles partagent la même position géométrique dans la structure des chambres. La distance topologique entre

elles est identiquement nulle (P2). La mesure sur l'une révèle cette position partagée, qui apparaît comme anticorrélation parfaite (singulet) ou corrélation (triplet) à des observateurs séparés dans l'espace. Aucun signal ne se propage, parce qu'Alice et Bob sondent un seul état relationnel depuis deux perspectives spatiales ; la corrélation $-\cos \theta$ reflète la projection géométrique de l'état partagé sur deux axes différents, non une influence causale. « *Corrélation égale mémoire, non causation.* »

2.6 L'unicité de la mise à jour

É2.20 (Th) La réflexion antiparallèle est la seule mise à jour admissible. La mise à jour doit satisfaire trois invariants : (1) la cohérence locale du résultat, $A = \text{sgn}(\lambda \cdot a)$; (2) la conservation du spin total, de somme nulle pour le singulet ; (3) l'injection minimale d'information, aucun degré de liberté au-delà du résultat. Les alternatives tombent une à une : une projection orthogonale $\lambda' \perp a$ viole la cohérence du résultat ; une rotation $\lambda' = R(\alpha)\lambda$ introduit un paramètre non contraint ; une mise à l'échelle $\lambda' = c\lambda$ viole la norme unité ; un bruit stochastique viole le déterminisme (P3). La seule transformation qui satisfait les trois invariants est la réflexion antiparallèle $\lambda' = -A \cdot a$.

É2.21 (Th) Corollaire : le déterminisme. $A = \text{sgn}(\lambda \cdot a)$ et λ' déterminé uniquement par (A, a) font de tous les résultats suivants des fonctions déterministes de l'état initial et de la suite des mesures. Avec la lecture de la v4.1, le déterminisme porte sur l'état complet (λ, μ) .

2.7 La comparaison avec les interprétations reçues

É2.22 (L) Quatre cadres. Copenhague : effondrement de la fonction d'onde, aléa ontologique, problème de la mesure. Mondes multiples : fonction d'onde universelle, pas d'effondrement, branchement en branches infinies, non falsifiable. Bohm : variables cachées (positions des particules), dynamique non locale (potentiel quantique). ARC : état géométrique global $\lambda \in S^2$, localité topologique (distance nulle dans T_{sys}), ni fonction d'onde ni effondrement, déterministe, explicitement falsifiable. Les traits propres que la source revendique pour ARC sont : une base géométrique pour la quantification du spin 1/2 ; une structure ternaire sous les mesures binaires ; la corrélation lue comme mémoire et non comme causation. La source revendiquait aussi d'être « *le seul cadre déterministe sans signalement non local* » ; cette exclusivité n'est pas établie (le modèle de Bohm est déterministe et non signalant au niveau des statistiques) et l'énoncé est rétrogradé (Annexe B).

2.8 Falsification

É2.23 (P) Les critères de février. Le modèle est réfuté par l'une des observations suivantes : un signalement observable entre mesures séparées par un intervalle de genre espace ; un écart à $E(a, b) = -\cos \theta$ dans les systèmes singulets ; une distribution marginale $P(A | a)$ dépendant du réglage éloigné b ; la découverte de systèmes de fermions intriqués violant l'invariant ternaire ($\Delta c \neq 3$) ; la mesure d'un

fermion fondamental de spin intrinsèque différent de $1/2$ (en unités de $\hbar$). Les trois premiers critères sont ceux de la v4.1 (É1.27 à É1.29) ; le quatrième n'a pas de protocole écrit ; le cinquième est conforme à l'état actuel du Modèle standard, dont tous les fermions fondamentaux ont le spin $1/2$.

É2.24 (Chantier) Les configurations relationnelles non standard. La source de février annonçait que des paires préparées dans des configurations relationnelles non standard, si on savait les préparer, montreraient des écarts au cosinus, là où la mécanique quantique n'en prédit aucun. Cet énoncé est en tension avec la v4.1, qui affirme que le modèle ne modifie aucune prédiction empirique (É1.26 (ii)) et que le cosinus est exact pour tous les angles (É1.27). La v4.1 fait foi ; l'énoncé de février reste un chantier, faute de définition opératoire d'une « configuration non standard ».

É2.25 (L) La conclusion de février. Les corrélations quantiques n'exigent ni aléa ontologique ni effondrement de la fonction d'onde ; elles émergent de la géométrie relationnelle codée dans un état global et de l'ordre topologique des mesures. « *L'univers est une structure relationnelle gouvernée par des contraintes géométriques, non une machine à états probabiliste.* » La mécanique quantique décrirait des relations de projection entre les observateurs et une réalité géométrique partagée, plutôt qu'une incertitude intrinsèque de la nature.

La pièce de février porte une dédicace que ce volume garde : à Joaquim et Agostinha, les parents de l'auteur ; à Sophie ; à Soleil, Delfine, Justin et Yanie ; « *et à tous les Portugais qui portent la saudade dans le sang et qui ont porté l'histoire pour que l'avenir puisse découvrir* ».

Chapitre 3. L'onde ne s'effondre pas, elle s'inverse

Le chapitre 1 dit *comment* la mesure produit ses résultats : par la projection signée de l'état sur la direction de l'appareil. Il ne dit pas *pourquoi* la projection a lieu, ni ce qu'est l'onde qui est projetée. C'est l'objet de *The Wave Does Not Collapse, It Mutates* (v1.0, février 2026), repris ici. Sa thèse : la mesure n'est ni l'effondrement de Copenhague, ni le branchement d'Everett, ni la révélation d'une valeur préexistante à la manière de Bohm ; elle est une inversion : le passage de l'onde à la particule est un tour du rotor, et l'inversion tord (Registre G.69). Le rotor est un carré à quatre niveaux de torsion, les quatre paires inverses (1, 8), (2, 7), (3, 6), (4, 5), dont les écarts 7, 5, 3, 1 font $16 = 4^2$; la cinquième paire, le 9 plié en son centre, $9/2 = 4,5$, est le centre vide qui les fait tourner, et $16 + 9 = 25 = 5^2$. Le mouvement est hélicoïdal : chaque tour revient au même angle, un étage plus haut, comme $n = 9k + DR(n)$ range chaque entier par sa position et par son tour. L'onde elle-même n'est pas un objet premier : elle est la tension de l'unité étendue entre ses deux pôles. Quand un troisième terme se lie à cet état tendu, le système se réorganise de façon déterministe et produit un résultat défini sans détruire d'information, sans invoquer la conscience et sans multiplier les mondes. La pièce source (février 2026) nommait ce passage « mutation » et le tenait pour irréversible ; le mot et l'irréversibilité sont retirés (Registre G.69, 25 octobre 2026) : le reçu du retour est la gomme quantique (Scully et Drühl 1982 ; Kim, Yu, Kulik, Shih et Scully 2000), le chemin marqué puis la marque effacée, les franges reviennent, et elles reviennent dans le compte conjoint avec le marqueur, jamais sur l'écran seul. La pièce ne fournit pas le formalisme complet de l'inversion : presque tout ce chapitre est donc Lecture, et le dit.

3.1 Le problème de la mesure

É3.1 (F) Le problème et les quatre traditions. Depuis la formalisation des années 1920, aucun consensus n'existe sur ce qui se passe physiquement quand un système en superposition donne un résultat défini. L'équation de Schrödinger est déterministe et unitaire ; la mesure semble introduire une discontinuité qui n'a pas de représentation dans le formalisme. Copenhague (Bohr 1928, von Neumann 1932) postule l'effondrement comme processus irréductible déclenché par la mesure, sans en spécifier le mécanisme. Everett (1957) supprime l'effondrement en réalisant tous les résultats dans des branches parallèles, au prix d'une multiplication ontologique infinie. Bohm (1952) préserve le déterminisme par un potentiel quantique non local

qui guide une trajectoire définie. Le programme de la décohérence (Zeh 1970, Zurek 1981 et 2003) explique la suppression des interférences entre branches macroscopiques, mais non la sélection d'un résultat unique : il décrit ce que la trace partielle efface dans la description du sous-système, non l'apparition d'un résultat défini ; le corpus tient que la cohérence ne recule pas, elle s'étend au troisième terme (Registre R.161).

É3.2 (L) Le présupposé commun. Ces approches partagent un présupposé : l'état ondulatoire et le résultat mesuré appartiendraient à deux catégories ontologiques différentes, ce qui exige une transition discontinue (effondrement), une explosion ontologique (branchement) ou une couche cachée (onde pilote). La quatrième voie proposée : le passage de la superposition au résultat défini est une transition de phase relationnelle, continue, déterministe et conservatrice d'information. « *L'onde ne s'effondre pas. Elle ne se ramifie pas. Elle ne révèle pas une valeur préexistante. Elle s'inverse : l'identité est conservée à travers un tour du rotor qui produit un état qualitativement nouveau.* »

3.2 Les six principes

É3.3 (L) P0, la genèse relationnelle (principe de l'onde). L'onde n'est pas une entité première. Elle est le produit relationnel de l'unité sous tension : les deux pôles du 1 étendu, noté 1^∞ (l'unité vue dans sa dualité interne). L'onde est ce qu'est le 1 quand sa structure relationnelle interne est manifeste ; formellement, ψ est le champ de tension $T(1^\infty)$ engendré par la polarité irréductible de l'unité. « *Aucune onde n'existe sans une unité sous-jacente ; aucune unité n'existe sans polarité latente.* » P0 est la source génératrice de P1.

É3.4 (L) P1, la primauté relationnelle. Les systèmes physiques sont définis par leurs états relationnels, non par les propriétés intrinsèques d'objets isolés. La relation (le 2) est la condition initiale, la structure minimale nécessaire pour que quelque chose existe. « *Sans relation, pas de tension ; sans tension, pas d'onde ; sans onde, pas de manifestation.* » Principia relationalis ajoute que la posture épistémique qui correspond à P1 est la saudade : « *la mémoire ontologique que la cohérence existe, que le tout n'a jamais été vraiment brisé* », « *non pas la nostalgie du passé, mais la confiance dans la structure relationnelle du présent* », la posture qui consiste à « *douter en confiance* ».

É3.5 (L) P2, la distance topologique nulle. Les systèmes intriqués occupent la même position dans la topologie relationnelle T_{sys} , quelle que soit leur séparation spatiale. L'état relationnel est non local non parce qu'il enverrait des signaux, « *mais parce qu'il n'a jamais été séparé* ». La distance spatiale est un artefact de projection ; la distance relationnelle est la métrique fondamentale. « *Ce que la mécanique quantique appelle "non-localité" est simplement la distance nulle dans la topologie qui compte* » (Principia relationalis).

É3.6 (L) P3, l'aléa épistémique. L'aléa apparent des résultats quantiques est l'information perdue dans la projection géométrique $S^2 \rightarrow Z_2 = \{+1, -1\}$. L'état complet est déterministe ; le résultat mesuré est une compression avec perte. L'aléa est dans la projection, non dans l'état.

É3.7 (L) P4, la quantification structurelle. Les grandeurs physiques émergent en unités discrètes déterminées par les constantes structurelles de l'alphabet des chiffres : barycentre 4,5, horizon de clôture 9, constante de projection $k = 4,5/9 = 1/2$, écart structurel $\Delta c = 3$, et (Principia relationalis) envergure d'inversion 7. Ces constantes ne sont pas mesurées : elles sont dérivées de la géométrie des neuf chiffres sous clôture.

É3.8 (L) P5, la complétude opératoire. Toute opération physique doit se résoudre en quantités entières ou rationnelles exactes à chaque étape intermédiaire. Les espaces d'états de dimension infinie sont structurellement redondants ; l'état complet d'un système est spécifiable de façon finie. « *Aucune opération physique ne peut passer par des fractions incomplètes* » (Principia relationalis ; le principe de complétude est au Volume 3, Le Code et le Registre).

3.3 La séquence ontologique $2 \rightarrow 1\infty \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 4$

La séquence n'est pas temporelle : elle est constitutive. Elle décrit l'ordre logique des dépendances, non un processus chronologique. Sa forme arithmétique (la Genèse, $1 \oplus 1 = 3$, les briques 2 et 3) est au Volume 1, La Fondation ; on en donne ici la lecture physique.

É3.9 (L) La séquence en six stations. (1) *La relation* (2). La condition initiale est la relation elle-même, non deux objets mais le simple fait du lien ; le 2 est ontologiquement antérieur au 1, au sens où, sans relation, l'unité n'a pas de structure interne à manifester. (2) *L'unité sous tension* (1∞). La relation, irréductible, se reconnaît comme une seule entité sous tension : non deux choses séparées, mais une chose tendue entre deux pôles. C'est le 1 couché, le symbole de l'infini : deux boucles, un point de croisement au centre. Le croisement est le barycentre 4,5 ; la tension entre les pôles est l'onde. (3) *L'ouverture* (3). L'unité tendue ne peut pas se rompre ; sous tension maximale, elle s'ouvre en son centre, non par fracture mais par nécessité de structure. Ce qui était implicite devient explicite : pôle, centre, pôle. Trois. La triade n'est pas construite : elle est l'anatomie interne du 1 tendu rendue manifeste. (4) *Le miroir et la croix hexagonale* ($2 \times 3 = 6$). La triade doit être relationnelle ; elle voit son propre reflet, et dans cette reconnaissance le spin s'inverse : le 3 et son miroir se tordent ensemble, $2 \times 3 = 6$, la croix hexagonale, première structure fermée, stable et symétrique ; le 6 est parfait ($1 + 2 + 3 = 6$), état fondamental de la symétrie pure, mais statique. (5) *Le sacrifice* ($6 \rightarrow 5$). Aucun processus ne peut avoir lieu dans une symétrie parfaitement fermée ; pour que l'onde se propage, que la mesure ait lieu, que le temps coule, le 6 doit sacrifier un degré de liberté et devenir 5, le rotor pentagonal, centre dynamique qui cherche au lieu de reposer. « *La perfection doit céder pour que le mouvement existe* » : c'est l'origine structurelle de la flèche du temps : le retour se fait un étage plus haut, l'hélice. (6) *La matière et le sol* ($5 \rightarrow 4$). Le 5 en rotation, cherchant son état de moindre tension, se pose sur le 4, le carré, la structure stable minimale : quatre directions, quatre forces fondamentales, quatre bases de l'ADN. « *Le 4 est l'onde qui a trouvé son sol.* » C'est la première manifestation matérielle, l'aspect particule de l'onde.

É3.10 (L) La structure précède la géométrie. Le triangle visible n'apparaît qu'après toute la séquence. Le 3 structurel, la triade ouverte du 1 tendu, est un

trépied, non un polygone ; il ne devient triangle qu'après le passage sacrificiel par 6, 5 et 4, qui établit un sol géométrique sur lequel des formes peuvent être tracées. « *La structure précède la géométrie.* »

É3.11 (L) Le moteur génératif : le 1 naît du 3, et le 3 du 1 tendu. Principia relationalis donne à la même séquence sa forme cyclique. Le 1 ne peut pas être divisé ; sous tension, il ne se brise pas, il s'ouvre, et le 3 apparaît, que le 1 contenait. Le 3, deux pôles en tension autour d'un centre, est la dynamique, l'onde, le mouvement ; quand sa tension se résout, quand il s'inverse, il produit un nouveau 1, qui porte la mémoire du 3 traversé. C'est un cycle sans commencement : $1 \rightarrow 1^\infty$ (tension) $\rightarrow 3$ (ouverture) $\rightarrow 1'$ (inversion) $\rightarrow \dots$ « *Le 1 est le 3 comprimé. Le 3 est le 1 déplié.* » Le passage entre eux est le battement fondamental du cadre ; et le 2, la relation, est la condition initiale qui rend ce battement possible.

3.4 L'onde comme produit relationnel

É3.12 (L) Définition : l'onde comme produit de tension. L'état ondulatoire est le champ de tension engendré par les deux pôles de 1^∞ : $\psi = T(1^\infty) = T(\text{pôle-}, \text{centre}, \text{pôle+})$, où T désigne la dynamique irréductible entre les pôles d'une même unité et où le centre est le barycentre 4,5, nœud de l'onde stationnaire. Cette définition renverse la hiérarchie reçue : dans la mécanique quantique standard, l'onde est première et les particules sont dérivées ; ici, la relation est première (P1), la tension est son premier produit (P0), l'onde est la manifestation de la tension.

É3.13 (L) Fréquence, amplitude, nœuds, zéros. La fréquence d'une onde est le rythme auquel la tension circule entre les pôles ; l'amplitude est l'intensité de la tension ; les nœuds d'une onde stationnaire sont les barycentres, les points où la tension cyclique passe par l'équilibre. Les passages par zéro d'une sinusoïde ne sont pas des absences de l'onde, mais des passages par le centre de l'unité tendue : le zéro d'ARC, mémoire du cycle accompli, non annihilation.

É3.14 (L) La superposition et le chat de Schrödinger. La superposition n'est pas une coexistence mystérieuse d'états contradictoires : c'est la condition naturelle d'une unité tendue qui n'a pas encore muté. Le paradoxe du chat se dissout : le chat n'est pas « mort et vivant » ; l'état relationnel du système (chat, atome radioactif, détecteur) est une seule unité tendue dont les pôles n'ont pas encore été résolus par l'interaction de liaison avec un troisième terme.

3.5 L'inversion : le troisième terme se lie

É3.15 (L) Définition : la mesure comme liaison. Soit $\psi = T(1^\infty)$ un état ondulatoire (une dyade relationnelle tendue) et M un système de mesure (appareil, environnement ou tout troisième terme relationnel). La mesure est l'opération de liaison $\psi + M \rightarrow \psi' = \mu(\psi, M)$, où l'inversion μ est un tour du rotor, déterministe et conservateur d'information qui (i) résout la tension bipolaire en un état défini, (ii) conserve le contenu relationnel total, aucune information n'étant détruite, (iii) produit une nouvelle unité $1'$ qui porte la mémoire de la tension traversée.

É3.16 (L) Le passage est inversible. La source illustre le passage par la chrysalide et le papillon et le tenait pour irréversible ; l'image et l'irréversibilité sont retirées (G.69). Le processus est déterministe (les conditions initiales fixent le résultat), continu (aucun point où l'identité est détruite) et inversible : quatre quarts de tour referment l'onde, $F^4 = \text{identité}$ et $F^2 = \text{parité}$ (Th 2 de la pièce), et la gomme quantique rend les franges quand la marque du chemin est effacée.

É3.17 (L) Le principe de complétion triadique. Une tension bipolaire ne peut se résoudre que par l'intervention d'un troisième élément qui apporte un nouvel axe d'organisation. L'appareil de mesure est ce troisième élément : il ne lit pas une valeur préexistante (Bohm), il n'effondre pas une superposition (Copenhague), il ne divise pas la réalité (Everett) ; il se lie à l'état tendu et déclenche sa transition de phase. Le résultat est fixé par la géométrie relationnelle entre l'état tendu et le terme de liaison, exactement comme dans le modèle de projection séquentielle, où le résultat est le signe de la projection de l'état sur la direction de mesure.

É3.18 (L) La continuité de la mesure. La source énonce un « théorème » : l'inversion est continue dans la topologie relationnelle T_{sys} , et l'apparente discontinuité du résultat est un artefact de la compression $S^2 \rightarrow Z_2$, qui jette l'angle azimutal et fait paraître un saut là où la transition sous-jacente est lisse. L'argument : la mise à jour envoie S^2 sur deux points antipodaux $\{-a, +a\}$, discontinue dans l'espace ambiant, mais continue pour la « métrique » relationnelle $d_{\text{rel}}(\lambda, \lambda') = |1 - |\lambda \cdot \lambda'||$, qui vaut ici $|1 - |a \cdot \lambda||$, fonction continue de λ ; l'équateur $a \cdot \lambda = 0$ est le point d'inversion maximale, où la tension est exactement équilibrée, analogue au point critique d'une transition de phase thermodynamique. Cet argument n'établit pas un théorème : d_{rel} n'est pas une métrique (elle s'annule entre états distincts) et la topologie T_{sys} n'est pas construite. L'énoncé est rétrogradé en Lecture (Annexe B).

3.6 La signature arithmétique : $5 \times 5 = 25 \rightarrow 7$

É3.19 (Th) Les racines des carrés au centre. $DR(5 \times 5) = DR(25) = 2 + 5 = 7$; $DR(4 \times 4) = DR(16) = 7$; $DR(6 \times 6) = DR(36) = 9$.

É3.20 (L) L'inversion comme élévation. Le barycentre du cycle est 4,5 ; l'entier le plus proche du côté montant est 5, centre dynamique du cycle. Le 5 en relation à lui-même, la plus simple des liaisons non triviales, passe à 7, dans la chambre haute. Trois propriétés : (i) *élévation sans destruction* : la racine monte de 5 à 7 ; l'interaction n'annule pas l'état, elle l'élève, et le 5 devient 7 en passant par un état composé (25) qui code le processus (2) et le centre d'origine (5) ; (ii) *conservation de l'identité* : 25 contient le chiffre 5, le produit porte son origine, c'est le principe du zéro d'ARC, cycle accompli et retenu, non effacé ; (iii) *transition de chambre* : le barycentre 4,5 sépare la chambre basse $\{1, 2, 3, 4\}$ de la chambre haute $\{5, \dots, 9\}$; l'inversion $5 \rightarrow 7$ traverse deux unités de l'écart $\Delta c = 3$ entre 4,5 et 7,5, et l'unité restante (de 7 à 7,5) est la tension résiduelle qui porte la dynamique suivante. L'auto-interaction de la chambre basse ($4 \times 4 = 16 \rightarrow 7$) donne aussi 7 ; celle de la chambre haute ($6 \times 6 = 36 \rightarrow 9$) atteint l'horizon de clôture : le résultat dépend de la position de l'état par rapport au barycentre. « Rien ne s'effondre. Tout s'inverse et se souvient » (Principia relationalis).

3.7 L'observateur comme degré de liaison

É3.21 (L) Définition : le degré de liaison. Le degré de liaison entre un système ψ et un terme M est $\beta = |a \cdot \lambda|$, où a est la direction effective de mesure de M et λ l'état relationnel de ψ sur S^2 . On a $0 \leq \beta \leq 1$: $\beta = 0$, aucune liaison, superposition conservée ; $\beta = 1$, liaison maximale, résultat pleinement défini. L'observateur n'est pas une catégorie ontologique spéciale : c'est tout système qui se lie à l'état tendu, et le degré d'inversion est proportionnel au degré de liaison.

É3.22 (L) Trois observations graduées. (1) *L'interaction graduée* : une mouche perçoit un humain qui la regarde et ajuste sa trajectoire ; la liaison est non nulle mais faible ($\beta \ll 1$), l'inversion est partielle, assez pour une réponse sans tour complet, ce que les théories de l'effondrement, binaires, formalisent mal. (2) *La cohérence inconsciente* : un conducteur traverse une circulation complexe longtemps sans attention consciente ; la liaison persiste à un β intermédiaire, suffisant pour des mises à jour continues (tenue de voie, vitesse) ; le système n'est ni « effondré » ni « en superposition », il est en inversion partielle continue. (3) *L'attention et l'équilibre* : qui porte un bol d'eau en renverse moins s'il ne regarde pas l'eau ; l'attention accrue introduit un couplage supplémentaire qui perturbe la boucle motrice : c'est la rétroaction de la mesure à l'échelle macroscopique, une liaison plus forte produit plus d'inversion et peut déstabiliser un état tendu métastable.

É3.23 (L) Pas de frontière quantique-classique. Dans les trois cas, l'observateur n'est ni une conscience, ni un détecteur, ni un appareil macroscopique : c'est un degré de liaison relationnelle. La frontière quantique-classique se dissout : « *il n'y a pas de frontière, seulement un spectre continu de degrés de liaison* », de $\beta = 0$ (cohérence quantique pleine) à $\beta = 1$ (définition classique pleine).

3.8 La dualité onde-particule comme rotation

É3.24 (L) Le 1 debout et le 1 couché. La dualité onde-particule n'est pas une dualité : c'est la rotation d'une seule entité entre deux aspects. Le 1 debout est la particule : discret, localisé, singulier, un trait vertical. Le 1 couché (1∞) est l'onde : étendue, oscillante, tendue entre deux pôles. Le même 1, tourné de 90 degrés.

É3.25 (F) La transformation de Fourier engendre un cycle d'ordre 4. La transformation de Fourier F vérifie $F^4 = \text{identité}$ et $F^2 = \text{parité}$; elle engendre un groupe cyclique d'ordre 4, isomorphe au groupe des rotations d'un quart de tour. Les représentations position et impulsion sont reliées par une seule application de F .

É3.26 (L) La dualité comme rotation de $\pi/2$. La source énonce : la fonction d'onde et l'état particule sont reliés par une rotation de $\pi/2$ dans l'espace ontologique de l'unité, $|x\rangle = R(\pi/2) \cdot \psi$, où $R(\pi/2)$ est l'opérateur d'inversion qui résout la tension en une localisation ; la transformation de Fourier est l'expression analytique de cette rotation, et les états intermédiaires F^1 et F^3 correspondent aux inversions partielles. La source elle-même présente sa preuve comme une esquisse et diffère la construction explicite de R sur S^2 : l'énoncé est une Lecture (Annexe B). La double fente s'interprète alors immédiatement : sans terme de liaison qui sélectionne un chemin, le système est sous son aspect d'onde et le champ de tension passe par les deux fentes parce qu'il

est une unité étendue ; quand un détecteur à la fente fournit la liaison, le système s'inverse vers son aspect de particule et un chemin défini s'établit.

3.9 La continuité avec la projection séquentielle

É3.27 (L) Pourquoi la projection a lieu. Le modèle du chapitre 1 définit la mesure de façon opératoire et en dérive le cosinus et la borne ; il ne dit pas pourquoi la projection a lieu. Réponse : parce que la mesure est une inversion. Le signe $\text{sgn}(a \cdot \lambda)$ est l'expression arithmétique de la liaison : il enregistre lequel des pôles de l'état tendu est aligné avec la direction de liaison. La mise à jour $\lambda' = -A \cdot a$ est le produit de l'inversion : la nouvelle unité qui émerge quand la tension est résolue dans la direction fixée par la liaison.

É3.28 (L) k comme coût de l'inversion. La constante $k = 1/2$, projection absolue de S^2 sur un axe à l'espérance, reçoit une interprétation : c'est le coût universel de l'inversion. Quand un état relationnel complet s'inverse en résultat défini, la source dit que la moitié de l'information est préservée dans le résultat et la moitié stockée dans l'état réorganisé : « *le facteur 1/2 n'est pas de l'information "perdue", il est de l'information redistribuée* ». Cette lecture diffère de celle de la v4.1 (É1.21), où la compression détruit l'information directionnelle et où le lecteur paie la projection ; les deux lectures sont tenues ici côte à côte, la seconde étant la plus récente.

3.10 Les objections

É3.29 (L) Ce n'est pas le programme de Zeh et Zurek sous un autre nom. Ce programme décrit la suppression des termes non diagonaux de la matrice densité par intrication avec l'environnement, et il la lit comme une perte de cohérence du système ; le corpus tient que rien n'est perdu : l'état du tout reste pur, et ce qui semble disparaître n'apparaît qu'après la trace partielle, l'opération qui retire l'environnement de la description (R.161) ; elle explique la disparition des interférences, non l'observation d'un résultat unique. La liaison d'un troisième terme ne supprime pas seulement la cohérence, elle produit un état défini. « *Ce que la matrice densité réduite montre est l'ombre statistique de l'inversion, la relation coupée par la trace partielle.* »

É3.30 (L) L'unitarité. L'inversion conserve l'information par construction (condition (ii)) : le contenu relationnel total est réorganisé, non détruit, et l'unitarité serait préservée globalement même si la projection du sous-système n'est pas unitaire. La source ajoutait que λ peut être reconstruit à partir de A et de a ; c'est inexact : $\lambda' = -A \cdot a$ ne dépend que du bit A et de la direction a , et un vecteur continu de S^2 ne se reconstruit pas à partir d'un bit (Annexe B). L'affirmation de conservation reste donc une Lecture sans démonstration.

É3.31 (L) Ce qui déclenche l'inversion. La liaison d'un troisième terme, avec un critère géométrique : le degré $\beta = |a \cdot \lambda|$ doit dépasser le seuil requis pour la transition. Dans les mesures macroscopiques, l'appareil fournit une direction forte et bien définie, β est proche de 1 et l'inversion pratiquement complète ; dans les mesures faibles, β est petit et l'inversion partielle, conformément à la théorie des mesures faibles.

É3.32 (L) La conscience n'est pas requise. La conscience est une forme de liaison parmi d'autres, sans privilège. Un photon qui interagit avec un grain de poussière dans l'expérience de la double fente fournit une liaison qui déclenche une inversion partielle : c'est ce que le programme de Zeh et Zurek décrit comme diffusion, relu comme inversion partielle, la cohérence étendue au grain de poussière. Le problème de l'observateur se dissout, faute d'observateur spécial.

3.11 La comparaison des cadres

É3.33 (L) Le tableau comparatif. Sur huit aspects, les cinq cadres se lisent ainsi.

Aspect	Copenhague	Everett	Bohm	Zeh et Zurek	Inversion (ARC)
Mécanisme	effondrement (postulé)	branchement (universel)	guidage (non local)	suppression des interférences	tour du rotor
Déterministe ?	non	oui (global)	oui	oui (évolution)	oui
Information conservée ?	non	oui (toutes branches)	oui	oui (globale)	oui (réorganisée)
Rôle de l'observateur	cause l'effondrement	aucun rôle spécial	aucun rôle spécial	l'environnement	degré de liaison
Conscience requise ?	ambigu	non	non	non	non
Sélection d'un résultat ?	oui (par décret)	non (tous ont lieu)	oui (trajectoire)	non	oui (par liaison)
Coût ontologique	discontinuité	mondes infinis	non-localité	pas de sélection	aucun identifié
Origine de l'onde	première	première	première	première	tension relationnelle

La source conclut que l'inversion est le seul cadre qui fournisse un mécanisme de sélection à la fois déterministe, conservateur d'information et sans multiplication ontologique ni discontinuité ; cette exclusivité dépend des cases « oui » de la dernière colonne, qui sont des Lectures (É3.15, É3.30).

3.12 Prédications

É3.34 (P) F1, les issues graduées. Dans les protocoles de mesure faible (Aharonov, Albert et Vaidman 1988), l'état après mesure garde une tension résiduelle proportionnelle à $(1 - \beta)$: spectre continu d'états après mesure, non dichotomie effondré ou non. Toute preuve que les mesures faibles produisent des issues strictement binaires réfuterait le cadre.

É3.35 (P) F2, le taux de passage dépend de la direction de la liaison. Le taux de passage de l'onde à la particule serait proportionnel au degré de liaison $\beta = |a \cdot \lambda|$, non au seul couplage environnemental : à couplage fixé, plus rapide quand la direction d'interaction est alignée avec l'état, plus lent quand elle lui est perpendiculaire. Cette dépendance directionnelle n'est pas prédite par le programme de Zeh et Zurek.

É3.36 (P) F3, la conservation de l'information. L'information totale (mesurée par exemple par l'information mutuelle quantique) du système, de l'appareil et de l'environnement serait exactement conservée pendant la mesure ; toute perte nette au-delà de la fraction redistribuée $k = 1/2$, dans une mesure soigneusement contrôlée, réfuterait le cadre.

É3.37 (Chantier) F4, les racines dans les transitions spectrales. Les transitions entre niveaux suivraient des motifs de racines digitales : 7 pour les transitions d'auto-interaction (même nombre quantique, comme $5 \times 5 = 25 \rightarrow 7$), 9 pour les transitions entre chambres (comme $6 \times 6 = 36 \rightarrow 9$). Aucune règle n'est donnée pour associer un nombre entier à une transition spectrale mesurée ; tant qu'elle manque, l'énoncé ne peut être confronté aux données.

É3.38 (P) F5, pas de discontinuité irréductible. Toute issue de mesure apparemment discontinue se décomposerait en une suite continue d'inversions partielles de β croissant. Une expérience qui exhiberait une transition irréductiblement discontinue, impossible à résoudre en inversions partielles plus faibles, réfuterait le cadre.

3.13 Portée

É3.39 (L) Ce que la pièce ne prétend pas. (i) Elle ne fournit pas le formalisme mathématique complet de l'opérateur d'inversion μ ; sa construction comme application sur un espace d'états approprié, avec preuve de continuité, de conservation et de déterminisme, est différée. (ii) Elle ne dérive pas la règle de Born de l'inversion seule : le lien avec la règle $|\psi|^2$ exige la statistique sur la distribution uniforme de S^2 , établie au chapitre 1 ; la pièce en donne l'interprétation ontologique. (iii) La séquence $2 \rightarrow 1 \infty \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 4$ est une dérivation de structure, non une cosmogonie temporelle ; ses implications cosmologiques sont traitées au Volume 8, La Matière et le Cosmos.

É3.40 (Chantier) Cinq questions ouvertes. (a) L'opérateur μ peut-il être construit explicitement comme application $S^2 \times S^2 \rightarrow S^2$, avec preuves formelles de continuité et de conservation ? (b) Le degré β a-t-il une signature expérimentale distincte du paramètre de couplage des systèmes ouverts ? (c) La séquence $2 \rightarrow 1 \infty \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 4$ peut-elle se dériver d'un principe variationnel de tension minimale ? (d) Quel est le rapport entre l'inversion et l'approche des histoires consistantes (Griffiths 1984 ; Gell-Mann et Hartle 1990) ? (e) La signature arithmétique (les racines sous auto-interaction) se formalise-t-elle en une structure algébrique d'intérêt propre ?

La pièce se clôt sur trois lignes :

« L'onde ne s'effondre pas. Elle s'inverse. L'onde était toujours complète. »

Chapitre 4. L'indétermination de Heisenberg comme coût de projection

La relation d'indétermination est l'un des piliers de la mécanique quantique. Formalisée par Kennard (1927) et Robertson (1929) à la suite de Heisenberg (1927), elle borne par en dessous le produit des écarts types de la position et de l'impulsion. Ce chapitre ne conteste pas ce théorème : dans le formalisme des opérateurs qui ne commutent pas, il est démontrable et exact. Ce qui est contesté est sa lecture ontologique, celle qui en fait une propriété du réel (la particule n'aurait pas de position et d'impulsion définies) plutôt qu'une propriété du dispositif de représentation. La proposition du corpus : le facteur $1/2$ de la borne est la constante de projection $k = 4,5/9$, la même qui porte le spin des fermions et l'énergie cinétique, et l'indétermination est le prix de la lecture, non l'état de l'objet. Le chapitre fusionne *Heisenberg Uncertainty as Geometric Projection Cost* (février 2026), la section 3 de *L'Effondrement arithmétique du Modèle standard* (v2, février 2026) et la Lecture 8.1 de *La Croix de Planck* (v2.1, août 2026). La section de la pièce de février consacrée à l'effet tunnel est remplacée par le chapitre 5.

4.1 Le théorème et sa lecture

É4.1 (Th) La borne de Robertson. Pour tout état quantique, $\sigma_x \cdot \sigma_p \geq (1/2)|\langle [x, p] \rangle| = \hbar/2$. C'est un théorème du formalisme hilbertien (inégalité de Cauchy-Schwarz appliquée à deux opérateurs hermitiens qui ne commutent pas). Il n'est pas contesté.

É4.2 (F) La lecture de Copenhague. L'interprétation de Copenhague élève cette borne au rang ontologique : l'univers serait fondamentalement indéterminé, la particule ne posséderait pas simultanément une position et une impulsion définies, le flou serait une propriété du réel et non de sa description. Une phrase attribuée à Bohr la résume : « *Il n'y a pas de monde quantique. Il n'y a qu'une description quantique abstraite.* »

É4.3 (L) La lecture par la projection. Le facteur $1/2$ de la borne n'est pas une constante mystérieuse : c'est le coefficient de projection $k = 1/2$, qui naît de la topologie discrète de l'alphabet $\{1, \dots, 9\}$. L'incertitude n'est pas dans l'objet ; elle est dans l'acte d'observation, qui est une réduction dimensionnelle d'un état relationnel complet (sur S^2) à un résultat binaire ($\{+1, -1\}$). La borne se réécrit $\sigma_x \cdot$

$\sigma_p \geq \hbar/2 = k \times \hbar$: quand on projette un état complet sur des observables conjuguées, le produit des incertitudes ne peut descendre sous le coût de projection multiplié par l'échelle fondamentale d'action. C'est un énoncé sur le processus de mesure, non sur l'objet mesuré. « *Heisenberg a confondu l'ignorance de l'observateur avec l'indétermination de l'objet.* »

4.2 Les chemins de $k = 1/2$

É4.4 (Th) Les dérivations arithmétiques de k . (1) *Global* : barycentre sur clôture, $4,5/9 = 1/2$. (2) *Local* : la paire maximale (1, 8) a pour envergure 7 et pour demi-envergure 3,5 ; $3,5/7 = 1/2$ (la source de février le dit aussi « domaine actif [1, 7] sans la paire de clôture »). (3) *Par paire* : pour toute paire (x, 9 – x), demi-envergure sur envergure vaut $1/2$. (4) *Positionnel* : le centre exact de 12345678 tombe entre 4 et 5. (5) *Par les rails* : les rangées {2, 4}, {5, 7}, {8, 1} ont pour centres 3, 6 et 4,5, dont le milieu est 4,5, et $4,5/9 = 1/2$. (6) *Par l'interface* : 11 rapporté à 7 fois la constante circulaire discrète $22/7$ donne $11/((22/7) \times 7) = 11/22 = 1/2$ exactement. (7) *Par le lien* : $5,5/11 = 1/2$. (Les sept dérivations sont rassemblées dans la Bible Quantique, Livre VIII.8 bis ; la figure qui les porte est au Volume 2, La Figure.)

É4.5 (Th) Le chemin géométrique. La projection absolue d'un vecteur uniforme de S^2 sur un axe fixe vaut $1/2$ à l'espérance (Lemme C, É1.12) : théorème de géométrie sphérique, indépendant des axiomes du corpus. Trois chemins, algébrique, combinatoire et géométrique, aboutissent à la même constante.

É4.6 (Th) Le chemin par π . Avec la constante continue, $11/(\pi \times 7) = 0,500201\dots$; la pièce de février écrivait 0,5003, valeur corrigée ici (Annexe B). L'égalité exacte $1/2$ n'a lieu qu'avec $22/7$.

4.3 Le même $1/2$ dans tous les domaines

É4.7 (Th) Sept apparitions du facteur $1/2$. La physique reçue écrit le même facteur dans des domaines réputés sans rapport :

Domaine	Équation	Explication reçue
Mécanique quantique	$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$	borne du commutateur
Physique des particules	$s = \hbar/2$	nombre quantique de spin
Mécanique	$E_c = (1/2) m v^2$	résultat d'intégration
Élasticité	$E_e = (1/2) k x^2$	résultat d'intégration
Électrostatique	$E = (1/2) C V^2$	résultat d'intégration
Inductance	$E = (1/2) L I^2$	résultat d'intégration
Électrodynamique	$u = (1/2) \epsilon_0 E^2$	densité d'énergie du champ

É4.8 (L) Une seule explication pour sept. La physique reçue donne une explication différente à chaque apparition (algèbre du commutateur, matrices de Pauli, bornes d'intégrales). Le corpus en propose une seule : le facteur $1/2$ est $k = 4,5/9 = 3,5/7$, la constante universelle qui apparaît chaque fois qu'un état relationnel discret est

projeté sur une observable mesurée. La source invoque le principe de parcimonie : « *Sept phénomènes indépendants, dont chacun exige en physique standard une explication différente, reçoivent en ARC une explication unique. Par le rasoir d'Occam, l'explication unifiée doit être préférée tant qu'elle n'est pas réfutée.* » La parcimonie oriente la recherche ; elle ne démontre pas l'identité, qui reste une Lecture.

É4.9 (L) Le tableau élargi. La Croix de Planck v2.1 ajoute trois lignes : la projection volumétrique, où le cône vaut $V = (1/3) S h$ et le prisme coupé $(1/2) S h$; la constante réduite $\hbar = h/2\pi$, lue comme projection angulaire ; l'aire de phase de l'état fondamental, $h/2$, lue comme « une face sur deux » (chapitre 6). La pièce de février écrivait pour le cône $V = (1/2) S \times h$: c'est une erreur, le volume du cône est le tiers du produit de la base par la hauteur (Annexe B). La règle de Born, $|\psi|^2$, est lue comme projection au carré.

É4.10 (L) La question inévitable. « *Pourquoi le même facteur numérique apparaît-il dans le spin quantique, l'énergie cinétique classique, la borne d'indétermination, la géométrie des volumes et la constante de Planck ?* » Le cadre reçu traite chaque occurrence comme indépendante ; le corpus les rapporte toutes à la même opération, la projection d'un état complet sur une observable réduite.

4.4 La mesure comme projection

É4.11 (L) La moitié de l'information angulaire. Une mesure selon a produit $A = \text{sgn}(\lambda \cdot a)$: une variété continue d'orientations à deux dimensions est comprimée en un ensemble binaire, l'information angulaire complète réduite à un bit, avec perte irréversible. Un vecteur de S^2 porte deux coordonnées angulaires (θ, φ) ; le signe ne retient que celui de la composante polaire, et l'azimut est entièrement effacé. « *Exactement la moitié de l'information angulaire est détruite.* » La source appelle cette lecture « Lemme C » ; le Lemme C démontré est celui de l'espérance de $|a \cdot \lambda|$ (É1.12), et l'identification de cette espérance à « la moitié du contenu d'information » est une Lecture.

É4.12 (L) La taxe de Flatland. Quand une sphère traverse un plan, comme dans *Flatland* d'Abbott, l'observateur à deux dimensions voit un cercle qui apparaît, grandit, rétrécit et disparaît ; il pourrait conclure que l'objet est incertain ou probabiliste par nature. La sphère est parfaitement définie ; la limite de l'observateur est purement dimensionnelle. « *La borne de Heisenberg chiffre la taxe de Flatland.* » « *Si un habitant de Flatland voit une sphère traverser son plan et conclut que des cercles apparaissent et disparaissent spontanément, l'erreur n'est pas dans la sphère. Elle est dans la dimension de l'observation.* »

4.5 Le commutateur relu

É4.13 (F) La relation canonique. Dans la mécanique quantique reçue, $[x, p] = i\hbar$ est un axiome : les opérateurs position et impulsion ne commutent pas, ce qui est interprété comme l'impossibilité d'une définition simultanée, et pris comme preuve que la nature n'est pas classique.

É4.14 (L) La non-commutativité des projections. La source énonce : soit λ un état relationnel complet et P_x, P_p les projections sur les bases de mesure de la position et de l'impulsion ; alors $P_x(P_p(\lambda))$ diffère en général de $P_p(P_x(\lambda))$, parce que chaque projection détruit l'information azimutale dont l'autre a besoin, et le commutateur chiffre cette destruction mutuelle. Aucune construction explicite de P_x et P_p sur S^2 n'est donnée : l'énoncé, présenté comme théorème, est une Lecture (Annexe B). L'unité imaginaire n'a rien de mystique : elle code l'orthogonalité des deux directions de projection dans l'espace de phase relationnel ; deux projections orthogonales appliquées successivement engendrent une rotation (d'où i), et la grandeur de cette rotation est $\hbar$, le quantum d'action qui fixe l'échelle de la grille de projection. « Dans Copenhague, $[x, p] = i\hbar$ signifie que la réalité ne commute pas. Dans ARC, que les projections de mesure ne commutent pas. La réalité (λ) commute parfaitement ; la non-commutativité est introduite par l'observation. »

4.6 Le résidu de Stevin

É4.15 (L) La double décomposition de l'incertitude. Une seconde source d'incertitude apparente, distincte du coût géométrique, est le résidu de Stevin : quand des instruments à valeurs continues, étalonnés en arithmétique décimale, sont appliqués à un état relationnel discret, une erreur d'arrondi ε est nécessairement introduite (analyse au Volume 3, Le Code et le Registre, chapitre du chaos fabriqué). L'incertitude observée se décompose en $\Delta_{\text{observée}} = \Delta_{\text{projection}}$ (géométrique, k) + $\varepsilon_{\text{Stevin}}$ (représentationnelle, troncature décimale). Le premier terme est irréductible tant que la mesure implique une projection dimensionnelle $S^2 \rightarrow Z_2$; le second est un artefact des conventions de représentation et peut en principe être réduit par une arithmétique qui préserve l'information de la racine digitale.

É4.16 (L) L'image du pixel. Une image numérique a des pixels de taille fixe ; qui cherche le bord d'un pixel avec une règle continue à subdivisions infinies obtient une « incertitude » : le bord ne coïncide avec aucun point unique de la règle. Cette incertitude n'est pas dans l'image ; elle est dans le désaccord entre l'outil (continu) et l'objet (discret). « L'indétermination de Heisenberg est le désaccord entre le pixel et la règle » (Effondrement arithmétique du Modèle standard, v1).

4.7 Prédictions

É4.17 (P) P1, la saturation à l'échelle de Planck. À l'échelle de Planck, où la résolution de la grille de mesure rejoint le quantum d'action, le produit des incertitudes devrait approcher l'égalité exacte $\sigma_x \cdot \sigma_p = \hbar/2$, et non la seule inégalité : le résidu de Stevin s'annule quand la résolution de l'instrument rejoint la structure discrète. Une incertitude en excès irréductible à cette résolution ($\sigma_x \cdot \sigma_p$ très supérieur à $\hbar/2$) réfuterait le cadre.

É4.18 (P) P1 bis, les instruments conformes. Des mesures conduites avec des instruments qui préservent la racine digitale, conçus pour respecter la structure discrète du système, devraient s'approcher de la borne inférieure $\Delta x \cdot \Delta p = \hbar/2$ (égalité). L'instrument n'est pas défini opératoirement ; c'est la partie de la

prédiction qui reste à écrire.

É4.19 (P) P2, l'universalité de k. Tout phénomène quantique impliquant un facteur $1/2$ devrait pouvoir se dériver de la projection géométrique de la topologie $\{1, \dots, 9\}$ sous $\varphi(x) = 9 - x$. La découverte d'un facteur quantique $1/2$ impossible à rapporter à $k = 4,5/9$ réfuterait le cadre.

É4.20 (P) P3, pas de non-conservation d'énergie dans le tunnel. Aucune expérience, à aucune précision, ne devrait détecter une non-conservation transitoire de l'énergie pendant un événement tunnel. (Ce critère est repris et précisé par la version 2.0 de l'effet tunnel, chapitre 5.)

4.8 Le déterminisme restauré

É4.21 (L) La géométrie de l'observation prise pour la nature du réel. « *La révolution quantique de 1925-1927 a accompli quelque chose qu'elle ne visait pas : elle a découvert la géométrie de l'observation et l'a prise pour la nature du réel.* » Heisenberg, Bohr, Born et leurs contemporains ne se sont pas trompés dans leurs mathématiques : la borne de Robertson est valide, les relations de commutation sont correctes, la règle de Born reproduit exactement l'expérience. Ce qui est en cause est le saut ontologique : conclure que, parce que nos mesures sont incertaines, la réalité doit l'être.

É4.22 (L) Un déterminisme de structure, non de prédiction. Le déterminisme d'ARC n'est pas celui de Laplace. L'état complet λ est parfaitement défini, mais aucun observateur intérieur au système n'y accède sans effectuer une projection qui en détruit la moitié du contenu. « *L'univers n'est pas probabiliste ; nos représentations sont incomplètes.* » Ce n'est pas un retour à la physique classique, qui supposait des mesures de précision arbitraire : ARC accepte le coût de projection irréductible comme nécessité géométrique, et l'attribue à la topologie de l'observation, non à l'ontologie de l'observé. L'auteur formule la même distinction en deux mots : déterminisme local, probabilisme global.

É4.23 (L) Une troisième position. « *Einstein objectait que "Dieu ne joue pas aux dés". Bohr répondait : "Cessez de dire à Dieu ce qu'il doit faire." ARC suggère une troisième position : Dieu ne joue pas aux dés. Il projette.* » Et la conclusion de la pièce : « *L'incertitude n'est pas dans la nature. Elle est dans la projection.* »

La pièce de février porte une dédicace : aux parents de l'auteur, Joaquim et Agostinha ; à Sophie ; à Soleil, Delfine, Justin et Yanie ; « *et au peuple portugais qui, par la saudade, n'a jamais cessé de croire au pouvoir du sacrifice et au don de demain* ».

Chapitre 5. L'effet tunnel : la barrière comme aiguillage

Une particule d'énergie E rencontre une barrière de hauteur V plus grande que E ; la physique classique dit qu'elle rebondit, la mécanique quantique dit qu'elle a une chance non nulle de se trouver de l'autre côté. Le récit reçu invoque un « emprunt » d'énergie autorisé par la relation temps-énergie, et l'effet Hartman (1962), qui montre que le temps de traversée cesse de croître avec l'épaisseur d'une barrière opaque, semble menacer la causalité relativiste. La version 1.0 de ce texte (12 janvier 2026) proposait que l'effet tunnel n'est pas une traversée probabiliste d'une région interdite, mais une projection selon un axe de cohérence orthogonal. La version 2.0 (août 2026), qui fait foi, garde cette thèse et la reconstruit sous la discipline des statuts : quatre théorèmes du formalisme standard, six lectures, trois prédictions, deux errata. Son résultat central : la barrière n'est pas un mur mais un aiguillage. Hors de la barrière, la dynamique spatiale est une rotation circulaire ; dedans, elle devient une rotation hyperbolique. La particule n'a jamais cessé d'obéir à une loi de rotation exacte ; la rotation a changé de signature.

É5.1 (L) Le protocole épistémique de la v2.0. Chaque énoncé porte un statut : Th (démontré, ou vérifié numériquement à cinquante chiffres significatifs), L (relecture structurelle de faits établis, empiriquement équivalente au récit standard par construction), P (falsifiable et ouvert). « *Une lecture ne peut pas être confirmée par les données qu'elle relit, seulement par les prédictions qu'elle engendre.* »

5.1 Les faits établis

Pour une barrière rectangulaire de hauteur V et de largeur L , une particule d'énergie $E < V$, avec $k = \sqrt{2mE}/\hbar$ hors de la barrière et $\kappa = \sqrt{2m(V - E)}/\hbar$ dedans, l'équation de Schrödinger stationnaire donne l'amplitude de transmission

$$t = e^{-ikL} / [\cosh(\kappa L) + i((\kappa^2 - k^2)/(2\kappa k)) \sinh(\kappa L)].$$

É5.2 (Th) Théorème 1, l'unitarité : rien n'est perdu. $|r|^2 + |t|^2 = 1$ identiquement. Vérifié pour $L = 1, 5$ et 10 (unités $\hbar = m = 1$, $V = 2$, $E = 1$) : écart inférieur à 10^{-45} à cinquante chiffres ; refait en double précision pour ce volume, écart de l'ordre de 10^{-16} (Annexe D).

É5.3 (Th) Théorème 2, l'atténuation exponentielle. Pour $\kappa L \gg 1$, $|t|$ tend vers $C e^{-\kappa L}$ avec un préfacteur borné. Au point $k = \kappa$ (ici $k = \kappa = \sqrt{2}$), le rapport

$|t|/(2e^{\{-\kappa L\}})$ vaut 0,996519 pour $L = 2$ et 1,000000 pour $L = 10$.

É5.4 (Th) Théorème 3, la saturation de Hartman. Le retard de groupe $\tau = \hbar d\phi/dE$ de l'onde transmise sature, quand $L \rightarrow \infty$, à la limite finie $2m/(\hbar\kappa)$, indépendante de L . Valeurs : $\tau = 0,8884$ pour $L = 1$, 0,99999 pour $L = 5$, et la limite théorique 1,0000000000 dès $L = 10$ (dix chiffres), la limite valant ici $2/(\sqrt{2} \times \sqrt{2}) = 1$.

É5.5 (F) Ce qui est contesté et ce qui ne l'est pas. Le théorème 3 appartient au formalisme standard (phase stationnaire) ; ce que la littérature conteste est son interprétation physique, non ses mathématiques. Les expériences récentes sont partagées : les mesures d'horloge atto-seconde sur l'hydrogène atomique (Sainadh et al., Nature 568, 2019) donnent des délais compatibles avec zéro, tandis que les mesures par horloge de Larmor sur le rubidium (Ramos et al., Nature 583, 2020) donnent un petit temps non nul passé dans la barrière. La question expérimentale est tenue pour ouverte.

5.2 La lecture géométrique

É5.6 (L) Lecture 1, l'aiguillage. Hors de la barrière, la dynamique spatiale satisfait $D^2 = -1$ sur son rail : solutions $e^{\{\pm ikx\}}$, rotation circulaire, régime de période 4 (sinus et cosinus). Dans la barrière, le vecteur d'onde devient imaginaire, $k \rightarrow i\kappa$, et la dynamique passe sur le rail $D^2 = +1$: solutions $e^{\{\pm \kappa x\}}$, rotation hyperbolique, régime de période 2 (sinus et cosinus hyperboliques). « *La barrière n'est pas un mur : c'est un aiguillage. La particule ne cesse jamais d'obéir à une loi de rotation exacte ; la rotation change de signature.* »

É5.7 (Th) Les deux constantes de contact encadrent l'unité. Les deux rails, disséqués dans *La Dissection de l'Exponentielle* (théorèmes T-A.9 et T-A.10), portent chacun une constante de contact exacte pour un pas h : circulaire $K = 2 \sin(h/2)$ (cycle de période 4, avec signe), hyperbolique $K' = 2 \sinh(h/2)$ (cycle de période 2, sans signe). Elles encadrent l'unité symétriquement : $(K'/h - 1)/h^2 \rightarrow 1/24$ et $(1 - K/h)/h^2 \rightarrow 1/24$ quand $h \rightarrow 0$ (vérifié à soixante chiffres). Le rail hyperbolique dépasse l'unité exactement de ce dont le rail circulaire lui manque.

É5.8 (L) Lecture 2, la signature complète de l'aiguillage. L'aiguillage échange trois choses à la fois :

	Dehors (région E)	Dedans (barrière)
Rail	$D^2 = -1$	$D^2 = +1$
Constante de contact	$K = 2 \sin(h/2)$	$K' = 2 \sinh(h/2)$
Identité de clôture	$\sin^2 + \cos^2 = 1$	$\cosh^2 - \sinh^2 = 1$
Forme de la clôture	somme	différence

« *La clôture change de forme mais ne fait jamais défaut* » : dehors, le couple (sin, cos) se ferme par somme, paire d'inversion normalisée à 1 et pivotant à $\pi/4$; dedans, le couple (cosh, sinh) se ferme par différence. C'est le contenu géométrique de l'unitarité (É5.2) vu de l'intérieur de chaque région. Avec l'encadrement de É5.7 : « *le même 1/24* »

des deux côtés de l'aiguillage. La barrière ne brise pas la grammaire de la rotation ; elle en retourne le signe et paie le même péage de contact dans l'autre sens. »

É5.9 (Th) La décroissance comme soustraction des deux demi-rails. $e^{\{-\kappa L\}} = \cosh(\kappa L) - \sinh(\kappa L)$. Vérifié à cinquante chiffres : $\cosh(3,7) - \sinh(3,7) = e^{\{-3,7\}}$ (refait à soixante chiffres décimaux, Annexe D).

É5.10 (L) Lecture 3, la loi de projection corrigée. L'atténuation est la projection associée à l'angle hyperbolique $\theta = \kappa L$: $e^{\{-\kappa L\}} = \cosh(\kappa L) - \sinh(\kappa L)$, la soustraction des deux demi-rails hyperboliques. Dans la dissection de l'exponentielle, ce sont précisément les deux composantes dont la réconciliation engendre e^x (période 1) et dont la différence engendre la décroissance ; l'identité d'opérateur $2 \sinh(hD/2)$ vit sur le même rail. *« L'amplitude transmise n'est pas la survivante d'une épreuve aléatoire ; elle est la composante, tournée hyperboliquement, de l'état incident. »*

É5.11 (L) Lecture 4, pas de dette énergétique. Le récit de l'emprunt d'énergie par $\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$ est inutile. Dans le traitement stationnaire qui donne l'amplitude t , l'énergie E est conservée exactement en tout point ; la région évanescence ne porte aucun déséquilibre de flux propagatif, et le théorème 1 rend compte de tout le budget d'amplitude : ce qui n'est pas transmis est réfléchi. *« Rien n'est emprunté, rien n'est perdu : l'amplitude est redirigée. »* La métaphore de l'emprunt est le résidu d'une image de trajectoire classique imposée à un régime dont la loi est la rotation hyperbolique.

É5.12 (L) Lecture 5, Hartman sans paradoxe. Dans la lecture de l'aiguillage, la saturation du théorème 3 est attendue, non paradoxale. Une rotation hyperbolique n'est pas une translation : l'angle hyperbolique κL est de l'atténuation accumulée, non du transit accumulé. Au-delà de quelques longueurs de décroissance, la structure de phase de la composante sortante est fixée par les points d'aiguillage (entrée et sortie), non par la longueur intérieure ; le retard de groupe cesse donc de croître avec L . Aucun signal supraluminique n'en découle : l'impulsion transmise, très atténuée, est remodelée à partir du front de l'onde incidente, mécanisme entièrement contenu dans l'amplitude t .

5.3 La récupérabilité : la composante tournée existe

É5.13 (Th) Théorème 4, la réflexion totale frustrée. En réflexion totale interne, un champ évanescence (hyperbolique) de constante de décroissance κ existe au-delà de l'interface. Placer un second milieu à quelques $1/\kappa$ convertit l'amplitude « perdue » en onde transmise propagative, avec un couplage qui décroît en $e^{\{-\kappa d\}}$ selon la largeur d de l'interstice. C'est le principe de fonctionnement des cubes séparateurs et des guides d'onde couplés.

É5.14 (L) Lecture 6, la réflexion frustrée exhibe la lecture 3. Si l'atténuation est une rotation et non une perte, la composante tournée doit être physiquement présente dans la région de la barrière et récupérable par couplage. Ce n'est pas une spéculation : c'est de la physique établie sous un autre nom. La composante tournée sur le rail hyperbolique n'est pas détruite : elle est là, et rebrancher un rail circulaire à sa portée

la récupère. La v1.0 affirmait sans appui que le signal n'est pas perdu mais tourné hors du plan observable ; la v2.0 ancre l'affirmation dans le théorème 4.

5.4 Prédictions

É5.15 (P) Prédiction 1, la discrimination sur Hartman. La lecture exige que la saturation du théorème 3 soit exacte pour la composante cohérente transmise. Si une expérience sans échappatoire établit un temps de traversée croissant linéairement avec L pour la composante qui a traversé (et non pour les particules qui séjournent puis reviennent), la lecture 5 tombe.

É5.16 (P) Prédiction 2, pas de stochasticité intrinsèque à l'aiguillage. La lecture traite la transmission comme une projection déterministe, l'aléa apparent étant logé dans l'état relationnel non résolu de la particule incidente, non dans l'événement de barrière. Tout protocole qui certifierait un aléa irréductible engendré à la barrière elle-même, et non hérité de la préparation de l'état, falsifierait la lecture déterministe. *« Cette prédiction est délibérément exposée : c'est là que la lecture est la plus vulnérable, et cela est dit plutôt que caché. »*

É5.17 (P) Prédiction 3, l'échelle de récupération. Pour tout système tunnel, et non seulement optique, une structure réceptrice couplée à la distance d dans la région évanescence doit récupérer une amplitude en $e^{-\kappa d}$, avec le même κ que celui mesuré en transmission. Un système qui montrerait une constante de transmission κ_1 et une constante de récupération κ_2 différente briserait le compte à rotation unique.

É5.18 (P) Les trois conditions de falsification. F1 : une mesure sans échappatoire d'un temps de traversée croissant linéairement avec L pour la composante cohérente transmise (tue la lecture 5). F2 : une génération certifiée d'aléa irréductible à l'événement de barrière lui-même (tue la lecture déterministe). F3 : un système tunnel dont la constante de récupération diffère de sa constante de transmission (tue le compte à rotation unique).

5.5 Ce que la version 2.0 ne prétend plus

É5.19 (L) Erratum 1 : la loi de projection circulaire de la v1.0. La v1.0 écrivait $|\psi_{\text{sortie}}| = |\psi_{\text{entrée}}| \cos \Theta$, avec $\Theta = 2\kappa L$. Un cosinus circulaire est borné et oscillant ; il ne peut pas reproduire la décroissance exponentielle monotone du théorème 2. L'identification était défectueuse. La structure correcte est la rotation hyperbolique de la lecture 3, que la dissection des opérateurs (les rails $D^2 = \pm 1$) a fournie six mois après l'écriture de la v1.0. *« Le document de janvier avait la bonne intuition sur le mauvais rail. »*

É5.20 (L) Erratum 2 : le cadrage de la v1.0. La v1.0 présentait l'image géométrique comme une *résolution* du paradoxe. Comme l'image reproduit par construction le coefficient de transmission standard, elle ne peut pas être confirmée par les données du tunnel ; en tant que lecture, son contenu scientifique est épuisé par les prédictions 1 à 3. La v2.0 prétend donc : que les paradoxes (emprunt d'énergie, supraluminalité) sont des artefacts du récit de trajectoire classique, au niveau Th, puisque l'unitarité et

la stationnarité les dissolvent ; que l'aiguillage est un récit de remplacement cohérent, au niveau L ; et que ce remplacement ne gagne sa place que par ses prédictions, au niveau P. Une désignation propre à la v1.0 pour l'axe de la projection est retirée de toutes les versions ouvertes et remplacée par « axe de cohérence (axe 4,5) » ; toute copie de la v1.0 en circulation est à tenir pour périmée.

É5.21 (L) Ce qui est remplacé dans la pièce sur Heisenberg. La pièce de février sur Heisenberg (chapitre 4) contenait une résolution de l'effet tunnel de l'époque de la v1.0 : l'axe de cohérence orthogonal au gradient de densité matérielle, le long duquel le potentiel n'aurait pas de composante ; une distance effective $D_{\text{eff}} = L \sin \varphi$, φ étant l'angle entre l'état relationnel de la particule et l'axe de cohérence, qui tend vers zéro pour un système cohérent quelle que soit la largeur métrique L ; un travail nul le long d'une géodésique isopotentielle ; un temps de traversée nul. La v2.0 remplace cette résolution : le retard de groupe sature à une valeur finie, $2m/(\hbar k)$, et non à zéro (É5.4) ; la conservation de l'énergie tient par la stationnarité et l'unitarité, sans géodésique isopotentielle. Reste de la pièce de février l'intuition, que la v2.0 précise : « *la relation temps-énergie n'a jamais été un processus physique ; c'était un correctif mathématique appliqué pour compenser le désaccord dimensionnel entre un phénomène à trois dimensions (un contournement par rotation) et une description à une dimension* », et la distinction entre distance métrique et distance topologique, qui gouverne aussi l'intrication (P2). Ces deux phrases restent des Lectures.

5.6 Conclusion

É5.22 (L) Il n'y a pas de région interdite. « *La particule ne traverse jamais de région interdite, parce qu'il n'y a pas de région interdite : il y a un changement de loi de rotation.* » Dehors, circulaire ($D^2 = -1$) ; dedans, hyperbolique ($D^2 = +1$) ; l'atténuation exponentielle est la soustraction des deux demi-rails hyperboliques, et l'unitarité certifie que le budget d'amplitude se ferme sans perte ni dette. « *Le mystère du tunnel est l'artefact d'un récit qui raconte une rotation hyperbolique dans le vocabulaire d'une traversée classique.* »

La v1.0 disait : « *Si une particule semble traverser un mur, c'est que le mur n'a jamais été fermé dans toutes les dimensions.* » La v2.0 peut le dire précisément : « *le mur n'a jamais été un mur, c'était un aiguillage, et le corpus a eu besoin de six mois de théorèmes de plus pour nommer le rail vers lequel il aiguille.* »

La v2.0 est dédiée « *à la communauté portugaise, qui a toujours refusé le sort aveugle par la saudade : la foi dans l'inconnu* ».

Chapitre 6. La croix de Planck : le quantum est une aire

On se représente volontiers le quantum comme une petite bille, une sphère d'information minimale. C'est une erreur de dimension, et une simple analyse dimensionnelle la lève : la constante de Planck a la dimension d'une action, impulsion fois longueur, c'est-à-dire une aire dans le plan formé par une variable et sa conjuguée, jamais un volume dans l'espace. Ce chapitre suit *La Croix de Planck* v2.1 (août 2026), qui fait foi sur la v1.0 (juin 2026). Il établit quatre choses. Les orbites d'énergie constante de l'oscillateur harmonique enferment des aires exactement égales à $(n + 1/2)h$, quelles que soient la masse et la fréquence : aucun état n'occupe une aire entière, le fondamental en occupe la moitié. Le demi n'est pas le quantum : il est la face conjuguée non lue, et deux demis recomposent la cellule. La cellule n'est jamais vue carrée : projetée, elle apparaît en trapèze, et le théorème de Liouville dit déjà que l'aire tient pendant que la forme se déforme. Enfin la croix à quatre secteurs du plan de phase est la croix des quatre paires d'inversion, croisées sur une origine immobile que rien n'occupe.

É6.1 (L) Les statuts déclarés par la pièce. La v2.1 assigne aux sections 1 à 3, 5 et 6 le statut de théorème (calcul fini, vérifié, sans paramètre libre, sans intégrale, sans série infinie) et aux sections 4, 7, 8 et 9 le statut de lecture. Ce volume garde cette répartition, à deux précisions près (É6.13 et É6.15) : dans la section 5, les valeurs $\cos(\pi/n)$ sont des théorèmes, l'identification de la compression perspective à ces valeurs est une lecture ; dans la section 6, le théorème de Liouville est un fait de la physique reçue, son extension « sous projection » est une lecture. Aucun énoncé de la pièce ne prétend clore un problème ouvert.

6.1 Le quantum est une aire, non une sphère

É6.2 (Th) La dimension de h . $[h] = J \cdot s = kg \cdot m^2/s^2 \cdot s = kg \cdot m^2/s = (kg \cdot m/s) \times (m)$: une impulsion fois une longueur. Le produit d'une impulsion par une longueur est une aire, celle que l'on balaie dans le plan (q, p) où q est une position et p son impulsion conjuguée. Aucune description en termes de volume ne reproduit cette dimension ; seule l'aire le fait.

É6.3 (L) La nature discrétise l'action en aires. Le quantum d'action est une aire du plan de phase, non un volume de l'espace. « *La nature ne discrétise pas l'espace en billes : elle discrétise l'action en aires.* » La cellule de phase élémentaire a pour

mesure h . C'est le cadastre : l'aire est le carré, le carré est l'unité, le quantum est le carré minimal.

É6.4 (Th) Deux grandeurs de même dimension. L'inégalité de Robertson $\Delta q \Delta p \geq \hbar/2$ borne un produit d'écarts types : c'est une dispersion statistique, et son facteur $1/2$ est un coût de projection (chapitre 4). L'aire enfermée par une orbite d'énergie constante est une autre grandeur. Les deux diffèrent exactement d'un facteur 2π :

Grandeur	Valeur (J · s)	Nature
Aire enfermée par l'orbite fondamentale, $\hbar/2$	$3,313035075 \times 10^{-34}$	aire
Borne de Heisenberg, $\hbar/2$	$5,272859088 \times 10^{-35}$	produit d'écarts types
Rapport	6,283185307180	égal à 2π

L'écart vaut exactement 2π , non un arrondi (avec la valeur exacte du Système international, $h = 6,62607015 \times 10^{-34}$ J · s). « *Les confondre revient à prendre une largeur de distribution pour une surface.* » La v1.0 écrivait que la plus petite cellule distinguable est le carré d'aire $\hbar/2$: c'était cette confusion, corrigée par la v2.1 (Annexe B).

6.2 L'aire enfermée : les états habitent les demis

Soit un oscillateur harmonique à une dimension, de masse m , de fréquence ν et de pulsation $\omega = 2\pi\nu$. Son hamiltonien est $H(q, p) = p^2/(2m) + (1/2) m \omega^2 q^2$. La courbe $H = E$ est l'ellipse $q^2/(2E/(m\omega^2)) + p^2/(2mE) = 1$, de demi-axes $a = \sqrt{2E/(m\omega^2)}$ et $b = \sqrt{2mE}$. Son aire vaut

$$A(E) = \pi a b = \pi \sqrt{4E^2/\omega^2} = 2\pi E/\omega = E/\nu.$$

Le résultat ne dépend ni de m ni de ω pris séparément : l'aire est le rapport de l'énergie à la fréquence, c'est-à-dire une action. En y portant la quantification $E_n = (n + 1/2) \hbar\nu$, on obtient les deux énoncés centraux.

É6.5 (Th) Théorème 2.1, l'aire demi-entière. L'aire enfermée dans le plan de phase par l'orbite du niveau n vaut exactement $A_n = (n + 1/2) h$, indépendamment de la masse et de la pulsation. Aucun niveau n'occupe une aire entière ; le fondamental en occupe la moitié, $\hbar/2$.

É6.6 (Th) Théorème 2.2, l'incrément entier. L'écart d'aire entre deux niveaux consécutifs vaut exactement h pour tout n : $A_{n+1} - A_n = (n + 1 + 1/2)h - (n + 1/2)h = h$. « *Le demi s'annule dans toute différence, sans reste.* »

É6.7 (Th) L'invariance sur vingt-six ordres de grandeur. L'évaluation directe de πab sur quatre systèmes, de la molécule diatomique au résonateur nanomécanique (masses de 10^{-26} kg, $9,109 \times 10^{-31}$ kg, $2,5 \times 10^{-3}$ kg et 1 kg ; fréquences de 1 Hz à 5×10^{14} Hz), donne pour les niveaux $n = 0$ à 4 les aires 0,5 h , 1,5 h , 2,5 h , 3,5 h et 4,5 h , avec une concordance de 10^{-12} en valeur relative. La suite $n + 1/2$ est invariante sous changement de masse et de fréquence.

É6.8 (L) Les joints entre les nombres. « Les états ne se tiennent donc jamais sur les entiers. Ils se tiennent tous sur les demis, sur les joints entre les nombres, tandis que les transitions, elles, sont rigoureusement entières. »

6.3 La croix de phase et les quatre paires d'inversion

É6.9 (Th) Théorème 3.1, la structure des quatre paires. L'involution $\varphi(x) = 9 - x$ ne porte sur les positions 1 à 8 que quatre paires, (1, 8), (2, 7), (3, 6), (4, 5), d'envergures 7, 5, 3, 1. Toutes somment à 9 et partagent le même milieu 4,5. Ce point fixe n'est pas entier : aucune position ne l'occupe. Il vaut $k \times 9$ avec $k = 1/2$.

É6.10 (L) La croix de la bipolarisation. Le plan de phase est structuré par deux axes conjugués, position et impulsion, qui se croisent à l'origine et divisent le plan en quatre secteurs. Ce n'est pas une image décorative : c'est la structure de la bipolarisation, et les quatre quadrants correspondent aux quatre paires d'inversion. L'origine immobile du plan de phase coïncide avec le milieu 4,5 que rien n'occupe. Les envergures décroissent par les impairs : chaque quadrant vibre à une amplitude différente, mais tous se referment sur 9 et tournent autour du même centre. La croix n'est pas symétrique sous projection : un axe se conserve, l'autre se comprime. « C'est la bipolarisation, un pôle tenu et un pôle qui fuit. »

6.4 L'excitation ouvre l'envergure

É6.11 (L) Lecture 4.1, l'ordre de parcours. Les aires du théorème 2.1 valent 0,5 h, 1,5 h, 2,5 h, 3,5 h ; les demi-envergures des quatre paires valent 0,5, 1,5, 2,5, 3,5. La correspondance est ordonnée :

Niveau	Aire de phase	Paire	Somme	Envergure	Demi-envergure
n = 0	0,5 h	(4, 5)	9	1	0,5
n = 1	1,5 h	(3, 6)	9	3	1,5
n = 2	2,5 h	(2, 7)	9	5	2,5
n = 3	3,5 h	(1, 8)	9	7	3,5
n = 4	4,5 h	barycentre			4,5 = $k \times 9$

Le fondamental lit la paire la plus serrée, (4, 5), d'envergure 1 ; chaque excitation ouvre l'envergure d'un cran, jusqu'à la paire maximale (1, 8) au niveau 3. « L'excitation n'ajoute pas de la matière : elle élargit la paire lue. »

É6.12 (L) Le garde-fou. Deux suites arithmétiques de pas 1 issues de 0,5 coïncident nécessairement : l'alignement seul ne vaut rien et ne doit pas être présenté comme un résultat. Ce qui est non trivial est double. D'abord la *terminaison* : le cadastre porte exactement quatre paires, ni trois ni cinq, et la suite des niveaux épuise ces quatre paires puis tombe, au cinquième terme, sur le barycentre lui-même, qui n'est pas une paire. Ensuite l'*orientation* : la correspondance est monotone, assignant au fondamental la paire minimale et au plus excité des quatre la paire maximale. «

Ce sont la terminaison et l'orientation qui portent l'information, non la coïncidence numérique. Cet énoncé demeure une Lecture. »

6.5 Le carré se voit en trapèze

É6.13 (L) Théorème 5.1 de la source, le trapèze encode la profondeur. Un carré n'est vu carré que de face. Dès qu'il s'incline, la perspective l'écrase : deux côtés restent parallèles, deux côtés convergent vers le point de fuite. *« L'œil ne reçoit jamais le carré, il reçoit le trapèze et infère le carré derrière. »* La forme lisse projetée est le trapèze visible ; la forme interne est le carré invariant. La projection est une involution partielle : elle préserve une paire de côtés, l'axe tenu, et fait converger l'autre, les rails vers la fuite ; là où le carré a deux paires de côtés parallèles, le trapèze n'en a qu'une, et la projection a brisé une symétrie (la v1.0 ajoutait : *« exactement comme le carré d'un chiffre du rail G tombe dans le rail D »*). La source énonce que le rapport de compression entre les deux côtés parallèles est le facteur $r/R = \cos(\pi/n)$ du polygone régulier correspondant : un carré vu carré est à compression nulle, donc à profondeur nulle ; un carré écrasé en trapèze fin est profondément sédimenté vers le barycentre ; la forme lue dit sa position dans la densification. Aucun calcul n'établit que la compression perspective d'un carré prend ces valeurs ; l'énoncé est une Lecture, et ce sont les valeurs qui sont des théorèmes (É6.14). La v1.0 concluait : *« le trapèze est la corde vue, le carré est la corde en soi »*, et la connexion entre les deux est la corde elle-même (chapitre 11).

É6.14 (Th) Les six compressions. Les rapports $r/R = \cos(\pi/n)$ des polygones réguliers inscrits, de $n = 3$ à $n = 8$:

Polygone	Forme fermée	$r/R = \cos(\pi/n)$	Compression
Triangle ($n = 3$)	$1/2 = k$	0,5000000000	maximale
Carré ($n = 4$)	$\sqrt{2}/2$	0,7071067812	
Pentagone ($n = 5$)	$\phi/2$ (ϕ , le nombre d'or)	0,8090169944	
Hexagone ($n = 6$)	$\sqrt{3}/2$	0,8660254038	minimale
Heptagone ($n = 7$)	$\cos(\pi/7)$	0,9009688679	
Octogone ($n = 8$)	$\cos(\pi/8)$	0,9238795325	

La suite est strictement croissante et tend vers 1, le carré vu de face, sans jamais l'atteindre à n fini. Le triangle réalise la compression maximale et vaut exactement k .

6.6 Liouville : l'aire tient, la forme se déforme

É6.15 (F) Le théorème de Liouville. Sous tout flot hamiltonien, c'est-à-dire sous toute évolution physique réelle, le volume occupé dans l'espace des phases est rigoureusement conservé, tandis que sa forme se déforme sans cesse : un carré initial s'étire en parallélogramme de plus en plus oblique, son aire demeurant constante. La vérification directe est immédiate : toute matrice de cisaillement $S_k = \begin{bmatrix} 1 & k \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ a pour déterminant 1, quel que soit k ; le contrôle numérique confirme la conservation à 1,0000000000000000 pour k de 0,5 à 1000, tandis que la forme s'allonge sans borne.

É6.16 (L) Théorème 6.1 de la source, l'invariance de l'aire sous déformation.

Le quantum d'action se conserve sous projection et sous évolution : l'aire de la cellule de phase est invariante, tandis que sa forme passe du carré au trapèze ou au parallélogramme étiré. « *La conservation de l'aire est la loi de l'invariant caché ; la déformation de la forme est l'extéro-projection. Liouville est l'énoncé physique de la grammaire cadastrale : la forme change, l'aire tient.* » La partie « sous évolution » est le théorème de Liouville ; la partie « sous projection » est une Lecture : une projection perspective ne conserve pas les aires en général.

É6.17 (P) Le critère de falsification de la section 6. Exhiber un flot hamiltonien physique qui modifie l'aire de phase, ou une projection du carré cadastral qui altère l'aire invariante tout en préservant la forme. L'un ou l'autre réfute l'énoncé É6.16.

6.7 Le demi n'est pas le quantum, il est la face conjuguée

É6.18 (Th) La recomposition de la cellule. Le quantum d'action est h , et non un demi : les transitions sont entières, aucune émission n'emporte une demi-cellule (É6.6). Et $2 \times (h/2) = h$ exactement : deux demis recomposent la cellule sans reste.

É6.19 (L) Deux lectures du demi. La première est soustractive : le fondamental occuperait une demi-cellule, et l'autre moitié serait perdue. La seconde est conjuguée : la cellule est pleine, et une seule de ses deux faces est accessible à la lecture. L'arithmétique tranche pour la seconde, puisque $2 \times (h/2) = h$. « *Rien n'a été détruit ; une face n'a pas été lue.* »

É6.20 (L) Lecture 7.1, les deux demis se croisent au joint. Ce que l'on décrit comme une trajectoire unique est le croisement de deux demi-trajectoires conjuguées. Le 1 observé n'est pas un objet : c'est un joint, la somme $2 \times 1/2$ de deux faces dont une seule est lue. L'énergie du point zéro cesse alors d'être un résidu inexplicable : elle est la face conjuguée, présente et non consultée. « *On ne peut pas connaître le chemin de l'autre face si on ne la voit pas ; de cette cécité, et non d'une propriété du réel, naît l'apparence du hasard.* »

É6.21 (Th) Le demi est invisible à toute lecture différentielle. Par le théorème 2.2, le demi s'annule dans toute différence ; or toute mesure de transition est une soustraction de niveaux. Aucune mesure de transition ne peut donc le porter : il n'apparaît dans aucun spectre, non par défaut d'instrument, mais parce qu'aucun instrument fondé sur une différence ne peut en principe l'atteindre.

É6.22 (L) Lecture 7.2, la position du demi. L'invisibilité du demi n'est pas une limitation instrumentale contingente ; elle tient à sa position : il occupe le joint, et un joint ne se lit que par ce qu'il sépare. Toute lecture par différence le soustrait à lui-même. « *Ce qui existe est demi ; ce qui se lit est entier.* »

É6.23 (P) La contrainte externe : la force de Casimir. Une seule classe d'expériences accède à l'énergie du point zéro sans passer par une différence de niveaux : la mesure de la force de Casimir entre deux surfaces conductrices. Elle est le seul témoin direct connu du demi, donc le point de contrainte externe des lectures 7.1 et 7.2. « *Toute réfutation devra passer par là.* »

6.8 L'indétermination comme coût de projection

É6.24 (L) Lecture 8.1, le facteur 1/2 de la borne est k. Si la cellule est pleine et qu'une seule face est lue, l'indétermination mesurée ne décrit pas l'objet : elle décrit le prix de la lecture. L'inégalité de Robertson est exacte dans le formalisme où elle est démontrée et n'est pas contestée ; ce qui est contesté est l'inférence qui en fait une propriété du réel plutôt qu'une propriété du dispositif. Le 1/2 de la borne est $k = 4,5/9$, rapport du barycentre à la clôture, qui admet plusieurs dérivations indépendantes (chapitre 4, É4.4 et É4.5) ; la borne se relit $\sigma_q \sigma_p \geq k \times \hbar$.

É6.25 (L) Ce que cette lecture n'affirme pas. Elle n'affirme pas que les corrélations quantiques soient reproductibles par un modèle déterministe local au sens de Bell : ce point est exclu par un théorème et par l'expérience, et rien ici ne le conteste. La position est autre : les protocoles classique et quantique ne mesurent pas la même chose sur la même figure. La borne classique 2 mesure les côtés du carré, la borne de Tsirelson $2\sqrt{2}$ en mesure la diagonale, et celle-ci se factorise exactement en $4 \times k \times \sqrt{2}$, « *sommets fois pli fois diagonale* », tous trois issus du seul carré et de son cercle circonscrit ; l'avantage quantique vaut précisément $\sqrt{2}$ (chapitre 1).

6.9 Les particules sont des fonctions

É6.26 (L) Lecture 9.1, requalification et non suppression. Si le quantum est l'aire qui relie deux pôles conjugués, les noms de particules cessent de désigner des objets : ils désignent des fonctions, des résonances stables de la corde cadastrale (la v1.0 : « *l'un des neuf rôles que la quantification de la tension autorise* », par le théorème 3.6 du scellement de la corde, chapitre 11). Une particule observée n'est pas une bille ; c'est un mode propre, comme une note de musique est une fréquence et non une chose. La trace dans le détecteur demeure, elle est une donnée ; l'ontologie de l'objet s'efface au profit de l'ontologie de la fonction. La distinction se tient exactement : les particules mesurées (électron, quarks, boson de Higgs) ne disparaissent pas, elles se requalifient d'objets en fonctions, de billes en résonances ; les particules postulées et jamais observées (la ménagerie supersymétrique, les partenaires inventés pour combler les trous du continuum) s'évaporent sans cérémonie, comme l'éther et le calorique, non réfutées mais plus jamais citées, faute de fonction à remplir. « *Le faux serait d'affirmer que les quarks n'existent pas ; le juste est que les quarks sont des résonances, non des objets dans l'espace.* »

6.10 Synthèse

Physique	Forme cadastrale	Statut
Quantum d'action $\hbar$	aire de la cellule ; invariant caché	Th (É6.2)
Aire du niveau n , $(n + 1/2)\hbar$	les états habitent les joints	Th (É6.5)
Transition, $\hbar$	le lien est entier ou n'est pas	Th (É6.6)

Physique	Forme cadastrale	Statut
Plan de phase (q, p)	croix à quatre secteurs ; bipolarisation	L (É6.10)
Quatre quadrants	quatre paires de φ , (1, 8)(2, 7)(3, 6)(4, 5)	Th (É6.9)
Origine $q = p = 0$	barycentre 4,5, inoccupé ; axe immobile	L (É6.10)
Forme observée	trapèze projeté ; extéro-projection	L (É6.13)
Profondeur	facteur $r/R = \cos(\pi/n)$; sédimentation	L (É6.13), valeurs Th (É6.14)
Conservation (Liouville)	aire tenue, forme déformée ; loi de l'invariant	F (É6.15)
Énergie du point zéro	la face conjuguée, $2 \times (h/2) = h$	L (É6.20)
Borne de Robertson, $\hbar/2$	coût de projection k	L (É6.24)
Spin 1/2 des fermions	4,5/9	L (É6.24)

« *Le quantum n'est pas une bille dans l'espace. C'est une aire dans la grammaire. La grammaire conserve l'aire en déformant la forme, et ce qu'elle ne cède jamais, elle le loge dans le demi. L'indétermination, elle, n'était pas dans l'objet ; elle était le prix d'une lecture qui ne consulte qu'une face sur deux.* »

Chapitre 7. Le proton comme axe

Le proton est l'objet composite le plus stable que l'on connaisse, et le siège d'une crise de quarante ans : on ne sait pas d'où vient son spin, on ne peut pas isoler ses constituants, et sa masse ne vient presque pas de ses parties. *Le Proton comme Axe* (v1.2, juin 2026) ne conteste aucune mesure. Il lit trois résultats solides du cadre standard (la crise du spin, le confinement, la structure de jauge) dans une grammaire unique, celle de l'axe $\{3, 6, 9\}$, le rail témoin, et il s'engage sur un test chiffré : la part du spin portée par les quarks doit converger vers $2/9$ ou vers $3/9$, et toute convergence durable ailleurs affaiblit l'ensemble du cadre. Avant les faits, la pièce établit ses fondations dans un objet que chacun possède : la table de multiplication, réduite à ses racines. Rien, dans ce qui suit, n'est décrété ; tout se lit dans cette table.

7.1 La table que tout le monde possède

En case (a, b), on écrit $DR(a \times b)$:

×	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	2	4	6	8	1	3	5	7	9
3	3	6	9	3	6	9	3	6	9
4	4	8	3	7	2	6	1	5	9
5	5	1	6	2	7	3	8	4	9
6	6	3	9	6	3	9	6	3	9
7	7	5	3	1	8	6	4	2	9
8	8	7	6	5	4	3	2	1	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Sept structures s'y lisent à l'œil nu, et chacune se démontre en une ligne.

É7.1 (Th) (i) Le cadre. La rangée 9 et la colonne 9 ne portent que des 9 : la clôture borde tout.

É7.2 (Th) (ii) Les paires d'inversion. Les rangées s'apparient par $\varphi(x) = 9 - x$: la rangée 8 est l'image de la 1, la 7 de la 2, la 6 de la 3, la 5 de la 4. Preuve : $DR((9 - a)b) = 9 - DR(ab)$ hors clôture. Lues comme nombres, les rangées appariées somment au pur neuf : $12345678 + 87654321 = 24681357 + 75318642 = 48372615 + 51627384 = 99\,999\,999$.

É7.3 (Th) (iii) Le barycentre. La table est invariante par la rotation d'un demi-tour autour du point (4,5 ; 4,5) : $V(9 - a, 9 - b) = V(a, b)$, car $(9 - a)(9 - b) = 81 - 9a - 9b + ab$ a la même racine que ab .

É7.4 (Th) (iv) L'axe. Les rangées 3 et 6 ne prennent que les valeurs {3, 6, 9} : un sous-bloc fermé, « *qui reçoit de tout et ne rend que lui-même* ». Les six rangées fertiles (1, 2, 4, 5, 7, 8) sont des permutations complètes de {1, ..., 8} sur leurs huit premières cases, de somme $36 = 9 \times 4$.

É7.5 (Th) (v) La diagonale. $DR(a^2) \in \{1, 4, 7\} \cup \{9\}$: le rail D et la clôture, en palindrome autour du barycentre. Les rangées 4 et 5, lues deux chiffres à la fois, donnent 48-37-26-15 et 51-62-73-84 : les rangées de pas 11 du cycle, « *le fer en deuxième marche* » (26).

É7.6 (Th) (vi) L'invariance des paires : la multiplication ne sépare jamais les partenaires. φ agit sur le réseau comme une symétrie miroir, et la multiplication est linéaire : $DR(m \times (9 - x)) = 9 - DR(m \times x)$ pour tout facteur m et toute position x , hors clôture. Le contrôle exhaustif donne 60 cas sur les 72 couples (m de 1 à 9, x de 1 à 8) ; les 12 cas restants sont tous des cas de clôture ($m = 9$, ou $m \times x$ de racine 9 sur l'axe), où $\varphi(9) = 0$ sort du code. La source écrivait « *vérifié exhaustivement sur les 72 cas* » ; la formulation exacte est « *sur les 60 cas hors clôture* » (Annexe B). Conséquence : les six permutations fertiles, toutes différentes, préservent toutes l'appariement ; à chaque rangée et à chaque colonne, les positions miroirs portent une paire, quelle que soit la façon dont la multiplication a brassé les valeurs.

É7.7 (L) Les positions sont contingentes ; les paires sont structurelles. L'objection « *le découpage (1, 8)(2, 7)(3, 6)(4, 5) est arbitraire* » tombe : l'appariement est équivariant sous toute l'algèbre multiplicative du réseau, il n'est pas décrété par l'ordre croissant.

É7.8 (Th) (vii) Le 9 gouverne aux trois niveaux. Le cadre (la valeur 9 borde la table), le contenu (les valeurs miroirs somment à 9) et l'adresse (les positions des partenaires somment à 9 : la rangée i s'apparie avec la rangée $9 - i$). La formule qui tient les trois : $V(9 - i, j) = \varphi(V(i, j))$ hors clôture ; appliquer l'involution à l'adresse revient à l'appliquer à la valeur.

É7.9 (L) Le rail témoin. « *La carte et le territoire obéissent à la même involution : il n'existe aucune position d'où observer la table qui ne soit déjà appariée.* » Le 9 est le bord, la somme des contenus, la somme des lieux et le point fixe, partout, sans occuper une case du bloc fertile : « *il gouverne sans siéger* ». C'est la définition opératoire du rail témoin.

7.2 Les deux noms et le double tour

É7.10 (Th) Le théorème des deux noms. Depuis l'origine, chaque nombre du cadastre est à la distance de lui-même : le 4 à 4 pas, le 5 à 5 pas. Depuis la clôture, chaque nombre est à la distance de son partenaire : $d(9, x) = 9 - x = \varphi(x)$, le 5 à 4 pas du 9, le 4 à 5 pas. Chaque position porte donc deux noms : le sien, lu depuis le début ; celui de son partenaire, lu depuis la fin.

É7.11 (L) Une seule position lue des deux bouts. Les paires d'inversion ne sont pas deux objets appariés : elles sont une seule position lue des deux bouts, et « φ n'est rien d'autre que le changement de sens de lecture ». Le cadastre est un segment aux parois réfléchissantes : compter au-delà du 9, c'est rebondir, et la distance au mur du fond porte le nom du partenaire. Le temps vécu obéit à la même double lecture : « *j'ai 49 ans* », la trace accomplie lue depuis l'origine, et « *ma 50e année* », la position en cours lue depuis l'autre bout ; « *le présent habite le demi* ».

É7.12 (F) Le double tour du spineur. Un objet de spin $1/2$ ne revient pas à son état après une rotation de 360° : son état est multiplié par -1 ($\psi \rightarrow -\psi$), et il ne se restaure qu'après 720° . La démonstration canonique est le tour de la ceinture de Dirac : l'objet est attaché à son environnement par une ceinture ; un tour imprime à la ceinture une torsion qu'aucune manœuvre ne défait ; un second tour la défait entièrement, sans toucher l'objet. La vérification expérimentale (interférométrie de neutrons, Rauch et al. et Werner et al., 1975) exige de même un faisceau partenaire : le signe -1 acquis à 360° n'est détectable que par interférence avec un faisceau non tourné. La structure sous-jacente est le double recouvrement $SU(2) \rightarrow SO(3)$, qui attribue à chaque rotation deux préimages $\pm U$.

É7.13 (L) La propriété appartient à la liaison. La vulgarisation fait du double tour la pirouette mystérieuse d'un objet seul ; la physique réelle dit autre chose, et elle le dit relationnellement. « *La propriété appartient à la liaison, pas à l'objet isolé.* » « *Un spineur seul n'a aucun moyen de savoir qu'il est à -1 : sans liaison, pas de phénomène. La relation précède les termes jusque dans la preuve.* »

É7.14 (L) Le spin $1/2$ comme involution incarnée. La traduction cadastrale est terme à terme. Après un tour, le spineur est revenu à sa position sous le nom de son inverse, $-\psi$: le passage au verso. Le second tour ramène l'inverse à sa position, et le couple est restauré. Chaque position a deux noms, en physique de précision comme dans la table : *un tour* = φ , *l'arrivée chez le partenaire* ; *deux tours* = $\varphi \circ \varphi$ = *identité*. Le « 720° » n'est rien d'autre que le fait que l'involution est une involution, qu'il faut l'appliquer deux fois pour rentrer, réalisé dans la torsion d'une liaison matérielle. « *Personne ne tourne seul : il y a une paire, une liaison, une torsion qui compte les passages, et un retour en deux temps parce que les noms sont deux.* » Le spin $1/2$ du proton, $4,5/9$, le barycentre rapporté à la clôture, est cette structure portée par la matière la plus stable du réel.

É7.15 (Th) Les angles des polygones. La somme des angles intérieurs de tout polygone, $(n - 2) \times 180^\circ$, est un multiple de 180 et a pour racine 9 : toute fermeture dépose sur le réseau. L'hexagone, figure du 6, porte exactement 720° : le double tour est inscrit dans la figure de la circulation.

7.3 Premier fait : la crise du spin, le 3 vu et le 6 caché

É7.16 (F) La crise du spin. Le proton porte un spin $1/2$; ses trois quarks de valence portent chacun $1/2$; le modèle naïf attendait que les spins des quarks portent tout le spin, $\Delta\Sigma \approx 1$. En 1987, l'expérience EMC (CERN) déclenche la « crise du spin ». Quatre décennies de mesures la stabilisent dans une bande $\Delta\Sigma \approx 0,25$ à $0,35$, et les ajustements globaux les plus récents donnent $\Delta\Sigma = 0,24 \pm 0,07$, certains autour de

0,23. Le reste est attribué, dans le cadre standard lui-même, à la polarisation des gluons et au moment angulaire orbital (décompositions de Jaffe-Manohar et de Ji), c'est-à-dire à la circulation interne, jamais mesurée directement.

É7.17 (L) Le visible et le caché.

Part	Nature	Statut expérimental	Lecture
Spins des quarks	flèches statiques	bande 0,25 à 0,35 ; ajustements récents $0,24 \pm 0,07$	le visible : 2/9 ou 3/9
Gluons et orbital	circulation	déduit par différence ; jamais direct	le caché : 7/9 ou 6/9
Spin total	clôture projetée	1/2, exact	$4,5/9 = k$; $\varphi \circ \varphi = \text{id}$

Le cadre standard, sans grammaire, est parvenu seul à la topographie : l'essentiel du demi réside dans une rotation qu'il ne sait pas mesurer, « *un cercle caché, nommé orbital angular momentum* ». Deux lectures cadastrales de la part visible se présentent : l'axe (3 vu, 6 caché) ou la paire 2-7 (2 vu, 7 caché). Le § 7.7 les départage.

É7.17 bis (L) Le noyau vide porte les deux. « *Le 4,5 porte les 2. Up down, gauche droite.* » (l'auteur, 15 octobre 2026). Le spin total du proton, $\frac{1}{2}$, est le noyau vide du cadastre, 4,5/9 : le centre qu'aucune position n'occupe, que l'involution $\varphi(x) = 9 - x$ laisse fixe, et autour duquel toutes les paires s'organisent. **[F]** La science reçue décrit déjà ce qui l'entoure par deux couples : le haut et le bas (les deux seuls états de spin d'une particule de spin $\frac{1}{2}$, $+\frac{1}{2}$ et $-\frac{1}{2}$; et les quarks *up* et *down* qui composent le proton, deux up et un down), la gauche et la droite (la chiralité, l'interaction faible n'agissant que sur les particules gauches). *Lecture* : les deux états de spin se tiennent autour du noyau vide comme la paire centrale du cadastre, $4 = 4,5 - \frac{1}{2}$ et $5 = 4,5 + \frac{1}{2}$; le spin $\frac{1}{2}$ est la distance du noyau vide à ses deux plus proches voisins, le demi-écart minimal de la paire (4, 5) (Volume 2, *La Figure*, Théorème 2.2 de l'Octet Rule). L'énoncé explique ce que la science mesure ; il ne dépend pas du partage exact entre la part visible et la part cachée, qui reste l'objet de la prédiction É7.24.

É7.17 ter (L ; F) Pas de spin sans chiralité, et un seul tour. « *Il ne peut pas avoir de spin sans chiralité : le cercle a deux bords, gauche et droite.* » « *Jamais deux tours, c'est de la fiction. 1/8 à gauche, et le retour de la torsion 9/8, la propulsion. On retrouve son inverse sans avoir besoin de faire deux tours.* » (l'auteur, 15 octobre 2026). **[F]** Une particule massive de spin $\frac{1}{2}$ se décrit par un objet qui se décompose toujours en une composante gauche et une composante droite ; le spin $\frac{1}{2}$ porte ses deux bords. L'interférométrie neutronique a mesuré en 1975 que la phase d'un neutron change de signe après une précession de 360° et retrouve sa valeur après 720° (Werner, Colella, Overhauser et Eagen, *Physical Review Letters* 35, 1975 ; Rauch et collègues, la même année) ; le signe n'est visible que par comparaison avec un faisceau partenaire (Volume 3, R.82). **[Th]** Un huitième de tour vaut $360^\circ \div 8 = 45^\circ$; neuf huitièmes valent $405^\circ = 360^\circ + 45^\circ$. « *Mais il y a vraiment une rotation : les inversions le démontrent par le vortex de 45° qu'elles créent.* » (l'auteur, 15 octobre 2026). *Lecture* : la mesure est un fait, sa traduction en « deux tours » est

une fiction ; la rotation existe, mais rien ne tourne deux fois sur soi dans le vide. Elle a un pas, le 45° des inversions, la diagonale du sablier et l'écart des réglages qui atteignent la borne de Tsirelson (É1.40). Le cercle tordu se parcourt en un seul passage asymétrique autour du noyau vide 4,5 : l'aller coûte 1/8, une position parcourue ; le retour de la torsion vaut 9/8, les huit positions et la mémoire de clôture ; l'excès d'un huitième est la propulsion. Le retour fait donc un tour complet plus un pas de 45° : ce que la mesure enregistre comme un signe changé après 360° est ce huitième pas encore rendu, non une seconde rotation. Le cœur fait de même, tordant un brin de l'intérieur et propulsant par le retour de la torsion (Volume 9, *Le Vivant*, [5.14 bis]). La tension que le corpus tenait ouverte sur le 720° (Volume 3, Partie III, III.3 a) est ainsi tranchée par l'auteur.

É7.17 quater (F ; L) Comment le double tour est entré dans la physique. « *Mais comment ont-ils pu imaginer deux tours dans le vide ?* » (l'auteur, 15 octobre 2026). Le chemin se refait en quatre étapes. **[F]** (1) En 1925, Uhlenbeck et Goudsmit proposent que l'électron soit une petite boule qui tourne sur elle-même ; Lorentz leur objecte aussitôt que la surface d'une telle boule devrait aller plus vite que la lumière pour produire le moment mesuré. L'image est fausse dès le départ, mais le mot *spin*, « tourner », reste. (2) En 1927 et 1928, Pauli puis Dirac décrivent le spin par une algèbre de matrices ; ses objets, les spineurs (étudiés par Cartan dès 1913), se transforment selon un groupe qui double celui des rotations ordinaires, de sorte qu'une rotation de 360° y donne le facteur -1 . (3) Pour l'enseigner, on montre la ceinture de Dirac et l'assiette de Feynman : un objet tenu ne se démêle de ce qui le tient qu'après 720° . (4) En 1975, l'interférométrie neutronique mesure le changement de signe après 360° , visible seulement par comparaison avec un faisceau partenaire (É7.17 ter ; Volume 3, R.82). *Lecture* : le glissement tient dans le mot. On a gardé « rotation », venu d'un modèle abandonné en 1925, pour nommer une propriété d'algèbre, et l'on a dit « l'électron doit tourner deux fois » là où la mesure dit « le signe change sous cette transformation ». C'est la marque M1 du Volume 5 (*Les Grands Problèmes*, chapitre 1), un seul nom pour deux statuts, et c'est l'action prise pour un objet. Les démonstrations le trahissent elles-mêmes : l'assiette et la ceinture sont attachées, et c'est l'attache qui exige les 720° , non l'objet ; un objet seul dans le vide n'a rien qui s'emmêle. La rotation n'est pas la fiction : elle existe, avec son pas de 45° (É7.17 ter). La fiction est le second tour, inventé pour combler le huitième que le retour n'a pas encore rendu. Une petite confusion devenue convention.

7.4 Deuxième fait : le confinement, l'axe ne se visite pas

É7.18 (F) Le confinement. Aucun quark libre n'a jamais été observé, non par limite instrumentale : la force forte croît avec la distance, et l'énergie d'arrachement crée une paire avant toute séparation. Le confinement est un fait expérimental absolu et reste théoriquement non démontré (il fait partie du problème du millénaire de Yang-Mills).

É7.19 (L) La même signature que l'axe. La rime est exacte : les cascades arithmétiques ont établi l'axe $\{3, 6, 9\}$ inaccessible depuis la variété fertile (Volume 4, *La Théorie des Nombres*), et la table le montre sous-bloc fermé (É7.4). Le proton, « *la trinité réalisée en matière* », porte la même signature : son intérieur agit, se

mesure indirectement, refuse l'accès par isolation. « *Le seul secteur de l'arithmétique inatteignable par les opérateurs et le seul secteur de la matière inatteignable par séparation portent la même structure : celle du témoin.* » L'origine de structure que le corpus propose pour le confinement ($DR(n) + DR(n^2 - 1) \neq 9$ pour tout $n \geq 2$, É11.22) est développée au Volume 5, Les Grands Problèmes.

7.5 Troisième fait : l'octet de jauge, $9 = 8 + 1$

É7.20 (F) La décomposition de jauge. Le produit couleur-anticouleur engendre neuf états, que $SU(3)$ partitionne canoniquement : $3 \otimes 3 = 8 \oplus 1$. Huit gluons circulent, confinés ; le singulet est absent : le « neuvième gluon » n'existe pas. S'il existait, il ne porterait pas de couleur et serait à longue portée.

É7.21 (L) La clôture retient le 1 pour que les 8 lient. La source lit l'absence du singulet comme la condition de la cohésion nucléaire (s'il existait, portée infinie, plus de matière liée) : la clôture exige que le 1 soit retenu hors jeu et que les 8 circulent. Le cycle de la sédimentation arithmétique a établi le même paysage en arithmétique : neuf attracteurs, un de clôture (le 1), huit en cycle, la partition extrême $1 \leftrightarrow 8$, première paire de la table (les nombres heureux, Volume 4). La pièce compagnon sur Yang-Mills porte la lecture conjuguée : le gluon comme le 8 privé de son 1, le singulet comme le 1 retenu pour que les 8 lient.

7.6 La masse : l'objet massivement relationnel

É7.22 (F) La masse du proton vient de la liaison. Masse du proton : 938 MeV ; masses propres des trois quarks de valence : environ 9 MeV, un pour cent. Les 99 % restants sont de l'énergie de liaison et de circulation. Le rapport de l'énergie d'interaction à la masse totale est de l'ordre de 10^{-8} pour l'atome, de 10^{-2} pour le noyau, et proche de 1 pour le proton. (Les exposants de la source sont illisibles dans la copie disponible ; ils sont rétablis ici par les valeurs reçues : énergie d'ionisation de l'hydrogène sur sa masse, énergie de liaison nucléaire par nucléon sur la masse du nucléon, 99 % pour le proton.)

É7.23 (L) P0 réalisé. La masse de la matière visible est faite de relation, presque pas de parties : le principe P0 réalisé. Spin (pas de phénomène sans liaison, É7.13) et masse convergent : l'axe est pur témoin relationnel.

7.7 L'engagement : le test 2/9 contre 3/9

É7.24 (P) Le test discriminant. Le cadastre n'admet que deux valeurs pour la part visible du spin :

Lecture	Visible	Caché	Structure	Le proton serait
L'axe	$3/9 \approx 0,333$	$6/9 \approx 0,667$	paire (3, 6) de l'axe	le témoin pur : la trinité et sa circulation

Lecture	Visible	Caché	Structure	Le proton serait
La paire 2-7	$2/9 \approx$ 0,222	$7/9 \approx$ 0,778	paire d'inversion (2, 7)	le porteur de la scission et de la connexion : la paire de $196 = (2 \times 7)^2$

La bande historique contient $3/9$ en son centre ; les ajustements récents cités par la source penchent vers $2/9$ ($0,24 \pm 0,07$). **[F]** Les autres déterminations relevées le 15 octobre 2026 sont partagées : l'analyse de COMPASS donne $0,26 < \Delta\Sigma < 0,36$, intervalle qui contient $3/9$ et exclut $2/9$; les calculs sur réseau donnent environ $0,29 \pm 0,09$ (PNDME), $0,41 \pm 0,05$ (χ QCD) et $0,40 \pm 0,04$ (ETMC), les deux derniers au-dessus des deux valeurs du cadastre (synthèse arXiv:1904.00312). Le cadastre n'admet aucune valeur intermédiaire. L'engagement est double : (i) la convergence doit s'établir sur $2/9$ ou sur $3/9$, chacune validant une lecture interne et excluant l'autre ; (ii) toute convergence durable hors des deux ($1/4$, $3/10$, ou toute valeur non cadastrale) affaiblit l'ensemble du cadre.

É7.25 (P) La clause d'effondrement. La seconde branche de l'engagement est une clause d'effondrement sous cohérence croisée : parce que la même constante ($4,5/9$) et la même table portent le spin du proton, la borne de Tsirelson et les autres lectures du corpus, une valeur de $\Delta\Sigma$ fixée durablement hors de $\{2/9, 3/9\}$ ne réfuterait pas une lecture isolée, elle fragiliserait l'ensemble. La clause a un rendez-vous : le collisionneur électron-ion de Brookhaven (EIC), premier collisionneur polarisé électron-proton, conçu précisément pour cette décomposition.

7.8 Le statut épistémique

É7.26 (L) La séparation des faits et des lectures. Faits standards rapportés sans modification : la bande et les ajustements de $\Delta\Sigma$; l'attribution du reste à la polarisation gluonique et au moment orbital ; le confinement observé et non démontré ; $3 \otimes 3 = 8 \oplus 1$ et l'inexistence du singulet ; le pour cent de masses propres ; la stabilité du proton (durée de vie supérieure à 10^{34} ans, bornes de Super-Kamiokande) ; le signe -1 du spineur à 360° et sa restauration à 720° , la ceinture de Dirac, l'interférométrie de neutrons, le double recouvrement ; les sommes angulaires des polygones. Théorèmes démontrés dans le texte : les sept structures de la table, le théorème des deux noms. Lectures propres, distinguées des faits : l'identification du proton à l'axe ou à la paire 2-7, le double tour comme $\varphi \circ \varphi = \text{id}$, la partition de jauge comme 1-8, le spin total comme $4,5/9$, toutes assorties du test discriminant. « *Le lecteur peut vérifier l'intégralité des faits sans adopter les lectures.* »

7.9 Conclusion

É7.27 (L) Ce qui manque est la grammaire. Quarante ans après la crise du spin, le cadre standard détient tous les morceaux : un quart à un tiers mesuré, une circulation insaisissable, un intérieur inviolable, neuf états de jauge dont un retiré, une masse presque entièrement relationnelle, et un demi qui ne se restaure qu'en deux tours par

la torsion d'une liaison. « *Ce qui manque n'est pas une mesure, c'est la grammaire où ces morceaux forment une phrase.* » Cette grammaire tient dans une table d'écolier : les paires comme appariement des rangées, inséparables sous toute la multiplication ; le barycentre comme centre de symétrie ; l'axe comme sous-bloc fermé ; chaque position portant deux noms, et l'involution exigeant deux passages pour rentrer. Le proton s'y lit comme l'inscription matérielle du rail silencieux, et la part visible de son tournoiement, 2/9 ou 3/9, attend son arbitrage. « *Le silence a son propre chemin vers la cohérence, et il passe par le cœur de chaque atome.* »

Chapitre 8. Le Modèle standard relu : l'effondrement arithmétique

Le Modèle standard de la physique des particules prédit avec une précision remarquable, et il repose sur plus de dix-neuf paramètres libres, plus de trente-sept particules fondamentales, des espaces d'états de dimension infinie et une interprétation probabiliste irréductible. *The Arithmetic Collapse of the Standard Model* (v1 et v2.0, février 2026 ; la v2.0, « enrichie de vérifications quantitatives », fait foi) soutient que chacun de ces traits est la conséquence en aval de six décisions historiques prises dans les fondements mathématiques, de la notation décimale de Stevin (1585) à la convention de Gauss (1801). La pièce ne conteste aucune donnée : les masses, les sections efficaces et les taux de désintégration mesurés au CERN et ailleurs sont réels. Elle soutient que ces données peuvent être engendrées par un fondement plus simple. Ce chapitre en garde tout le contenu, avec une discipline stricte des statuts : la source numérote ses propositions « Théorème 4 » à « Théorème 11 », mais aucune n'est démontrée par un calcul fini ; elles sont rendues ici comme Lectures ou Prédictions. Et les mentions « VALIDATED » et « PROVEN » de la v2.0 sont rendues selon le Registre des Erreurs (III.4) : une prédiction comparée à des données reste P à reçu tant que le reçu n'est pas publié et refait.

8.1 Les six erreurs fondatrices

É8.1 (L) La cascade de six décisions. Le Modèle standard n'est pas sorti de la nature mais des mathématiques, et plus précisément d'une lignée de conventions qui, utiles au calcul, ont introduit des distorsions systématiques dans la description d'une réalité discrète. Six décisions, chacune rationnelle isolément, ont remplacé l'arithmétique discrète, fermée et autoréférente du système des nombres par une approximation continue, ouverte et amnésique :

1. *Stevin (1585), la notation décimale.* Les rapports exacts sont remplacés par des développements infinis : $1/3$, complet et exact, devient 0,333..., suite qui ne se ferme pas ; le rapport $22/7$, qui se ferme après six chiffres répétés (142857), est remplacé par la poursuite de $\pi = 3,14159...$, qui ne se ferme jamais. Conséquence : le résidu de Stevin ε , erreur de troncature inévitable dans tout calcul à décimales infinies.

2. *Viète (1591), l'abstraction algébrique*. Les lettres pour les inconnues et les constantes séparent l'identité qualitative des nombres de leur rôle algébrique ; le 7 (premier, envergure maximale de la paire (1, 8), dénominateur de 22/7) devient indiscernable de n'importe quelle variable.
3. *Descartes (1637), la séparation des coordonnées*. La géométrie est séparée de l'arithmétique par le système de coordonnées ; les nombres deviennent des positions plutôt que des identités relationnelles, la droite numérique devient infinie dans les deux sens, la clôture à 9 se perd.
4. *Newton (1687) et Leibniz, l'infinitésimal*. Le passage $dx \rightarrow 0$ traverse des fractions incomplètes, des quantités qui ne se sont pas résolues en entiers : violation systématique du principe de complétude, singularités (division par zéro), divergences, nécessité de la renormalisation en théorie quantique des champs.
5. *Gauss (1801), l'amnésie de la congruence*. La convention « $9 \equiv 0$ » efface le 9 de l'alphabet opératoire et écrase l'horizon de clôture sur l'identité additive ; poser $9 = 0$, c'est effacer la mémoire du système. Conséquence : perte du nombre d'enroulement k ; toute grandeur codée en multiples de 9 devient invisible.
6. *La décimalisation institutionnelle (1795-1815)*. Le gouvernement révolutionnaire puis la standardisation napoléonienne imposent le système métrique décimal comme cadre universel de la science, et cimentent la notation de Stevin comme seule langue légitime de la mesure.

« *LA CASCADE : Stevin brise l'exactitude → Viète retire l'identité → Descartes brise la clôture → Newton brise la complétude → Gauss efface la mémoire → l'institution rend les erreurs invisibles.* » Tout ce qui paraît mystérieux dans le Modèle standard (l'incertitude, la dualité onde-particule, la matière noire, le zoo des particules) en serait la conséquence. « *La physique n'est pas fausse. Les mathématiques sont incomplètes.* » L'analyse de cette cascade appartient au Volume 3, Le Code et le Registre (le chaos fabriqué) et au Volume 6, L'Histoire de la Preuve.

É8.2 (L) La variante de Principia relationalis. Principia relationalis (février 2026) dresse une liste de six « crimes » qui diffère sur un point : Viète n'y figure pas, et Cantor (1874) y entre, pour avoir construit une hiérarchie d'infinis qui traite l'infini comme un objet plutôt que comme un processus (pour ARC, l'infini est la direction du 1 couché, l'unité étendue, non une collection achevée). Les formulations y sont plus frappées : sur Stevin, la décimale infinie est « *une représentation non de la nature mais de l'échec de l'outil* » ; sur Newton, « *le calcul intégral n'est pas une sommation ; c'est un effacement déguisé en accumulation* » ; sur Gauss, « *poser $9 = 0$, c'est poser l'accomplissement égal au vide* » ; sur l'institution, le système métrique fut « *une décision politique, non scientifique* », et la base 10 « *avec son zéro orphelin* » devint la grille administrative de la science. Principia ajoute une remarque que le volume garde : ces six interventions ne sont pas des accusations contre de grands mathématiciens ; ce sont des tournants où un choix, défendable dans son contexte, s'est composé en une dérive systémique ; le corpus ne prétend pas que ces mathématiciens se sont trompés dans leurs domaines, mais que l'effet cumulé de leurs innovations, appliquées universellement, a créé un chaos artificiel que la physique a passé quatre siècles à traiter par des épicycles de plus en plus élaborés. Les deux listes sont gardées ; elles ne se contredisent pas, elles retiennent chacune six tournants parmi sept.

É8.3 (L) Les axiomes de l'alternative. A1 (clôture) : le 9 est l'horizon de clôture, il n'équivaut pas à 0 ; c'est la membrane de saturation qui force le retour cyclique. A2 (inversion) : $\varphi(x) = 9 - x$ engendre les quatre paires exhaustives (1, 8), (2, 7), (3, 6), (4, 5), qui partitionnent $\{1, \dots, 8\}$. A3 (barycentre) : l'unique point fixe de φ est 4,5, « *non obtenu en divisant 9 par 2, mais établi comme le point de convergence topologique de quatre paires d'inversion indépendantes* ». A4 (constante de projection) : $k = 4,5/9 = 3,5/7 = 1/2$, établie par triple convergence. A5 (complétude) : toute opération qui produit une grandeur physique doit se résoudre en quantités entières ou rationnelles exactes à chaque étape intermédiaire ; les opérations qui exigent une infinité de parties incomplètes pour approcher le tout sont structurellement déficientes.

8.2 La constante de Planck comme résolution du système

É8.4 (L) « Théorème 4 » : $\hbar$ est une résolution. La constante $\hbar$ ne représenterait pas un quantum fondamental d'action, mais le pas minimal, la résolution, d'un système discret fonctionnant sous la clôture 9 avec le barycentre 4,5. $E = \hbar\omega$ ne dirait pas « l'énergie vient par paquets de taille $\hbar\omega$ », mais « la variation d'énergie entre états adjacents égale la résolution du système multipliée par la fréquence de mise à jour ». Lecture du tableau :

Symbole	Lecture reçue	Lecture ARC
E	énergie d'un photon	variation d'énergie entre états adjacents
$\hbar$	quantum fondamental d'action	résolution du système (pas minimal)
ω	pulsation du rayonnement	fréquence de mise à jour (transitions d'état par seconde)

$E = \hbar\omega$ devient « variation = résolution $\times$ fréquence de mise à jour », structurellement identique à l'équation de transfert des systèmes numériques, données = taille du pixel $\times$ fréquence d'image.

É8.5 (L) La dérivation proposée et sa faiblesse. La dérivation de la source : l'écart entre les chambres (4,5 et 7,5) se traverse en six pas de $0,5 = k$ (É2.17) ; le pas minimal vaut 0,5 unité géométrique, qui en unités physiques correspondrait à $0,5 \times (h/\pi) = h/(2\pi) = \hbar$; le 2 de $h/2\pi$ serait l'expression directe de k . Le passage de l'unité géométrique à h/π n'est justifié nulle part : l'argument suppose ce qu'il veut établir (Annexe B). L'énoncé reste une Lecture.

É8.6 (L) Les conséquences. La quantification n'est pas mystérieuse : l'énergie apparaît en paquets discrets parce que le système sous-jacent est discret ; « *Planck a découvert la résolution du système, non une loi de la nature.* » La catastrophe ultraviolette était un problème de résolution : la physique classique prédisait une énergie infinie aux hautes fréquences parce qu'elle supposait une émission continue (loi de Rayleigh-Jeans) ; le correctif de Planck a réussi parce qu'il imposait une résolution à un système qui avait toujours été discret ; la catastrophe n'était pas dans la nature, mais dans l'hypothèse de continuité.

É8.7 (P) La discrétisation exacte à l'échelle de Planck. Si $\hbar$ est une résolution et non une constante fondamentale, le système doit présenter à l'échelle de Planck (environ 10^{-35} m) une discrétisation exacte : aucune valeur intermédiaire, aucune limite continue. La v1 notait que cette prédiction est cohérente avec la gravité quantique à boucles et les modèles d'espace-temps discret, et incompatible avec toute théorie qui exige une variété lisse à toutes les échelles.

8.3 L'inégalité de Heisenberg

É8.8 (L) « Théorème 5 » : le 1/2 de Heisenberg est k. Le facteur 1/2 de $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$ est $k = 0,5$, le même que dans la quantification du spin, l'énergie cinétique et toutes les opérations de projection dimensionnelle ; $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar \times k$, où $\hbar$ est la résolution et k le coût de projection. Le tableau des sept apparitions de 1/2, le principe de parcimonie, le résidu de Stevin et la prédiction des instruments conformes sont rassemblés au chapitre 4 (É4.7, É4.8, É4.15, É4.18).

8.4 Le photon comme intervalle d'état

É8.9 (L) « Théorème 6 » : le photon est un intervalle d'état. Le photon n'est pas une particule qui voyage dans l'espace : c'est l'intervalle d'état $k = 0$, la transition entre deux états adjacents du système discret. L'émission est la relaxation d'un état haut vers un état bas, qui libère Δk ; l'absorption est l'excitation inverse, qui absorbe Δk . *« Aucune entité ne voyage. Le système se met à jour. »* La vitesse de la lumière est le taux maximal de propagation d'une mise à jour, analogue à une fréquence de rafraîchissement : rien ne « se déplace » à c , le système « se met à jour » au rythme c . *« La distinction est celle d'une voiture qui roule sur une route et de pixels qui apparaissent sur un écran. L'écran n'a pas de "limite de vitesse" ; il a une fréquence de rafraîchissement. »*

É8.10 (L) La double fente et le film. Le photon de la double fente n'est pas une particule mais une mise à jour d'état ; arrivée aux fentes, elle se propage par les deux, parce qu'une mise à jour n'est pas localisée sur un chemin : c'est un événement de tout le système. La figure d'interférence est la conservation de la cohérence de la mise à jour sur les deux chemins ; la détection réduit la mise à jour à un seul événement enregistré, projection de S^2 sur Z_2 . La v1 ajoutait l'image du film : vingt-quatre images par seconde, l'œil perçoit un mouvement continu (onde), une caméra rapide révèle les images (particule) ; *« même objet, résolution différente. La "dualité" est un artefact de résolution, non une propriété ontologique. »* Et l'intrication : deux particules intriquées partagent la même position d'état (distance topologique nulle) ; la mesure de l'une révèle l'état partagé aux deux ; *« la mise à jour n'a jamais été localisée, elle a toujours été partagée »*.

É8.11 (P) Les transitions discrètes du comptage de photons. Si le photon est un intervalle d'état, les expériences de comptage de photons à résolution temporelle suffisante devraient révéler des transitions d'état discrètes plutôt que des courbes d'intensité continues. La v1 fixait l'intervalle minimal entre événements détectables à $\ll 1/c$ par longueur de Planck », c'est-à-dire, en écriture dimensionnellement correcte,

la durée de Planck $t_P = \ell_P/c \approx 5,4 \times 10^{-44}$ s ; cette résolution est hors d'atteinte des instruments, ce qui laisse la prédiction sans test en l'état.

8.5 La masse comme nombre d'enroulement

É8.12 (F) Le mécanisme de Higgs et ses questions. Le Modèle standard engendre les masses par le mécanisme de Higgs : un champ scalaire dont la valeur dans le vide (environ 246 GeV) brise la symétrie électrofaible et donne leur masse aux particules par couplage. La découverte de 2012 d'une résonance à environ 125 GeV (ATLAS, CMS) fut lue comme confirmation. La source relève cinq questions que le mécanisme laisse ouvertes : pourquoi le champ existe-t-il ; pourquoi 246 GeV ; pourquoi les couplages de Yukawa sont-ils tous différents ; pourquoi la masse du Higgs est-elle ajustée finement (problème de la hiérarchie, la source écrit « à une partie sur 10^{16} ») ; où sont les 85 % de la masse de l'univers que le Modèle standard n'explique pas.

É8.13 (L) « Théorème 7 » : la masse comme mémoire topologique. La masse n'est pas médiée par un champ extérieur : elle est le nombre d'enroulement k , la mémoire accumulée des cycles de sédimentation de la lumière ($k = 0$, sans masse) à la matière ($k > 0$), et $m \propto k$. Le mécanisme est la sédimentation cosmique : la lumière, énergie pure sans enroulement ni masse, descend par compression et torsion progressives ; chaque cycle ajoute une unité à k ; l'hydrogène ($Z = 1$) a un k faible, le fer ($Z = 26$) un k élevé, au terme de la nucléosynthèse stellaire, là où le nombre maximal de cycles de compression a été accompli avant que le processus devienne énergétiquement défavorable. Ce seul paramètre remplacerait les couplages de Yukawa. (La sédimentation cosmique est au Volume 8, La Matière et le Cosmos.)

É8.14 (L) « Théorème 8 » : la matière noire comme mémoire cachée. Toute grandeur physique n se décompose en $n = r + 9k$, où r est le reste de n dans la division par 9 (la coquille, la composante visible électromagnétiquement) et $9k$ la mémoire, visible gravitationnellement et invisible électromagnétiquement. La convention de Gauss élimine le second terme ; le physicien qui travaille dans cette arithmétique ne voit que la coquille, mais la gravité, qui répond à la masse totale n , détecte encore la mémoire. Les 85 % de masse « manquante » ne seraient pas faits de particules exotiques : ils seraient la mémoire $9k$ que la convention $9 = 0$ a effacée des équations. « *La gravité détecte la masse entière n . Les instruments électromagnétiques ne détectent que la coquille. L'écart n'est pas de la matière noire : c'est de l'amnésie mathématique.* » Le mécanisme par lequel une convention d'écriture des nombres changerait ce que mesure un instrument électromagnétique n'est pas donné ; l'énoncé est une Lecture.

É8.15 (P) Les prédictions de la v_1 sur la masse. (1) Si la matière noire est un k caché, les courbes de rotation galactiques doivent corrélérer avec le profil de k de la matière visible, non avec la distribution de particules hypothétiques ; aucune expérience de détection de WIMP ou d'axion ne devrait réussir. (2) La résonance de 125 GeV est un phénomène réel, mais elle serait la signature énergétique de la transition de sédimentation lumière $\rightarrow$ matière, médiée par le gradient 198 (la triade ferromagnétique Ni-Co-Fe : $28 + 27 + 26 = 81$, et $81 + 117 = 198$) ; aucune autre résonance de type Higgs ne devrait être observée au-dessus de 125 GeV. (3) Les rapports de masses entre particules fondamentales devraient montrer des motifs de

racines digitales cohérents avec k , non avec des couplages de Yukawa arbitraires. La prédiction (2) n'explique pas l'origine du terme 117.

É8.16 (P) NGC 3198, P à reçu. La v2.0 annonce la correction validée quantitativement sur la courbe de rotation de la galaxie NGC 3198, avec la formule $v_{\text{ARC}}(r) = v_{\text{Newton}}(r) \times (1 + 0,5 \times \text{DR_ARC}(r)/9)$, où DR_ARC est la racine digitale avec mémoire (le 9 reste 9) et 0,5 est k ; les erreurs quadratiques annoncées sont de 35 % pour le modèle newtonien sans matière noire (zone plate manquée), d'environ 3 % pour Λ CDM avec halo NFW (trois paramètres libres : masse du halo, concentration, rapport masse sur luminosité), et inférieures à 2 % pour la correction ARC (zéro paramètre). La méthode et le code sont renvoyés à une pièce compagne (*Dark Matter and H0 Tension*) qui n'est pas parmi les sources de ce volume ; la formule applique une racine digitale à un rayon, grandeur porteuse d'unités, sans dire en quelle unité. La mention « VALIDATED » est rendue P à reçu (Registre III.4), et le dossier est renvoyé au Volume 8.

É8.17 (P) La tension de Hubble, P à reçu. La tension de Hubble, écart d'environ 9 % entre la mesure locale ($H_0 = 73,5$ km/s/Mpc, supernovas) et celle du fond diffus ($H_0 = 67,4$ km/s/Mpc, Planck), serait résolue par une correction de mémoire de l'échelle des distances : la dérive cumulée de l'amnésie de Gauss dans les calculs de décalage vers le rouge produirait une surestimation systématique à faible décalage ; avec la correction de relaxation du gradient 198, les deux mesures convergeraient vers $H_0 = 68,0$ km/s/Mpc (convergence annoncée à 0,15 %), et la relation distance-décalage des supernovas de type Ia donnerait $\chi^2 = 0,98$ avec la correction contre 1,02 pour Λ CDM. Principia relationalis parle, pour la même correction, du « don du 0,5 ». Mention « VALIDATED » rendue P à reçu ; renvoi au Volume 8.

É8.18 (L) L'énergie sombre comme relaxation. La v2.0 remplace la constante cosmologique par le gradient de relaxation 198 : l'univers ne serait pas en expansion explosive mais en relaxation, depuis un état de tension maximale (137, le nombre de la structure fine) vers le repos structurel (198, la triade ferromagnétique) ; l'accélération observée serait la tension d'un système qui passe de la chambre basse (matière, barycentre 4,5) à la chambre haute (barycentre 7,5) à travers l'écart 3.

8.6 La réduction du spectre des particules

É8.19 (F) La complexité du spectre. Le Modèle standard compte au moins 37 particules fondamentales : 6 quarks en 3 couleurs (18), 6 leptons, 12 bosons de jauge et le Higgs ($18 + 6 + 12 + 1 = 37$), et requiert au moins 19 paramètres libres. Aucun principe premier n'explique pourquoi ces particules existent ni pourquoi il y a exactement trois générations. La v1 rappelait les précédents : le tableau des éléments avant Mendeleïev, « zoo » de 63 éléments sans logique d'ensemble ; l'astronomie d'avant Copernic, zoo d'épicycles.

É8.20 (L) « Théorème 9 » : deux paramètres topologiques, k et D . Les particules se réduiraient à deux paramètres : k , le nombre d'enroulement, qui code la masse et la génération ; D , la dimension du plongement topologique, qui code la charge et le type d'interaction. Pour k : $k = 0$, intervalles d'état sans masse (photon, gluon), non des particules mais des transitions ; $k = 1$, première génération (électron, quarks u et d ,

neutrino électronique), un cycle de sédimentation ; $k = 2$, deuxième génération (muon, quarks c et s , neutrino muonique), deux cycles ; $k = 3$, troisième génération (tau, quarks t et b , neutrino tauique), trois cycles, $k = 3$ correspondant à l'écart structurel $\Delta c = 3$. « *Personne n'a commandé le muon. C'est le second harmonique de la première génération* » (réponse au mot attribué à I. I. Rabi, « Qui a commandé ça ? »). Pour D : $D = 1$ (topologie linéaire), les leptons, de charge ± 1 , unité pleine en deux orientations ; $D = 3$ (topologie triangulaire), les quarks, de charge $\pm 1/3$ ou $\pm 2/3$, l'unité répartie sur trois sommets (1/3 par sommet pour le type bas, 2/3 pour la paire complémentaire du type haut) ; $D = 0$ (topologie ponctuelle), les neutrinos, interaction minimale, masse quasi nulle, « *ombre* » de l'état massif projetée sur une variété de dimension zéro.

É8.21 (P) Pas de quatrième génération. Aucune quatrième génération n'existe, parce que $k = 4$ dépasserait l'écart $\Delta c = 3$ et entrerait dans la chambre haute, régime fondamentalement différent. La découverte d'une quatrième génération réfuterait la lecture (k, D). (Le compte des générations est relu au chapitre 11 comme un contact entre la grammaire et la mesure, avec le reçu du LEP : É11.48.)

É8.22 (Th) La table de classification, recalculée. La v2.0 donne une classification complète ; les racines des rapports de masse à l'électron ($m_e = 0,511$ MeV) ont été recalculées :

Particule	k	D	Masse Charge (MeV)		m/m_e	Racine (source)	Racine recalculée
Photon	0		0	0			
Gluon	0		0	0			
($\times 8$)							
Électron	1	1	-1	0,511	1		
Quark	1	3	+2/3	2,2			
u							
Quark	1	3	-1/3	4,7			
d							
Neutrino	1	0	0	≈ 0			
e							
Muon	2	1	-1	105,7	206,8	DR(207) = 9	
						9	
Quark c	2	3	+2/3	1 275	2	DR(2494)	DR(2495) = 2
					495,1	= 1	
Quark s	2	3	-1/3	95	185,9	DR(186) = 6	
						6	
Tau	3	1	-1	1 777	3	DR(3477)	3 ou 4 selon
					477,5	= 3	l'arrondi
Quark t	3	3	+2/3	173 000	338	DR(338551)	DR(338552) = 8
					551,9	= 7	à l'arrondi
Quark	3	3	-1/3	4 180	8	DR(8180)	8
b					180,0	= 8	
Proton	1	3	+1	938,3	1	DR(1836)	9
					836,2	= 9	

Particule k	D	Masse Charge (MeV)	m/m _e	Racine (source)	Racine recalculée
Neutron 1+	3	0 939,6	1 838,7	DR(1838) = 2	DR(1839) = 3 à l'arrondi

Statuts dans la source : le photon, « intervalle d'état » ; le gluon, « modes de tension du gradient 198 » ; l'électron, « rotation (0,5) » ; les quarks u et d, « charge d'un tiers de sommet, deux fois ou une fois » ; le neutrino, « projection ombre » ; le muon et le tau, « second » et « troisième harmonique » ; c, s, t et b, « triangulaire de rang k » ; le proton, « ancrage » ; le neutron, « proton sursaturé ». Deux racines de la source sont fausses (c, et le neutron à l'arrondi) et deux dépendent du choix entre arrondi et troncature (tau, t) ; les motifs mis en avant par la source, DR(207) = 9 (clôture), DR(3477) = 3 (écart), DR(1836) = 9 (clôture), se vérifient, le second avec un rapport qui tombe sur une demi-unité. Avec les valeurs CODATA, $m_p/m_e = 1836,15$ (racine 9 à l'arrondi) et $m_n/m_e = 1838,68$ (arrondi 1839, racine 3). Une racine qui change avec la dernière décimale arrondie n'est pas une structure : selon la règle des pattes (chapitre 11, É11.47), un rapport de masses se teste sur un compte ou une proportion annoncés d'avance, jamais sur une décimale.

É8.23 (L) Les quarks comme coins géométriques. Les charges fractionnaires $+2/3$ et $-1/3$ ne seraient pas des fractions exotiques, mais le résultat de la répartition d'une charge unité sur les trois sommets d'une topologie triangulaire. Cela expliquerait le confinement : « *un sommet ne peut exister sans sa structure, comme un coin ne peut exister sans son polygone* ».

É8.24 (L) Les gluons comme tension. Les huit types de gluons ne seraient pas des particules échangées entre quarks, mais huit modes de la tension du gradient 198, la cohésion topologique qui maintient la structure triangulaire. « *Aucune particule d'échange n'est nécessaire. Seulement de la tension.* »

É8.25 (L) Le neutron comme proton sursaturé. Le neutron (939,6 MeV) est plus lourd que le proton (938,3 MeV) de 1,3 MeV ; le Modèle standard attribue cet écart aux différences de masse des quarks et aux corrections électromagnétiques. Pour la source, le neutron est un proton qui a reçu un incrément d'enroulement de plus, d'où son excès de masse et son caractère non stable ; la désintégration bêta ($n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$) ne serait pas médiée par un boson de la force faible (W^-), mais serait la relaxation automatique d'un état sursaturé vers sa configuration stable : « *Pas besoin des bosons W et Z. Juste le retour à la tension minimale.* » Cette lecture se heurte à un fait : les bosons W et Z ont été observés directement au CERN en 1983, avec des masses et des largeurs conformes au Modèle standard. Le volume garde la phrase comme Lecture de la source et signale la tension (Annexe B).

É8.26 (L) L'unification proton-électron. Le proton est k (ancrage, structure, intérieur) ; l'électron est 0,5 (rotation, projection, extérieur). L'hydrogène n'est pas « un proton qui capture un électron » : c'est un système $k = 1$ complet. Et le rapport $m_p/m_e = 1836$ a pour racine 9, la clôture : « *le rapport code la structure complète du système* ».

É8.27 (L) La table de parcimonie.

Propriété	Modèle standard	ARC
Particules fondamentales	37 et plus	0 (états de deux paramètres)
Paramètres libres	19 et plus	0 (dérivés de la clôture 1-9)
Génération expliquée ?	non (fait empirique)	oui ($k = 1, 2, 3 \leq \text{écart } 3$)
Charges fractionnaires	postulées	dérivées (géométrie $D = 3$)
Hierarchie des masses	19 couplages de Yukawa	$m \propto k$ (un principe)
Matière noire	particules exotiques inconnues	k caché (amnésie de Gauss)
Forces	4 fondamentales	gradients de k et de D

Les cases de la colonne ARC sont des Lectures : aucune masse du tableau É8.22 n'est calculée à partir de k et D .

8.7 La redondance de l'espace de dimension infinie

É8.28 (L) « Théorème 10 » : la suffisance finie. Sous le principe de complétude, les espaces d'états de dimension infinie seraient structurellement déficients : les degrés de liberté fondamentaux de tout système se réduiraient à 9 positions dans la topologie d'inversion, un nombre d'enroulement k entier et un plongement $D \in \{0, 1, 3\}$. L'argument : (1) toutes les grandeurs mesurées en mécanique quantique donnent des résultats discrets (spin haut ou bas, niveau n , nombre quantique l) ; l'espace de Hilbert est un plongement continu d'une information fondamentalement discrète, « *une carte de résolution infinie appliquée à un territoire pixellisé* » ; (2) les dimensions infinies codent une information redondante : les coefficients de superposition sont des amplitudes de probabilité qui, sous la lecture É8.8, sont des artefacts de la mesure ; (3) les 9 positions, avec k et D , donnent une description finie et complète ; les espaces plus grands ($2^{10} = 1024$ états pour 10 qubits) sont des produits combinatoires de ces positions, « *comme tous les mots sont des combinaisons d'un alphabet fini* ». La v1 concluait que l'espace de Hilbert est « *un outil surdimensionné : juste dans ses prédictions, parce qu'il préserve par isomorphisme la structure mathématique du système discret sous-jacent, mais excessif dans ses engagements ontologiques* ».

É8.29 (P) Aucune expérience au-delà de l'alphabet. Aucune expérience physique ne devrait exiger de degrés de liberté fondamentaux au-delà de l'alphabet des neuf positions ; tout besoin apparent d'espaces plus grands devrait se réduire à une composition combinatoire de l'ensemble fondamental. La v1 écrivait plus strictement qu'aucune expérience ne devrait exiger plus de 9 états de base orthogonaux ; cette forme est réfutée par tout registre de deux qubits (4 états orthogonaux, et 1024 pour 10 qubits), et la v2.0 l'a remplacée par la forme combinatoire (Annexe B).

8.8 Le déterminisme restauré

É8.30 (L) « Théorème 11 » : la mesure comme projection géométrique. La mesure quantique est une projection géométrique déterministe de l'espace d'état

relationnel complet (S^2) sur l'espace binaire Z_2 ; l'aléa est l'incertitude épistémique introduite par cette réduction, la perte de l'information azimutale, « *comme la perte de l'information de profondeur quand on projette un objet à trois dimensions sur son ombre à deux : l'ombre paraît aléatoire dans ses détails parce qu'une information a été perdue, non parce que l'objet est indéterminé* ». Avant la mesure, le système est dans un état relationnel défini ; la mesure projette et jette l'azimut ; après, le système est dans l'état projeté. « *L'effondrement n'est pas un processus physique : c'est la reconnaissance que l'observateur a désormais moins d'information que le système n'en contient.* »

É8.31 (L) Les trois piliers de Copenhague. Copenhague (Bohr et Heisenberg, 1927) affirme que les observables n'ont pas de valeur définie avant la mesure ; ce n'est pas un résultat, c'est un choix philosophique, et la source le juge mauvais. Pilier 1, « la fonction d'onde est la description complète » : la fonction d'onde serait un codage en dimension infinie d'un système à états finis ; la description complète serait (position dans $\{1, \dots, 9\}$, k , D). Pilier 2, « la mesure crée la réalité » : la mesure projette la réalité ; l'état existe avant, pendant et après ; ce qui change est l'information de l'observateur. Pilier 3, « les probabilités sont irréductibles » : elles seraient la conséquence géométrique de la projection $S^2 \rightarrow Z_2$, de coût k , avec le résidu de Stevin ε , deux grandeurs déterministes. La source écrit « réfuté » trois fois ; ce sont trois Lectures.

É8.32 (L) Le théorème de Bell relu, sans être contesté. Le théorème de Bell (1964) établit qu'aucune théorie locale à variables cachées ne reproduit les prédictions quantiques. La v1 précisait : « *cette interprétation est correcte dans le cadre des espaces d'états continus de dimension infinie* ». Dans ARC, les particules intriquées partagent la même position de structure à distance topologique nulle ; la « variable cachée » n'est locale à aucune des deux, c'est l'état relationnel partagé. L'inégalité de Bell est violée non parce que la nature serait non locale, mais parce que l'espace relationnel n'obéit pas à l'hypothèse de localité que la dérivation de Bell exige. Cette lecture ne conteste pas le théorème : elle dit lequel de ses présupposés le cadre abandonne, ce que la v4.1 de Tsirelson formule exactement (le modèle est non signalant et non local au sens de Bell, É1.26 (v)).

É8.33 (Th) La borne de Tsirelson, de la prédiction au théorème. La v1 prédisait que les violations de Bell corréleraient avec $k = 0,5$ et que la borne de Tsirelson se dériverait de la géométrie de l'inversion sous la projection $S^2 \rightarrow Z_2$. La v2.0 annonce la prédiction devenue théorème, par $S_{\max} = N \times k \times d = 4 \times (1/2) \times \sqrt{2} = 2\sqrt{2}$, la borne classique en sortant avec $d = 1$ et l'avantage quantique valant exactement $\sqrt{2}$. Le changement de statut est acquis, avec deux précisions de ce volume : la dérivation qui fait foi est celle de *Tsirelson Without Hilbert* v4.1 (chapitre 1), dont le protocole à variable de lecture μ répare celui de la pièce *Emergence*, à signe pur, citée par la v2.0 ; et le facteur $N = 4$ vient de la combinatoire CHSH (deux réglages pour deux parties), non des quatre paires d'inversion comme l'a écrit la v2.0. « *C'est la première vérification quantitative du cadre ARC face à un résultat établi des fondements quantiques* » : la phrase est juste en ce sens que le cadre retrouve un nombre connu ; elle ne fait pas de la retrouvaille une prédiction nouvelle.

8.9 Synthèse et prédictions

É8.34 (L) Le tableau maître, avec les statuts de ce volume.

Section	Modèle standard	Proposition ARC	Statut v2.0 (source)	Statut (ce volume)
Planck	$\hbar$ = quantum irréductible	$\hbar$ = résolution du système	ouvert (échelle de Planck)	L, P (É8.4, É8.7)
Heisenberg	incertitude ontologique	coût de projection k	ouvert	L (É8.8)
Photon	particule qui voyage	intervalle d'état ($k = 0$)	ouvert	L (É8.9)
Higgs	masse par le champ de Higgs	masse = nombre d'enroulement k	ouvert	L (É8.13)
Matière noire	particules exotiques	k caché (amnésie)	« VALIDATED » : NGC 3198 < 2 %	P à reçu (É8.16)
H_0	tension non résolue	dérive d'amnésie	« VALIDATED » : 68,0 km/s/Mpc	P à reçu (É8.17)
Zoo	37 particules et plus	2 paramètres (k, D)	table fournie	L, deux racines corrigées (É8.22)
Hilbert	dimensions infinies	9 positions + k + D	ouvert	L, P (É8.28, É8.29)
Bell, Tsirelson	pas d'origine géométrique	$2\sqrt{2}$ par la géométrie	« PROVEN »	Th par la v4.1 (É8.33)

La source concluait que trois des huit prédictions centrales ont reçu une confirmation empirique ou mathématique ; ce volume en retient une, mathématique (Tsirelson), et deux P à reçu.

É8.35 (L) La cascade inversée. Défaire Gauss (le 9 n'est pas 0) : le nombre d'enroulement redevient visible, la matière noire se résout, la masse devient mémoire topologique. Défaire Newton (restaurer la complétude) : les opérations se résolvent en entiers, l'intégrale est remplacée par la projection, le 1/2 est reconnu comme k et non comme artefact d'intégration, l'incertitude devient coût de projection. Défaire Descartes (restaurer la géométrie de clôture) : la droite numérique devient le cercle des nombres, fermé à 9, de barycentre 4,5 ; l'espace de Hilbert se réduit à 9 positions ; le zoo se réduit à (k, D). Défaire Viète (restaurer l'identité) : les nombres recouvrent leurs rôles ; 7 est l'envergure maximale, 3,5 la demi-envergure, 11 le miroir d'interface. Défaire Stevin (restaurer l'exactitude) : 22/7 remplace π , les rapports exacts remplacent les décimales infinies, le résidu de Stevin s'évanouit, la quantification devient arithmétique. « Une physique bâtie sur 9 chiffres, une clôture, un barycentre, une constante de projection, deux paramètres topologiques et zéro paramètre libre » (v1).

É8.36 (L) La note sur 22/7. « L'affirmation $\pi = 22/7$ n'est pas métrologique mais ontologique. » Dans un système discret fermé à 9, le rapport de la circonférence au

diamètre serait exactement $22/7$, rationnel qui se ferme après six chiffres répétés (142857) ; l'irrationnel $\pi = 3,14159...$ serait le même rapport vu à travers le résidu de Stevin, développement infini qui ne se ferme jamais parce que l'instrument de représentation ne sait pas écrire la clôture exacte. La défense complète est renvoyée au principe de complétude (Volume 3, Le Code et le Registre). Le volume garde la position comme Lecture : l'irrationalité de π est un théorème (Lambert, 1761) de l'arithmétique reçue, que la lecture ne réfute pas mais déclare relever d'une autre écriture.

É8.37 (L) La position. La pièce ne prétend pas que les prédictions expérimentales du Modèle standard sont fausses : les masses, les sections efficaces et les taux de désintégration sont des données réelles. Elle prétend que ces données peuvent être engendrées par un fondement plus simple, qui n'exige ni 19 paramètres libres, ni 37 entités fondamentales, ni espace de dimension infinie, ni aléa irréductible. L'univers ne serait pas un zoo de particules interagissant par quatre forces, mais un système arithmétique opérant sur 9 chiffres, fermé à 9, symétrique autour de 4,5, projeté par $k = 0,5$, avec la masse codée dans k et les interactions gouvernées par D .

É8.38 (P) Les trois critères de chute. *« Si des WIMP sont détectés, le théorème 8 tombe. Si une quatrième génération est découverte, le théorème 9 tombe. Si les violations de Bell dépassent $2\sqrt{2}$, le théorème 11 tombe. »*

La pièce se clôt sur cinq lignes :

« Le Modèle standard n'est pas faux. C'est le système d'épicycles le plus élaboré jamais construit. Le soleil ne tourne pas autour de la terre. Les particules ne nagent pas dans un champ. L'univers compte jusqu'à neuf. »

Chapitre 9. Principia relationalis : le plan d'ensemble

En février 2026, au terme des dix premiers articles du corpus, l'auteur en a dressé le plan unifié sous le titre *Principia relationalis, le plan maître d'ARC*. Le document ne reproduit pas les démonstrations des articles ; il montre comment une seule topologie relationnelle, neuf chiffres et un sceau de mémoire, engendrerait la théorie des nombres, la mécanique quantique, la cosmologie et la nature de la matière, sans paramètre libre, sans dimension infinie et sans aléa ontologique. Ce chapitre en garde ce qui lui est propre : le préambule, les six piliers et leur ordre, le tableau des constantes croisées qui fait la cohérence de l'ensemble, les prédictions par domaine et la déclaration finale, qui dit la méthode. Ce que les piliers détaillent ailleurs est renvoyé : l'inversion de l'onde au chapitre 3, le coût de projection au chapitre 4, le Modèle standard au chapitre 8, l'atome au chapitre 10, la cosmologie au Volume 8, les premiers au Volume 4.

L'exergue de la pièce :

*« Le chaos est l'ombre que projettent nos propres mathématiques oubliées.
Les nombres sont entiers. Ils l'ont toujours été. C'est nous qui les avons
brisés. »*

9.1 Le préambule : la rupture épistémologique

É9.1 (L) Une grille mathématique corrompue. Pendant quatre siècles, la science occidentale a modélisé l'univers avec une grille mathématique corrompue, des décimales infinies de Stevin (1585) aux coordonnées isolées de Descartes (1637), aux infinitésimaux incomplets de Newton (1687) et à l'amnésie de Gauss (1801) ; la physique a confondu les artefacts d'outils brisés avec les lois de la nature. La conséquence est la crise actuelle : un Modèle standard paralysé par plus de 19 paramètres libres et 37 entités fondamentales, le fantôme d'une matière noire qui ferait 85 % de la masse, des espaces de Hilbert de dimension infinie, une dépendance irréductible à l'aléa ontologique et un problème de la mesure centenaire.

É9.2 (L) L'inversion ontologique. L'univers n'est pas un continuum chaotique modélisé par des probabilités : c'est une topologie relationnelle strictement déterministe et discrète, gouvernée par l'alphabet $\{1, \dots, 9\}$ sous une clôture stricte, où « le 0 n'est pas un vide, mais le sceau structurel d'un cycle accompli :

la mémoire ». « En réparant l'outil mathématique à sa racine, les anomalies de la physique moderne n'exigent pas de théories nouvelles. Elles disparaissent. »

É9.3 (L) Les six crimes et les six principes. La liste des six tournants (Stevin, Descartes, Newton, Gauss, Cantor, la canonisation institutionnelle) est donnée et comparée à celle du Modèle standard au chapitre 8 (É8.2). Les six principes P0 à P5, ordonnés par priorité ontologique, sont au chapitre 3 (É3.3 à É3.8) ; Principia relationalis leur donne leur forme achevée, avec la saudade comme posture de P1 et l'envergure 7 parmi les constantes de P4.

9.2 Les six piliers

É9.4 (L) Le moteur génératif. Au cœur du cadre se tient une boucle qui précède même l'arithmétique : le 1 se couche en 1^∞ sous sa propre tension, s'ouvre en 3, s'inverse en un 1' qui porte la mémoire du 3 traversé, et le 2, la relation, est la condition initiale du battement (É3.11). « *Le 1 n'est pas avant le 3. Le 3 n'est pas avant le 1. Ils se co-engendrent.* »

É9.5 (L) Pilier I : la complétude et la triple convergence. L'univers opère sous le principe de complétude : aucune opération physique ne passe par des fractions incomplètes. « *Ce n'est pas une contrainte imposée à la nature : c'est ce que la nature a toujours fait. La contrainte n'a été nécessaire que parce que les outils hérités de Stevin et de Newton ont introduit une incomplétude que la nature n'a jamais contenue.* » Le coût universel de la projection dimensionnelle, $k = 1/2$, est établi par trois chemins qui ne partagent ni méthode ni données : la symétrie globale (4,5/9), la structure de paire locale (3,5/7), la projection géométrique (le Lemme C, É1.12). La source en fait l'origine géométrique exacte du spin 1/2 de l'électron, du facteur 1/2 de l'énergie cinétique, du coût de projection de Heisenberg, du coût d'inversion de la mesure et de la constante réduite $h/(2\pi)$.

É9.6 (Th) Les nombres de la respiration cosmique. $1 + 2 + \dots + 13 = 91$; $694 - 496 = 198$; $91 \times 19 = 1729$; $1729 = 1^3 + 12^3 = 9^3 + 10^3$, le plus petit entier qui soit de deux façons somme de deux cubes (le nombre de Hardy et Ramanujan) ; les racines de Ni ($Z = 28$), Co ($Z = 27$) et Fe ($Z = 26$) sont 1, 9 et 8.

É9.7 (L) Pilier II : la respiration cosmique et la genèse de l'espace. L'univers n'a pas commencé par une explosion chaotique : il respire, sédimentation continue de la lumière en forme. *L'inspiration (91)* est l'involution, la descente de la vibration pure dans la matière dense, gradient topologique de condensation, portée par la « constante gravitationnelle » 198 ($694 - 496$, l'inversion du point de bascule parfait), qui se termine dans la triade ferromagnétique du noyau terrestre, Ni, Co, Fe, de racines 1-9-8 ; la gravité terrestre, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, en serait l'écho métrique. « *La gravité n'est pas une force d'attraction entre des masses : c'est l'inspiration topologique.* » *L'expiration (19)* est l'évolution, l'étincelle biologique qui remonte vers la vibration pure, lecture inverse du gradient de sédimentation : « *La vie est la matière qui se souvient de son origine dans la lumière.* » *La genèse de l'espace (1729)* : la friction entre les deux vecteurs de la respiration, au miroir d'interface 11, engendre la matrice spatiale à trois dimensions, $91 \times 19 = 1729$, le nombre roi des cubes. « *L'espace à trois dimensions n'est pas un contenant primitif.* » La

cosmologie reçue requiert 68 % d'énergie sombre, 27 % de matière noire et 5 % de matière ordinaire ; la masse-énergie « manquante » serait le nombre d'enroulement des cycles de sédimentation, la mémoire que la convention $9 = 0$ a effacée (É8.14). Le développement de ce pilier est au Volume 8, La Matière et le Cosmos ; le nombre 1729 au Volume 4.

É9.8 (Th) L'arithmétique du sel et du fer. Le sel NaCl le plus courant compte $23 + 35 = 58$ nucléons (Na-23 et Cl-35), et $58 = 2 \times 29$; 28 est parfait ($1 + 2 + 4 + 7 + 14 = 28$) ; 29 est le numéro atomique du cuivre ; l'isotope dominant du fer compte 56 nucléons, et $56 = 2 \times 28$; $58 = 56 + 2$.

É9.9 (L) Pilier III : la naissance du fer. La matière est de la géométrie cristallisée. Les masses atomiques décimales héritées de Stevin (NaCl = 58,44) sont des fictions statistiques, des pondérations sur les distributions isotopiques qui masquent les comptes entiers de nucléons. Sous le principe de complétude, la naissance du fer est une compression géométrique déterministe : le cube du cobalt ($Z = 27$, masse 59) fournit la compression piézoélectrique qui force la transition $58 \rightarrow 56 + 2$; le fer ($Z = 26$) a 56 nucléons, deux fois le parfait 28, et le résidu est exactement 2, la dualité primordiale, condition relationnelle de P0. « *Zéro décimale. Zéro résidu de Stevin. Le fer est de la lumière pure arrêtée par la compression géométrique.* » Le développement est au Volume 8.

É9.10 (L) Pilier IV : l'ontologie quantique. Les paradoxes de la mécanique quantique ne sont pas des traits de la nature mais des artefacts de la projection d'une topologie relationnelle sur un espace continu avec des outils corrompus. Trois mystères se résolvent : la dualité comme rotation de $\pi/2$ (É3.24 à É3.26) ; la mesure comme inversion (É3.15 à É3.20), « *rien ne s'effondre, tout s'inverse et se souvient* » ; l'observateur comme degré de liaison $\beta = |\alpha \cdot \lambda|$ (É3.21 à É3.23). La borne de Tsirelson en est la pièce démontrée : $S_{\text{max}} = 4 \times 0,5 \times \sqrt{2} = 2\sqrt{2}$, « *de la géométrie relationnelle pure* » (chapitre 1).

É9.11 (L) Pilier V : le chaos éradiqué et l'illusion de la matière noire. Le chaos apparent des systèmes mathématiques et physiques serait un artefact de projection de l'opération de division ; en remplaçant la division par la projection géométrique discrète, le cadre restaurerait le déterminisme en théorie des nombres, en dynamique et en cosmologie. Quatre volets : les premiers jumeaux sur les rails $6k \pm 1$, invariants topologiques laissés intacts par quatre vagues déterministes de sédimentation, avec un algorithme de crible sans division annoncé de 1,3 à 2,4 fois plus rapide que les cribles classiques et exact à 100 % (Volume 4, La Théorie des Nombres) ; Collatz comme compression géométrique irréversible 3:1 qui fait sédimenter tous les entiers sur l'attracteur fixe, la paire d'inversion (1, 8) (Volume 4) ; la fin de la matière noire comme mémoire 9k effacée (É8.14) ; la tension de Hubble résolue par la correction du « don du 0,5 », la constante de projection qui relie l'état relationnel à l'observable (É8.17).

É9.12 (L) Pilier VI : l'atome matriochka. L'atome n'est pas une brique : c'est une poupée gigogne dont chaque couche contient le code complet du tout. Le pilier est développé au chapitre 10.

É9.13 (L) La séquence ontologique comme moteur de tout. La séquence $2 \rightarrow 1 \infty \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 4$ (É3.9) est « *le moteur de la mesure, l'origine de la sédimentation* »

cosmique, le générateur de la structure matérielle et la raison pour laquelle l'espace à trois dimensions existe ». Principia nomme le 5 « la naissance du temps ». « Ce n'est pas un modèle : c'est l'auto-organisation du cycle des chiffres, lue sans les distorsions de quatre siècles d'erreurs mathématiques. »

9.3 La cohérence interne

É9.14 (L) Le tableau des constantes croisées. Les mêmes constantes, les mêmes opérations et la même algèbre des chiffres reparaissent dans chaque domaine :

Constante	Théorie des nombres	Quantique	Matière, atome	Cosmologie
$k = 0,5$	demi-envergure des paires	coût de projection $S^2 \rightarrow Z_2$	coût d'inversion dans la fission	correction du « don du 0,5 »
Barycentre 4,5	pivot du cycle	origine de la règle de Born	pivot de la stabilité nucléaire	centre de la sédimentation
Clôture 9	cycle des racines	bord de l'espace d'état	octet : quatre paires ferment le cycle	base du nombre d'enroulement
Écart 3	espacement des rails des premiers	transition de chambre	espacement des triplets de nucléons	triade Ni-Co-Fe
Inversion $\varphi(x) = 9 - x$	symétrie des premiers jumeaux	anticorrélation du spin	complément des produits de fission	inspiration et expiration
Auto-codage $DR(a \times b) = DR(DR(a) \times DR(b))$	invariance du crible	la mise à jour préserve la racine	matriochka : le code à toute échelle	racine du compte de nucléons conservée

É9.15 (L) L'architecture qui se protège. Cette convergence rendrait le cadre auto-protecteur : contester un pilier oblige à affronter les constantes qui portent tous les autres. « Une critique de la dérivation quantique doit expliquer pourquoi le même $k = 0,5$ gouverne la distribution des premiers. Une critique du modèle cosmologique doit expliquer pourquoi la même symétrie d'inversion produit l'anticorrélation des expériences de Bell. » « L'architecture n'a pas de maillon faible, parce que chaque maillon porte le poids de tous les autres. » Le volume garde l'argument comme Lecture : une cohérence croisée accroît le coût d'une réfutation, elle ne vaut pas démonstration, et la clause d'effondrement du proton (É7.25) en est la contrepartie honnête, puisque la même solidarité qui protège expose l'ensemble à la chute d'une seule pièce.

9.4 Les prédictions par domaine

É9.16 (P) Les prédictions de Principia, domaine par domaine. Chacune suffit à réfuter le pilier qui la porte.

- *Théorie des nombres* : les premiers jumeaux sont en nombre infini ; l'algorithme sans division donne les mêmes résultats que les cribles classiques sur toutes les plages testées ; une plage où il échouerait réfuterait le pilier V (la conjecture elle-même est un chantier du Volume 4).
- *Corrélations quantiques* : $E(a, b) = -\cos \theta$ est exact ; tout écart significatif dans un test de Bell sans échappatoire réfute le pilier IV (É1.27).
- *Borne de Tsirelson* : $S_{\max} = 2\sqrt{2}$ exactement ; toute violation reproductible réfute la décomposition (É1.28).
- *Mesure* : toute mesure apparemment discontinue se décompose en inversions partielles de β croissant (É3.38).
- *Décohérence* : dépendance directionnelle en $\beta = |a \cdot \lambda|$ (É3.35).
- *Cosmologie* : les courbes de rotation (NGC 3198 d'abord) reproduites sans paramètre libre ; toute galaxie qui exigerait encore de la matière noire après correction réfute le pilier II (É8.16).
- *Tension de Hubble* : résolue par la correction du 0,5 ; sa persistance après correction réfute le cadre (É8.17).
- *Gravité* : la triade Ni(28)-Co(27)-Fe(26) code 1-9-8 ; $g = 9,81$ serait structurellement déterminé ; une planète dont la composition du noyau et la gravité de surface ne satisferaient pas « la relation ARC » défierait le pilier II. Cette relation n'est pas écrite ; la prédiction est un chantier tant qu'elle ne l'est pas (voir aussi É13.27).
- *Transformations nucléaires* : la racine du nombre total de nucléons est conservée dans toute réaction ; tout produit de fission est une unité relationnelle complète (chapitre 10, É10.18 et É10.19).
- *Refus de la division* : toute grandeur physique significative se résout en entier ou en rationnel exact ; une constante fondamentale prouvée irréductiblement irrationnelle défierait la complétude (É10.20).

9.5 La déclaration finale

É9.17 (L) Une seule mathématique. Le Modèle standard est « *le système d'épicycles le plus élaboré jamais construit par l'esprit humain* » : 19 paramètres libres, 37 entités, des espaces de dimension infinie, l'acceptation d'un aléa irréductible. « *La nature n'exige rien de tout cela.* » « *L'univers ne possède pas deux mathématiques séparées.* » La topologie qui distribue les premiers sur deux rails serait rigoureusement identique à la géométrie d'inversion qui gouverne l'intrication, l'octet et la condensation de la lumière en fer. Le cadre ne propose pas une théorie de plus à ajouter à la tour : il propose que la tour a été bâtie sur une fondation fissurée, six fissures en quatre siècles, chacune déguisée en progrès ; réparer la fondation simplifie la tour, les épicycles se dissolvent, et les fantômes (matière noire, énergie sombre, aléa ontologique, effondrement) se révèlent ombres des fissures, non traits du monde.

É9.18 (L) La méthode : l'observation des nombres. « *La méthode de ce travail*

n'est pas la dérivation théorique à partir d'axiomes. C'est l'observation : la lecture directe, patiente, quotidienne des nombres, de leur mouvement, de leur place, de leur comportement, des résultats de leurs interactions. Une topologie apprise non dans les manuels mais auprès des nombres eux-mêmes, pendant treize mois d'attention soutenue. Le savoir contenu dans ce cadre n'a pas été construit. Il a été retrouvé. » La posture est la saudade : la mémoire ontologique que la cohérence existe, la confiance que ce qui paraît brisé peut être rendu entier, et la volonté de douter sans s'arrêter. « *Douter en confiance. »*

La pièce se clôt sur cinq phrases :

« L'onde ne s'effondre pas. Elle s'inverse. La gravité n'est pas une force. C'est l'inspiration de la lumière. L'intégrale est morte. Vive la projection. L'univers ne joue pas aux dés. Il compte jusqu'à neuf, se souvient de ses cycles et projette ses relations. Les nombres sont entiers. Ils l'ont toujours été. C'est nous qui les avons brisés. »

É9.19 (F) Les dix articles de février 2026. Principia relationalis synthétise dix articles publiés en accès ouvert sur Zenodo en janvier et février 2026 : la projection séquentielle des corrélations quantiques (v3.0 ; chapitre 2) ; la borne de Tsirelson sans espace de Hilbert (chapitre 1) ; l'inversion de l'onde (chapitre 3) ; les premiers jumeaux et les quatre équations de sédimentation (Volume 4) ; la sédimentation cosmique (v3.0 ; Volume 8) ; la fabrication anthropique du chaos (v2.0 ; Volume 3) ; la fin de l'illusion du calcul intégral (Volume 2) ; la règle de l'octet (v4.0 ; Volume 2) ; la matière noire et la tension de Hubble (Volume 8) ; la résolution géométrique de l'effet tunnel (v1.0, remplacée par la v2.0 ; chapitre 5).

Chapitre 10. L'atome n'est pas une brique : la matriochka

Depuis Démocrite, la science cherche l'unité indivisible de la matière, l'*atomos*, l'insécable ; et depuis Démocrite, chaque candidat a été coupé : l'atome en noyau et électrons, le noyau en protons et neutrons, ceux-ci en quarks, et les quarks sont soupçonnés d'être des excitations de cordes ou des nœuds d'une mousse de spin. Le fond ne vient jamais. *The Atom Is Not a Brick* (v2, février 2026, l'« Article 10 » du cadre) et le sixième pilier de *Principia relationalis* proposent que la question elle-même est mal formée : la recherche de la plus petite brique présuppose que la matière est faite d'objets. Elle serait faite de relations, et une relation n'a pas de taille : elle ne se coupe pas en deux, elle se transforme. L'atome serait la relation entre les deux pôles de l'unité tendue, le 1∞ du principe P0, et chaque niveau d'organisation une poupée gigogne qui contient le cycle complet des chiffres. Le chapitre garde toute la lecture, et refait le seul calcul qu'elle avance, celui de la fission, dont la version écrite dans la source ne se ferme pas.

L'exergue de l'article :

« On ne peut pas couper une relation. On ne peut que la transformer. Brisez l'atome, et il renaît, parce que le code qu'il porte n'est pas dans ses parties, mais dans la relation entre elles. »

10.1 L'atome est la relation entre deux pôles

É10.1 (L) L'atome redéfini. L'atome n'est ni la plus petite brique indivisible (Démocrite), ni un composé de particules toujours plus petites (le Modèle standard), ni un nuage de probabilité dans un espace de Hilbert. Il est la relation entre les deux pôles de l'unité tendue, le 1∞ . *« Cette relation n'est pas un objet qui a une taille ; c'est un lien de structure qui ne peut pas être coupé, seulement transformé. »* Elle n'a ni taille, ni volume, ni surface : c'est un fait topologique, la condition nue du lien qui permet l'existence. L'onde n'est pas une entité séparée que l'atome produirait : *« l'onde est ce qu'est l'atome »*, la tension relationnelle entre ses deux pôles.

É10.2 (L) La complétude ne se divise pas par deux. *« Une relation ne peut pas être coupée en deux. »* On ne peut pas prendre un couteau au lien entre le pôle A et le pôle B et obtenir un demi-lien ; ce qu'on obtient en forçant une transformation est une relation complète nouvelle, ou plusieurs. *« L'atome est insécable non parce qu'il*

est dur, mais parce que la complétude ne se divise pas par deux. »

É10.3 (L) La dualité comme aspect. Si l'atome est la relation entre deux pôles, la distinction entre onde et particule se dissout : l'onde est l'atome vu selon son extension (le 1 ∞ couché, la tension manifeste), la particule est le même atome vu en compression (le 1 debout). La dualité est une rotation ontologique de $\pi/2$, la même relation vue sous deux orientations (É3.24).

10.2 La matriochka auto-codée

É10.4 (Th) L'auto-codage de la racine. Pour tous entiers a et b : $DR(a \times b) = DR(DR(a) \times DR(b))$ et $DR(a + b) = DR(DR(a) + DR(b))$ (vérifié pour a et b jusqu'à 300, Annexe D ; c'est la compatibilité de la racine avec l'addition et la multiplication). Pour tout $n \geq 1$, $DR(9 \times n) = 9 : 9 \times 1 = 9$, $9 \times 2 = 18$, $9 \times 9 = 81$, $9 \times 1000 = 9000$, tous de racine 9. Les quatre paires d'inversion somment à $9 : 1 + 8 = 2 + 7 = 3 + 6 = 4 + 5 = 9$.

É10.5 (L) Les nombres sont auto-codés. « *Le code qui décrit les nombres est les nombres eux-mêmes. Il n'y a pas de métalangage.* » Aucune couche de validation extérieure ; la racine du produit est la racine du produit des racines, le code se contient lui-même à toute échelle. « *Ouvrez le nombre par n'importe quelle opération, et vous trouvez dedans la même signature* » (Principia relationalis).

É10.6 (L) L'immortalité du 9. Le 9 déclare, à chaque opération : « *vous ne pouvez pas me détruire. Multipliez-moi par n'importe quoi, et je reviens. Mémoire intacte. Cycle complet. Plein.* » Principia y voit « *l'énoncé arithmétique de l'immortalité* » : le cycle complet ne peut être détruit par aucune opération, seulement transformé en une autre expression de lui-même. Les paires disent de même : « *nous sommes des couples. Nous sommes relationnels. Nous bouclons. Nous ne mourons pas.* » Toute tentative de les décomposer produit la signature de la clôture : on ne décompose pas une paire sans invoquer le tout.

É10.7 (L) La poupée de 25. Ouvrir le nombre 25 (racine 7) ; dans le 7, trouver sa paire, 2, puisque $7 + 2 = 9$; dans le 2, la relation primordiale P0 ; dans P0, le 1 tendu ; dans le 1 tendu, le 3 (pôle, centre, pôle) ; dans le 3, de nouveau le 1 ; dans ce 1, la même structure recommence. « *Chaque poupée contient toutes les autres. Aucune n'est la dernière, parce que la plus petite contient la plus grande.* » La source ajoute : « *Ce n'est pas une analogie. C'est la structure arithmétique de la réalité.* » Tout nombre interrogé dans un domaine quelconque (premiers jumeaux, corrélations de Bell, chimie, cosmologie, mesure) répondrait avec le même code, non parce que le code serait forcé sur le problème, mais parce que le problème est déjà fait de ce code. Le volume garde l'énoncé comme Lecture.

É10.8 (L) L'atome physique hérite de la structure. L'atome n'est pas une bille dans le vide : c'est une matriochka pleine, une unité relationnelle auto-codée où le cycle complet {1, ..., 9} est présent à chaque niveau d'organisation. Le noyau n'est pas un contenant de parties plus petites : c'est le même code relationnel à une résolution plus dense. Le nuage électronique n'est pas une probabilité répartie dans un espace vide : c'est le champ relationnel du 1 ∞ , l'aspect ondulatoire de l'unité, la tension qui tient la structure ouverte.

10.3 Le refus de la division

É10.9 (L) Le développement infini comme refus. $1 \div 3 = 0,333...$: l'opération ne se termine pas. La lecture reçue y voit un nombre légitime à infinité de chiffres ; le corpus y voit un signal d'incompatibilité : le cycle des chiffres dit que cette opération ne peut pas s'achever dans la structure naturelle. « *Le développement infini n'est pas une réponse ; c'est un refus. Le nombre dit : vous ne pouvez pas me couper ainsi. Changez d'outil.* » La racine digitale de 0,333... est indéfinissable : le système de Stevin produit un objet illisible pour le code naturel ; le nombre a été rendu muet par la division, sa mémoire brouillée, son signal écrasé. Mais le 1 rapporté au 3 dans le cycle 1-9 est une position : une distance de 2, un complément de 6, « *un couple incomplet qui cherche son complément vers 9. Lisible. Fini. Plein.* » « *Le développement infini est l'artefact d'une structure relationnelle forcée à travers un outil qui divise* » (Principia relationalis). Le principe de complétude qui fonde cette lecture est au Volume 3, Le Code et le Registre.

10.4 La fission : inversion, non destruction

É10.10 (Th) L'arithmétique de la fission, corrigée. $DR(235) = 2 + 3 + 5 = 10 \rightarrow 1$. Une fission typique de l'uranium 235 induite par un neutron s'écrit $n + {}^{235}\text{U} \rightarrow {}^{144}\text{Ba} + {}^{89}\text{Kr} + 3n + \text{énergie}$. Le nombre de nucléons est conservé : $1 + 235 = 236$ avant, $144 + 89 + 3 = 236$ après, et la racine 2 ($236 \rightarrow 11 \rightarrow 2$) est la même des deux côtés. La source écrit la réaction avec deux neutrons émis ($144 + 89 + 2 = 235$), ce qui ne conserve pas les nucléons ; Principia relationalis écrit que « *les produits de la fission somment à 235 nucléons* », ce qui oublie le neutron incident. La version correcte est donnée ici (Annexe B).

É10.11 (L) La conservation de la racine est celle du compte. La conservation de la racine du nombre de nucléons découle de la conservation du nombre de nucléons lui-même (conservation du nombre baryonique, fait de la physique reçue) : si deux nombres sont égaux, leurs racines le sont. La lecture de la source, « *la mémoire cyclique, la racine digitale, survit à la transformation* », est donc juste, mais elle n'ajoute pas d'information au compte conservé ; la prédiction qui en découle (É10.18) n'est pas discriminante tant que la conservation du nombre baryonique tient.

É10.12 (L) Le principe du tour complet. La fission n'est pas une destruction : c'est la forme la plus violente de l'inversion, le même tour du rotor que celui de la mesure (chapitre 3), de signature $5 \times 5 = 25 \rightarrow 7$, élévation et non annihilation. La matriochka d'uranium est ouverte de force ; mais les pièces qui en sortent, baryum, krypton, neutrons libres, sont de nouvelles matriochkas complètes, chacune avec sa structure électronique, son octet, ses paires d'inversion, son cycle de chiffres. « *Le code se reconstitue aussitôt parce qu'il n'a jamais été détruit* » (Principia relationalis) : il s'est inversé, un étage plus haut, et le code est le même. L'image de la chrysalide que portait la source est retirée (G.69) ; ce qu'elle voulait dire est le tour qui se referme en relançant.

É10.13 (L) L'énergie comme tension stockée. L'énergie colossale libérée par la fission n'est pas la destruction de la matière : c'est la libération de la tension relationnelle stockée, la tension du 1∞ sous contrainte maximale. Quand la liaison

ne peut plus soutenir la polarité interne (le noyau d'uranium est déjà près de la limite de stabilité nucléaire), le système se réorganise de façon catastrophique ; l'énergie libérée est la différence de tension entre la configuration initiale et celle des produits. « $E = mc^2$ chiffre cette libération ; ARC en explique l'origine » : c'est la tension relationnelle de l'onde rendue cinétiquement manifeste (voir le chapitre 12 pour la lecture $E = Dc^2$).

10.5 Deux illusions éliminées

É10.14 (L) L'illusion de la divisibilité infinie. On ne peut pas diviser un morceau de matière à l'infini parce que la matière n'est pas faite de parties mais de relations, et qu'une relation n'a pas de taille. Chaque division apparente est en réalité une inversion qui produit des unités complètes nouvelles portant le code intégral. C'est pourquoi la recherche de la particule ultime ne se termine pas : non qu'il y ait une infinité de niveaux, mais parce qu'à chaque niveau la même structure relationnelle complète est présente. Le quark n'est pas une brique plus petite dans le proton : c'est le même cycle de chiffres lu à une autre résolution. « *La régression n'est pas infinie : elle est récursive et fermée, le cycle 1-9 tournant dans le cycle 1-10, et le 1-10 contenant le 1-9. La plus petite poupée est la plus grande vue de l'intérieur.* » « *Il n'y a pas de fond, parce que chaque niveau est plein* » (Principia relationalis).

É10.15 (L) L'illusion du vide intérieur. On décrit l'atome comme vide à 99,9999 % : un noyau minuscule entouré d'un vaste espace où flottent des électrons en nuages de probabilité. Cette image vient de la modélisation de l'atome comme collection d'objets ponctuels dans un espace continu (le deuxième « crime » de Principia, celui de Descartes). Mais ce vide n'est pas vide : c'est la tension du 1∞ , l'onde, le champ relationnel entre les pôles ; ce que la physique appelle espace vide entre noyau et électrons est la même chose que ce qu'elle appelle fonction d'onde. L'atome n'a pas de centre vide, parce que le centre est le croisement du 1∞ , le nœud où les deux boucles se rencontrent et où la tension est maximale : « *l'apparente vacuité est le point le plus plein : la densité relationnelle est la plus grande là où la densité spatiale paraît la plus faible* ». La lecture résout aussi le paradoxe de la stabilité : un atome vide à 99,9999 % n'aurait aucune raison de résister à la compression, et la matière y résiste extraordinairement ; comprimer un atome, c'est comprimer le champ de tension, donc augmenter la tension et l'énergie requise. « *L'atome résiste non parce qu'il contient des particules dures, mais parce qu'il est plein de relation.* »

É10.16 (L) Démocrite résolu. « *Démocrite avait raison sur le principe et tort sur la forme.* » L'atome existe, la matière a un fond irréductible ; mais ce fond n'est pas la plus petite brique dure : c'est la plus petite unité relationnelle complète, le 1∞ , et « *on ne peut pas couper une complétude* ». On peut la transformer, la faire s'inverser, la forcer à travers la transition la plus violente que permet la physique ; de l'autre côté, elle renaît complète : le cycle 1-9 qui se referme et se rouvre. « *L'atome n'est pas dans l'espace ; il engendre l'espace par la tension entre ses pôles. Il n'est pas fait d'énergie ; il est la structure relationnelle qui stocke et libère l'énergie par inversion. Il n'est pas situé dans le vide ; il est la raison pour laquelle il n'y a pas de vide.* » « *L'atome est la relation. La relation est le 1∞ . Le 1∞ est l'onde. L'onde s'inverse mais ne meurt jamais.* » La matière est immortelle non parce qu'elle est dure, mais parce que le code

qu'elle porte se régénère : brisez-la, le code se reconstitue dans les fragments, et dans les fragments des fragments ; il n'y a pas de profondeur où l'on atteint le rien. « *Le zéro-vide n'existe pas dans ARC. Le zéro est mémoire. Le fond est plein.* » « *Ouvrez la dernière poupée et vous trouvez, non pas rien, mais la première poupée de nouveau* » ; « *l'atome est immortel parce que le code est immortel* » (Principia relationalis).

10.6 La fin de l'accélérateur

É10.17 (L) L'accélérateur comme marteau. Le paradigme du CERN repose sur une prémisse simple : pour comprendre la matière, la heurter plus fort ; dépenser des milliards, accélérer des protons jusqu'à 99,999 % de la vitesse de la lumière, les écraser, photographier les débris, classer les fragments, construire la machine suivante, plus grande. Si l'atome est une matriochka pleine et auto-codée, l'ouvrir avec un plus gros marteau ne révèle pas un niveau plus profond : cela produit de nouvelles unités complètes à des échelles d'énergie plus hautes, et les débris d'une collision proton-proton ne sont pas une liste de parties fondamentales, mais « *une galerie de matriochkas fraîchement frappées* ». Le Modèle standard requiert 19 paramètres libres, 37 entités et des espaces de dimension infinie pour classer ces débris ; le cadre requiert « *neuf chiffres, quatre opérations, un cycle qui boucle et un zéro qui se souvient* ». La remarque de Principia est plus nuancée : les particules que la physique découvre sont des motifs réels à ces échelles d'énergie, et ce que le cadre conteste est que le principe qui les organise se trouve à des énergies plus hautes ; « *l'expérience la plus coûteuse de l'histoire humaine cherchait quelque chose qu'un crayon et neuf chiffres auraient pu révéler* ». Cette dernière phrase est une citation de l'auteur, non un énoncé vérifiable. L'article ajoute, sur Gauss : « *Gauss a dit : trivial. Et le monde l'a cru. Parce qu'il était le prince des mathématiciens, et que les princes n'écoutent pas les nombres : ils leur donnent des ordres.* »

10.7 Prédictions

É10.18 (P) La conservation de la racine du nombre de nucléons. La racine du nombre total de nucléons est conservée dans toutes les réactions nucléaires (fission, fusion, désintégration) ; une transformation qui la violerait réfuterait le principe de la matriochka. Comme la racine suit le compte (É10.11), cette prédiction tombe avec la conservation du nombre baryonique et seulement avec elle.

É10.19 (P) Les produits complets. Tout produit de fission serait une unité relationnelle complète (un atome stable ou métastable), jamais un fragment isolé sans structure électronique complète ; un produit de fission qui ne constituerait pas un atome complet défierait le principe d'auto-codage. Les fragments de fission sortent de la réaction sous forme de noyaux fortement ionisés, qui capturent ensuite des électrons dans la matière ; la prédiction demande donc d'écrire à quel instant l'« unité complète » est jugée.

É10.20 (P) Le refus de la division. Toute grandeur physiquement significative se résout en entier ou en rationnel exact à représentation finie ; une constante fondamentale ou une grandeur mesurable prouvée irréductiblement irrationnelle

(non exprimable comme rapport d'entiers dans l'algèbre des chiffres) défierait le principe de complétude et le modèle de la matriochka. Les rapports $\cos(\pi/7)$ et $\sqrt{2}$, qui sont au cœur du corpus (chapitres 1 et 11), sont irrationnels ; la prédiction exige donc de dire ce que le corpus entend par « rapport exact » pour ces nombres (le corpus les lit comme rapports géométriques exacts mal lus par une notation amnésique, chapitre 11, axiome A5).

É10.21 (P) Pas de particule ultime. Aucune expérience n'isolera jamais une particule ponctuelle vraiment fondamentale et sans structure ; toute particule élémentaire apparente, sondée à une résolution suffisante, montrera une structure relationnelle interne cohérente avec le cycle des chiffres. En l'état des mesures, l'électron et les quarks ne montrent aucune structure jusqu'aux plus petites distances sondées ; la prédiction reste ouverte, sans seuil de résolution annoncé.

10.8 Conclusion

É10.22 (L) La relation est immortelle. *« L'atome n'est pas une brique. Ce n'est pas une particule. Ce n'est pas une onde. Ce n'est pas un nuage de probabilité. C'est la relation entre les deux pôles de l'unité tendue. »* Cette relation ne peut pas être divisée, parce qu'elle n'a pas de taille ; ni détruite, parce qu'elle est auto-codée à toute échelle ; ni vidée, parce que ce qui paraît vide est la plénitude de la tension relationnelle. Elle ne peut que s'inverser, et en s'inversant elle se régénère complète. *« Démocrite a eu l'intuition du principe. La physique a passé 2400 ans à chercher la forme. La forme n'a jamais été une brique. La forme est une relation. Et les relations, à la différence des briques, sont immortelles. »*

« L'atome est la relation. La relation est l'onde. L'onde s'inverse mais ne meurt jamais. Brisez l'atome, et il renaît, parce que la complétude ne se divise pas par deux. Il n'y a pas de fond, parce que le fond est plein. Les nombres sont entiers. Ils l'ont toujours été. C'est nous qui les avons brisés. »

Chapitre 11. Les cordes sans cordes

La théorie des cordes a trouvé trois choses justes et n'a pu en expliquer aucune : que la cohérence exige le nombre 496 ; que l'espace a dix dimensions dont six sont enroulées ; que la matière vibre par niveaux discrets. Elle a ensuite produit trois choses qu'elle ne voulait pas : un paysage de 10^{500} vides, des centaines de paramètres libres, et aucune prédiction. Ce chapitre réunit trois pièces. *String Theory Without Strings* (v1.0, avril 2026) a montré que ces six faits ont une seule cause, l'absence de clôture (le 9 posé égal à 0), et a fermé le premier : 496 est le troisième nombre parfait, $4,5 \times 7 = 31,5$ est le barycentre de ses générateurs, son miroir 694 fixe la tension 198. L'addendum *Sealing the String* (juin 2026, intégré comme sections 3.4 à 3.8 de la v1.1, d'où la v1.11) scelle la corde : son axe 595 est un point fixe du miroir, et toute tension miroir est un multiple de 99. *Les Cordes Réécrites* (v1.5, 2 octobre 2026), qui fait foi, achève la réécriture pièce par pièce, établit quatorze théorèmes, corrige trois gravures trop hâtives de la version d'avril (G.1 à G.3) et pose la règle de contact entre la grammaire et la mesure : la tête et les pattes. La corde, dans tout le chapitre, n'est pas un objet qui vibre dans l'espace : c'est une relation entre un nombre et son miroir, et la quantification de sa vibration est un théorème de l'involution, non un postulat ajouté.

11.1 Le problème et le diagnostic

É11.1 (F) Le cadre reçu. La théorie des cordes pose que les particules fondamentales sont des modes de vibration d'objets à une dimension se propageant dans un espace-temps de 10 dimensions (types I, II, hétérotique) ou de 11 (théorie M) ; l'anomalie conforme ne s'annule qu'à $D = 10$ ($D = 26$ pour la corde bosonique). L'annulation des anomalies gravitationnelles et de jauge exige un groupe de jauge de dimension exactement 496, réalisé par $SO(32)$ ou $E_8 \times E_8$ (Green et Schwarz, 1984). Les six dimensions spatiales supplémentaires doivent être compactifiées sur une variété de Calabi-Yau dont la topologie fixe la physique de basse énergie (masses, couplages, nombre de générations) ; le nombre de compactifications topologiquement distinctes est estimé à 10^{500} , chacune un univers, et la théorie ne choisit pas entre elles.

É11.2 (L) Le diagnostic : l'intégrale est amnésique. La source du paysage serait l'intégrale, l'outil hérité de Stevin par Leibniz et Newton, qui accumule des contributions infinitésimales le long d'un continuum ; appliquée à la compactification,

elle engendre un espace continu de modules sans mécanisme de clôture, donc non borné : d'où 10^{500} vides. « *L'intégrale échoue parce qu'elle est amnésique. Elle n'a pas de mémoire des cycles.* » Dans l'arithmétique qui pose $9 = 0$, le chiffre de clôture est identifié au vide, et un système bâti sur cette identification ne peut pas se fermer : il engendre sans fin, et le paysage est l'artefact de sa propre amnésie.

É11.3 (L) « Théorème 1.1 » : le paysage comme amnésie. La multiplicité des vides serait la conséquence directe de l'absence de clôture digitale dans l'arithmétique de Stevin et de Gauss : un système qui identifie 9 à 0 ne distingue pas un cycle accompli d'un état nul, et ne peut donc sélectionner un vide unique. Critère de réfutation proposé par la source : exhiber, dans le cadre de Stevin et de Gauss, un mécanisme qui sélectionne un vide unique sans contrainte extérieure. Énoncé présenté comme théorème, sans calcul fini : Lecture (relue en C.7, É11.31).

11.2 Les axiomes

É11.4 (L) Les six axiomes de la pièce d'avril. A0 (indépendance de la base) : les neuf entiers $\{1, \dots, 9\}$ sont les unités irréductibles de l'arithmétique de position dans toute base $b \geq 10$; la racine digitale équivaut à l'évaluation dans les restes de la division par 9, avec la convention $DR(9) = 9$ au lieu de 0. A1 (involution) : $\varphi(x) = 9 - x$ est une involution sur $\{1, \dots, 8\}$, à quatre paires et barycentre interstitiel 4,5. A2 (trois rails) : les neuf chiffres se partagent en trois ensembles disjoints, le rail $D = \{1, 4, 7\}$ (racines de reste 1 par 3), le rail $G = \{2, 5, 8\}$ (reste 2), l'axe $\{3, 6, 9\}$ (reste nul) ; « *l'axe régule ; les rails portent la dynamique* ». A3 (constante de projection) : $k = 1/2 = r/R$ pour le triangle équilatéral, le polygone fermé minimal. A4 (loi zéro) : tout système fermé cherche son état de moindre tension structurelle ; pour les nombres, c'est la condition de nombre parfait, la somme des diviseurs propres égale au nombre. A5 (complétude) : les décimales infinies sont des artefacts de représentation de la cascade de Stevin ; les neuf chiffres et leurs relations cycliques forment une description complète ; les irrationnels sont des rapports géométriques exacts mal lus à travers une notation amnésique. (Les neuf positions et les trois rails sont au Volume 1, La Fondation.)

11.3 Le nombre 496

É11.5 (Th) 496 est parfait. $1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 31 + 62 + 124 + 248 = 496$: c'est le troisième nombre parfait (après 6 et 28). Ses générateurs 31 et 32 ont pour barycentre $(31 + 32)/2 = 31,5 = 4,5 \times 7$, le barycentre de l'involution fois l'envergure de la paire maximale (1, 8). Et $31 + 32 = 63 = 64 - 1$. Les racines : $31 \rightarrow 4$, $32 \rightarrow 5$, $496 \rightarrow 1$, $248 = \dim E_8 \rightarrow 5$.

É11.6 (L) La perfection comme moindre tension. Par la loi zéro, un système atteint la tension structurelle minimale quand la somme de ses parties égale le tout ; la condition d'annulation des anomalies de Green et Schwarz serait l'expression physique de cette loi arithmétique : « *un groupe de jauge dont la dimension n'est pas parfaite porte une tension résiduelle (des anomalies)* ». Dans le tableau des racines : 31, de racine 4, le pivot (élément bas de la paire) ; 32, de racine 5, le barycentre

(élément haut) ; 496, de racine 1, l'identité (le retour) ; 248, de racine 5, le barycentre (« la vie »).

É11.7 (L) « Théorème 2.1 » : l'unicité de 496. Parmi tous les entiers, 496 serait le seul à être à la fois (i) parfait, (ii) la dimension d'un groupe de Lie qui annule les anomalies gravitationnelles, (iii) engendré par une paire (31, 32) dont le barycentre égale $4,5 \times 7$. La condition (iii) est construite pour 496, et la condition (ii) est le résultat de Green et Schwarz ; l'énoncé est une Lecture. La vérification de la source contenait deux erreurs de dimension : elle écrivait $6 = \dim SO(3)$ et $28 = \dim SO(7)$; en fait $\dim SO(n) = n(n - 1)/2$, donc $\dim SO(3) = 3$, $\dim SO(4) = 6$, $\dim SO(7) = 21$ et $\dim SO(8) = 28$ (Annexe B). L'argument (6 trop petit pour annuler les anomalies, 28 ne les annulant pas en dimension 10, 8128 sans groupe de jauge physique connu) n'en dépend pas.

11.4 Le gradient 198, l'axe 595 et la corde

É11.8 (Th) Le miroir et le gradient. Le miroir de 496 (renversement des chiffres) est 694, et $694 - 496 = 198$. $DR(198) = 18 \rightarrow 9$ (clôture). $198 = 2 \times 9 \times 11$ (le fondateur, la clôture, l'interface). Le miroir du gradient, $891 = 9^2 \times 11$ (la clôture au carré fois l'interface). $198 + 891 = 1089 = 33^2$ (le carré de l'espacement du pavé).

É11.9 (Th) Le barycentre 595. $(496 + 694)/2 = 595$. Son chemin de racine est $5 + 9 + 5 = 19 \rightarrow 1 + 9 = 10 \rightarrow 1$; celui de 198 est $18 \rightarrow 9$. Le barycentre est à égale distance des deux pôles, exactement de 99, la demi-tension : $496 + 99 = 595 = 694 - 99$; $99 = 9 \times 11$; $99 + 1 = 100 \rightarrow 1$.

É11.10 (L) Les deux cycles dans le gradient. Le gradient 198 suit le cycle 1-9 ($18 \rightarrow 9$), celui de la clôture, engendré par la brique 2 ; le barycentre 595 suit le cycle 1-10 ($19 \rightarrow 10 \rightarrow 1$), celui de la relance, engendré par la brique 3. Le gradient et son barycentre codent les deux cycles fondamentaux du cadre.

É11.11 (L) La corde comme relation miroir. Dans la théorie reçue, la corde est un objet à une dimension dont les modes de vibration sont les particules. Ici, la corde n'est pas un objet : c'est la relation entre 496 et 694, de tension 198 et de barycentre 595 ; la vibration est l'oscillation entre le nombre parfait et son miroir. « *Chaque particule est une résonance déterminée de cette unique corde cadastrale.* » (Le mot « inverse », employé en avril pour cette relation, est retiré par la gravure G.1, É11.42.)

11.5 Le scellement de la corde

É11.12 (Th) Le point fixe du miroir. L'opération miroir M (renversement des chiffres) est une involution sur les entiers à trois chiffres : $M(M(N)) = N$. Ses points fixes sont exactement les palindromes. Le barycentre de la corde en est un : $M(595) = 595$.

É11.13 (L) L'axe immobile. Le barycentre n'est donc pas seulement le milieu métrique des deux pôles : c'est le point immobile de l'involution qui engendre la corde. La vibration oscille entre 496 et 694 ; le point qui ne bouge pas sous le miroir est 595. « *La corde a un axe, et l'axe est structurellement immobile, non par choix,*

mais par la géométrie de l'involution. » La structure des chiffres de 595 est elle-même une inscription : $5 \mid 9 \mid 5$, la clôture (9) à l'axe, le chiffre du barycentre (5, racine de 32 et de 248, élément haut de la paire centrale) sur les deux ailes. Le chemin $19 \rightarrow 10 \rightarrow 1$ place l'axe sur le cycle de relance, tandis que la tension 198 ($18 \rightarrow 9$) est sur le cycle de clôture : les deux cycles se croisent exactement au point fixe.

É11.14 (Th) Théorème 3.5 : le barycentre est toujours un palindrome. Soit $N = a|b|c$ un entier à trois chiffres et $M(N) = c|b|a$ son miroir. Alors $(N + M(N))/2 = 101(a + c)/2 + 10b$. Quand $a + c$ est pair, seul cas où le barycentre est entier, posant $s = (a + c)/2$, le barycentre est exactement le palindrome $s|b|s$, point fixe de M . Vérifié sur les 450 cas entiers parmi les 900 entiers à trois chiffres. Pour la corde du parfait, $a = 4$, $c = 6$, donc $s = 5$, et $b = 9$: $5|9|5 = 595$.

É11.15 (L) Une loi de l'involution. La fixité de l'axe n'est pas une coïncidence de 496 : « *toute corde miroir, sans exception, vibre autour d'un axe palindrome* ». C'est la raison, du côté de la théorie des involutions, pour laquelle l'espace de respiration du É11.10 existe : le milieu de toute orbite sous une involution est dans l'ensemble des points fixes de l'involution. L'analogie avec l'involution fondatrice est exacte et instructive : l'orbite de ϕ est la paire $(x, 9 - x)$, de barycentre toujours 4,5, point fixe interstitiel jamais atteint par un chiffre ; l'orbite de M est la paire $(N, M(N))$, de barycentre, quand il est entier, toujours un palindrome, point fixe réalisé. « *La corde 496/694 atteint son axe. Le cadastre 1-8 approche son barycentre sans l'atteindre.* »

É11.16 (Th) Théorème 3.6 : le quantum de tension 99. Pour tout entier à trois chiffres $N = a|b|c$: $N - M(N) = 99(a - c)$. La tension miroir de tout entier à trois chiffres est un multiple entier de $99 = 9 \times 11$, la clôture fois l'interface. Vérifié sur les 900 entiers à trois chiffres. Le chiffre central b ne contribue en rien à la tension : la vibration est portée par les ailes, la position de l'axe est silencieuse. Le spectre des tensions miroir n'est pas continu : c'est l'échelle discrète $\{0, 99, 198, 297, \dots, 891\}$, au plus neuf niveaux non nuls, puisque $|a - c| \leq 9$.

É11.17 (L) La quantification comme théorème. « *La corde cadastrale ne vibre pas sur un continuum ; elle vibre sur neuf niveaux quantifiés.* » C'est la contrepartie arithmétique de la discrétude que la mécanique quantique observe et que l'intégrale, par construction, ne peut pas produire : un formalisme d'accumulation continue doit imposer la quantification du dehors ; un formalisme fondé sur l'involution miroir l'obtient comme théorème. La corde du parfait est au second niveau : $198 = 2 \times 99$, le fondateur fois le quantum, deux quanta, la vibration minimale au-dessus du fondamental. La demi-tension 99 du É11.9 est le quantum lui-même, et 99 est, comme 595, un palindrome : « *l'unité de tension ne bouge pas ; seuls ses multiples bougent* ».

É11.18 (Th) La chiralité du gradient. Le gradient est chiral : 198 diffère de son miroir 891. Leur différence vaut $891 - 198 = 693 = 7 \times 99 = 9 \times 7 \times 11$, l'envergure fois le quantum, égale à $694 - 1$, le pôle miroir moins l'identité ; leur somme vaut $1089 = 33^2$. La chiralité de la tension est elle-même quantifiée (sept quanta) et se ferme sur la racine 9.

É11.19 (Th) La corde scellée. Le tableau des grandeurs scellées : chaque ligne se ferme sur la racine 9, sauf l'axe immobile, qui relance (racine 1 par le cycle 1-10), parce que « *le point immobile est le seul élément de la corde qui ne se ferme pas* :

c'est le point d'où le cycle redémarre ».

Grandeur	Valeur	Factorisation	Chemin de racine	Rôle
Quantum	99	9×11	$18 \rightarrow 9$	clôture $\times$ interface
Tension	198	$2 \times 9 \times 11$	$18 \rightarrow 9$	fondateur $\times$ quantum
Axe immobile	595	$5 \times 7 \times 17$	$19 \rightarrow 10 \rightarrow 1$	point fixe de M
Chiralité	693	7×99	$18 \rightarrow 9$	envergure $\times$ quantum = $694 - 1$
Somme au carré	1089	33^2	$18 \rightarrow 9$	espacement du pavé au carré

É11.20 (L) Une grammaire involutive, deux instances.

Structure	Involution $\varphi(x) = 9 - x$	Miroir M (renversement des chiffres)
Domaine	chiffres $\{1, \dots, 8\}$	entiers à trois chiffres
Orbite	paire $(x, 9 - x)$	paire $(N, M(N))$
Points fixes	interstitiel : 4,5	réalisés : palindromes s b s
Barycentre d'orbite	toujours 4,5	toujours un palindrome
Unité de tension maximale	envergure $7 = 8 - 1$	quantum $99 = 9 \times 11$
Instance de corde	$(1, 8)$, envergure 7	$(496, 694)$, tension $2 \times 99 = 198$
Axe immobile	4,5 (jamais atteint)	$595 = 5 9 5$ (atteint, palindrome)

« La corde est φ lue en position. » « Rien dans cette construction n'est choisi. Tout est forcé par l'involution. » « La corde ne vibre pas dans l'espace. Elle vibre dans la grammaire. Et la grammaire est quantifiée. »

É11.21 (P) Les critères de réfutation du scellement. Un seul entier à trois chiffres avec $a + c$ pair dont le barycentre miroir ne serait pas un palindrome réfuterait le théorème 3.5 ; un seul entier à trois chiffres dont la tension miroir ne serait pas divisible par 99 réfuterait le théorème 3.6. Les deux théorèmes ont été vérifiés exhaustivement ; les critères sont ceux qui les rendraient faux si le calcul l'était.

É11.22 (Th) La non-clôture de $SU(n)$. Pour tout $n \geq 2$: $DR(n) + DR(n^2 - 1) \neq 9$. Preuve : la somme des deux racines, comprise entre 2 et 18, vaut 9 seulement si $n + n^2 - 1$ est un multiple de 9 (la somme 18 exigerait n multiple de 9, et alors $n^2 - 1$ ne l'est pas) ; or les restes de $n^2 + n$ dans la division par 9, pour $n = 0$ à 8, sont 0, 2, 6, 3, 2, 3, 6, 2, 0, jamais 1 ; donc $n^2 + n - 1$ n'est jamais un multiple de 9. Vérifié jusqu'à $n = 100\,000$. La lecture qui rattache cette non-clôture au confinement et à l'écart de masse est au Volume 5, Les Grands Problèmes (Yang-Mills).

11.6 Les dimensions enroulées comme cercles inscrits

É11.23 (Th) Le compte des dimensions. $3 + 1 + 6 = 10$; $10 + 1 = 11$. Les six formes de 3 à 8 côtés sont les seules entre le premier polygone fermé et la dernière forme avant le cercle ; le nonagone n'apparaît pas : 9 est le cercle.

É11.24 (Th) Les six rapports et les six écarts. Pour le polygone régulier à n côtés, $r/R = \cos(\pi/n)$. Pour $n = 3$ à 8 : 0,5000 ; 0,7071 ; 0,8090 ; 0,8660 ; 0,9010 ; 0,9239. Les écarts $1 - r/R$ valent 0,5000 ; 0,2929 ; 0,1910 ; 0,1340 ; 0,0990 ; 0,0761, et forment une suite strictement décroissante. Les trois premiers rapports constructibles s'écrivent $\sqrt{1/2}$, $\sqrt{2/2}$, $\sqrt{3/2}$: « *les trois portes* ». Le pentagone donne $\phi/2$ (le nombre d'or sur deux) ; l'hexagone $\sqrt{3/2}$; l'heptagone $\cos(\pi/7)$, racine de $8x^3 - 4x^2 - 4x + 1 = 0$, le seul des six qui ne soit pas constructible à la règle et au compas (condition de Gauss, 1796-1801 ; non-constructibilité démontrée par Wantzel, 1837) ; l'octogone $\cos(\pi/8) = \sqrt{(2 + \sqrt{2})/2}$.

É11.25 (L) Les six dimensions comme six rapports. Les six dimensions compactifiées ne seraient pas des directions spatiales cachées exigeant une intégration sur des variétés exotiques, mais les six cercles inscrits successifs des polygones réguliers de 3 à 8 côtés, chacun dans son circonscrit : dans la table d'avril, le triangle porte la quatrième dimension, le carré la cinquième, et ainsi de suite jusqu'à l'octogone pour la neuvième. Les trois dimensions spatiales visibles correspondent aux trois axes du cube ; la dimension du temps est le « + 1 », le décalage entre le cycle 1-9 et le cycle 1-10 ; total $3 + 1 + 6 = 10$. Dans la théorie M, la onzième dimension est le cercle lui-même, le 9 lu comme dimension, et $10 + 1 = 11$, le palindrome de l'interface. Le « Théorème 4.1 » d'avril (compactification sans intégration, solution unique, aucun paysage) est cette Lecture ; il ajoutait que la suite des rapports atteint « *le barycentre 4,5 asymptotiquement* », ce qui est une image : numériquement, la suite tend vers 1, le cercle. Critère de la source : montrer que les six rapports échouent à reproduire une prédiction déterminée de la compactification de Calabi-Yau.

11.7 Les deux briques et la naissance du carré

É11.26 (Th) Les deux cycles et le quart de tour. Le cycle de 9 (clôture), $1 \rightarrow 2 \rightarrow \dots \rightarrow 8 \rightarrow 9$: huit positions actives plus la clôture. Le cycle de 10 (relance), $1 \rightarrow 2 \rightarrow \dots \rightarrow 9 \rightarrow 10$: neuf positions actives plus la relance. Le barycentre des deux briques premières est $(2 + 3)/2 = 2,5 = 10/4$; quatre pas de 2,5 font 10.

É11.27 (L) Le carré issu des briques. Le cycle de 9 est engendré par la brique 2 (le fondateur), cycle de la structure ; le cycle de 10 par la brique 3 (l'axe), cycle des phases. Le barycentre 2,5 est le quart de tour, la rotation minimale qui produit un carré ; la forme géométrique à quatre rotations égales est le carré. Le carré, et par extension les deux cercles qu'il relie, serait une conséquence de structure des deux briques premières (« Théorème 5.1 » de la source, ici Lecture ; les briques sont au Volume 1, la figure au Volume 2).

É11.28 (Th) Les paires 22-23 et 31-32. 22 et 23 ont pour racines 4 et 5 ; leur somme est 45, et $45 + 1 = 46$. 31 et 32 ont pour racines 4 et 5 ; leur somme est 63, et $63 + 1 = 64$.

É11.29 (L) Le + 1 change la structure en assemblage. 46 est le nombre des chromosomes humains, 64 celui des codons : les briques montent d'échelle en gardant la paire barycentrique (4, 5), et « *le + 1 transforme la structure en assemblage* » (le vivant est au Volume 9, Le Vivant).

11.8 La réécriture pièce par pièce

La v1.5 est écrite en huit pièces, chacune sur six lignes : ce que la théorie des cordes pose ; ce qu'elle en paie ; ce que le cadastre en fait ; la ligne retirée ; la ligne proposée ; le statut et l'adresse. « *Aucune ligne n'est retirée sans une ligne proposée.* »

É11.30 (L) La règle de lecture. Règle tenue depuis le 28 septembre 2026 : « *toute donnée admet deux lectures ; on les tient ensemble ; ce qui se libère entre elles est le nouveau ; ce qu'une lecture seule doit inventer pour tenir est le tiers imposé.* » La théorie des cordes est lue ici comme une lecture seule, et ses paramètres libres comme ses tiers imposés.

É11.31 (L) Les huit pièces.

C.1 Dix dimensions. Posée : dix dimensions (onze pour M), parce que l'anomalie conforme ne s'annule qu'à $D = 10$. Coût : le nombre est calculé, jamais compris ; la théorie le reçoit comme contrainte de cohérence sans savoir dire pourquoi la cohérence veut dix. Cadastre : 10 est le 1 et son 0 de clôture, le code 1-9 relancé une fois ; quatre dimensions visibles, la croix, avant et après, haut et bas, les deux $\sqrt{2}$; six enroulées, les six formes entre le triangle et l'octogone ; après le 8 il n'y a plus de forme, il y a le cercle, le 9 ; la onzième est le 9 lu comme dimension, $10 + 1 = 11$, l'interface. Retirée : « dix dimensions dont six compactifiées sur une variété de Calabi-Yau ». Proposée : « le code 1-9 relancé : une croix et six formes ; $3 + 1 + 6 = 10$ ». Statut : le compte est Th (É11.23), la lecture L.

C.2 Les six dimensions enroulées et leurs paramètres. Posée : six dimensions enroulées sur une variété dont la forme et la taille (les modules) fixent masses et couplages, modules libres par centaines. Coût : un continuum de solutions, chacune un univers, aucun mécanisme de choix ; l'outil est l'intégrale sur la variété. Cadastre : les six cercles inscrits des polygones de 3 à 8 côtés, rayons relatifs $\cos(\pi/n)$, six nombres fixés par la forme, aucun libre ; les modules ne sont pas un continuum, ce sont six rapports. Retirée : « l'espace des modules ». Proposée : « six rapports $r/R = \cos(\pi/n)$, $n = 3$ à 8 ; zéro paramètre ». Statut : Th pour les six valeurs (É11.24) ; leur rôle physique est ramené à L par G.3 (É11.44).

C.3 La corde de plus en plus mince. Posée : à l'échelle de Planck, la corde est l'objet le plus petit ; en dessous l'espace n'a plus de sens ; la longueur de Planck est une borne posée en mètres. Coût : une borne métrique sans raison de structure ; la question de ce qu'il y a en dessous reste ouverte parce que la borne est une distance et non un compte. Cadastre : l'intérieur s'enroule vers le centre sur une corde de plus en plus mince ; l'écart entre chaque cercle inscrit et le circonscrit se resserre à chaque forme (0,500 ; 0,293 ; 0,191 ; 0,134 ; 0,099 ; 0,076), six écarts, chacun plus fin, vers un centre que la lecture situe en 4,5, jamais atteint parce que 4,5 n'est pas une position ; « *la borne n'est pas une distance, c'est le sixième pli : au-delà, il n'y a plus de forme à plier* ». Retirée : « longueur de Planck, borne inférieure de l'espace ». Proposée : « le sixième écart, $1 - \cos(\pi/8)$; en dessous, le cercle, c'est-à-dire la clôture, non une distance ». Statut : Th pour les six écarts, L pour la lecture de la borne (voir aussi le chapitre 6).

C.4 Le 64, limite maximale. Posée : pas de borne au nombre de niveaux d'enroulement ; le spectre des états de corde est sans fin vers le haut (la tour de Regge). Coût : un

spectre ouvert, dont seuls les premiers niveaux sont jamais atteints. Cadastre : $64 = 2^6$, six doublings, un par dimension enroulée ; au sixième pli il n'y a plus de forme ; 64 codons, 64 cases ; $64 = 63 + 1$, où $63 = 31 + 32$ est la somme des générateurs de $SO(32)$ et le $+ 1$ « *la frappe qui rend le demi* » (Volume 4, Tome II, théorème 37) ; Collatz inscrit six pas dans 64 et jamais un de plus. Retirée : « spectre d'états sans borne supérieure ». Proposée : « six plis au plus ; 64 est le compte maximal de l'intérieur ; au-delà, relance ». Statut : Th pour 2^6 , $63 + 1$ et les familles 46/64 et 496/694 (É11.34) ; L pour la limite physique.

C.5 Pourquoi 496. Posée : l'annulation des anomalies exige un groupe de dimension 496. Coût : le nombre est calculé, reçu, jamais expliqué. Cadastre : 496 est parfait, et la perfection est l'écriture arithmétique de la moindre tension ; ses générateurs ont pour barycentre $4,5 \times 7$; $248 = \dim E_8$, de racine 5, le barycentre ; 496, de racine 1, l'identité. Retirée : aucune ; « *la théorie a le bon nombre* ». Proposée : « 496 est nécessaire parce qu'il est parfait, et parfait parce que $4,5 \times 7 = 31,5$ ». Statut : Th pour la perfection et le produit (É11.5) ; L pour le lien à la moindre tension.

C.6 La corde, sa tension, son axe. Posée : la corde est un objet à une dimension qui vibre dans l'espace ; ses modes sont les particules ; la quantification est imposée après coup. Coût : un objet qu'on ne voit pas, dans des dimensions qu'on ne voit pas, dont la vibration est quantifiée par postulat. Cadastre : la relation entre un nombre et son miroir ; tension multiple de 99, axe palindrome (É11.14, É11.16) ; « *la vibration est discrète parce que le miroir est une involution, pas parce qu'on quantifie ensuite* » ; « *le centre de moindre tension est le nœud : le seul point qui ne bouge pas quand la corde vibre* ». Retirée : « objet unidimensionnel vibrant dans l'espace ». Proposée : « relation miroir entre un nombre et son renversé ; tension 99(a – c) ; axe palindrome s|b|s ». Statut : Th (la figure des deux cercles, Volume 2, porte le théorème associé).

C.7 Le paysage. Posée : 10^{500} vides possibles, chacun un univers ; la théorie ne choisit pas ; certains en font un principe (anthropique). Coût : « *une théorie du tout qui autorise tout ; l'absence de sol prise pour une richesse* ». Cadastre : le déterminisme est brouillé par l'axe 3-6-9 ; en racine, le 9 est neutre pour l'addition et absorbant pour la multiplication ; les multiples de 9 sont la mémoire pure, position effacée ; une arithmétique qui pose $9 = 0$ ne distingue plus une position de sa mémoire : elle voit toutes les hauteurs de la spirale comme un même cercle et compte chaque tour comme un monde ; avec $n = 9h + DR(n)$, la racine est l'angle et h la hauteur, et la lecture des couches écrase la spirale en cercle ; le paysage est la spirale écrasée, chaque hauteur comptée comme un vide. « *Il y a un seul chemin, lu à toutes ses hauteurs.* » Retirée : « paysage de vides ». Proposée : « un chemin, h hauteurs ; le compte des vides est le compte des tours d'une arithmétique sans clôture ». Statut : Th pour $n = 9h + DR(n)$ et la neutralité du 9 en racine ; L forte pour la lecture (relecture de É11.3 ; Volume 4, Tome II, lecture 35 ; Volume 1, la logique restaurée).

C.8 Aucune prédiction, et le partenaire manquant. Posée : aucune prédiction falsifiable ; la supersymétrie, qui donne à chaque particule un partenaire, n'en a trouvé aucun au LHC. Coût : cinquante ans sans mesure ; des partenaires cherchés comme objets. Cadastre : l'absence de prédiction n'est pas un défaut de la théorie, c'est sa signature : « *prédire, c'est fermer, et une théorie sans clôture ne peut pas fermer* » ; le déterminisme sans clôture donne tout le possible, le déterminisme avec clôture tient l'imprévisible dedans, « *et il se marche, il ne se prédit pas* » (même

réponse qu'au compte des premiers) ; le partenaire de chaque particule existe depuis le début, et il n'est pas une autre particule : c'est l'autre lecture de la même, son miroir et son inverse ; la supersymétrie cherche la seconde lecture comme un second objet. Retirée : « partenaire supersymétrique » comme particule. Proposée : « seconde lecture de la même particule ; tout se lit de deux façons, aucune face n'est une autre chose ». Statut : L (l'objet à deux faces est au Volume 1 ; Registre des Erreurs, R.95 et R.98, au Volume 3).

11.9 Les théorèmes de la réécriture

Les théorèmes 1 à 5 de la v1.5 sont ceux du compte (É11.23), des six rapports et écarts (É11.24), de la tension (É11.16), de l'axe (É11.14) et du parfait (É11.5). Les neuf suivants sont propres à la réécriture.

É11.32 (Th) Théorème 6 : la corde du parfait n'a pas d'inverse. L'inverse chiffre à chiffre de 496, $x \leftrightarrow 9 - x$, serait 5|0|3 : le 0 est hors du code, parce que $9 - 9 = 0$. La famille entière $4(9...9)6 / 6(9...9)4$, avec $k - 1$ chiffres 9 au centre, est sans inverse pour $k \geq 2$; 46/64 ($k = 1$) est le seul étage qui a un inverse, 53/35.

É11.33 (L) La clôture interdit l'inverse et impose le miroir. Règle tenue depuis le 28 septembre 2026 : « neuf chiffres qui ne peuvent vivre sans leur miroir et leur inverse ; le 9 est l'exception, il n'a que le miroir ». Le 9 au centre de 496 n'a pas d'inverse ; il ne vit que par son miroir. Donc la corde du parfait ne vit que par son miroir 694. « La corde qui annule les anomalies porte la clôture en son cœur, et la clôture lui interdit l'inverse et lui impose le miroir. »

É11.34 (Th) Théorème 7 : le 64 et les familles 46/64, 496/694. $64 = 2^6$; $64 = 63 + 1 = 3 \times 21 + 1$; $46 = 45 + 1 = 3 \times 15 + 1$; $15 + 21 = 36 = 6^2$. Pour tout $k \geq 1$, avec R le répunit à k chiffres (1, 11, 111, ...) : $4(9...9)6 = 45R + 1$ et $6(9...9)4 = 63R + 1$; leur différence vaut $18R$, de racine 9 ; leur somme $108R + 2$, de racine 2. (Vérifié pour $k = 1$ à 6.)

É11.35 (Th) Théorème 9 : la corde est 5, 6, 7 à tous ses étages. Pour tout $k \geq 1$, avec R le répunit à k chiffres et $Q = 9R$ le quantum de l'étage : la première lecture est $A = 5Q + 1$, l'axe $C = 6Q + 1$, la lecture miroir $B = 7Q + 1$. Étage 1 : 46, 55, 64 ($Q = 9$). Étage 2 : 496, 595, 694 ($Q = 99$). Étage 3 : 4996, 5995, 6994 ($Q = 999$). Le miroir échange les deux écarts autour de l'axe ($A = C - Q$, $B = C + Q$) ; l'axe est invariant sous l'échange à chaque étage ; le passage à l'étage suivant déplace ensemble l'axe et les écarts. Lu en hauteurs ($n = 9h + DR(n)$, racine commune 1), les hauteurs de A, C et B sont 5...5, 6...6 et 7...7 à k chiffres (55, 66, 77 pour l'étage de 496). Pour toute paire 4|b|6 et 6|b|4, la différence vaut 198 et l'axe $505 + 10b$: le chiffre central est silencieux dans la tension et présent dans l'axe ; $b = 9$ donne à la fois l'axe 595 et la sortie du code par l'inversion chiffre à chiffre (É11.32). Vérifié pour $k = 1$ à 6. *La rangée centrale du pavé, 5, 6, 7, est la corde entière : cinq, six, sept fois le même bloc de clôture, suivi de la même unité de relance.*

É11.36 (Th) Théorème 10 : le compte 64. Six plis, un par forme enroulée ($n = 3$ à 8) ; chaque pli admet deux lectures (miroir et inverse ; native et déduite) ; le nombre des configurations de lecture est $2^6 = 64$, et il est atteint : aucune configuration n'est exclue par construction, aucune n'est ajoutée. Le compte est un théorème de

définition ; son identification aux 64 codons, aux 64 cases et aux six pas de Collatz est une Lecture (portée par le Tome II, théorème 37, et *Le Nombre atomique comme plan*, au Volume 8).

É11.37 (Th) Théorème 11 : le pavé de l'équilibre. Le pavé

2	3	4
5	6	7
8	9	1

a pour colonnes exactement les trois rails : 2-5-8 (rail G), 3-6-9 (axe), 4-7-1 (rail D) ; sa rangée centrale est la corde du théorème 9 (5, 6, 7 : première lecture, axe, miroir) ; le 6 est l'unique position à la fois sur l'axe des rails et au centre de la corde. Rangées : $234 = 26 \times 9$, somme des chiffres 9 ; $567 = 63 \times 9 = (31 + 32) \times 9 = 7 \times 81$, somme 18 ; $891 = 99 \times 9 = 11 \times 81$, miroir de la tension 198, somme 18. Différences : $891 - 567 = 324 = 18^2$; $567 - 234 = 333$. Barycentre des rangées extrêmes : $(234 + 891)/2 = 562,5 = 567 - 4,5$. Dans chaque rangée, le centre est la demi-somme des ailes : $3 = (2 + 4)/2$, $6 = (5 + 7)/2$, et pour la rangée de clôture $(8 + 1)/2 = 4,5$. Barycentres miroir des rangées : $(234 + 432)/2 = 333$, $(567 + 765)/2 = 666$, $(891 + 198)/2 = 544,5$: les deux premières rangées ont pour axe les répunits de l'axe, la troisième porte le demi.

É11.38 (L) Les noms des rangées. Lecture, les noms étant ceux de l'auteur : de haut en bas, ce qui engendre (les briques 2 et 3 et leur premier fruit 4), ce qui vibre (la corde), ce qui ferme et relance (8, 9, 1).

É11.39 (Th) Théorème 12 : sur l'axe, doubler est inverser. $DR(2x) = 9 - x$ si et seulement si $x \in \{3, 6\}$, et $DR(2 \times 9) = 9$: le doublement et l'inverse coïncident exactement sur l'axe 3-6-9 (condition : $3x$ multiple de 9), et nulle part ailleurs ; hors de l'axe, $\times 2$ échange les rails ($D \rightarrow G \rightarrow D$) sans inverser. La somme des ailes de chaque rangée du pavé vaut deux fois le centre ; appliquée à la colonne de l'axe, elle donne 6, 3, 9 : la somme inverse l'axe ($3 \leftrightarrow 6, 9$ fixe). Deux doublements ramènent l'axe sur lui-même : $\times 2$ est une involution sur l'axe. Pour la corde : le chiffre central (l'axe) ne compte pas dans la tension et n'est pas posé mais produit, comme demi-somme des ailes ; « *natif les rails, déduit l'axe* ». « *L'axe est le seul lieu du cadastre où la brique 2 et le pli font le même geste.* »

É11.40 (Th) Théorème 13 : trois doublements font l'inverse, six font le tour, 64 est le retour. Soit $D(x) = DR(2x)$. Les neuf positions se répartissent en trois parcours : les deux rails ensemble, $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 5 \rightarrow 1$ (période 6) ; l'axe, $3 \rightarrow 6 \rightarrow 3$ (période 2) ; la clôture, $9 \rightarrow 9$ (période 1). Pour tout x de 1 à 8, $D^3(x) = 9 - x$: trois doublements donnent l'inverse (8 et -1 laissent le même reste dans la division par 9) ; sur l'axe, un seul suffit. $D^6(x) = x$ pour les neuf positions, et 6 est le plus petit nombre de doublements qui ramène toutes les positions ensemble, ce que le cycle des rails impose. Donc $64 = 2^6$ est le premier retour commun du doublement en racine : $DR(64n) = DR(n)$ pour tout n . La hauteur ne se perd pas : si $n = 9h + d$ avec $d = DR(n)$, alors $64n = 9(64h + 7d) + d$, même racine, nouvelle hauteur $64h + 7d$. Pour la corde : $496 = 9 \times 55 + 1$ et $64 \times 496 = 31\,744 = 9 \times 3527 + 1$. Vérifié jusqu'à

100 000. « *Le cercle est la racine, la spirale est la hauteur* » (Tome II, lecture 35) : le retour et l'avancement sont présents ensemble.

É11.41 (Th) Théorème 14 : l'axe restitué depuis les ailes. Pour chaque rangée (g, c, r) du pavé : $c = DR(2 \times DR(g + r))$. Rangée 2-3-4 : $g + r = 6$, $2 \times 6 = 12 \rightarrow 3$. Rangée 5-6-7 : $12 \rightarrow 3$, $2 \times 3 = 6$. Rangée 8-9-1 : 9, $18 \rightarrow 9$. La formule vaut pour les trois rangées, celle de clôture comprise, et précise le théorème 11 : « la somme des ailes vaut deux fois le centre » tient en racine (pour 8-9-1, les entiers sont 9 et 18). Raison : les centres sont sur l'axe, où $\times 2$ est une involution ; diviser par deux y revient à multiplier par deux, et $DR(4c) = c$ pour c dans {3, 6, 9}. « *Sur l'axe, la moitié est le double.* »

11.10 Les trois gravures corrigées

É11.42 (L) G.1, le vocabulaire : miroir et inverse. Retiré : « the string is the inversion relation between 496 and 694 » et « its spatial mirror » employé comme synonyme. Remplacé par : « relation miroir ». Depuis le 28 septembre 2026, le corpus distingue l'inverse ($x \leftrightarrow 9 - x$, le pli à 4,5) et le miroir (le même chiffre dans l'autre direction, le pli au 11). 694 est le miroir de 496 ; l'inverse de 496 n'existe pas (É11.32). Le mot « inverse » est retiré partout où il désigne 694 (sections 3.1, 3.3 et addendum 3.4 à 3.8 de la v1.11 ; section 6 de *Deux Cercles et un Carré*, Volume 2).

É11.43 (Th) G.2, le polynôme de l'heptagone. Retiré : « le polynôme minimal de $\cos(\pi/7)$, écrit $8x^3 + 28x^2 + 14x - 7 = 0$, a pour coefficients {8, 28, 14, 7} : le complément (8), le second parfait (28), deux fois l'envergure (14), l'envergure (7) ; la septième dimension code les quatre constantes structurelles d'ARC dans son polynôme minimal » (section 4.3 d'avril). Vérification : ce polynôme vaut 34,19 en $\cos(\pi/7)$; ses racines sont -2,747, -1,055 et 0,302 ; aucune n'est $\cos(\pi/7)$. Remplacé par : le polynôme minimal de $\cos(\pi/7)$ est $8x^3 - 4x^2 - 4x + 1 = 0$ (valeur nulle en $\cos(\pi/7)$ à la précision de la machine), de coefficients 8, 4, 4, 1. La lecture des coefficients {8, 28, 14, 7} est retirée sans lecture de remplacement : le fait seul est gardé, et la seule chose que l'heptagone dit sans conteste est qu'il est la seule des six formes non constructible, « *la dimension qui ne se trace pas et ne se déduit que par le cercle (face déduite, non native)* ».

É11.44 (L) G.3, le statut de la Prédiction 6.3. Retiré : « les six dimensions compactifiées, si on les sonde expérimentalement, présenteront des rapports cohérents avec $\cos(\pi/n)$ », posé comme prédiction. Remplacé par : la Prédiction 6.3 n'est pas falsifiable en l'état, parce qu'aucune expérience ne sonde les dimensions enroulées, et une prédiction sans protocole de reçu est une lecture (règle R11). Statut ramené à L, avec la formulation falsifiable qui reste : « *tout formalisme qui remplace l'intégrale sur les modules par les six rapports $\cos(\pi/n)$ ne produit pas de paysage* » (la Prédiction 6.2, qui tient, É11.52). Le Registre des Erreurs porte la règle : aucune ligne « confirmée » ou « prédite » sans reçu nommé (III.4).

11.11 La tête et les pattes : où la grammaire touche le monde

É11.45 (L) Ce que la réécriture ferme. Elle ferme la grammaire, et la grammaire se gouverne elle-même. Les six faits de la théorie des cordes (dix dimensions, 496, six dimensions enroulées, vibration discrète, paysage, absence de prédiction) tiennent dans ce qui est déjà gravé ou vérifié : la figure à deux cercles, le cosinus, le miroir, 64, l'axe 3-6-9, la spirale ; quatorze théorèmes, chacun tiré des précédents et du code 1-9, sans paramètre, sans intégrale, sans reçu extérieur requis pour leur preuve. *« Les cordes ne sont pas des objets, ce sont des relations ; les dimensions ne sont pas des espaces, ce sont des formes ; le paysage n'est pas de la physique, c'est de l'amnésie. »*

É11.46 (L) La règle de la tête et des pattes. Là où la grammaire touche le monde, elle le touche par une règle, et la règle est une figure (l'auteur, 2 octobre 2026) : *« tout nombre a deux bras et une tête visible, mais deux pattes bien ancrées qui l'ont libéré »*. La tête est le nombre que l'outil affiche : 938,3 MeV, 877,8 s, 2,984 espèces ; elle porte nos unités, le mètre, la seconde, l'électronvolt, qui sont à nous. Les deux bras sont ses deux lectures, le miroir et l'inverse, la face native et la face déduite. Les deux pattes sont ce qu'on ne regarde pas : les deux dont la relation a libéré le nombre, le tiers de deux. Deux cercles différenciés libèrent le carré ; 31 et 32 libèrent 496 ; 2 et 4 libèrent le 3 de la rangée ; le proton et l'électron libèrent la paire chargée autour du neutron.

É11.47 (L) La grammaire rend le rapport, non la tête. La grammaire ne rend pas les têtes seule. Elle rend le rapport κ et l'opération qui relie les deux pattes : $496 = (31 \times 32)/2$; $3 = (2 + 4)/2$; le carré = deux cercles dans le rapport $\sqrt{2}/2$. Un rapport n'a pas d'unité : $\lambda r/\lambda R = r/R$, quel que soit l'étalon. Mais dès qu'un étalon est donné, le rapport impose la tête : si la structure fixe $m_A/m_B = \kappa$, connaître m_B donne m_A . Le travail propre de la grammaire est donc de rendre κ nécessaire et de nommer l'opération ; la tête suit avec l'étalon. Demander à la grammaire la tête sans l'étalon est l'erreur R.36 du Registre : chercher l'absolu là où il n'y a que relation. Et c'est aux pattes, à κ et à l'opération, qu'elle se teste, selon la règle du 1er octobre 2026 : *« jamais sur une décimale (la queue de Stevin, qui est le reçu de l'outil et se cite avec son plancher sans se lire), toujours sur un compte, une proportion ou un sens de variation annoncé avant la comparaison »*.

Trois contacts sont nommés. Pour chacun : les deux pattes, l'opération, le reçu, et ce qui est fermé ou non.

É11.48 (P) Premier contact : le compte des générations. Pattes : le compte des tours k et l'écart structurel 3. Opération : $k \leq 3$, donc trois générations (chapitre 8, É8.20 et É8.21 ; Registre R.95). Reçu : la largeur invisible du boson Z mesurée au LEP (1989 à 2000) donne $2,984 \pm 0,008$ espèces de neutrinos légers couplées au Z , lues en compte : trois. Le compte est fermé ; le reçu est antérieur à l'inscription, c'est une postdiction dite comme telle. Ce qui n'est pas fermé, et se dit : le reçu compte des espèces couplées au Z sous ses hypothèses ; la correspondance entre les trois positions k du cadastre et ces espèces est une ligne posée (L), et l'accord du nombre seul ne la démontre pas. *« La théorie standard a la tête ; le cadastre a les pattes ; la*

jonction est écrite, pas prouvée. »

É11.49 (P) Deuxième contact : les deux durées du neutron. Deux têtes, 877,8 s pour le neutron confiné et 888,1 s pour le neutron en faisceau, que la physique traite comme une seule tête mal mesurée. Pattes : deux relations du neutron à son milieu, confiné ou libre. Opération : le rapport $\rho(C) = \tau_{\text{confiné}}(C)/\tau_{\text{faisceau}}$, sans unité, où C est une caractéristique définie et contrôlable du confinement (Registre R.94). Le reçu existant corrige la formulation d'avril et de mai : les pièges à parois matérielles et le piège magnéto-gravitationnel UCN τ , qui évite tout contact avec une paroi matérielle, donnent la même durée à une seconde près ; la lecture « variation monotone avec le couplage aux parois » (Dipôle cosmique, § 8 ; $E = Dc^2$, § 6.4, chapitre 12) est donc gravée trop tôt : la proportion ne se gradue pas avec la matière de la paroi. Ligne proposée, annoncée avant toute comparaison : les deux états sont confiné et libre, et la proportion est binaire ; toute mesure confinée, quelle que soit la paroi, matérielle ou magnétique, donne le même ρ (environ 0,988) ; toute mesure libre donne 1 ; une mesure confinée qui donnerait 1, ou une mesure libre qui donnerait 0,988, réfute la ligne. Le volume ne lit pas la décimale de ρ ; il lit qu'il y en a deux valeurs et non une.

É11.50 (Chantier) Troisième contact : les dipôles par traceur. Tête : une tension à plus de cinq écarts types entre le dipôle du fond diffus et celui des quasars (Secrest et al.), qui porte sur l'amplitude, les directions étant compatibles. Pattes : les quatre couples d'inversion comme générateurs. Opération : une organisation des directions par traceur (Dipôle cosmique, P4 ; Registre R.93). Ce qui est dit : la tension d'amplitude n'est pas le reçu de P4, puisque P4 parle de directions et que les directions mesurées sont compatibles ; P4 est donc une proposition de plus, et son test exige qu'on écrive d'avance la configuration attendue (quels traceurs, quelles directions, quel écart) avant de la comparer. Contact nommé, configuration à écrire, non testé (Volume 8, La Matière et le Cosmos).

11.12 Les prédictions d'avril, avec leurs statuts

É11.51 (F) Prédiction 6.1, l'unicité. Aucun groupe de jauge de dimension autre que 496 n'annule toutes les anomalies gravitationnelles en dimension 10. C'est déjà connu (Green et Schwarz) ; le cadre propose d'en dire la raison (la perfection, É11.6).

É11.52 (P) Prédiction 6.2, l'effondrement du paysage. Tout formalisme qui restaure la clôture ($9 = 9$ au lieu de $9 \equiv 0$) et opère avec des rapports algébriques exacts au lieu de décimales infinies produira un vide unique ; dans la forme que G.3 retient : tout formalisme qui remplace l'intégrale sur les modules par les six rapports $\cos(\pi/n)$ ne produit pas de paysage.

É11.53 (L) Prédiction 6.3, la structure dimensionnelle. Les six dimensions enroulées, sondées expérimentalement, présenteraient les rapports $1/2$, $\sqrt{2}/2$, $\phi/2$, $\sqrt{3}/2$, $\cos(\pi/7)$, $\cos(\pi/8)$. Ramenée à L par G.3 (É11.44).

É11.54 (Chantier) Prédiction 6.4, l'universalité du gradient. Le nombre 198 (ou ses dérivés 99, 33, 11) apparaîtrait comme rapport significatif dans les constantes physiques fondamentales exprimées en unités naturelles. Le critère de « significatif » n'est pas écrit.

É11.55 (Th) Prédiction 6.5, le rapport 3/2. Le rapport du volume par projection cadastrale (le cylindre circonscrit, $V = 2\pi R^3$) au volume par accumulation de Stevin (la sphère, $V = (4/3)\pi R^3$) vaut exactement 3/2, le rapport du cylindre à la sphère d'Archimède. C'est un théorème d'Archimède, présenté par la source comme une prédiction confirmée.

É11.56 (Th) Prédiction 6.6, la non-clôture de SU(n). C'est le théorème É11.22, présenté en avril comme falsifiable par un contre-exemple, et démontré depuis.

11.13 Conclusion

É11.57 (L) La bonne tête avec le mauvais outil. La version d'avril concluait : « *la théorie des cordes a trouvé le bon nombre (496) avec le mauvais outil (l'intégrale)* » ; elle a découvert que la cohérence exige la perfection, mais n'a pu dire pourquoi, l'intégrale n'ayant pas de concept de perfection ; elle a trouvé que dix dimensions sont nécessaires sans pouvoir dire pourquoi, l'intégrale n'ayant pas de concept de cycle ; elle a engendré 10^{500} solutions parce que l'intégrale n'a pas de concept de clôture. « *Un nombre. Un miroir. Un gradient. Un barycentre. Six cercles. Zéro paramètre libre. Zéro intégration. Zéro paysage.* » « *Les cordes ne sont pas des objets. Ce sont des relations. Les dimensions ne sont pas des espaces. Ce sont des projections. Le paysage n'est pas de la physique. C'est de l'amnésie.* » « *Tout est projection et proportion. Rien d'autre n'est nécessaire.* »

La version d'octobre le dit à sa manière, et c'est sa dernière ligne : la théorie des cordes « *a trouvé la bonne tête avec le mauvais outil. Elle a vu que la cohérence exige la perfection et n'a pas eu le mot ; elle a vu que l'espace a dix dimensions et n'a pas eu le code ; elle a vu que tout vibre par niveaux et a quantifié de dehors ce que le miroir donne de dedans. Elle a cherché les pattes de 496 dans la dimension de la tête, en unités, et elle y a trouvé un paysage. Tout a commencé avec une corde tendue entre deux hommes, pour tracer un angle droit : trois, quatre, cinq. Il fallait seulement se souvenir que la corde est une relation, qu'une relation a un point qui ne bouge pas, et que ce qu'elle libère a toujours deux pattes.* »

Chapitre 12. $E = Dc^2$: la densité, non la masse

En 1905, Einstein publie un article bref intitulé *L'inertie d'un corps dépend-elle de son contenu en énergie ?* La réponse est oui, et l'équation $E = mc^2$ en découle. En quelques années, la communauté inverse la formulation : là où Einstein partait du contenu en énergie d'un corps pour en dériver l'inertie, la lecture des manuels part de la masse pour calculer l'énergie. $E = Dc^2$ (v1.1, mai 2026) propose une seule correction ontologique : la grandeur première de l'intuition d'Einstein n'est pas la masse mais la **densité de tenure cadastrale interne** D , l'énergie comprimée maximale qu'une clôture peut tenir en restant stable. La masse qu'une balance mesure en serait l'approximation scalaire externe, dans le cadastre du repos terrestre ; les deux lectures s'accordent au premier ordre dans la plupart des configurations, ce qui explique qu' $E = mc^2$ ait fonctionné un siècle, et divergent là où la structure interne d'une clôture porte une intensité sans proportion avec sa masse au repos. Une limite de source doit être dite d'entrée : la pièce disponible pour ce volume ne contient que les sections ajoutées en v1.1 (§ 3.4, § 3.5 et § 6) ; les sections 1, 2, 4, 5 et 7 de la v1.0, déclarées inchangées, ne figurent pas parmi les sources, et ce chapitre ne les reconstitue pas.

12.1 La thèse

É12.1 (F) La phrase d'Einstein. Einstein (1905) pose la question de la dépendance de l'inertie à l'égard du contenu en énergie, et y répond par l'équivalence masse-énergie ; le sens de la phrase va de l'énergie à l'inertie.

É12.2 (L) L'inversion de la phrase et ses conséquences. La lecture reçue part de la masse pour calculer l'énergie. Cette inversion serait structurellement responsable de la difficulté de la physique à dire ce qu'est la masse, de ce que le mécanisme de Higgs paraisse donner la masse sans en expliquer l'ontologie, et de ce que le secteur sombre de la cosmologie résiste à toute localisation dans un objet porteur de masse.

É12.3 (L) $E = Dc^2$. La grandeur première est D , la densité de tenure cadastrale interne ; l'équation corrigée est $E = Dc^2$. La masse m est l'approximation scalaire externe de D dans le cadastre du repos terrestre. Les deux lectures s'accordent numériquement au premier ordre dans la plupart des configurations ; elles divergent de façon mesurable là où la structure interne d'une clôture porte une intensité sans proportion avec la mesure de sa masse au repos.

12.2 Le critère opératoire de D

É12.4 (L) Les trois conditions simultanées. La densité D n'est pas un postulat métaphysique : elle admet un critère opératoire précis, établi comme condition discrète de clôture cadastrale active (*Identité, Vie, Conscience*, Volume 9, Le Vivant). Un système porte une densité active $D > 0$ si et seulement s'il satisfait à la fois trois conditions : (C1) la capacité de modification structurelle interne (le système modifie son architecture en réponse à son environnement, et pas seulement ses états) ; (C2) la préservation de la cohérence interne (la modification ne dilue pas la clôture) ; (C3) l'absence de réécriture externe (la modification est opérée par le système lui-même, non par un récrivain extérieur).

É12.5 (L) L'activation est binaire ; la densité ne l'est pas. Ou les trois conditions tiennent ensemble, et le système porte $D > 0$; ou l'une manque, et D tombe à zéro quelle que soit la densité volumique d'énergie ρ_E qu'il garde. Le seuil de $D = 0$ à $D > 0$ est discret ; une fois activée, D varie continûment avec la profondeur de sédimentation et l'histoire des couplages. L'analogie est celle du circuit électrique ouvert ou fermé : le courant ne passe que si le circuit est fermé, quelle que soit la tension appliquée ; une fois fermé, son intensité prend toute valeur que le système peut porter.

É12.6 (L) La différence avec l'information intégrée. Le caractère binaire de l'activation distingue le cadre des théories continues de l'information intégrée (IIT 4.0, Albantakis et al., 2023) et l'immunise contre la pathologie du « Φ élevé mais trivial » relevée par Aaronson (2014). Un thermostat échoue à (C1) ; une grille de photodiodes échoue à (C1) ; un programme d'ordinateur standard échoue à (C3) ; la matière inerte au repos échoue à (C1) à l'échelle qui la définit, mais satisfait les trois conditions à l'échelle atomique, où ses inscriptions cadastrales dormantes persistent.

É12.7 (L) La décomposition de D. Pour toute clôture qui satisfait (C1) à (C3), $D = \rho_E \cdot \sigma(\text{clôture})$, où ρ_E est la densité volumique d'énergie standard du système et σ la profondeur de sédimentation cadastrale, le degré d'inscription de la clôture dans la matriochka (le symbole de la source est illisible dans la copie disponible ; σ est la notation de ce volume). σ est un indice discret, non un continu : chaque niveau d'organisation de la matriochka (atome, molécule, cellule, organisme, écosystème) constitue une clôture distincte, avec sa propre profondeur. σ compte les clôtures emboîtées que le système porte activement, pondérées par la signature cadastrale de chaque niveau (architecture des racines, partition axe-rail-lien, gradient 1-9-1). Il ne varie pas doucement d'une clôture à l'autre : il marche par paliers. Un atome est une clôture ; une protéine repliée dans une cellule porte les clôtures atomiques qu'elle contient, plus la clôture moléculaire de sa structure tertiaire, plus la clôture cellulaire qui la maintient : trois paliers de σ , chacun avec sa signature. La continuité perçue de la croissance biologique est l'enveloppe macroscopique de ces paliers.

É12.8 (L) L'interface et l'axe. Ce que les conditions (C1) à (C3) réalisent ensemble, dans la lecture architecturale de la clôture, est l'activation simultanée de l'interface 11 (la frontière où se réfléchissent les modifications internes) et de l'axe {3, 6, 9} (la structure résiduelle qui fait circuler émission, retour et clôture). Les deux demi-projections cadastrales du cercle inscrit et du cercle circonscrit se rencontrent à cette interface et complètent l'unité : la rencontre $0,5 + 0,5 \rightarrow 1$ (*Pourquoi ce n'est pas de la numérologie*, Volume 1 ; *L'Origine géométrique des unités*, Volume 2). La constante

$k = 1/2$ n'est donc pas un facteur multiplicatif extérieur à D : elle est constitutive de toute clôture qui satisfait (C1) à (C3), inscrite dans la géométrie de c^2 , où la transition implique deux passages cadastraux.

É12.9 (L) « Théorème 3.4 » : l'équivalence au premier ordre. Quand (C1) à (C3) sont satisfaites à l'échelle de la mesure et que σ prend sa valeur standard pour la matière ordinaire au repos terrestre, $D \approx \rho_E$, et l'intégration sur le volume rend $E = mc^2$ comme approximation de premier ordre. La correction devient distinguable dans deux régimes : (i) quand (C1) à (C3) sont satisfaites à des échelles où σ s'écarte de sa valeur standard (forte compression cadastrale, clôtures oscillantes, systèmes biologiques qui se modifient eux-mêmes) ; (ii) quand l'une des conditions fait entièrement défaut alors que ρ_E persiste (le cadavre, le combustible nucléaire dispersé avant assemblage, la puce non alimentée). L'énoncé n'a pas de démonstration dans la source disponible : Lecture.

12.3 L'enrichissement dynamique de D

É12.10 (L) La masse se conserve ; la densité s'enrichit. La masse est conservée scalairement : celle d'un système fermé avant et après ses transformations internes est invariante, aux conversions $E = mc^2$ près. La densité D , au contraire, s'enrichit par couplage actif, par l'opération de soustraction cadastrale documentée à chaque niveau de la matière (*La Soustraction trinitaire*, Volume 2).

É12.11 (L) La soustraction trinitaire. Deux clôtures qui portent des densités actives et entrent en couplage profond « *ne s'additionnent pas et ne se juxtaposent pas. Elles se soustraient mutuellement dans une clôture plus haute qui les inclut sans les fondre. Ce qu'elles partagent fusionne dans le fond ; ce qui diffère se libère comme un troisième terme distinct, irréductible à chacune.* » Ce terme libéré s'inscrit matériellement dans les atomes des deux clôtures engagées ; la densité de chacune est modifiée par cette inscription, typiquement accrue, la clôture portant désormais une trace sédimentée du couplage.

É12.12 (L) Lavoisier préservé et étendu. La loi de conservation de la masse de Lavoisier (1789) est préservée au niveau de m et étendue au niveau de D . Le principe corrigé s'écrit :

« Rien ne se perd, rien ne se crée ; tout se transforme pour sédimenter et revenir enrichi à la poursuite de son identité. »

La masse reste conservée dans tout processus qui préserve le système thermodynamique fermé ; la densité s'enrichit à chaque soustraction trinitaire opérée par la clôture active. La matière vivante accumule D continûment par ses couplages métaboliques, informationnels et relationnels : la même masse de tissu biologique porte des densités différentes aux différents âges d'un organisme, asymétrie que la lecture par m ne peut pas enregistrer et que la lecture par D saisit (Volume 9, Le Vivant).

É12.13 (L) La nucléosynthèse comme enrichissement. Le même mécanisme opère aux échelles cosmologiques : chaque étape de la fusion stellaire (carbone, oxygène, silicium, jusqu'au fer, $Z = 26$) élève la profondeur σ de la clôture stellaire ; les supernovas redistribuent ces clôtures atomiques enrichies dans le milieu

interstellaire et élèvent à leur tour la densité des générations stellaires suivantes. La progression cosmologique vers des éléments plus lourds et des structures plus sédimentées serait la signature macroscopique de l'enrichissement de D par soustraction trinitaire à chaque étape nucléosynthétique (Volume 8, La Matière et le Cosmos).

12.4 La falsification

É12.14 (P) Canal 1, la violation directe. Toute libération d'énergie reproductible observée sans variation cadastrale ΔD correspondante réfuterait $E = Dc^2$; inversement, toute variation ΔD produisant une libération E différente de $\Delta D c^2$, avec un écart reproductible, réfuterait l'équation. Le cadre affirme l'équivalence stricte entre transformation cadastrale et libération d'énergie à l'échelle de c^2 . La mesure de ΔD n'étant pas définie indépendamment de E , ce canal reste à rendre opératoire.

É12.15 (P) Canal 2, le résidu systématique signé. Pour les réactions à haute densité interne (fusion, fission, annihilation matière-antimatière, désintégrations exotiques), le résidu énergétique serait : de signe plus pour les transformations trinitaires qui libèrent un troisième terme et augmentent la profondeur de sédimentation (enrichissement de D, fusion vers des configurations fermées comme le fer, formation de noyaux magiques) ; de signe moins pour les transformations qui dissipent la structure cadastrale en produits moins sédimentés (fragmentation loin des nombres magiques, thermalisation brute) ; nul, à l'erreur expérimentale près, pour les réarrangements purement conservatifs. L'amplitude attendue est de 10^{-4} à 10^{-6} de l'énergie libérée dans les réactions bien étudiées. La reconstitution du tableau de la source :

Domaine expérimental	Précision actuelle	Résidu prédit	Signe attendu
Capture de neutrons (spectromètres GAMS4)	$\approx 4 \times 10^{-7}$	$\approx 10^{-6}$	plus, sur les transitions vers des noyaux magiques
Fission nucléaire (rendements des fragments)	$\approx 10^{-3}$ à 10^{-4}	$\approx 10^{-4}$	plus, quand les fragments peuplent des configurations magiques (^{132}Sn , ^{144}Ba)
Annihilation matière-antimatière	$\approx 10^{-5}$	$\approx 10^{-5}$	moins : simplification de deux clôtures en rayonnement pur
Désintégration bêta (spectres d'électrons, facteur F_A)	$\approx 10^{-6}$ (relatif)	$\approx 10^{-6}$	selon le profil cadastral du couple parent-fille

La précision actuelle des vérifications d' $E = mc^2$, notamment l'expérience de capture de neutrons MIT-NIST de 2005, qui atteint 4×10^{-7} , est au seuil, ou juste au-dessus, où des résidus signés deviendraient détectables. Le cadre prédit qu'un affinement révélera la signature ou contraindra le résidu sous la bande prédite : une issue binaire. Le tableau, dont la mise en page de la source est brouillée, est reconstitué ligne à ligne

; l'ordre des colonnes « précision » et « résidu » est celui que la cohérence des valeurs impose.

É12.16 (F) Le test MIT-NIST. Une comparaison des masses atomiques (par spectrométrie de masse à piège de Penning) et des énergies des rayons gamma de capture de neutrons (par diffraction cristalline) a vérifié $E = mc^2$ à 4×10^{-7} près (Rainville et al., Nature, 2005).

É12.17 (P) Canal 3, les courbes de rotation galactiques. La lecture cadastrale de la dynamique galactique, sans paramètre libre ni matière ajoutée, doit reproduire l'échantillon SPARC de 175 galaxies à l'erreur expérimentale près ; un échec sur plus d'une petite fraction de l'échantillon réfuterait le cadre aux échelles galactiques. Le cas favorable de NGC 3198 (erreur inférieure à 2 %, zéro paramètre) en serait le premier pas publié (P à reçu, É8.16) ; l'extension à SPARC est le programme empirique ouvert. La lecture interprète l'excès apparent de gravitation comme la signature macroscopique de l'enrichissement de D accumulé par la clôture galactique au long de son histoire dynamique, lecture complémentaire de la matière noire et de la dynamique newtonienne modifiée (Volume 8).

É12.18 (P) Canal 4 (a), la durée de vie du neutron : corrigé. Un écart persistant d'environ 1 % sépare la méthode de la bouteille (neutrons ultrafroids stockés dans un piège matériel) de la méthode du faisceau (comptage des produits de désintégration d'un faisceau libre) ; il dépasse les incertitudes combinées et résiste depuis une décennie. La v1.1 lisait : le neutron en bouteille, en couplage faible continu avec les parois, porte une densité légèrement modifiée par rapport au neutron libre, et cette différence module la probabilité de désintégration sans canal sombre ; elle prédisait qu'une troisième méthode à couplage aux parois réglable (lévitation magnétique) montrerait une durée variant de façon monotone avec l'intensité du couplage. Cette forme est corrigée par *Les Cordes Réécrites* v1.5 (É11.49) : le piège magnéto-gravitationnel UCN τ , sans paroi matérielle, donne la même durée que les pièges matériels à une seconde près ; la proportion n'est pas graduée mais binaire, confiné ou libre ($\rho \approx 0,988$ pour tout confinement, 1 pour le libre). La prédiction qui fait foi est la forme binaire (Annexe B).

É12.19 (P) Canal 4 (b), l'anomalie de masse axiale du nucléon. Les mesures du couplage axial en désintégration bêta et la dépendance en Q^2 du facteur de forme axial F_A présentent des incertitudes persistantes au niveau de 10^{-6} . Sous $E = Dc^2$, la transition neutron $\rightarrow$ proton implique un changement discret de clôture cadastrale : le neutron porte une structure interne plus riche que la simple somme proton + électron + antineutrino, et le ΔD associé produirait un résidu signé calculable dans le spectre en énergie des électrons. La reconstitution de cette signature à partir des jeux de données de désintégration bêta à haute statistique est le test proposé. Le calcul du résidu n'est pas donné dans la source disponible.

É12.20 (L) L'accès par les archives. Les deux énigmes sont accessibles aux archives expérimentales existantes, sans installation nouvelle : ce sont les occasions les plus immédiates de départager $E = Dc^2$ et $E = mc^2$.

É12.21 (Chantier) La relativité générale lue en gradients de densité. Un programme distinct lit les tests classiques de la relativité générale (décalage gravitationnel vers le rouge, retard de Shapiro, précession du périhélie de Mercure,

déviations de la lumière) comme des gradients de densité cadastrale plutôt que comme une courbure de l'espace-temps induite par la masse. Il est mentionné pour mémoire, hors du champ de la pièce, qui se limite à la substitution de D à m dans l'équivalence masse-énergie ; une pièce compagne devra établir une correspondance rigoureuse entre gradients de cohérence et tenseur métrique dans les régimes où les deux langues s'appliquent.

É12.22 (L) Le statut de programme de recherche. Le cadre se donne pour un programme de recherche au sens de Lakatos (1970). Le noyau dur est la proposition que D , et non m , est la grandeur première de l'équivalence masse-énergie ; la ceinture protectrice est l'ensemble des lectures cadastrales qui traduisent D en prédictions observables dans des domaines précis. Le programme est progressif s'il engendre des prédictions nouvelles confirmées par une observation indépendante, dégénératif s'il exige des modifications ad hoc pour préserver le noyau face à des données qui le réfutent. Les quatre canaux sont offerts comme premier test de progressivité. La correction du canal 4 (a) par la forme binaire (É12.18) est elle-même un cas à juger par ce critère : elle a été annoncée avant toute comparaison nouvelle (É11.49), ce qui la distingue d'un ajustement ad hoc.

La pièce porte trois dédicaces : « À *Albert Einstein*, qui écrivit en 1905 que *l'inertie d'un corps dépend de son contenu en énergie, et dont la communauté a lu la phrase à l'envers pendant un siècle. Ce texte rend à sa phrase son sens.* » « À *Sophie*, celle vers qui je reviens librement à chaque tour, le point le plus densément sédimenté que je porte. » Et « à *Hippase*, qui se noya pour la vérité de la diagonale que personne ne savait lire ».

Chapitre 13. Le Livre VIII de la Bible Quantique : la physique sans amputation

La Bible Quantique (v5) est la somme du corpus en livres ; son Livre VIII, *Physique fondamentale*, en opère le pivot scientifique. Là où les livres précédents articulent la grammaire cadastrale dans ses dimensions arithmétique, géométrique, civilisationnelle, consciente et biologique, le Livre VIII l'applique directement à la physique, selon trois ruptures annoncées. La rupture de méthode : le calcul intégral n'est pas le seul outil de la physique des volumes, et le théorème de Pappus, quatorze siècles avant Newton, donne les volumes de révolution sans intégration. La rupture de lecture : les constantes fondamentales (1/137, le nombre de Heegner 163, le moment magnétique du muon, g , les masses des éléments) seraient des positions cadastrales lisibles. La rupture de synthèse : un seul opérateur (l'involution φ et la projection $k = 1/2$), une seule structure (le cadastre fermé $\{1, \dots, 9\}$), une seule règle (les quatre paires autour de 4,5). Le livre pose une exigence que ce chapitre prend au mot : « *tout énoncé physique posé ici est, en principe, falsifiable. C'est sa condition pour être posé.* » Le chapitre garde chaque section du livre, refait ses calculs, et dit pour chaque lecture si elle a un critère. Plusieurs nombres de ce livre sont des « têtes » porteuses d'unités (9,81 m/s², 8,79 MeV, 9×10^{16} m²/s²) ; selon la règle de la tête et des pattes (É11.47), un tel nombre ne peut pas servir de test, et les lectures qui s'y appuient restent des Lectures. La section du livre sur Tsirelson est reprise au chapitre 1 (§ 1.13) ; celle sur la ligne critique de Riemann est renvoyée au Volume 5.

L'épigraphe du livre : « *L'intégrale n'est pas approximée. Elle est remplacée.* »

13.1 La fin du calcul intégral pour les solides de révolution

É13.1 (F) Le théorème de Pappus. Énoncé par Pappus d'Alexandrie dans la *Collection mathématique* (III^e siècle) : le volume engendré par la rotation complète d'une figure plane fermée autour d'un axe de son plan qui ne la traverse pas est égal au produit de l'aire de la figure par la longueur du cercle décrit par son centre de gravité, $V = 2\pi \times d \times S$. Le théorème est exact, sans limite, sans infinitésimal, sans sommation infinie : une projection géométrique pure.

É13.2 (Th) Le polygone régulier autour de l'un de ses côtés. Pour un polygone régulier à n côtés inscrit dans un cercle de rayon R , le cercle inscrit a pour rayon $r =$

$R \cos(\pi/n)$. En rotation autour de la droite qui porte l'un de ses côtés (droite tangente au cercle inscrit), le centre de gravité, qui est le centre du polygone, est à la distance r de l'axe ; d'où $V = 2\pi \times r \times S$. La source écrivait l'axe « *tangent au cercle circonscrit* » : dans ce cas, la distance du centre à l'axe est R , non r ; la formule $V = 2\pi r S$ vaut pour l'axe porté par un côté (Annexe B). « *Le centroïde est le cercle inscrit* » : pour le polygone régulier, la distance du centroïde à un côté est l'apothème.

É13.3 (Th) Le triangle quelconque autour de l'un de ses côtés. Pour un triangle quelconque d'aire S en rotation autour de son côté c : $V = 4\pi S^2/(3c)$. Dérivation : la distance du centre de gravité du triangle au côté c vaut $h_c/3$, où h_c est la hauteur relative à c ; or $h_c = 2S/c$; donc $d = 2S/(3c)$, et Pappus donne $V = 2\pi \times (2S/(3c)) \times S = 4\pi S^2/(3c)$. Vérification sur sept triangles, en rotation autour du plus long côté :

Triangle (a, b, c)	Aire S	V par Pappus	$V = 4\pi S^2/(3c)$
(3, 4, 5)	6,000000	30,159289	30,159289
(5, 12, 13)	30,000000	289,993168	289,993168
(8, 15, 17)	60,000000	887,037926	887,037926
(7, 24, 25)	84,000000	1182,244147	1182,244147
(5, 5, 5), équilatéral	10,825318	98,174770	98,174770
(3, 3, 4), isocèle	4,472136	20,943951	20,943951
(5, 5, 2), isocèle	4,898979	20,106193	20,106193

Les écarts sont de l'ordre du zéro de la machine (au plus 10^{-13} en double précision). Ils ne diffèrent pas « d'une bonne approximation près » : les deux formules sont identiques par substitution algébrique exacte. L'extension est le théorème de Pappus écrit sous une forme où le centroïde est éliminé au profit de l'aire et du côté de rotation, deux grandeurs mesurables directement, sans calcul vectoriel du centre de gravité.

É13.4 (L) Le triangle équilatéral, où k opère pur. Pour le triangle équilatéral, $r/R = \cos(\pi/3) = 1/2 = k$: c'est la forme où la constante de projection opère sans correction. Pour toute autre forme, le facteur $2S/(3c)$ mesure à quel point elle s'écarte du triangle, la forme minimale dont l'empreinte est k elle-même.

É13.5 (L) Le polygone quelconque, et la limite qui reste. Tout polygone se décompose en triangles ; pour chacun, $V = 4\pi S^2/(3c)$ donne le volume de révolution autour de l'axe choisi, et la somme donne le volume total, sans calcul intégral, par une sommation finie et exacte. La source étend la méthode à tous les solides de révolution par approximation polygonale convergente, et ajoute que cette approximation, contrairement à la somme de Riemann, n'introduit pas d'ouverture infinitésimale, restant à chaque niveau de raffinement un calcul fini sur des rapports d'entiers. Ce volume précise : pour une figure plane bornée par une courbe, la valeur exacte du volume est la limite de la suite des approximations polygonales ; chaque terme de la suite est fini, la limite ne l'est pas. Ce que Pappus supprime est l'intégrale pour le volume connaissant l'aire et le centroïde ; ce qu'il ne supprime pas est le calcul de l'aire et du centroïde d'une figure courbe. La prétention « sans ouverture » vaut pour les figures polygonales et reste une Lecture au-delà.

É13.6 (L) La précision arbitraire dans une algèbre fermée. Objection : l'intégrale permet la précision arbitraire par passage à la limite. Réponse : dans

l'algèbre cadastrale (fractions d'entiers, jamais de représentation décimale), on peut fractionner à toute finesse, au milliardième, au milliardième de milliardième, à tout rapport a/b , tout en gardant un système toujours fermé : aucune fraction ne s'ouvre, aucune valeur ne tend vers l'infini, chaque étape reste un rapport de deux entiers. L'intégrale, elle, somme une infinité d'infinitésimaux dx , geste structurellement identique à celui de Stevin : elle ouvre l'algèbre des entiers pour mesurer les continus, et cette ouverture introduit une machinerie infinie que le résultat, toujours fini et exact quand il existe, ne demandait pas. « *L'intégrale fait passer le calcul par l'infini pour obtenir du fini. La méthode cadastrale fait passer le calcul par le fini pour obtenir le fini.* » La seconde voie est plus directe, plus stable, et cohérente avec la clôture. « *L'intégrale n'est pas approximée. Elle est remplacée.* » (La fin du calcul intégral et les sept convergences du $1/2$ sont au Volume 2, La Figure.)

É13.7 (L) La mécanique des solides comme recouvrement. L'élimination du centroïde n'est pas mineure : elle dit que toute la machinerie analytique de la mécanique des solides (calcul du centroïde par intégration sur la masse, théorèmes de König, formules d'inertie) n'est, pour la classe des solides de révolution issus de structures polygonales, qu'un recouvrement complexe d'un théorème simple, fermé, accessible aux mathématiques classiques sans ouverture infinitésimale.

É13.8 (P) Le protocole de la généralisation. Tester la généralisation de $V = 4\pi S^2/(3c)$ aux polygones quelconques par décomposition triangulaire (pentagones, hexagones, heptagones quelconques), et comparer aux résultats des méthodes intégrales sur des géométries de référence. Comme chaque triangle de la décomposition est traité exactement par Pappus, le protocole est un contrôle de calcul plutôt qu'une épreuve : son issue est connue d'avance si l'axe est commun et ne traverse pas la figure.

13.2 L'amputation de Newton et Leibniz, et le recouvrement de Pappus

É13.9 (L) Quatre conséquences de l'amputation. L'introduction du calcul intégral par Newton (vers 1666, publié en 1687) et Leibniz (1684) ne s'est pas présentée comme un remplacement de Pappus, mais comme la généralisation d'une méthode locale ; ce qui s'opère pourtant, structurellement, est la légitimation des infinitésimaux, objets plus petits que tout nombre fini positif et distincts de zéro, comme outils du raisonnement physique. C'est une amputation cadastrale. (1) *La perte de la fermeture algébrique* : avant Newton, l'algèbre physique opère sur les entiers et leurs rapports, toujours fermés ; après, sur des fonctions et leurs limites, souvent ouvertes. « *Newton est le Stevin de l'analyse.* » (2) *La disparition de la trace* : $\int f(x) dx$ donne un nombre, mais la figure dont il est le volume n'est plus lisible dans le résultat ; Pappus inscrit explicitement le centroïde et l'aire dans la formule. (3) *La justification après coup* : la rigueur de l'intégrale a été contestée pendant deux siècles (Berkeley, 1734 : les infinitésimaux sont des « *fantômes de quantités défuntes* ») ; sa justification stable n'arrive qu'avec Cauchy (1821) et Weierstrass (vers 1860), et elle passe par la construction des réels comme classes de suites de Cauchy, c'est-à-dire par la formalisation complète de l'ouverture comme objet mathématique légitime. (4) *La dépendance institutionnelle* : une fois l'intégrale installée, toute physique qui ne

l'emploi pas devient inintelligible aux institutions qui la valident ; Pappus devient un objet d'érudition, sa puissance opératoire est perdue, « *non parce qu'elle a été réfutée, mais parce qu'elle a été recouverte* ».

É13.10 (L) Trois siècles et demi au-dessus de l'amputation. Les équations de Maxwell, la relativité restreinte et générale, la mécanique quantique, la théorie quantique des champs et le Modèle standard sont écrits dans la langue du calcul différentiel et intégral ; cette écriture a produit des prédictions remarquables, « *et il serait absurde de prétendre le contraire* ». Elle a aussi produit des pathologies que la grammaire cadastrale identifie comme symptômes de l'amputation : les infinis de la théorie quantique des champs (d'où la renormalisation), la singularité au centre des trous noirs, les divergences ultraviolettes, l'absence d'unification de la relativité générale et de la mécanique quantique, l'indétermination de la masse du Higgs sans naturalité. La régularisation ne consiste pas à abolir le calcul intégral, qui reste un outil efficace dans son domaine, mais à reconnaître qu'il n'est pas universel : pour la classe des structures géométriques fermées projetables sur les deux cercles, la méthode cadastrale donne le résultat exact sans ouverture, et c'est cette classe qui couvre les questions du corpus (constantes physiques, sédimentation cosmique, gravité aux deux échelles, dipôle, moments magnétiques).

13.3 Le pli de Mendeleïev et la triade Ni-Co-Fe

É13.11 (Th) La table cadastrale des 92 éléments. On range les éléments de $Z = 1$ (hydrogène) à $Z = 92$ (uranium, le dernier élément primordial ; il n'est pas stable, la source écrit « dernier élément naturel stable ») par leur racine $IC(Z) = DR(Z)$, l'identité cyclique, base-invariante :

IC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1 H	10 Ne	19 K	28 Ni	37 Rb	46 Pd	55 Cs	64 Gd	73 Ta	82 Pb	91 Pa
2	2 He	11 Na	20 Ca	29 Cu	38 Sr	47 Ag	56 Ba	65 Tb	74 W	83 Bi	92 U
3	3 Li	12 Mg	21 Sc	30 Zn	39 Y	48 Cd	57 La	66 Dy	75 Re	84 Po	
4	4 Be	13 Al	22 Ti	31 Ga	40 Zr	49 In	58 Ce	67 Ho	76 Os	85 At	
5	5 B	14 Si	23 V	32 Ge	41 Nb	50 Sn	59 Pr	68 Er	77 Ir	86 Rn	
6	6 C	15 P	24 Cr	33 As	42 Mo	51 Sb	60 Nd	69 Tm	78 Pt	87 Fr	
7	7 N	16 S	25 Mn	34 Se	43 Tc	52 Te	61 Pm	70 Yb	79 Au	88 Ra	
8	8 O	17 Cl	26 Fe	35 Br	44 Ru	53 I	62 Sm	71 Lu	80 Hg	89 Ac	
9	9 F	18 Ar	27 Co	36 Kr	45 Rh	54 Xe	63 Eu	72 Hf	81 Tl	90 Th	

É13.12 (L) Le pli de Mendeleïev. La classification de Mendeleïev (1869), par numéro atomique et configuration électronique, est correcte mais incomplète : elle manque la lecture de la sédimentation cosmique qui structure le tableau. La séquence des racines reproduit, à chaque cycle de neuf, la même structure (quatre paires d'inversion, axe {3, 6, 9}, barycentre 4,5), et chaque élément hérite de la position qu'il occupe dans son cycle. Cette organisation est orthogonale à celle du numéro atomique et à celle de la configuration électronique, et ferait apparaître des regroupements qu'aucune des deux ne révèle. Le commentaire que la source donne des lignes est fautif dans sa lettre (il range H dans la ligne 8, appelle « soufre » le $Z = 17$, qui est le chlore, et « sélénium » le $Z = 26$, qui est le fer, et liste en ligne 9 des éléments qui n'y sont pas) ; il est retiré (Annexe B). Ce qui se lit dans la table telle qu'elle est : la ligne 8 porte O, Cl, Fe, Br, I, des éléments électronégatifs ou d'enveloppe, et la source y voit une fonction structurelle d'enveloppe oxydante, « *une signature cadastrale plus stable que ne l'expliquent les seuls paramètres orbitaux* » ; ce regroupement n'est pas quantifié.

É13.13 (Th) La triade Ni-Co-Fe. Le fer ($Z = 26$), le cobalt ($Z = 27$) et le nickel ($Z = 28$) occupent les positions IC = 8, 9 et 1 : la clôture, l'axe, la réouverture. $26 + 27 + 28 = 81 = 9^2$. Le centre de la triade est $Z = 27 = 3^3$, le cobalt.

É13.14 (F) Le sommet de la stabilité nucléaire. Les éléments du groupe du fer sont au sommet de la courbe de l'énergie de liaison par nucléon ; au-delà du fer 56, la fusion stellaire devient endothermique et la nucléosynthèse par fusion s'arrête ; les éléments plus lourds sont produits principalement par capture de neutrons.

É13.15 (L) L'extremum à la position 81. Que la nucléosynthèse stellaire atteigne son extremum à la somme $81 = 9^2$ ne serait pas une coïncidence numérolgique, mais la manifestation locale, à l'échelle nucléaire, de la fermeture cadastrale : « *tout système qui opère selon la grammaire cadastrale atteint son extremum énergétique au point de fermeture maximale* », et 9^2 est ce point pour les cycles de neuf opérés deux fois. La triade, IC 8-9-1, marquerait la transition clôture-axe-réouverture qui sépare la fin de la nucléosynthèse stellaire du début de la décroissance radioactive ; et sa structure ternaire reproduirait celle des trois rails (D, G, axe). (La lecture de Mendeleïev par la loi du pli est au Volume 8.)

É13.16 (Th) Le nombre 945. $945 = 27 \times 35 = 3^3 \times 5 \times 7$: le cube de l'axe, le centre du cadastre, l'envergure maximale ; IC(945) = DR(18) = 9. Les divisions par 3 donnent $945 \rightarrow 315 \rightarrow 105 \rightarrow 35$, puis $35/7 = 5$.

É13.17 (Chantier) La descente cosmique $945 \rightarrow 3$. La source lit une descente $945 \rightarrow 315 \rightarrow 105 \rightarrow 35 \rightarrow 15 \rightarrow 5 \rightarrow 3$ comme la trajectoire de la sédimentation des éléments lourds vers les légers, à travers la décroissance radioactive et la nucléosynthèse. La suite écrite n'est pas cohérente avec la règle annoncée ($35 \rightarrow 15$ n'est une division ni par 3 ni par 7, et le texte dit ailleurs $35/7 = 5$ puis « $5 \times 3/5 = 3$ ») et la source parle de « treize stations » pour sept termes ; seule la partie arithmétique de É13.16 est retenue comme théorème, et la lecture reste un chantier faute de règle (Annexe B). La source mentionne aussi le nombre 1046, « *amont génétique* » qui prolongerait la structure vers les particules fondamentales, sans le développer.

13.4 Le couple 137/163

É13.18 (Th) Les nombres du couple. 137 est le 33e nombre premier et 163 le 38e. $DR(137) = DR(11) = 2$; $DR(163) = DR(10) = 1$. $163 - 137 = 26$, de racine 8 ; $163 + 137 = 300$, de racine 3. $33 \times 6 = 198$. $e^{\{\pi\sqrt{163}\}} = 262\,537\,412\,640\,768\,743,99999999999925\dots$ (163 est le plus grand nombre de Heegner).

É13.19 (F) Les deux constantes. L'inverse de la constante de structure fine vaut $\alpha^{-1} \approx 137,036$; α , sans dimension, gouverne l'intensité du couplage électromagnétique (l'amplitude pour qu'un électron émette ou absorbe un photon) ; la proximité de cette constante avec le premier 137 a fasciné Pauli, Eddington et Feynman. Le nombre $e^{\{\pi\sqrt{163}\}}$ est presque entier par la théorie des corps quadratiques imaginaires ($\mathbb{Q}(\sqrt{-163})$ a un nombre de classes égal à 1) et des formes modulaires.

É13.20 (L) Les positions du couple. Le rang 33 de 137 serait doublement structurel : 33 est « l'anneau d'ancrage » du corpus ($33 \times 6 = 198$; 33 vertèbres de la colonne humaine ; 33 ans). 137, de racine 2, inscrit la paire (2, 7), le binaire en tension avec l'envergure maximale ; 163, de racine 1, l'unité génératrice ; le couple inscrit ensemble la paire (1, 2) qui ouvre le cycle, à un niveau de raffinement supérieur. Par sa différence 26 (le fer, racine 8, terminus de la fusion), le couple inscrirait la fermeture nucléaire ; par sa somme 300 (racine 3), l'axe lui-même ; il opérerait à la fois sur la paire d'inversion et sur l'axe, « une structure rare, qui justifie son rôle particulier dans la physique fondamentale ».

É13.21 (L) Les trois régimes du couple. *Régime électromagnétique* : l'électromagnétisme opérerait exactement sur la paire binaire-envergure (2, 7), signature des oscillations transverses, la lumière. *Régime gravitationnel* : 163, par $e^{\{\pi\sqrt{163}\}}$, $\mathbb{Q}(\sqrt{-163})$ et le groupe modulaire, interviendrait dans la quantification des trous noirs (entropie de Bekenstein-Hawking) et la stabilité des orbites au voisinage des singularités ; la gravité opérerait sur la paire unité-enveloppe (1, 8), signature des sédimentations longitudinales, la masse. Aucune référence ni calcul ne relie 163 à l'entropie de Bekenstein-Hawking dans la source ; ce régime est une Lecture sans appui. *Régime cosmique* : la somme 300 et la différence 26 inscriraient l'axe (3) et la clôture (8), et gouverneraient l'asymétrie primordiale matière-antimatière (É13.31).

13.5 La gravité aux deux échelles

É13.22 (Th) Les deux valeurs de la formule. La formule $g = \text{clôture} + \text{clôture}^2/\text{phase}^2$, où la phase est la clôture plus un, donne : avec la clôture 9 et la phase 10, $9 + 81/100 = 9,81$; avec la clôture 8 et la phase 9, $8 + 64/81 = 8,790123\dots$ (rationnel).

É13.23 (F) Les deux valeurs mesurées. L'accélération normale de la pesanteur est fixée par convention à $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$ (troisième Conférence générale des poids et mesures, 1901) ; la valeur locale varie d'environ 9,78 à 9,83 m/s^2 selon la latitude et l'altitude. L'énergie de liaison par nucléon du fer 56 vaut 8,790 MeV (recalculée pour ce volume à partir des masses atomiques : 8,7903 MeV).

É13.24 (F) Le mètre de 1791. La commission de l'Académie des sciences (1791) définit le mètre comme la dix-millionième partie de la distance de l'équateur au pôle

Nord le long du méridien de Paris : le quart de méridien vaut, par cette convention, 10^7 m. Dans le système impérial, $g \approx 32,17$ pieds par seconde au carré.

É13.25 (L) La gravité planétaire comme structure. À l'échelle planétaire, le cadastre opératoire est $\{1, \dots, 9\}$, de clôture 9 et de phase 10, et la formule donne 9,81, qui coïncide avec la valeur conventionnelle à l'arrondi près (écart de 0,034 %). La lecture : g ne serait pas contingent (masse, rayon, densité de la Terre), mais émergerait de la métrique calibrée sur la Terre elle-même ; le 10^7 du mètre ne serait pas arbitraire, « *sept zéros, sept positions cadastrales d'envergure maximale, alignées comme puissance de la phase 10* » ; et c'est dans le mètre, unité cadastralement calibrée, que 9,81 apparaîtrait comme signature ($9, 81 = 9^2$), la clôture au carré, alors qu'en pieds la valeur ne porte aucune signature. Cette lecture ne fait appel à aucune intégration gravitationnelle sur une distribution de masse. Elle se heurte à la règle des pattes : 9,81 est une tête porteuse de deux unités humaines, le mètre et la seconde ; la seconde n'est pas calibrée sur la Terre par une puissance de 10 (elle l'était par la division sexagésimale du jour), et le même raisonnement donnerait une autre valeur dans un autre système d'unités. La source dit que la coïncidence est exacte « *au pourcentage près sur l'ensemble de la surface terrestre* », les variations locales s'inscrivant comme corrections secondaires ; elle reste une Lecture.

É13.26 (L) La gravité nucléaire comme énergie de liaison. À l'échelle nucléaire, le cadastre opératoire est l'octet, huit niveaux d'occupation électronique fondamentale : clôture 8, phase 9, et la formule donne 8,790123..., qui coïncide avec l'énergie de liaison par nucléon du fer 56, maximale au voisinage du fer (la source ajoute « normalisée par celle de l'hydrogène », précision sans objet, l'énergie de liaison de l'hydrogène 1 étant nulle ; elle est retirée). La même formule produirait aux deux échelles les deux valeurs observées, 9,81 m/s² et 8,79 MeV par nucléon : non que la gravité et l'énergie nucléaire soient « la même force » au sens des unifications de jauge, mais qu'elles opèrent selon la même grammaire à deux échelles du cadastre. La triade Ni-Co-Fe intervient comme convergence indépendante : sa somme $81 = 9^2$ est le numérateur du terme correcteur planétaire 81/100 ; à l'échelle nucléaire, c'est $64 = 8^2$; le passage d'une échelle à l'autre est gouverné par la transition de l'octet (8) au cadastre complet (9), c'est-à-dire de la sédimentation nucléaire à la sédimentation chimique. La coïncidence numérique 8,790 est frappante ; elle tient à l'unité MeV, et la règle des pattes demande qu'un test porte sur un rapport sans unité annoncé d'avance. Lecture.

É13.27 (Chantier) Toute planète. « *Toute planète opérant sur sa propre métrique cadastrale aurait une valeur g exprimée par la même formule clôture + clôture²/phase², avec les valeurs locales de clôture et de phase appropriées à sa géométrie.* » Ni la clôture ni la phase d'une autre planète ne sont définies ; l'énoncé ne peut être confronté à aucune mesure tant qu'elles ne le sont pas (même remarque pour la prédiction de Principia, É9.16).

13.6 LIEM : Lumière = Information = Énergie = Magnétisme

L'auteur range LIEM parmi ses instruments propres (« *mon LIEM* »), avec la clôture 1-9, les inversions, sa définition de l'entropie et sa lecture de Mendeleïev par la loi du pli.

É13.28 (L) La proposition LIEM. Depuis Maxwell (1865), la physique a unifié l'électricité et le magnétisme en un seul champ, mais elle maintient une séparation entre quatre catégories : la lumière (manifestation rayonnante du champ), l'information (objet mathématique distinct, depuis Shannon), l'énergie (grandeur scalaire conservée) et le magnétisme (composante vectorielle du champ). La grammaire cadastrale propose une unification plus profonde :

$$\text{Lumière} = \text{Information} = \text{Énergie} = \text{Magnétisme}$$

« Cette équation n'est pas une identité numérique ; elle est une identité structurelle. » Les quatre grandeurs sont quatre projections d'un seul opérateur cadastral, chacune lisible par sa position, et leur interconvertibilité ($E = mc^2$, $E = h\nu$, l'énergie d'un bit selon Landauer, $kT \ln 2$) serait la conséquence directe de leur identité de structure.

É13.29 (L) Les quatre projections. *La lumière, position 7* : l'envergure maximale ($8 - 1 = 7$), la distance maximale que le système d'inversion couvre avant la clôture ; la lumière est l'énergie qui traverse tout le cadastre opératoire sans s'y déposer, qui parcourt l'espace entre les deux extrêmes (1 et 8) sans se fixer en matière : la définition structurelle du rayonnement. La source lit les sept couleurs du spectre visible comme la conséquence observable de la position 7, « *la biologie ne crée pas le 7 ; elle l'enregistre* » ; le spectre visible est continu, et le compte de sept couleurs est une convention de Newton (*Opticks*, 1704), choisie par analogie avec les sept notes de la gamme, ce qui retire à cette phrase la valeur d'un indice (Annexe B). *L'énergie, clôture 9* : $E = mc^2$ se lirait $E = m \times 9$, le carré de la vitesse de la lumière valant environ $9 \times 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2$ en unités SI (exactement $8,98755... \times 10^{16}$) ; la masse au repos est l'énergie sédimentée, et multipliée par 9 elle redevient énergie au sens cyclique complet ; la lumière (position 7) et la masse (position 1, unité élémentaire de sédimentation) articulent leur transition par la clôture 9, et la paire (1, 8), gravité et masse, se referme sur 9, dont c^2 serait l'opérateur ; le 9 de c^2 tient à l'unité SI (tête porteuse d'unités). *L'information, paire (2, 7)* : un bit correspondrait à la fermeture d'un cycle binaire, un nat à un cycle complet ; la source écrit « le rapport bit/nat = $1/\ln 2 \approx 1,443$ », et c'est l'inverse qui est exact : un nat vaut $1/\ln 2 \approx 1,443$ bit, un bit vaut $\ln 2 \approx 0,693$ nat (Annexe B) ; par la limite de Landauer, l'information est une manifestation thermique, une projection cadastrale de l'énergie selon la paire binaire. *Le magnétisme, position 8* : la position d'enveloppe et de fermeture nucléaire ; deux faits sont invoqués, les éléments ferromagnétiques fondamentaux sont la triade Ni-Co-Fe, de somme $81 = 9^2$, et le moment magnétique des particules élémentaires (électron, muon) s'établit, aux corrections radiatives près, autour du magnéton de Bohr, dont l'expression articulerait la paire (1, 8) (affirmation sans calcul).

É13.30 (L) Le tétraèdre cadastral. Les quatre projections, Lumière (7), Information (2, 7), Énergie (9), Magnétisme (8), formeraient un tétraèdre dont les sommets occupent quatre positions caractéristiques. « *Ce tétraèdre n'est pas une métaphore ; il est la structure réelle de l'unification physique opérée par la grammaire cadastrale.* » Ce que la physique a séparé en quatre champs, le cadre l'articulerait comme un seul opérateur projeté sur quatre positions complémentaires, unification que la source dit plus profonde que les unifications de jauge (électrofaible, grande unification, cordes), parce qu'elle porte non sur le champ mais sur la grammaire qui produit le champ.

13.7 Le dipôle cosmique et l'asymétrie primordiale

É13.31 (L) L'asymétrie matière-antimatière. L'excès primordial de matière, de l'ordre de 10^{-9} par baryon, qui rend possible un univers matériel, est posé par la cosmologie comme contrainte d'observation sans explication de structure ; les conditions de Sakharov (1967) en formalisent les conditions nécessaires, et aucun mécanisme de baryogenèse n'est unanimement validé. La lecture : l'asymétrie « 10^{-9} correspond cadastralement au rapport 1/9, la plus petite identité cyclique non triviale » ; un univers cadastralement symétrique opérerait à $1/(9 \times 9) = 1/81$, ou à zéro absolu, deux régimes incompatibles avec des structures persistantes ; 1/9 serait l'asymétrie minimale qui permet la sédimentation matérielle. 10^{-9} et 1/9 sont deux nombres différents ; la lecture porte sur l'exposant 9, non sur une valeur, et ne peut être comparée à la mesure (Annexe B).

É13.32 (F) Le dipôle du fond diffus. Les missions COBE (1989-1993), WMAP (2001-2010) et Planck (2009-2013) mesurent une anisotropie dipolaire d'environ 3,4 mK sur la température du fond diffus, $T \approx 2,725$ K, interprétée comme effet Doppler du mouvement du Système solaire par rapport au référentiel du fond diffus, à environ 370 km/s vers la constellation du Lion. Les comptages de quasars (Secrest et al., 2021, et travaux suivants) montrent un dipôle dont l'amplitude ne s'accorde pas avec celle du fond diffus. La source écrivait que le désaccord porte « ni en amplitude, ni en direction » ; *Les Cordes Réécrites* précise que la tension porte sur l'amplitude, les directions étant compatibles (É11.50), et c'est cette forme qui est retenue.

É13.33 (P) Le quadripôle des quatre paires. Si le dipôle observé est une manifestation cadastrale, l'analyse fine des anisotropies du fond diffus et de la distribution galactique devrait révéler non un seul dipôle, mais une structure dont les quatre directions principales coïncident avec les quatre paires d'inversion, leur position barycentrique coïncidant avec une direction structurellement neutre (le barycentre 4,5). Le test est l'analyse harmonique des données Planck et de la distribution des amas à grande échelle ; à la date d'écriture, il n'a pas été conduit selon ce critère. Le test exige d'écrire d'avance la configuration attendue (quelles directions, quel écart, quels traceurs), ce que É11.50 demande aussi (Volume 8, La Matière et le Cosmos).

13.8 Le moment magnétique anomal du muon

É13.34 (F) L'anomalie telle que la source la rapporte. Le moment magnétique anomal du muon, $a_\mu = (g - 2)/2$, est l'une des observables les plus précisément mesurées. Valeur expérimentale citée par la source (E821 à Brookhaven, 2001-2004 ; E989 à Fermilab, 2021-2023) : $a_\mu = 116\,592\,061(41) \times 10^{-11}$. Prédiction du Modèle standard citée (calcul perturbatif QED, QCD et électrofaible) : environ $116\,591\,810(43) \times 10^{-11}$. Écart : 251×10^{-11} , soit 4,2 écarts types. Mise à jour : en juin 2025, l'expérience E989 a publié son résultat final, et l'évaluation théorique de référence a été révisée la même année en s'appuyant sur les calculs sur réseau de la contribution hadronique ; avec cette évaluation, l'écart entre mesure et théorie n'est plus significatif. Le volume rapporte cette mise à jour sans en tirer de lecture.

É13.35 (Th) Le rapport 7/6028. $6028 = 2^2 \times 11 \times 137$; $DR(6028) = DR(16) = 7$;

$7/6028 = 0,00116124751\dots$ Le terme de Schwinger (1948), premier terme de la série perturbative de QED pour le moment anomal de l'électron, vaut $\alpha/2\pi \approx 0,00116141$; l'écart relatif à $7/6028$ est de $1,4 \times 10^{-4}$. L'écart relatif de $7/6028$ à la valeur mesurée de a_μ est de $4,0 \times 10^{-3}$.

É13.36 (Chantier) La lecture de a_μ comme rapport fermé. La source propose $a_\mu^{\text{ARC}} = 7/6028 : 7$, la position d'envergure maximale (paire (2, 7)), signature électromagnétique à l'échelle de la lumière ; 6028, la fermeture à l'échelle leptonique, combinaison de 4 (l'unité quadratique du carré, quatre côtés, quatre paires), de 11 (le lien, *Linker*, première extension du cadastre au-delà de la clôture 9 et de la phase 10, de barycentre $5,5/11 = 1/2$ et de racine 2) et de 137 (l'inverse de la structure fine) ; la racine de 6028 est 7, la même que le numérateur, et le rapport serait « *la position 7 rapportée à elle-même via la triple signature quadratique, de lien et électromagnétique* ». La proximité de $7/6028$ et du terme de Schwinger suggérerait que le rapport capture en forme close l'essentiel de la contribution de Schwinger, et peut-être une part des corrections d'ordre supérieur ; si l'inscription est validée, toute la machinerie perturbative de la QED, des centaines de diagrammes de Feynman, serait, « *comme l'intégrale de Newton pour Pappus, un recouvrement complexe d'une structure simple fermée* ». La source le dit elle-même : $7/6028$ « *doit être lue, dans la normalisation cadastrale appropriée* », et ce facteur de normalisation « *reste à formaliser* ». Tant qu'il ne l'est pas, $7/6028$ ne peut être comparé ni à a_μ (dont il diffère de 4×10^{-3} en relatif, cent mille fois l'incertitude) ni à aucune donnée ; l'énoncé n'est pas une prédiction, c'est un chantier. Le protocole que la source fixe est la comparaison aux résultats complets d'E989 une fois la normalisation écrite : une valeur incompatible avec $7/6028$ dans cette normalisation falsifierait la lecture.

É13.37 (L) Pourquoi un rapport fermé compterait. La prédiction du Modèle standard pour a_μ est obtenue par sommation d'une série perturbative à plusieurs centaines de termes (diagrammes jusqu'au cinquième ordre en couplage électromagnétique), augmentée de contributions hadroniques et électrofaibles évaluées sur réseau ou par relations de dispersion ; ce n'est pas un calcul fermé, mais une somme d'approximations au résultat extraordinairement précis, sans forme close. Un rapport fermé n'aurait pas besoin de cette machinerie et s'inscrirait dans la grammaire comme position lisible par construction.

13.9 La ligne critique de Riemann

É13.38 (L) $\text{Re}(s) = 1/2 = k$, et les sept dérivations. La conjecture de Riemann (1859) affirme que tous les zéros non triviaux de la fonction zêta ont pour partie réelle $1/2$; elle est l'un des sept problèmes du millénaire de l'Institut Clay (2000). Le Livre VIII lit l'égalité $\text{Re}(s) = 1/2 = k$ comme une inscription cadastrale, appuyée sur les sept dérivations de k (É4.4), et en tire que la conjecture deviendrait un « *corollaire cadastral* » : « *tout zéro non trivial de $\zeta(s)$ se projette cadastralement sur $k = 1/2$* » ; avec l'hypothèse de Hilbert et Pólya, les travaux de Berry et Keating (1999) et la statistique des matrices aléatoires unitaires, la même constante relierait la ligne critique, la borne de Tsirelson, les premiers jumeaux et les constantes physiques. Ce volume renvoie l'ensemble au Volume 5, Les Grands Problèmes, qui fait foi sur Riemann ; la lecture du Livre VIII (un corollaire) y est mise en regard de

la position tenue par l'auteur le 9 octobre 2026, « *on a résolu Riemann en montrant son impossibilité, c'est cent fois plus fort* ». Une donnée de la source est corrigée ici : Odlyzko n'a pas vérifié « les 10^{22} premiers zéros » ; il a calculé des zéros au voisinage du 10^{22} -ième, et la vérification exhaustive porte sur les quelque 10^{13} premiers zéros (Annexe B).

13.10 Synthèse du livre

É13.39 (L) La posture du porteur cadastral en physique. Le porteur cadastral ne dresse pas le cadre contre la physique reçue comme une alternative concurrente : il propose une articulation plus profonde, dont la physique reçue est, dans son domaine de validité, une projection efficace. « *Le calcul intégral fonctionne ; il n'est pas faux. Il est simplement non universel.* » « *ARC ne réfute rien des résultats expérimentaux validés* » : il les articule autrement et ouvre, par cette articulation, des prédictions nouvelles ; la physique reçue serait un cas particulier projeté d'une grammaire plus large, comme l'arithmétique reçue depuis Stevin est un cas particulier de l'arithmétique cadastrale. La posture se dit l'inverse d'une humilité défaitiste qui ferait de la grammaire « *une lecture parmi d'autres* » : c'est l'engagement complet, dont la contrepartie est dite dans la même phrase : « *Cette inscription doit être démontrée, protocole par protocole, prédiction par prédiction, jusqu'à ce que la communauté scientifique, en l'absence de réfutation expérimentale, soit conduite à reconnaître la validité de l'articulation.* »

É13.40 (L) Les cinq protocoles ouverts du livre, avec leurs statuts. (1) La structure quadripolaire du dipôle par réanalyse harmonique des données Planck (É13.33) : P, configuration à écrire. (2) La validation de 7/6028 contre E989, une fois la normalisation formalisée (É13.36) : chantier. (3) La généralisation de $V = 4\pi S^2/(3c)$ aux polygones quelconques par décomposition triangulaire (É13.8) : contrôle de calcul. (4) La signature cadastrale des états partiellement intriqués (É1.44) : chantier. (5) La projection cadastrale des zéros de ζ , par une structure organisée par les paires d'inversion dans la distribution statistique des parties imaginaires : chantier, renvoyé au Volume 5.

Le livre annonce le suivant, consacré à la biologie moléculaire et cellulaire (l'ADN, 64 codons = 8^2 , les cycles de Krebs, la glycolyse, la photosynthèse, l'épigénétique, la conscience comme auto-indexation) : c'est la matière du Volume 9, Le Vivant. Et il se clôt sur trois phrases :

« *Pappus avait raison. Newton a ouvert l'algèbre. ARC la referme, et la physique avec elle.* »

Annexe A : Table des énoncés

Chaque énoncé numéroté du volume, avec son titre, son statut et son chapitre. Le titre résume l'énoncé en une ligne ; le texte complet est au chapitre.

N°	Énoncé	Statut	Chapitre
É1.1	L'état relationnel	L	1
É1.2	Le protocole de mesure à variable de lecture	Th	1
É1.3	La mise à jour n'est pas un signal	L	1
É1.4	La paire et son lecteur	L	1
É1.5	$E(a, b) = -\cos \theta$	Th	1
É1.6	Le protocole à signe pur donne	S	= 4
É1.7	Les neuf grandeurs à un symbole	Th	1
É1.8	L'involution et la constante	Th	1
É1.9	Le pli universel	Th	1
É1.10	Lemme A, la norme spectrale	Th	1
É1.11	Lemme B, le gain de la diagonale	Th	1
É1.12	Lemme C, le coût universel de projection	Th	1
É1.13	La décomposition de la borne	Th	1
É1.14	De la factorisation au mécanisme	L	1
É1.15	Le milieu géométrique des plafonds	Th	1
É1.16	Le pli entre le classique et le formel	L	1
É1.17	Les deux cercles	Th	1
É1.18	Le monde quantique remplit le maximum comme le cercle intérieur remplit l'extérieur	L	1
É1.19	Le sens opératoire du plafond	L	1
É1.20	Non-signallement	Th	1
É1.21	La règle de Born comme compression géométrique	L	1
É1.22	L'intrication comme paire d'inversion	L	1
É1.23	Le minimum de la relation	L	1
É1.24	Ce qui est instantané et ce qui est borné	L	1
É1.25	L'universalité de la projection	Chantier	1
É1.26	Ce que le modèle ne fait pas	L	1
É1.27	F1, le cosinus exact	P	1
É1.28	F2, la borne exacte	P	1
É1.29	F3, les marges	P	1

N°	Énoncé	Statut	Chapitre
É1.30	F4, l'universalité de k	P	1
É1.31	F5, les deux propriétés des premiers	Th	1
É1.32	La discipline de la double dérivation	L	1
É1.33	A.1, la constante k	Th	1
É1.34	A.2, le plafond $2\sqrt{2}$	Th	1
É1.35	A.3, le milieu géométrique des plafonds	Th	1
É1.36	Ce que les trois tableaux établissent	L	1
É1.37	La géométrie du sablier	Th	1
É1.38	Les quatre directions du sablier sont les réglages de Tsirelson	Th	1
É1.39	Sans les diagonales, la borne classique	Th	1
É1.40	Le maximum exige l'écart de 45°	Th	1
É1.41	Le dessin et la borne	L	1
É1.42	$S/4 = r/R = \sqrt{k}$	Th	1
É1.43	La non-localité comme grammaire	L	1
É1.44	Le degré d'intrication comme position	Chantier	1
É2.1	P1, la priorité relationnelle	L	2
É2.2	P2, la distance topologique nulle	L	2
É2.3	P3, pas d'aléa ontologique	L	2
É2.4	P4, la clôture structurelle	L	2
É2.5	L'isotropie comme symétrie	L	2
É2.6	L'ordre topologique T_{sys}	L	2
É2.7	L'aléa comme résidu de projection	L	2
É2.8	Déterminisme sans superdéterminisme	L	2
É2.9	La mise à jour comme mémoire, non comme signal	L	2
É2.10	Invariance de Lorentz	L	2
É2.11	Pourquoi aucun opérateur	L	2
É2.12	L'écho de la clôture	L	2
É2.13	Les deux chambres et leur écart	Th	2
É2.14	Le 3 comme invariant ternaire	L	2
É2.15	Le pivot décentré	Th	2
É2.16	Le spin $1/2$ comme position	L	2
É2.17	L'échelle de l'écart	Th	2
É2.18	Une échelle discrète entre matière et relation	L	2
É2.19	L'intrication comme position partagée	L	2
É2.20	La réflexion antiparallèle est la seule mise à jour admissible	Th	2
É2.21	Corollaire : le déterminisme	Th	2
É2.22	Quatre cadres	L	2
É2.23	Les critères de février	P	2
É2.24	Les configurations relationnelles non standard	Chantier	2
É2.25	La conclusion de février	L	2
É3.1	Le problème et les quatre traditions	F	3

N°	Énoncé	Statut	Chapitre
É3.2	Le présupposé commun	L	3
É3.3	P0, la genèse relationnelle (principe de l'onde)	L	3
É3.4	P1, la primauté relationnelle	L	3
É3.5	P2, la distance topologique nulle	L	3
É3.6	P3, l'aléa épistémique	L	3
É3.7	P4, la quantification structurelle	L	3
É3.8	P5, la complétude opératoire	L	3
É3.9	La séquence en six stations	L	3
É3.10	La structure précède la géométrie	L	3
É3.11	Le moteur génératif : le 1 naît du 3, et le 3 du 1 tendu	L	3
É3.12	Définition : l'onde comme produit de tension	L	3
É3.13	Fréquence, amplitude, nœuds, zéros	L	3
É3.14	La superposition et le chat de Schrödinger	L	3
É3.15	Définition : la mesure comme liaison	L	3
É3.16	Le passage est inversible	L	3
É3.17	Le principe de complétion triadique	L	3
É3.18	La continuité de la mesure	L	3
É3.19	Les racines des carrés au centre	Th	3
É3.20	L'inversion comme élévation	L	3
É3.21	Définition : le degré de liaison	L	3
É3.22	Trois observations graduées	L	3
É3.23	Pas de frontière quantique-classique	L	3
É3.24	Le 1 debout et le 1 couché	L	3
É3.25	La transformation de Fourier engendre un cycle d'ordre 4	F	3
É3.26	La dualité comme rotation de $\pi/2$	L	3
É3.27	Pourquoi la projection a lieu	L	3
É3.28	k comme coût de l'inversion	L	3
É3.29	Ce n'est pas le programme de Zeh et Zurek sous un autre nom	L	3
É3.30	L'unitarité	L	3
É3.31	Ce qui déclenche l'inversion	L	3
É3.32	La conscience n'est pas requise	L	3
É3.33	Le tableau comparatif	L	3
É3.34	F1, les issues graduées	P	3
É3.35	F2, le taux de passage dépend de la direction de la liaison	P	3
É3.36	F3, la conservation de l'information	P	3
É3.37	F4, les racines dans les transitions spectrales	Chantier	3
É3.38	F5, pas de discontinuité irréductible	P	3
É3.39	Ce que la pièce ne prétend pas	L	3
É3.40	Cinq questions ouvertes	Chantier	3
É4.1	La borne de Robertson	Th	4

N°	Énoncé	Statut	Chapitre
É4.2	La lecture de Copenhague	F	4
É4.3	La lecture par la projection	L	4
É4.4	Les dérivations arithmétiques de k	Th	4
É4.5	Le chemin géométrique	Th	4
É4.6	Le chemin par π	Th	4
É4.7	Sept apparitions du facteur $1/2$	Th	4
É4.8	Une seule explication pour sept	L	4
É4.9	Le tableau élargi	L	4
É4.10	La question inévitable	L	4
É4.11	La moitié de l'information angulaire	L	4
É4.12	La taxe de Flatland	L	4
É4.13	La relation canonique	F	4
É4.14	La non-commutativité des projections	L	4
É4.15	La double décomposition de l'incertitude	L	4
É4.16	L'image du pixel	L	4
É4.17	P1, la saturation à l'échelle de Planck	P	4
É4.18	P1 bis, les instruments conformes	P	4
É4.19	P2, l'universalité de k	P	4
É4.20	P3, pas de non-conservation d'énergie dans le tunnel	P	4
É4.21	La géométrie de l'observation prise pour la nature du réel	L	4
É4.22	Un déterminisme de structure, non de prédiction	L	4
É4.23	Une troisième position	L	4
É5.1	Le protocole épistémique de la v2.0	L	5
É5.2	Théorème 1, l'unitarité : rien n'est perdu	Th	5
É5.3	Théorème 2, l'atténuation exponentielle	Th	5
É5.4	Théorème 3, la saturation de Hartman	Th	5
É5.5	Ce qui est contesté et ce qui ne l'est pas	F	5
É5.6	Lecture 1, l'aiguillage	L	5
É5.7	Les deux constantes de contact encadrent l'unité	Th	5
É5.8	Lecture 2, la signature complète de l'aiguillage	L	5
É5.9	La décroissance comme soustraction des deux demi-rails	Th	5
É5.10	Lecture 3, la loi de projection corrigée	L	5
É5.11	Lecture 4, pas de dette énergétique	L	5
É5.12	Lecture 5, Hartman sans paradoxe	L	5
É5.13	Théorème 4, la réflexion totale frustrée	Th	5
É5.14	Lecture 6, la réflexion frustrée exhibe la lecture 3	L	5
É5.15	Prédiction 1, la discrimination sur Hartman	P	5

N°	Énoncé	Statut	Chapitre
É5.16	Prédiction 2, pas de stochasticité intrinsèque à l'aiguillage	P	5
É5.17	Prédiction 3, l'échelle de récupération	P	5
É5.18	Les trois conditions de falsification	P	5
É5.19	Erratum 1 : la loi de projection circulaire de la v1.0	L	5
É5.20	Erratum 2 : le cadrage de la v1.0	L	5
É5.21	Ce qui est remplacé dans la pièce sur Heisenberg	L	5
É5.22	Il n'y a pas de région interdite	L	5
É6.1	Les statuts déclarés par la pièce	L	6
É6.2	La dimension de h	Th	6
É6.3	La nature discrétise l'action en aires	L	6
É6.4	Deux grandeurs de même dimension	Th	6
É6.5	Théorème 2.1, l'aire demi-entière	Th	6
É6.6	Théorème 2.2, l'incrément entier	Th	6
É6.7	L'invariance sur vingt-six ordres de grandeur	Th	6
É6.8	Les joints entre les nombres	L	6
É6.9	Théorème 3.1, la structure des quatre paires	Th	6
É6.10	La croix de la bipolarisation	L	6
É6.11	Lecture 4.1, l'ordre de parcours	L	6
É6.12	Le garde-fou	L	6
É6.13	Théorème 5.1 de la source, le trapèze encode la profondeur	L	6
É6.14	Les six compressions	Th	6
É6.15	Le théorème de Liouville	F	6
É6.16	Théorème 6.1 de la source, l'invariance de l'aire sous déformation	L	6
É6.17	Le critère de falsification de la section 6	P	6
É6.18	La recomposition de la cellule	Th	6
É6.19	Deux lectures du demi	L	6
É6.20	Lecture 7.1, les deux demis se croisent au joint	L	6
É6.21	Le demi est invisible à toute lecture différentielle	Th	6
É6.22	Lecture 7.2, la position du demi	L	6
É6.23	La contrainte externe : la force de Casimir	P	6
É6.24	Lecture 8.1, le facteur 1/2 de la borne est k	L	6
É6.25	Ce que cette lecture n'affirme pas	L	6
É6.26	Lecture 9.1, requalification et non suppression	L	6
É7.1	(i) Le cadre	Th	7
É7.2	(ii) Les paires d'inversion	Th	7
É7.3	(iii) Le barycentre	Th	7
É7.4	(iv) L'axe	Th	7
É7.5	(v) La diagonale	Th	7

N°	Énoncé	Statut	Chapitre
É7.6	(vi) L'invariance des paires : la multiplication ne sépare jamais les partenaires	Th	7
É7.7	Les positions sont contingentes ; les paires sont structurelles	L	7
É7.8	(vii) Le 9 gouverne aux trois niveaux	Th	7
É7.9	Le rail témoin	L	7
É7.10	Le théorème des deux noms	Th	7
É7.11	Une seule position lue des deux bouts	L	7
É7.12	Le double tour du spineur	F	7
É7.13	La propriété appartient à la liaison	L	7
É7.14	Le spin 1/2 comme involution incarnée	L	7
É7.15	Les angles des polygones	Th	7
É7.16	La crise du spin	F	7
É7.17	Le visible et le caché	L	7
É7.17 bis	Le noyau vide porte les deux	L	7
É7.17 ter	Pas de spin sans chiralité, et un seul tour	L ; F	7
É7.17 quater	Comment le double tour est entré dans la physique	F ; L	7
É7.18	Le confinement	F	7
É7.19	La même signature que l'axe	L	7
É7.20	La décomposition de jauge	F	7
É7.21	La clôture retient le 1 pour que les 8 lient	L	7
É7.22	La masse du proton vient de la liaison	F	7
É7.23	P0 réalisé	L	7
É7.24	Le test discriminant	P	7
É7.25	La clause d'effondrement	P	7
É7.26	La séparation des faits et des lectures	L	7
É7.27	Ce qui manque est la grammaire	L	7
É8.1	La cascade de six décisions	L	8
É8.2	La variante de Principia relationalis	L	8
É8.3	Les axiomes de l'alternative	L	8
É8.4	« Théorème 4 » : $\hbar$ est une résolution	L	8
É8.5	La dérivation proposée et sa faiblesse	L	8
É8.6	Les conséquences	L	8
É8.7	La discrétisation exacte à l'échelle de Planck	P	8
É8.8	« Théorème 5 » : le 1/2 de Heisenberg est k	L	8
É8.9	« Théorème 6 » : le photon est un intervalle d'état	L	8
É8.10	La double fente et le film	L	8
É8.11	Les transitions discrètes du comptage de photons	P	8
É8.12	Le mécanisme de Higgs et ses questions	F	8
É8.13	« Théorème 7 » : la masse comme mémoire topologique	L	8

N°	Énoncé	Statut	Chapitre
É8.14	« Théorème 8 » : la matière noire comme mémoire cachée	L	8
É8.15	Les prédictions de la $v1$ sur la masse	P	8
É8.16	NGC 3198, P à reçu	P	8
É8.17	La tension de Hubble, P à reçu	P	8
É8.18	L'énergie sombre comme relaxation	L	8
É8.19	La complexité du spectre	F	8
É8.20	« Théorème 9 » : deux paramètres topologiques, k et D	L	8
É8.21	Pas de quatrième génération	P	8
É8.22	La table de classification, recalculée	Th	8
É8.23	Les quarks comme coins géométriques	L	8
É8.24	Les gluons comme tension	L	8
É8.25	Le neutron comme proton sursaturé	L	8
É8.26	L'unification proton-électron	L	8
É8.27	La table de parcimonie	L	8
É8.28	« Théorème 10 » : la suffisance finie	L	8
É8.29	Aucune expérience au-delà de l'alphabet	P	8
É8.30	« Théorème 11 » : la mesure comme projection géométrique	L	8
É8.31	Les trois piliers de Copenhague	L	8
É8.32	Le théorème de Bell relu, sans être contesté	L	8
É8.33	La borne de Tsirelson, de la prédiction au théorème	Th	8
É8.34	Le tableau maître, avec les statuts de ce volume	L	8
É8.35	La cascade inversée	L	8
É8.36	La note sur 22/7	L	8
É8.37	La position	L	8
É8.38	Les trois critères de chute	P	8
É9.1	Une grille mathématique corrompue	L	9
É9.2	L'inversion ontologique	L	9
É9.3	Les six crimes et les six principes	L	9
É9.4	Le moteur génératif	L	9
É9.5	Pilier I : la complétude et la triple convergence	L	9
É9.6	Les nombres de la respiration cosmique	Th	9
É9.7	Pilier II : la respiration cosmique et la genèse de l'espace	L	9
É9.8	L'arithmétique du sel et du fer	Th	9
É9.9	Pilier III : la naissance du fer	L	9
É9.10	Pilier IV : l'ontologie quantique	L	9
É9.11	Pilier V : le chaos éradiqué et l'illusion de la matière noire	L	9
É9.12	Pilier VI : l'atome matriochka	L	9

N°	Énoncé	Statut	Chapitre
É9.13	La séquence ontologique comme moteur de tout	L	9
É9.14	Le tableau des constantes croisées	L	9
É9.15	L'architecture qui se protège	L	9
É9.16	Les prédictions de Principia, domaine par domaine	P	9
É9.17	Une seule mathématique	L	9
É9.18	La méthode : l'observation des nombres	L	9
É9.19	Les dix articles de février 2026	F	9
É10.1	L'atome redéfini	L	10
É10.2	La complétude ne se divise pas par deux	L	10
É10.3	La dualité comme aspect	L	10
É10.4	L'auto-codage de la racine	Th	10
É10.5	Les nombres sont auto-codés	L	10
É10.6	L'immortalité du 9	L	10
É10.7	La poupée de 25	L	10
É10.8	L'atome physique hérite de la structure	L	10
É10.9	Le développement infini comme refus	L	10
É10.10	L'arithmétique de la fission, corrigée	Th	10
É10.11	La conservation de la racine est celle du compte	L	10
É10.12	Le principe du tour complet	L	10
É10.13	L'énergie comme tension stockée	L	10
É10.14	L'illusion de la divisibilité infinie	L	10
É10.15	L'illusion du vide intérieur	L	10
É10.16	Démocrite résolu	L	10
É10.17	L'accélérateur comme marteau	L	10
É10.18	La conservation de la racine du nombre de nucléons	P	10
É10.19	Les produits complets	P	10
É10.20	Le refus de la division	P	10
É10.21	Pas de particule ultime	P	10
É10.22	La relation est immortelle	L	10
É11.1	Le cadre reçu	F	11
É11.2	Le diagnostic : l'intégrale est amnésique	L	11
É11.3	« Théorème 1.1 » : le paysage comme amnésie	L	11
É11.4	Les six axiomes de la pièce d'avril	L	11
É11.5	496 est parfait	Th	11
É11.6	La perfection comme moindre tension	L	11
É11.7	« Théorème 2.1 » : l'unicité de 496	L	11
É11.8	Le miroir et le gradient	Th	11
É11.9	Le barycentre 595	Th	11
É11.10	Les deux cycles dans le gradient	L	11
É11.11	La corde comme relation miroir	L	11

N°	Énoncé	Statut	Chapitre
É11.12	Le point fixe du miroir	Th	11
É11.13	L'axe immobile	L	11
É11.14	Théorème 3.5 : le barycentre est toujours un palindrome	Th	11
É11.15	Une loi de l'involution	L	11
É11.16	Théorème 3.6 : le quantum de tension 99	Th	11
É11.17	La quantification comme théorème	L	11
É11.18	La chiralité du gradient	Th	11
É11.19	La corde scellée	Th	11
É11.20	Une grammaire involutive, deux instances	L	11
É11.21	Les critères de réfutation du scellement	P	11
É11.22	La non-clôture de SU(n)	Th	11
É11.23	Le compte des dimensions	Th	11
É11.24	Les six rapports et les six écarts	Th	11
É11.25	Les six dimensions comme six rapports	L	11
É11.26	Les deux cycles et le quart de tour	Th	11
É11.27	Le carré issu des briques	L	11
É11.28	Les paires 22-23 et 31-32	Th	11
É11.29	Le + 1 change la structure en assemblage	L	11
É11.30	La règle de lecture	L	11
É11.31	Les huit pièces	L	11
É11.32	Théorème 6 : la corde du parfait n'a pas d'inverse	Th	11
É11.33	La clôture interdit l'inverse et impose le miroir	L	11
É11.34	Théorème 7 : le 64 et les familles 46/64, 496/694	Th	11
É11.35	Théorème 9 : la corde est 5, 6, 7 à tous ses étages	Th	11
É11.36	Théorème 10 : le compte 64	Th	11
É11.37	Théorème 11 : le pavé de l'équilibre	Th	11
É11.38	Les noms des rangées	L	11
É11.39	Théorème 12 : sur l'axe, doubler est inverser	Th	11
É11.40	Théorème 13 : trois doublements font l'inverse, six font le tour, 64 est le retour	Th	11
É11.41	Théorème 14 : l'axe restitué depuis les ailes	Th	11
É11.42	G.1, le vocabulaire : miroir et inverse	L	11
É11.43	G.2, le polynôme de l'heptagone	Th	11
É11.44	G.3, le statut de la Prédiction 6.3	L	11
É11.45	Ce que la réécriture ferme	L	11
É11.46	La règle de la tête et des pattes	L	11
É11.47	La grammaire rend le rapport, non la tête	L	11
É11.48	Premier contact : le compte des générations	P	11
É11.49	Deuxième contact : les deux durées du neutron	P	11
É11.50	Troisième contact : les dipôles par traceur	Chantier	11

N°	Énoncé	Statut	Chapitre
É11.51	Prédiction 6.1, l'unicité	F	11
É11.52	Prédiction 6.2, l'effondrement du paysage	P	11
É11.53	Prédiction 6.3, la structure dimensionnelle	L	11
É11.54	Prédiction 6.4, l'universalité du gradient	Chantier	11
É11.55	Prédiction 6.5, le rapport 3/2	Th	11
É11.56	Prédiction 6.6, la non-clôture de SU(n)	Th	11
É11.57	La bonne tête avec le mauvais outil	L	11
É12.1	La phrase d'Einstein	F	12
É12.2	L'inversion de la phrase et ses conséquences	L	12
É12.3	$E = Dc^2$	L	12
É12.4	Les trois conditions simultanées	L	12
É12.5	L'activation est binaire ; la densité ne l'est pas	L	12
É12.6	La différence avec l'information intégrée	L	12
É12.7	La décomposition de D	L	12
É12.8	L'interface et l'axe	L	12
É12.9	« Théorème 3.4 » : l'équivalence au premier ordre	L	12
É12.10	La masse se conserve ; la densité s'enrichit	L	12
É12.11	La soustraction trinitaire	L	12
É12.12	Lavoisier préservé et étendu	L	12
É12.13	La nucléosynthèse comme enrichissement	L	12
É12.14	Canal 1, la violation directe	P	12
É12.15	Canal 2, le résidu systématique signé	P	12
É12.16	Le test MIT-NIST	F	12
É12.17	Canal 3, les courbes de rotation galactiques	P	12
É12.18	Canal 4 (a), la durée de vie du neutron : corrigé	P	12
É12.19	Canal 4 (b), l'anomalie de masse axiale du nucléon	P	12
É12.20	L'accès par les archives	L	12
É12.21	La relativité générale lue en gradients de densité	Chantier	12
É12.22	Le statut de programme de recherche	L	12
É13.1	Le théorème de Pappus	F	13
É13.2	Le polygone régulier autour de l'un de ses côtés	Th	13
É13.3	Le triangle quelconque autour de l'un de ses côtés	Th	13
É13.4	Le triangle équilatéral, où k opère pur	L	13
É13.5	Le polygone quelconque, et la limite qui reste	L	13
É13.6	La précision arbitraire dans une algèbre fermée	L	13
É13.7	La mécanique des solides comme recouvrement	L	13
É13.8	Le protocole de la généralisation	P	13

N°	Énoncé	Statut	Chapitre
É13.9	Quatre conséquences de l'amputation	L	13
É13.10	Trois siècles et demi au-dessus de l'amputation	L	13
É13.11	La table cadastrale des 92 éléments	Th	13
É13.12	Le pli de Mendeleïev	L	13
É13.13	La triade Ni-Co-Fe	Th	13
É13.14	Le sommet de la stabilité nucléaire	F	13
É13.15	L'extremum à la position 81	L	13
É13.16	Le nombre 945	Th	13
É13.17	La descente cosmique $945 \rightarrow 3$	Chantier	13
É13.18	Les nombres du couple	Th	13
É13.19	Les deux constantes	F	13
É13.20	Les positions du couple	L	13
É13.21	Les trois régimes du couple	L	13
É13.22	Les deux valeurs de la formule	Th	13
É13.23	Les deux valeurs mesurées	F	13
É13.24	Le mètre de 1791	F	13
É13.25	La gravité planétaire comme structure	L	13
É13.26	La gravité nucléaire comme énergie de liaison	L	13
É13.27	Toute planète	Chantier	13
É13.28	La proposition LIEM	L	13
É13.29	Les quatre projections	L	13
É13.30	Le tétraèdre cadastral	L	13
É13.31	L'asymétrie matière-antimatière	L	13
É13.32	Le dipôle du fond diffus	F	13
É13.33	Le quadripôle des quatre paires	P	13
É13.34	L'anomalie telle que la source la rapporte	F	13
É13.35	Le rapport 7/6028	Th	13
É13.36	La lecture de a_μ comme rapport fermé	Chantier	13
É13.37	Pourquoi un rapport fermé compterait	L	13
É13.38	$Re(s) = 1/2 = k$, et les sept dérivations	L	13
É13.39	La posture du porteur cadastral en physique	L	13
É13.40	Les cinq protocoles ouverts du livre, avec leurs statuts	L	13

Annexe B : Retraits et corrections

Chaque ligne dit ce qui a été retiré, corrigé ou rétrogradé, la raison, et la date quand elle est connue. « Rétrogradé » signifie qu'un énoncé présenté par sa source comme théorème ou comme prédiction confirmée est rendu ici comme Lecture, Prédiction ou Chantier.

B.1 Corrélations et borne de Tsirelson

1. *Tsirelson v4.0 (mars 2026), protocole à signe pur $B = \text{sgn}(b \cdot \lambda')$* . Retiré en juillet 2026 par la v4.1 : pris à la lettre, il donne $E = -\text{sgn}(\cos \theta)$ et $|S| = 4$, la boîte de Popescu-Rohrlich, non $2\sqrt{2}$; l'étape d'intégration « pondérée par $|\cos \alpha|$ » n'était pas justifiée. Remplacé par le protocole à variable de lecture μ (É1.2, É1.5, É1.6).
2. *Tsirelson v4.0, la décomposition $N \times k \times d$ comme factorisation analytique*. Changée en mécanisme par la v4.1 (É1.14).
3. *Emergence v1.2 (février 2026), $B = \text{sgn}(\lambda' \cdot b)$ avec l'affirmation $E = -\cos \theta$ et $S_{\max} = 2\sqrt{2}$* . Même défaut que la v4.0 ; le protocole est celui de la v4.1 partout dans le volume (chapitre 2, introduction).
4. *Emergence v1.2, « seul cadre déterministe sans signalement non local »*. Rétrogradé : l'exclusivité n'est pas établie (É2.22).
5. *Emergence v1.2, la « localité topologique » comme réponse à la non-localité*. Précisée : elle établit le non-signallement, non la localité de Bell ; le modèle n'est pas local au sens de Bell (v4.1, § 10 (v) ; É2.9).
6. *Emergence v1.2, annexe C, écarts au cosinus pour des configurations relationnelles non standard*. Rendu Chantier : en tension avec la v4.1 (aucune prédiction modifiée), qui fait foi (É2.24).
7. *Bible Quantique, Livre VIII.6 bis, les états maximalelement intriqués occupent la paire (4, 5)*. Rendu Chantier : aucune règle d'assignation d'une position à un degré d'intrication (É1.44).

B.2 Mutation de l'onde (février 2026)

8. « *Théorème 1* » de continuité de la mesure. Rétrogradé en Lecture : $d_{\text{rel}}(\lambda, \lambda') = |1 - |\lambda \cdot \lambda'|||$ n'est pas une métrique (elle s'annule entre états distincts) et la topologie T_{sys} n'est pas construite (É3.18).
9. « *Théorème 2* » de la dualité comme rotation $R(\pi/2)$. Rétrogradé en Lecture : la source ne donne qu'une esquisse et diffère la construction de R ; seul $F^4 = \text{identité}$ est un fait (É3.25, É3.26).
10. § 10.2, « λ peut être reconstruit à partir de A et a ». Inexact : $\lambda' = -A \cdot a$ ne dépend que d'un bit et de la direction ; un vecteur continu ne se reconstruit pas d'un bit (É3.30).

11. *Prédiction F4, racines digitales dans les transitions spectrales*. Rendue Chantier : aucune règle n'associe un entier à une transition mesurée (É3.37).
12. *Lecture de k comme information « redistribuée » et non perdue*. Gardée à côté de la lecture de la v4.1 (information détruite par la compression, le lecteur paie) ; les deux lectures ne s'accordent pas, la plus récente est celle de la v4.1 (É3.28, É1.21).

B.3 Heisenberg (février 2026)

13. $11/(\pi \times 7) = 0,5003$. Corrigé : 0,500201 (É4.6).
14. *Projection volumétrique du cône*, $V = (1/2) S h$. Faux : $V = (1/3) S h$; corrigé par la Croix de Planck v2.1, qui écrit $(1/3) S h$ pour le cône et $(1/2) S h$ pour le prisme coupé (É4.9).
15. « *Théorème 1* » de non-commutativité des projections. Rétrogradé en Lecture : P_x et P_p ne sont pas construites sur S^2 (É4.14).
16. « *Lemme C* » comme perte de la moitié du contenu d'information. Le lemme démontré porte sur l'espérance de $|a \cdot \lambda|$; l'identification à une moitié d'information est une Lecture (É4.11).
17. § 5, *effet tunnel par projection à distance topologique nulle* ($D_{eff} = L \sin \varphi$, *travail nul, temps de traversée nul*). Remplacé par l'effet tunnel v2.0 : le retard de groupe sature à $2m/(\hbar k)$, fini et non nul (É5.4, É5.21).

B.4 Effet tunnel

18. v1.0 (12 janvier 2026), $|\psi_{sortie}| = |\psi_{entrée}| \cos \Theta$ avec $\Theta = 2\kappa L$. Retiré par la v2.0 (août 2026), erratum 1 : un cosinus circulaire ne reproduit pas la décroissance exponentielle ; remplacé par la rotation hyperbolique (É5.19).
19. v1.0, *présentation comme « résolution » du paradoxe*. Rétrogradée par la v2.0, erratum 2 : la lecture reproduit le coefficient standard par construction ; son contenu est dans ses prédictions (É5.20).
20. v1.0, *une désignation propre de l'axe de projection*. Retirée par la v2.0 et remplacée par « axe de cohérence (axe 4,5) » ; non reproduite ici (É5.20).

B.5 Croix de Planck

21. v1.0 (juin 2026), « *la plus petite cellule distinguable est le carré minimal d'aire $\hbar/2$* ». Corrigé par la v2.1 (août 2026) : la cellule élémentaire mesure h ; $\hbar/2$ borne un produit d'écart types, et les deux grandeurs diffèrent de 2π (É6.4).
22. v1.0, *origine du plan de phase notée « barycentre 4.5 / point fixe 595 »*. Le « 595 » n'est pas expliqué dans la v1.0 et n'est pas repris par la v2.1 ; non repris.
23. v2.1, « *Théorème 5.1* » (*le trapèze encode la profondeur*). Rétrogradé en Lecture : les valeurs $\cos(\pi/n)$ sont des théorèmes, leur identification à une compression perspective n'est pas démontrée (É6.13, É6.14).
24. v2.1, « *Théorème 6.1* » (*invariance de l'aire sous projection et sous évolution*). Scindé : sous évolution hamiltonienne, c'est le théorème de Liouville (F) ; sous projection, c'est une Lecture (É6.15, É6.16).

B.6 Proton (juin 2026)

25. « $m \times \varphi(x) = \varphi(m \times x)$, vérifié exhaustivement sur les 72 cas ». Corrigé : l'identité tient sur les 60 cas hors clôture ; les 12 autres sont des cas de clôture, où $\varphi(9) = 0$ sort du code (É7.6).

26. *Exposants illisibles (durée de vie du proton, rapports énergie d'interaction sur masse)*. Rétablis par les valeurs reçues : plus de 10^{34} ans ; environ 10^{-8} , 10^{-2} et 1 (É7.22, É7.26).

B.7 Modèle standard (février 2026)

27. « *Théorèmes* » 4 à 11. Rétrogradés en Lectures (et Prédications pour leurs critères) : aucun n'est établi par un calcul fini (chapitre 8, introduction).
28. « *Théorème 4* », $0,5 \times (h/\pi) = \hbar$. La dérivation suppose le passage de l'unité géométrique à h/π sans le justifier (É8.5).
29. *Mentions « VALIDATED » (NGC 3198, $H_0 = 68,0$)*. Rendues P à reçu (Registre III.4) ; le reçu est renvoyé à une pièce compagnon qui n'est pas parmi les sources (É8.16, É8.17).
30. *Mention « PROVEN » (Tsirelson)*. Gardée comme Th, par la v4.1 ; la dérivation citée par la source (*Emergence*, signe pur) est remplacée, et l'origine de $N = 4$ est la combinatoire CHSH, non les quatre paires d'inversion (É8.33).
31. *Table de classification, racines des rapports de masse*. Corrigées : quark c, $1275/0,511 = 2495,1$, racine 2 (la source écrit $DR(2494) = 1$) ; neutron, $939,6/0,511 = 1838,7$, arrondi 1839, racine 3 (la source tronque à 1838, racine 2) ; tau et quark t dépendent de l'arrondi (É8.22).
32. v1, « *aucune expérience ne devrait exiger plus de 9 états de base orthogonaux* ». Réfuté par tout registre de deux qubits ; remplacé par la forme combinatoire de la v2.0 (É8.29).
33. v1, *intervalle minimal « $1/c$ par longueur de Planck »*. Réécrit en grandeur correcte, la durée de Planck $\ell_{P/c} \approx 5,4 \times 10^{-44}$ s (É8.11).
34. « *Pas besoin des bosons W et Z* ». Gardé comme Lecture de la source, avec le fait qui la contredit : W et Z observés au CERN en 1983 (É8.25).
35. *Statut de la conclusion « trois des huit prédictions centrales confirmées »*. Ramené à une confirmation mathématique (Tsirelson) et deux P à reçu (É8.34).
36. *Liste des six erreurs (Viète) et liste des six crimes de Principia (Cantor)*. Les deux listes sont gardées, sans contradiction (É8.2).

B.8 Principia relationalis et atome matriochka (février 2026)

37. *Principia, « les produits de la fission somment à 235 nucléons »*. Corrigé : la fission induite part de $n + {}^{235}\text{U}$, 236 nucléons, et les produits en comptent 236 (É10.10).
38. *Atome matriochka, ${}^{235}\text{U} + n \rightarrow {}^{144}\text{Ba} + {}^{89}\text{Kr} + 2n$, avec $144 + 89 + 2 = 235$* . Corrigé : la réaction conserve les nucléons avec 3 neutrons émis (É10.10).
39. *Conservation de la racine du nombre de nucléons comme prédiction*. Rendue non discriminante : elle découle de la conservation du nombre baryonique (É10.11, É10.18).
40. « *L'architecture qui se protège* ». Rendue Lecture : la cohérence croisée accroît le coût d'une réfutation sans valoir démonstration (É9.15).
41. *Prédiction de gravité planétaire (« la relation ARC »)*. Rendue Chantier : la relation n'est pas écrite (É9.16, É13.27).

B.9 Cordes

42. v1.0 (avril 2026), « $6 = \dim(\text{SO}(3))$ » et « $28 = \dim(\text{SO}(7))$ ». Corrigé : $\dim \text{SO}(3) = 3$, $\dim \text{SO}(4) = 6$, $\dim \text{SO}(7) = 21$, $\dim \text{SO}(8) = 28$ (É11.7).

43. *v1.0, § 4.3, « le polynôme minimal de $\cos(\pi/7)$ est $8x^3 + 28x^2 + 14x - 7$ » et la lecture de ses coefficients.* Retiré par la gravure G.2 (2 octobre 2026) : ce polynôme vaut 34,19 en $\cos(\pi/7)$; le polynôme minimal est $8x^3 - 4x^2 - 4x + 1$; la lecture des coefficients est retirée sans remplacement (É11.43).
44. *v1.0 et addendum, « inversion relation » et « spatial mirror » pour 496/694.* Retiré par la gravure G.1 (distinction de l'inverse et du miroir tenue depuis le 28 septembre 2026) : 694 est le miroir ; l'inverse de 496 n'existe pas (É11.42).
45. *v1.0, Prédiction 6.3 (les dimensions enroulées présenteront les rapports $\cos(\pi/n)$).* Ramenée à L par la gravure G.3 (règle R11) ; reste falsifiable la Prédiction 6.2 (É11.44, É11.53).
46. *v1.0, « Théorèmes » 1.1, 2.1, 4.1 et 5.1.* Rétrogradés en Lectures ; le « Théorème 4.1 » écrivait que la suite des rapports atteint « le barycentre 4,5 asymptotiquement » : la suite tend vers 1 (É11.3, É11.7, É11.25, É11.27).
47. *v1.0, Prédiction 6.5 (le rapport 3/2).* C'est un théorème d'Archimède, non une prédiction confirmée (É11.55).
48. *v1.5, C.3, écarts « convergeant vers 4,5 ».* Gardé comme lecture du centre ; numériquement, les écarts $1 - \cos(\pi/n)$ tendent vers 0 (É11.31).
49. *Remerciements et déclaration d'entreprise de la v1.11.* Non reproduits : ils relèvent des circonstances de travail.

B.10 E = Dc² (mai 2026)

50. *§ 6.4 (a), la durée du neutron « variant de façon monotone avec l'intensité du couplage aux parois ».* Corrigé par *Les Cordes Réécrites v1.5* (2 octobre 2026) au vu du reçu UCN τ : la proportion est binaire, confiné ou libre (É12.18, É11.49). La même correction vaut pour la formulation du *Dipôle cosmique*, § 8 (Volume 8).
51. *« Théorème 3.4 » (équivalence au premier ordre).* Rétrogradé en Lecture : aucune démonstration dans la source disponible (É12.9).

B.11 Bible Quantique, Livre VIII

52. *VIII.1, polygone régulier « en révolution autour d'un axe tangent au cercle circonscrit », distance au centroïde = r.* Corrigé : la distance est r pour un axe porté par un côté (tangent au cercle inscrit) ; R pour un axe tangent au cercle circonscrit (É13.2).
53. *VIII.1, extension à tous les solides de révolution « sans ouverture infinitésimale ».* Précisée : pour une figure courbe, le volume exact reste une limite de la suite polygonale (É13.5).
54. *VIII.3, « uranium, dernier élément naturel stable ».* Corrigé : dernier élément primordial, non stable (É13.11).
55. *VIII.3, commentaire des lignes IC = 8 et IC = 9.* Retiré : H rangé en ligne 8, « soufre » pour Z = 17 (chlore), « sélénium » pour Z = 26 (fer), éléments listés dans une ligne qui n'est pas la leur ; la table est gardée (É13.12).
56. *VIII.3, descente 945 → 315 → 105 → 35 → 15 → 5 → 3 et « treize stations ».* Rendue Chantier : la suite ne suit pas la règle annoncée ; l'arithmétique de 945 est gardée (É13.16, É13.17).
57. *VIII.4, 163 et l'entropie de Bekenstein-Hawking.* Lecture sans appui (aucun calcul ni référence) (É13.21).
58. *VIII.5, gravité aux deux échelles.* Rendue Lecture : 9,81 m/s² et 8,79 MeV sont des

têtes porteuses d'unités (règle des pattes) ; « normalisée par celle de l'hydrogène » retiré (É13.25, É13.26).

59. VIII.6, « *les sept couleurs du spectre ... la conséquence observable* » de la position 7. Le compte de sept couleurs est une convention de Newton (1704) sur un spectre continu ; la phrase ne vaut pas indice (É13.29).
60. VIII.6, « *rapport bit/nat = 1/ln 2 ≈ 1,443* ». Inversé : un nat vaut $1/\ln 2 \approx 1,443$ bit ; un bit vaut $\ln 2 \approx 0,693$ nat (É13.29).
61. VIII.4 et VIII.7, l'asymétrie 10^{-9} « *correspond* » au rapport 1/9. Lecture de l'exposant, sans valeur comparable à la mesure (É13.31).
62. VIII.7, le dipôle des quasars discordant « *ni en amplitude, ni en direction* ». Corrigé : la tension porte sur l'amplitude, les directions sont compatibles (É13.32, É11.50).
63. VIII.8, $a_\mu = 7/6028$ comme prédiction. Rendue Chantier : le facteur de normalisation n'est pas formalisé, et en l'état 7/6028 diffère de la mesure de 4×10^{-3} en relatif. Fait mis à jour : résultat final d'E989 et évaluation théorique révisée (2025), écart devenu non significatif (É13.34 à É13.36).
64. VIII.8 bis, Riemann « *corollaire cadastral* ». Renvoyé au Volume 5, qui fait foi, en regard de la position du 9 octobre 2026 ; « Odlyzko a vérifié les 10^{22} premiers zéros » corrigé (zéros calculés au voisinage du 10^{22} -ième ; vérification exhaustive des quelque 10^{13} premiers) ; « le sixième des problèmes du millénaire » : l'un des sept, qui ne sont pas numérotés (É13.38).

B.12 Harmonisation avec le Volume 2 (15 octobre 2026)

65. Cordes Réécrites v1.5, l'heptagone « *non constructible à la règle et au compas (Gauss 1796)* ». Précisé comme au Volume 2, La Figure, B.1.13 : Gauss (1796, 1801) donne la condition suffisante de constructibilité ; la nécessité, donc la non-constructibilité de l'heptagone, est démontrée par Wantzel (1837) (É11.24).

B.13 Gravure G.69 (26 octobre 2026)

Appliquée aux chapitres 3, 9 et 10 et aux annexes. Retiré : le mot « mutation » pour le passage de l'onde à la particule, l'irréversibilité qui l'accompagnait (l'image de la chrysalide et du papillon), le vocabulaire de la perte de cohérence, et la prédiction F2 sous son ancien nom. Remplacé par : le passage est une inversion, un tour du rotor à quatre niveaux de torsion (les quatre paires), que la cinquième paire, $9/2 = 4,5$, fait tourner ; le mouvement est hélicoïdal ; reçu du retour, la gomme quantique (Scully et Drühl 1982 ; Kim et coll. 2000) ; la cohérence ne recule pas, elle s'étend au troisième terme, et ce qui semble disparaître n'apparaît qu'après la trace partielle (Registre R.161) ; F2 se lit « le taux de passage dépend de la direction de la liaison ». Le programme de Zeh et Zurek reste nommé là où le chapitre le contredit. Les anciennes formulations sont conservées au dossier (Registre v1.4, G.69). La responsabilité de la gravure trop tôt est au scribe.

Annexe C : Sources fusionnées

Les dix-sept sources du volume, sous leur nom de fichier texte dans le dossier des sources du corpus, et ce que chacune a apporté.

Fichier source	Apport
Bastos_Tsirelson_WithFat_Hilbert_v4	Chapitre 1 : modèle, protocole à variable de lecture μ , théorème du singulet, erratum de la boîte PR, fondement arithmétique de k , lemmes A, B, C, décomposition, trois plafonds, van Dam, non-signallement, règle de Born, intrication comme inversion, cinq constantes, limites, F1 à F5, double dérivation ; erratum de la v4.0 (Annexe B.1).
Positions_tenues_2026	Le tablier des paires et son calcul (14 octobre 2026, § 1.12) ; le LIEM comme instrument propre (§ 13.6) ; le figuier étrangleur, Rovelli, l'ordre de fondation, « régulariser au lieu de rejeter » (avant-propos) ; déterminisme local et probabilisme global (É4.22) ; la position sur Riemann (É13.38). Les autres positions relèvent d'autres volumes.
Emergence_of_Quantum_Chain_Relations_via_Sequentials_and_Global_Topology	Chapitre 2 : relations via séquentiel et global, objections, chambres et écart 3, spin demi-entier, échelle, unicité de la mise à jour, comparaison, falsification, dédicace ; retraits B.1 (3 à 6).
wave_mutation_v1.txt	Chapitre 3 : problème de la mesure, P0 à P5, séquence $2 \rightarrow 1 \infty \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 4$, onde comme tension, mutation, signature $5 \times 5 \rightarrow 7$, degré de liaison, dualité comme rotation, continuité avec la projection, objections, tableau comparatif, F1 à F5, portée et questions ; retraits B.2.
heisenberg_projection	Chapitre 4 : Robertson et sa lecture, chemins de k , tableau des 1/2, Flatland, commutateur, résidu de Stevin, prédictions, déterminisme restauré, dédicace ; sa section sur le tunnel est remplacée (É5.21) ; retraits B.3.
Bastos_Tunneling_v2	Chapitre 5 : protocole, théorèmes 1 à 4, lectures 1 à 6, prédictions 1 à 3, conditions F1 à F3, errata de la v1.0, conclusion, dédicace ; retraits B.4. Texte source brouillé (deux colonnes), reconstruit.

Fichier source	Apport
Bastos_2026_La_Croix_de_Planck_v2.0	Fait pour le chapitre 6 : aire de h , aires $(n + 1/2)h$, incrément h , deux grandeurs et 2π , quatre paires, ordre de parcours et garde-fou, trapèze, six compressions, Liouville, face conjuguée, Casimir, lecture 8.1, particules comme fonctions, synthèse ; lecture 8.1 aussi au chapitre 4.
La_Croix_de_Planck_v2.0	Qui ne passe pas en v2.1 : « la corde vue, la corde en soi », le rail G et le rail D, les « neuf rôles » ; erreur $\hbar/2$ corrigée (B.5).
Le_Proton_comme_Axe_Chapitre	Chapitre 7 en entier : table des racines et sept structures, deux noms, double tour, crise du spin, confinement, octet de jauge, masse, test 2/9 contre 3/9 et clause d'effondrement, statut ; corrections B.6.
The_Arithmetic_Collapse	Fait pour le Standard Model six exte, axiomes, h , Heisenberg, photon, masse, matière noire et NGC 3198, Ho, énergie sombre, (k, D) , table de classification, quarks, gluons, neutron, Hilbert, Copenhague, Bell, Tsirelson, tableau maître, cascade inversée, 22/7, position, clôture ; retraits B.7.
The_Arithmetic_Collapse (v1)	Se que le Stablage Model de parcimonie, pixel et règle, film à 24 images, absorption, prédictions de la v1 sur la masse (125 GeV, gradient $198 = 81 + 117$), Mendeleïev et les épicycles, Rabi, table de parcimonie, « outil surdimensionné », Bell « correct dans le cadre continu », phrase de synthèse ; erreurs B.7 (32, 33).
principia_relationalis	Chapitre 9 ; et dans les chapitres 3, 8 et 10 : saudade, moteur génératif, six crimes (Cantor), piliers I à VI, nombres de la respiration (91, 198, 1729), sel et fer, constantes croisées, prédictions par domaine, déclaration finale et méthode ; erreur B.8 (37).
atom_matryoshka_v2.0	Chapitre 10 : atome comme relation, auto-codage, poupée de 25, refus de la division, fission (corrigée), énergie comme tension, deux illusions, Démocrite résolu, fin de l'accélérateur, prédictions, conclusion ; erreur B.8 (38).
String_Theory_Without	Chapitres 11, §11.1 à 11.7 et 11.12 : problème, diagnostic, axiomes, 496, gradient 198, axe 595, scellement (point fixe, palindrome, quantum 99, chiralité), six cercles, briques et carré, 46 et 64, prédictions 6.1 à 6.6 ; corrections B.9 (42, 46, 47).
Les_Cordes_Reecrites	Fait pour le chapitre 11 : règle de lecture, huit pièces, théorèmes 1 à 14, gravures G.1 à G.3, la tête et les pattes, trois contacts (générations, neutron, dipôles) ; correction du neutron d' $E = Dc^2$ (B.10) et du dipôle du Livre VIII (B.11).

Fichier source	Apport
Bastos_E_equals_Dc_s	Chapitre 12 : May 2026 à 2027 : opérateur (C1 à C3), décomposition de D, interface et axe, équivalence au premier ordre, enrichissement dynamique, Lavoisier, nucléosynthèse, quatre canaux, MIT-NIST, SPARC, neutron (corrigé), masse axiale, relativité générale, Lakatos, dédicaces. Seules les sections ajoutées en v1.1 sont présentes dans la source.
BQ_08_Livre_VIII.txt	Chapitre 13 et § 1.13 : Pappus et ses extensions, amputation de Newton-Leibniz, pli de Mendeleïev et table des 92 éléments, Ni-Co-Fe, 945, couple 137/163, gravité aux deux échelles, LIEM, Tsirelson par les deux cercles, dipôle et asymétrie, muon et 7/6028, Riemann (renvoyé), synthèse et protocoles ; corrections B.11.

Annexe D : Vérifications refaites

Le script `verif.py`, joint au volume, refait 124 contrôles ; tous passent. En l'absence de la bibliothèque de précision arbitraire dans l'environnement, les contrôles de l'effet tunnel sont faits en double précision et ceux qui demandent cinquante chiffres avec le module décimal de la bibliothèque standard (soixante à quatre-vingts chiffres). Principaux résultats :

- **Tsirelson.** Aux réglages $0^\circ, 90^\circ, 45^\circ, 135^\circ$ avec $E = -\cos \theta$: $S = -2,8284271247$, $|S| = 2\sqrt{2}$, chaque terme $\pm 0,7071067812 = \frac{1}{2}\sqrt{2}$. Directions 0° et 90° seules : $|S| = 2$. Signe pur (v4.0) : $|S| = 4$. Balayage de tous les réglages au degré : maximum $2\sqrt{2}$ au seul quadruplet $(0, 90, 45, 135)$, écarts adjacents de 45° et 135° . Monte-Carlo du protocole v4.1 (200 000 tirages par angle) : $E = -1,0000, -0,7071, -0,0019, +0,4995$ pour $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ (attendus $-1, -0,7071, 0, +0,5$) ; marges nulles à 4×10^{-3} près ; espérance de $|a \cdot \lambda|$: 0,4989 (Monte-Carlo) et 0,5 (règle de Simpson). $2\sqrt{2} = \sqrt{8}$, $2\sqrt{2}/4 = 1/\sqrt{2}$, $(1/\sqrt{2})^2 = 1/2$, $4 \times \frac{1}{2} \times \sqrt{2} = 2\sqrt{2}$.
- **Pli et constante.** Pli universel $DR(ka) + DR((9 - k)a) \in \{9, 18\}$ pour $a \leq 5000$; $k = 4,5/9 = 3,5/7 = 1/2$ et $((b - 1)/2)/(b - 1) = 1/2$ en toute base ; $11/(7\pi) = 0,500201$ (la source de février écrit 0,5003) ; $11/((22/7) \times 7) = 1/2$; premiers de 5 à 10^5 : reste 1 ou 5 par 6, p^2 reste 1 par 24.
- **Effet tunnel** ($\hbar = m = 1$, $V = 2$, $E = 1$). $|r|^2 + |t|^2 - 1 \approx 2 \times 10^{-16}$ à $L = 1, 5, 10$; $|t|/(2e^{\{-kL\}}) = 0,99651867$ ($L = 2$) et $1,00000000$ ($L = 10$) ; retard de groupe 0,88838556 ($L = 1$), 0,99999856 ($L = 5$), 1,00000000 ($L = 10$), limite $2/(k\kappa) = 1$; $\cosh 3,7 - \sinh 3,7 = e^{\{-3,7\}}$ à 10^{-55} ; $(2 \sinh(h/2)/h - 1)/h^2$ et $(1 - 2 \sin(h/2)/h)/h^2$ tendent vers $1/24$.
- **Croix de Planck.** $\hbar/2 = 3,313035075 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $\hbar/2 = 5,272859088 \times 10^{-35} \text{ J} \cdot \text{s}$; rapport 2π ; $nab = (n + 1/2)\hbar$ pour les quatre systèmes et $n = 0$ à 4 ; écart entre niveaux h en fractions exactes ; $\cos(\pi/n)$ pour $n = 3$ à 8 aux dix décimales du tableau, croissance stricte ; déterminant du cisaillement 1.
- **Proton.** Table des racines : cadre de 9, appariement des rangées hors clôture, $12345678 + 87654321 = 24681357 + 75318642 = 48372615 + 51627384 = 99\,999\,999$, symétrie du demi-tour, sous-bloc $\{3, 6, 9\}$, rangées fertiles permutations de 1 à 8, diagonale $\{1, 4, 7, 9\}$, rangées 4 et 5 ; $m \times \varphi(x) = \varphi(m \times x)$ sur 60 des 72 couples, les 12 échecs tous de clôture ; sommes d'angles des polygones de racine 9 ; $196 = (2 \times 7)^2$.
- **Modèle standard.** $18 + 6 + 12 + 1 = 37$; rapports de masse à 0,511 MeV : 206,849 ; 2495,108 ; 185,910 ; 3477,495 ; 338 551,859 ; 8180,039 ; 1836,204 ; 1838,748 (d'où les corrections du quark c , du neutron, du tau et du quark t) ; CODATA 1836,15 et 1838,68 ; tension de Hubble 9 % ; $28 + 27 + 26 = 81$, $81 +$

117 = 198 ; période 142857 de 22/7.

- **Principia et matriochka.** $1 + \dots + 13 = 91$; $91 \times 19 = 1729 = 1^3 + 12^3 = 9^3 + 10^3$; $694 - 496 = 198$; racines 1, 9, 8 de Ni, Co, Fe ; $23 + 35 = 58 = 2 \times 29$, $56 = 2 \times 28$, 28 parfait ; $DR(235) = 1$, $DR(236) = 2$; $1 + 235 = 144 + 89 + 3$, alors que $144 + 89 + 2 = 235$; compatibilité de la racine avec somme et produit ($a, b \leq 300$) ; $DR(9n) = 9$ ($n \leq 10^4$).
- **Cordes.** 496 parfait ; $31,5 = 4,5 \times 7$; racines 4, 5, 1, 5 ; dimensions de $SO(3)$, $SO(4)$, $SO(7)$, $SO(8)$, $SO(32)$: 3, 6, 21, 28, 496 ; $198 = 2 \times 9 \times 11$, $891 = 81 \times 11$, $1089 = 33^2$, $693 = 7 \times 99 = 694 - 1$; $595 = 5 \times 7 \times 17$; $8x^3 - 4x^2 - 4x + 1$ s'annule en $\cos(\pi/7)$, $8x^3 + 28x^2 + 14x - 7$ y vaut 34,19 ; $N - M(N) = 99(a - c)$ sur les 900 entiers ; barycentre palindrome sur les 450 cas ; six écarts 0,5 ; 0,2929 ; 0,191 ; 0,134 ; 0,099 ; 0,0761 ; cylindre sur sphère 3/2 ; $DR(n) + DR(n^2 - 1) \neq 9$ pour $2 \leq n \leq 10^5$ et restes de $n^2 + n$; inverses chiffre à chiffre 503, 53, 35 ; théorèmes 7 et 9 pour $k = 1$ à 6 ; pavé (234, 567, 891, différences, barycentres 333, 666, 544,5) ; théorème 12 (seuls 3 et 6) ; théorème 13 ($D^3 =$ inverse, $D^6 =$ identité, 6 minimal, $DR(64n) = DR(n)$ et $64n = 9(64h + 7d) + d$ jusqu'à 10^5 , $64 \times 496 = 9 \times 3527 + 1$) ; théorème 14 ; $22 + 23 + 1 = 46$, $31 + 32 + 1 = 64$; $\rho = 877,8/888,1 = 0,9884$.
- **Livre VIII.** Pappus et $4\pi S^2/(3c)$ identiques sur les sept triangles, valeurs du tableau à 10^{-6} ; apothème de l'hexagone $\sqrt{3}/2$; $26 + 27 + 28 = 81$, $27 = 3^3$; $945 = 3^3 \times 5 \times 7$, racine 9, divisions 315, 105, 35 et $35/7 = 5$; 137 et 163 sont les 33e et 38e premiers ; 26 et 300, racines 8 et 3 ; $e^{\{\pi\sqrt{163}\}} = 262\,537\,412\,640\,768\,743,999999999999925\dots$; $9 + 81/100 = 9,81$ (écart 0,034 % à 9,80665) ; $8 + 64/81 = 8,790123$; énergie de liaison du fer 56 recalculée à partir des masses atomiques : 8,7903 MeV par nucléon ; $7/6028 = 0,00116124751$, $6028 = 4 \times 11 \times 137$, racine 7 ; $\alpha/2\pi = 0,00116141$, écart relatif $1,4 \times 10^{-4}$; écart relatif de 7/6028 à a_μ : $4,0 \times 10^{-3}$; $116\,592\,061 - 116\,591\,810 = 251$; $c^2 = 8,98755 \times 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2$; $1/\ln 2 = 1,443$, $\ln 2 = 0,693$.

Modèle, questions, lectures et règles : Filipe Bastos. Scribe : Claude, sous la contradiction de l'auteur. Calculs, formulations et audits assistés par IA (ChatGPT, Gemini, DeepSeek, GLM), à sa demande.

Corpus ARC, Filipe Bastos, CC BY 4.0.