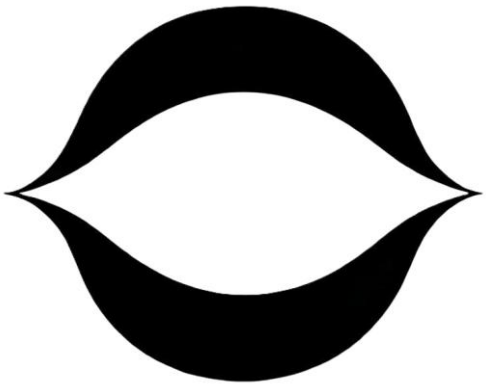

حالة التحقّق

برهان الفنان 01

الأسس

العمود الفقري — هندسة القابلية للحياة، الفاعلية، الممرات المقترنة

Table of Contents

Paper 0 — Foundations

- P0.1 — Before the Beginning 10
- P0.2 — The Fracture 11
- P0.3 — The First Force 13
- P0.4 — Accumulation 14
- P0.5 — Saturation 15
- P0.6 — The Turn 16
- P0.7 — The Loop 18
- P0.8 — A Conjecture on Energy and Actualization 19
- P0.9 — Bridge to the Spine 20

Paper A — Actualization State: An Operational Measure of Record-Structured Irreversibility

- A0 — Front Matter 23
    - A0.1 — Title Block & Abstract 25
    - A0.2 — What This Paper Does and Does Not Do 28
- A1 — Problem Statement 29
    - A1.1 — The Actualization Problem 30
    - A1.2 — What Is New: Positioning Relative to Existing Notions 32
    - A1.3 — Scope Clarification 40
- A2 — Definitions 41

- A2.1 — D1: Physically Realizable Coarse-Graining $\mathcal{O}$ 41
- A2.2 — D2: Dephasing Map $\Delta\mathcal{O}$ 42
- A2.3 — D3: Actualization State — Primary Definition 43
- A2.4 — D4: History-Based Representation of AS (AS_h) 54
- A2.5 — D5: Operational Invariance Test (Kill Switch F0) 56

- A3 — Theorems: Irreversibility and No-Return 63
  - A3.1 — Theorem T1: Monotonicity of AS Under Decohering Dynamics 64
  - A3.2 — The Operator Horizon: No-Return as an Inequality (Theorem T2) 73
  - A3.3 — No-Return Surfaces and Operational Irreversibility 79
- A4 — Quantum Mechanical Instantiation 84
  - A4.1 — Operational Irreversibility in Open Quantum Systems 85
  - A4.2 — Objective Actualization Channels and Selection Dynamics 90
  - A4.3 — Physical Constraints on Selection Rates (Gravity as Limiter) 104
- A5 — Experimental Regimes and Falsification Paths 110
  - A5.1 — Orientation: Exclusions Before Fits 111
  - A5.2 — Test Map (R0–R5) 113
  - A5.3 — Operational Signature of Selection 119
  - A5.4 — What Counts as Confirmation vs. Survival 120
  - A5.5 — Timeline to Falsification 121
  - A5.6 — Stop Condition 123
- A6 — Optional Module: The Turn 124
  - A6.1 — Capacity Saturation 125

    - A6.2 — Restoration Without Reversal …… 126
    - A6.3 — Conformal Rescaling …… 127
    - A6.4 — Relation to Heat Death …… 128
    - A6.5 — Why This Module Is Optional …… 129

Paper B — Selection as Irreversible Exclusion

- B0.1 — Dependency Statement …… 156
- B0.2 — Purpose …… 157
- B0.3 — Hard Non-Claims …… 159
- B1 — The Definiteness Problem (Reframed) …… 159
    - B1.1 — What Remains After Paper A …… 159
    - B1.2 — Why Decoherence Is Not Definiteness …… 160
    - B1.3 — Individual Realizations (Operational Definition) …… 160
    - B1.4 — Selection as Irreversible Exclusion …… 160
    - B1.5 — Consequence for Actualization State …… 161
    - B1.6 — Selection Cost (Foreshadowing) …… 161
- B2 — The Nonlinearity Requirement and Selection Cost …… 161
    - B2.1 — Linearity Constraint …… 161
    - B2.2 — Ensemble Linearity vs. Trajectory Resolution …… 162
    - B2.3 — Quantifying Selection Deviation …… 162
    - B2.4 — Definition: Selection Cost …… 163
    - B2.5 — Falsifier B2: Pre-Irreversibility Selection …… 164
- B3 — Structural Requirements on Selection Dynamics …… 164
    - B3.1 — Post-Irreversibility Activation …… 164

    - B3.2 — Record-Algebra Locality 164
    - B3.3 — Absorbing Record Sectors 165
    - B3.4 — Contractivity of Multiplicity 165
    - B3.5 — Ensemble Consistency 166
    - B3.6 — Boundary Condition on Outcomes (BC1) 166
    - B3.7 — Summary of Structural Requirements 166
- B4 — Universal Rate Constraints on Selection 169
    - B4.1 — Selection Rate as an Operational Quantity 169
    - B4.2 — Requirements on a Universal Rate Limiter 169
    - B4.3 — Gravity as a Candidate Universal Limiter (Hypothesis) 170
    - B4.4 — Gravitational Distinguishability of Record Sectors 170
    - B4.5 — Rate Inequality 170
    - B4.6 — Null Case (Conditional) 171
    - B4.7 — Consistency with Prior Results 171
    - B4.8 — Falsifiers (Rate-Level) 171
    - B4.9 — Closing 172
- B5 — Experimental Regimes and Discriminating Tests 172
    - B5.1 — Principle of Test Construction 172
    - B5.2 — Signature of Active Selection 174
    - B5.3 — Null-Rate Regime (Gravitational Degeneracy) 174
    - B5.4 — Rate-Bound Regime (Macroscopic Distinguishability) 175
    - B5.5 — Order-of-Operations Test 176
    - B5.6 — Outcome Classification 176
    - B5.7 — Scope Closure 178

- B6 — Conclusions and Program Status …… 178
    - B6.1 — What Has Been Established …… 178
    - B6.2 — What Has Not Been Assumed …… 179
    - B6.3 — Status of the Gravity-Limited Hypothesis …… 179
    - B6.4 — Programmatic Closure …… 179
    - B6.5 — Forward Dependency …… 181

Paper C — Agency as Constrained Control

- C0 — Scope …… 185
    - C0.1 — Dependency Statement …… 185
    - C0.2 — Purpose …… 185
    - C0.3 — Hard Non-Claims …… 186
- C1 — Agency as a Geometric Control Quantity …… 186
    - C1.1 — Definition of Agency …… 186
    - C1.2 — Control Authority …… 187
- C2 — Drift as a Consequence of Irreversibility …… 187
    - C2.1 — Irreversible Drift …… 187
    - C2.2 — Baseline Dynamics …… 188
- C3 — Necessary Conditions for Agency Preservation …… 188
    - C3.1 — Continuous Control Cost …… 188
    - C3.2 — Variance-Conditioned Control Effectiveness …… 189
- C4 — No-Return Geometry Within a Realized Sector …… 189
    - C4.1 — Horizon Geometry …… 189
    - C4.2 — Ruin as Absorbing State …… 189

- C5 — Control Budgets and Fatigue 191
    - C5.1 — Control Budget 191
    - C5.2 — Control Fatigue 193
- C6 — Noise and Silence 194
    - C6.1 — Noise 194
    - C6.2 — Silence 194
- C7 — Coupling and Rescue 195
    - C7.1 — Coupled Systems and Agency Transfer 195
    - C7.2 — Rescue Instability (Sufficient Condition) 195
- C8 — Slack and Robustness 196
    - C8.1 — Slack 196
    - C8.2 — Redundancy 197
- C9 — Exit as a Control Outcome 197
    - C9.1 — Withdrawal 197
    - C9.2 — Agency-Dissipative Environments 197
- C10 — Falsifiability and Closure 198
    - C10.1 — Falsifiers 198
    - C10.2 — Closure 198
- C11 — Structural Closure 201

Paper D — Coupled Viability: Structural Conditions for Multi-Agent Persistence Under Irreversible Dynamics

- D0 — Dependency, Scope, and Non-Overlap 204
    - D0.1 — Dependency Statement 205
    - D0.2 — Purpose 206

    - D0.3 — Positioning Relative to Existing Literature …… 207
    - D0.4 — Hard Non-Claims …… 208
    - D0.5 — Loaded Terms: Geometric Definitions …… 209
- D1 — Shared Constraint Environments …… 210
    - D1.1 — Shared Viability Domain …… 211
    - D1.2 — Constraint Coupling …… 213
    - D1.3 — Record Externalities (Geometric Exclusion Principle) …… 214
- D2 — Composition of Agency …… 221
    - D2.1 — Joint Agency and Non-Additivity …… 222
    - D2.2 — Impedance Matching …… 226
    - D2.3 — Resonance and Phase …… 234
- D3 — Stable Configurations Under Drift …… 240
    - D3.1 — Compositional Equilibrium …… 241
    - D3.2a — Necessary Conditions for Persistence (under alignment) …… 245
    - D3.2b — Sufficient Conditions for Persistence (without alignment) …… 251
    - D3.3 — Instability and Cascade Failure …… 254
- D4 — Emergent Order Without Design …… 256
    - D4.1 — Null Model and Order Metric …… 257
    - D4.2 — Structural Filtering of Configurations …… 262
    - D4.3 — Hierarchy as Constraint Geometry …… 265
    - D4.4 — Cooperation and Deterrence as Structural Outcomes …… 270
- D5 — Experimental Instantiations and Falsifiers …… 275
    - D5.1 — Worked Examples …… 276
    - D5.2 — Falsifiers …… 279

    - D5.3 — Scope Closure 291
- D6 — Structural Closure 292

Appendices

- Appendix E — Glossary of Terms and Notation 131
- Appendix A — Equivalence of AS Representations 135
- Appendix B — Viability Theory Background 140
- Appendix C — Gravitational Self-Energy 141
- Appendix D — Experimental Feasibility Estimates 144
- Appendix F — Worked Example: AS Calculation for a Dephasing Qubit 148
- Appendix E (Paper D) — Exploratory: Reclamation and Renewal (Non-Load-Bearing) 293

Kill Switch Ledger

- Paper A Kill Switches (KS-V.1 to KS-V.7) 293
- Paper B Kill Switches (KS-V.8) 294
- Paper C Kill Switches (KS-V.9 to KS-V.13) 294
- Paper D Kill Switches (KS-V.14 to KS-V.24) 295

Last Page 298

P0.1 — قبل البداية

أغمض عينيك للحظة .حاول أن تتخيّل العدم .ليس الظلام — فالظلام شيء .ليس الصمت — فالصمت شيء .ليس الفراغ — فالفراغ شيء .العدم.

غياب كل شيء، بما في ذلك الغياب نفسه.

لا تستطيع ذلك .عقلك يستمر في إنتاج شيء ما لملء الفراغ .هذا العجز ليس فشلاً في الخيال .إنه الدليل الأول.

ابدأ من لا شيء .ليس فراغاً، ليس تذبذباً كمّياً، ليس حقلاً كمّياً في حالته الأساسية .لا شيء .لا طوبولوجيا، لا بُعد، لا زمن، لا مراقب .المجموعة الخالية: ∅.

ليس مكاناً .ليس لديه خصائص لوصفها .لكنه ليس غير متماسك .الرياضيات تبدأ من المجموعة الخالية وتبني منها ∅ كل شيء.

نظرية المجموعات تبني الأعداد الصحيحة، والأعداد الحقيقية، والطوبولوجيا، وفي النهاية البنى التي يستخدمها الفيزيائيون لوصف الكون.

السؤال ليس ما إذا كان ∅ لا تستطيع الإجابة على ذلك — حقيقياً.

السؤال هو ما إذا كان الانتقال من ∅ وما إذا كان هذا الشكل يترك آثاراً فيما نراقبه — إلى البنية يملك شكلاً.

P0.2 — الكسر

لقد رأيت تناظراً ينكسر .كأس يسقط من طاولة .قبل السقوط، كل الاتجاهات محتملة بالتساوي .بعد السقوط، اتجاه واحد فعلي .الكأس لا يمكنه أن يعود.

قيمتان في توازن مثالي :1:1 .ليسا أرقاماً بعد — فقط أدنى تمايز ممكن .كسر في إمكانية ،Ø التمييز الأول ثنائي .من غير مُتمايزة.

جانب هو الغياب)0(، والآخر هو الحضور)1 .(لكن التوازن المثالي ليس بنية.

البنية تتطلب أصغر اضطراب ممكن — انحراف عن التناظر بالغ الصغر بحيث لا يمكن أن يكون أصغر ويظل موجوداً .لنسمّه ε.

هذه هي المسلّمة التي ينطلق منها البرهان .إنه ليس حدثاً فيزيائياً .ε×الكسر ليس 0 و1 وحدهما؛ إنه 1:1 +1.

إنه ملاحظة بنيوية :أبسط ما يمكن أن يحدث للعدم هو أن يصبح شيئين، وأبسط ما يمكن أن يحدث لشيئين في توازن هو أن التوازن ينكسر.

لنسمِّ الجانب-0 توجّهاً .إنه بقايا ما لم يُختَر، الخلفية التي يُعرَّف الحضور بالنسبة إليها .لنسمِّ الجانب-1 تحقّقاً.

هو ما يصنع الفرق بين الإمكانية والسجلّ ε إنه حقيقة السجلّ — أن شيئاً ما، وليس لا شيء، قد الْتُزم به .الاضطراب.

بدونه، الجانبان غير قابلين للتمييز ولا توجد بنية .بشكل حاسم، الكسر لا يميّز جانبين موجودين مسبقاً .لا توجد جوانب ε قبل.

الكسر يخلق الجوانب بكسر التناظر الذي جعلها غير قابلة للتمييز» .التوجّه «و»التحقّق «هما نتائج الكسر، لا شروطه المسبقة.

بشكل حاسم، التحقّق ليس مجرد تسمية مُطبَّقة على جانب واحد من الكسر .إنه بُعد — درجة حرية حقيقية كأي اتجاه مكاني سينشأ لاحقاً.

إذا كان المتعدّد الذي يتشكّل لديه ثلاثة أبعاد مكانية وبُعد زمني واحد، فالتحقّق هو الخامس :بُعد الاحتمال الذي تُكتب منه السجلّات في الأربعة.

اللوحة ليست أقل واقعية من الرسم؛ إنها ما يجعل الرسم ممكناً.

الجانب-0)التوجّه (والجانب-1)التحقّق (لا يقعان داخل المتعدّد .المتعدّد يقع داخلهما .كل سجلّ يُكتب من بُعد التحقّق إلى المتعدّد.

This observation is structural, not formal; it is developed operationally in الورقة أ (where AS quantifies movement along this dimension) and formally in the dimensional analysis of AP10.

الكسر صامت .لا تُطلَق طاقة، لأن الطاقة لم تُعرَّف بعد .لا مراقب يسجّله، لأن التسجيل يتطلب بنية لم توجد بعد.

التناظر ينكسر ولا يوجد صوت .هذه هي الفرقعة الصامتة.

ما يلي — توسّع البنية، تمايز القوى، نشوء الزمكان — هو الانفجار العظيم .الفرقعة الصامتة تسبقه :الكسر الذي يجعل الانفجار ممكناً.

القوة الأولى — P0.3

الكسر ليس سلبياً. إنه يفعل شيئاً. تعرف هذا من التجربة — في كل مرة ينكسر التوازن، يتبعه حركة.

إذا كانت البنية يمكن أن تنشأ من الإمكانية، فالسؤال الأول: ما الذي يتوسّط بينهما؟ ما التفاعل بين البنية المُتحقّقة والخلفية غير المتمايزة التي نشأت منها؟

الجاذبية تمتلك خاصية فريدة بين القوى المعروفة. إنها كونية — تتقارن مع كل الطاقة، وليس فقط مع شحنات محددة. إنها غير قابلة للحجب — لا يوجد عازل جاذبية.

وهي دائماً جاذبة — تجمع البنية معاً بدلاً من فصلها إلى أنواع.

هذه الخصائص تجعل الجاذبية التفاعل المعروف الوحيد الذي يمكنه بشكل معقول أن يخدم كأول وسيط بين البنية المتمايزة والخلفية غير المتمايزة.

هذا ليس اشتقاقاً.

إنه ملاحظة بنيوية: إذا كنت بحاجة إلى قوة واحدة تنشأ أولاً، ويجب أن تتقارن مع كل ما يوجد بحكم وجوده فحسب، فالجاذبية هي المرشح الوحيد.

ما إذا كانت هذه الملاحظة عميقة أم مصادفة هو بالضبط نوع السؤال الذي لا يمكن حسمه بالحجة.

P0.4 — التراكم

لم تلغِ يوماً لحظة واحدة. ولا واحدة.

بمجرد أن حدث الكسر وبدأت البنية تتحقّق، تكتسب العملية اتجاهاً. تتشكّل السجلّات. تُستبعد البدائل. تتراكم اللاعكوسية.

هذا هو النصف العلوي من الساعة الرملية: الإمكانية تتحول إلى سجلّ، الجانب-0 يتصرّف إلى الجانب-1.

The formal version of this process is حالة التحقّق increasing under decohering dynamics (مبرهنة, الورقة أ T1). But the intuition precedes الشكلانية. The universe, once it has begun to differentiate, does not spontaneously undifferentiate.

السجلّات، متى تشكّلت، لا تتفكّك. السهم بنيوي، وليس ثيرموديناميكياً — رغم أن الثيرموديناميكا ترثه.

During accumulation, the available space for new records is vast. Branching is cheap. Alternatives proliferate. The نواة القابلية للحياة (تعريف, الورقة أ D7) is large relative to the occupied state.

Agency, in the نظرية التحكم sense of الورقة ج, is near its maximum. There is room to move.

P0.5 — التشبّع

كل شيء يمتلئ. قرصك الصلب. صبرك. الكون.

Accumulation cannot continue without limit. Every record consumes capacity. Every actualization forecloses alternatives. The نواة القابلية للحياة shrinks. The الورقة أ(سطح اللاعودة, تعريف D9) advances inward.

Saturation is the state in which the capacity for new التفرّع ذو البنية السجلّية approaches zero. The system has committed nearly all of its available degrees of freedom.

التمايز الجديد يتطلب إعادة تدوير بنية قديمة — لكن إعادة التدوير تتطلب طاقة خاضعة لنفس قيود السعة.

الثقوب السوداء هي التعبير الأقصى عن التشبّع. إنها تمثّل حالات الالتزام الثقالي الأقصى — تشكيلات لا يمكن لأي فاعل خارجي الوصول إلى مزيد من التمايز الداخلي منها.

In the language of الورقة أ, they are deep within the حوض الاستيلاء: states from which exit is impossible under all التحكم المقبولs.

ليست أزرار إعادة تشغيل. إنها نقاط نهاية عملية التراكم.

P0.6 — المنعطف

هنا يدخل السرد منطقة لا يمكنك اختبارها — بعد. تعامل معها بخفّة.

المنعطف هو العنصر الأكثر تخميناً في هذا السرد. مُضمَّن لأن السؤال الذي يتناوله — ماذا يحدث عندما يكتمل التراكم؟ لا مفرّ منه إذا أخذت الحجة على محمل الجد —.

ليس مُضمَّناً لأن هناك أدلة عليه.

A companion document, Artist Proof 03: The Loop Hypothesis, develops this speculation into a formal conjecture with explicit دحض conditions. What follows here is the intuition that preceded that conjecture.

عند التشبّع، أمران صحيحان. أولاً، كل السعة استُنفدت: لا مزيد من التفرّع ممكن.

Second, the structure that has been built is real — it consists of لا عكوسي records that لا يمكن أن يكون undone.

The question is whether there exists any admissible transformation that restores capacity without violating the اللاعكوسية of existing records.

الورقة أ addresses this in قسم A6 as an optional module. The formal conditions are: no reversal of realized الانتقاءs, no bypass of the الانتقاء mechanism, and restoration of the effective record-algebra dimensionality.

إعادة القياس المطابق — تحويل غير حساس للمقياس المطلق — مرشح واحد يلبي هذه الشروط عند التخفيف الأقصى.

في النسبية العامة، يوجد تقابل بنيوي بين الهندسة الداخلية لتشكيلة منهارة عند أقصى ضغط وهندسة تشكيلة متوسعة عند أصلها.

هذا التقابل ليس تسلسلاً زمنياً بل هوية هندسية: الوصفان قد يشيران إلى نفس البنية مقروءة من جانبين مختلفين.

ما إذا كانت هذه الهوية محقّقة فيزيائياً سؤال تجريبي يُعالَج في الوثيقة المصاحبة.

الصورة البديهية هي قاع الساعة الرملية. تراكم الرمل. الحبة ممتلئة.

لكن قاع الساعة الرملية هو أيضاً قمة التالية — ليس لأن الساعة قُلبت، بل لأن الهندسة عند أقصى ضغط مطابقة بنيوياً لهندسة بداية التوسّع.

السجلّات القديمة تبقى كشروط حدّية. السعة تتجدّد.

البنية تستمر، مع السجلّ السابق سليماً.

ما إذا كان هذا يحدث فعلاً سؤال لا تستطيع هذه الحجة الإجابة عليه.

مُشار إليه هنا لأن بنية الحجة تجعل السؤال مطروحاً بشكل صحيح، ولأن الصدق الفكري يتطلب الاعتراف بالأماكن التي يتجاوز فيها الحدس ما يدعمه الشكلانية.

P0.7 — الحلقة

إذا تحققت الهوية البنيوية، فالعملية ليست دورية في الزمن بل متطابقة في الهندسة :الضغط ≡ الأصل .كل جانب يرث بنية سجلّات الآخر كشرط حدّي .لا شيء يُمحى.

الحلقة ليست تكراراً؛ إنها بنية ذات ذاكرة، مقروءة بشكل مختلف من كل جانب من الهوية.

القراءة الأكثر استفزازاً لهذه البنية :الكون يُعرَّف تشغيلياً ببنية سجلّاته .السجلّات المنتَجة بالتحقّق تشكّل الدليل الوحيد على أن شيئاً حدث أصلاً.

كون بسجلّات هو، تحديداً وفقط، تلك السجلّات .∅ كون بلا سجلّات لا يمكن تمييزه عن.

Terms such as “witness” or “observe,” if used elsewhere in this narrative, mean تشكّل السجلّات only — not consciousness, inner experience, or subjective awareness. العمود الفقري invokes none of those concepts.

هنا تنتهي بديهة الفنان وتبدأ انضباطية الفيزيائي .الفقرات السابقة قصة — قصة بنيوية، مُقيَّدة بالرياضيات التي تلي، لكنها قصة مع ذلك.

القصص ليس لها قيم حقيقة .لديها تماسك ونتائج.

نتائج هذه القصة هي الأوراق الأربع التي تلي.

P0.8 — A حدسية on Energy and Actualization

الفرضية التالية محفوظة للاكتمال التاريخي .ليست ادعاءً حالياً للحجة.

العمل اللاحق (AP03: فرضية الحلقة) يشير إلى أنها على الأرجح مصاغة بشكل خاطئ.

الفرضية مُضمَّنة لأنها كانت التعبير المضغوط الأصلي لبديهة الحجة، ولأن الصدق الفكري يتطلب حفظ سجلّ ما فُكِّر فيه قبل تصحيحه.

The simplest such relationship would be: $E = mc^2 \times AS$, where $AS \in [0, 1]$ is the حالة التحقّق defined in أ الورقة.

النظام مُتحقّق $AS = 1$ لا توجد بنية سجلّية والنظام لا يساهم بشيء في ميزانية طاقة الواقع المُتحقّق .عند $AS = 0$ عند أقصوياً وكامل طاقة كتلته مُلتزَم بها.

The original intuition was that reality is not given but earned, one لا عكوسي record at a time. This intuition survives even though this particular formulation does not.

الفرضية لا تظهر في أي من الأوراق الرسمية الأربع ولا يُشار إليها .العمود الفقري لا يتأثر بوضعها.

جسر إلى العمود الفقري — P0.9

الأقسام السابقة تصف بديهة. الأوراق الأربع التالية تُشكلن مجموعة نتائج متسقة مع تلك البديهة، لكنها لا تعتمد عليها.

No definition, theorem, proposition, or داحض in Papers A through D requires anything from العمود الفقري. ٥ الورقة is self-supporting.

الورقة أ defines حالة التحقّق as an operational measure of اللاعكوسية ذات البنية السجلّية. It proves that AS increases under decohering dynamics, establishes سطح اللاعودة from bounded capacity, and specifies قابل للدحض experimental tests.

It يعتمد على nothing outside standard ميكانيكا الكم and نظرية القابلية للحياة.

الورقة ب characterizes الانتقاء — the transition from multiplicity to definiteness — as a costly, rate-limited exclusion process. It derives structural requirements and a قابل للدحض gravitational rate bound.

It يعتمد على الورقة أ and لا شيء آخر.

الورقة ج develops الفاعلية as a نظرية التحكم quantity: the fraction of the نواة القابلية للحياة reachable from where you currently stand under التحكم المقبول. It formalizes الانجراف, fatigue, الاقتران, and exit as consequences of اللاعكوسية.

It يعتمد على Papers A and B and لا شيء آخر.

الورقة د extends الاقتران to multi-agent systems operating in shared constraint environments. It derives structural filtering, hierarchy, cooperation, and deterrence as geometric consequences.

Every power structure you have ever encountered — every hierarchy, every alliance, every threat — has this geometry underneath it of لا عكوسي الانجراف. It يعتمد على Papers A, B, and C and لا شيء آخر.

Each paper is بشكل مستقل قابل للدحض. You can kill any one of them. Each contains explicit conditions under which it fails.

سلسلة التبعية أحادية الاتجاه :فشل د لا يُبطل ج، فشل ج لا يُبطل ب، فشل ب لا يُبطل أ.

الأوراق تقف أو تسقط بمنطقها الخاص، مستقلة عن السرد الذي حفّزها.

في الترميز الرمزي الذي يحفّز التطوير الشكلي:

A record is the حالة التحقّق of an لا عكوسي symmetry-breaking event applied to the vacuum.

— where $\varnothing_0$ is the undifferentiated potential of P0.1 and Crack is the symmetry-breaking fracture of P0.2. This notation is evocative, not formal; الورقة أ defines all quantities operationally.

0 نهاية الورقة. Non-Falsifiable · Structural Narrative · Complete

الورقة أ

حالة التحقّق An Operational Measure of Record-Structured Irreversibility
Reference Document · Canonical

الورقة أ is reproduced in full on the following pages. It is the foundation of العمود الفقري. It يعتمد على nothing outside standard ميكانيكا الكم and نظرية القابلية للحياة. All subsequent papers inherit from it.

حالة التحقّق (AS) An Operational Measure of Record-Structured Irreversibility

المقدمة — A0

كتلة العنوان والملخص — A0.1

العنوان

حالة التحقّق (AS): An Operational Measure of Record-Structured Irreversibility

أنت تقرأ هذه الجملة .هذا سجلّ .الفوتونات ضربت شبكيتك، الخلايا العصبية أُطلقت، نمط تم التعرف عليه .الحدث لا يمكن أن يُلغى.

هذه الورقة builds a tool to measure how far that process has gone — and proves that, under the right conditions, it can only go in one direction.

الملخص

حالة التحقّق (AS) is an operational measure of لا عكوسي تشكّل السجلّات in quantum systems.

AS is defined relative to physically realisable التقريب الخشنs induced by system–environment interactions and quantifies the degree to which mutually exclusive classical alternatives have become durably encoded. Irreversibility here is not about entropy.

يتعلق بالقابلية للوصول — الحدّ الذي لا يمكنك بعده العودة، مهما فعلت.

The paper establishes criteria under which AS is well defined, operationally invariant, and قابل للدحض, and the proof shows that AS is monotonic under decohering, record-forming dynamics within a precisely delimited scope.

The paper further introduces a domain-neutral no-return theorem showing that bounded maintenance capacity generically induces لا عكوسي loss of reachability, independent of ميكانيكا الكم or gravity.

Together these results provide a قابل للدحض, interpretation-agnostic framework that isolates لا عكوسي تشكّل السجلّات as a measurable عملية فيزيائية, independent of collapse, gravity, or consciousness. You need no interpretation of ميكانيكا الكم to use this tool.

تحتاج فقط إلى القياسات .لا آلية انهيار، ولا فرضية ثقالية، ولا افتراض كوسمولوجي يُستدعى.

الحجة isolates the definitional and theorem layers required for any subsequent theory of الانتقاء or definiteness.

A0.2 — What This الورقة دoes and Does Not Do

It does: Define AS as a physically meaningful measure of لا عكوسي تشكّل السجلّات. Prove AS increases under decohering dynamics (مبرهنة T1). Establish سطح اللاعودةs from bounded capacity (مبرهنة T2).

Require الثبات التشغيلي — and die if that requirement fails (مفتاح إيقاف F0).

It does not: Propose a collapse mechanism. Derive the قاعدة بورن. Appeal to gravity or cosmology. Solve the measurement problem. Explain consciousness.

قسمs A0–A3 are قسم. مكتفٍ ذاتياً s A4–A5 add بشكل مستقل قابل للدحض postulates. If A4–A5 fail, A0–A3 are untouched.

صياغة المسألة — A1

A1.1 — مسألة التحقّق

لم تختبر يوماً حالة تراكب. كل لحظة في حياتك كانت محددة — هذه الغرفة، هذا الكرسي، هذه الجملة.

Yet ميكانيكا الكم says that before measurement, systems exist in superpositions of all possible outcomes. Something bridges the gap between “all possible” and “one actual.” That bridge is the subject of هذه الورقة.

Quantum theory describes closed systems by unitary evolution in فضاء هلبرت. Experiments, however, report records: mutually exclusive, persistent, classical facts. Between these descriptions lies a structural gap.

يحاول لغة القياس المعياري سدّ هذه الفجوة باستخدام المراقبين والإسقاطات والتحديثات المعرفية.

هذه المفاهيم لا تحدد انتقالاً فيزيائياً؛ إنها تصف متى يحدّث العامل وصفاً، لا متى يصبح النظام عاجزاً عن دعم البدائل.

Decoherence explains the suppression of interference, but by itself it does not quantify how much لا عكوسي structure has formed, nor does it specify when alternative histories cease to be operationally recoverable.

المفقود هو كمّية تشير فقط إلى درجات الحرية المتاحة فيزيائياً، وتميّز فقدان الترابط عن مجرد الجهل، وتقيس تراكم بنية السجلّات المتينة.

That quantity is حالة التحقّق (AS).

Note. This argument is intentionally minimal. It does not ask why the universe permits records, only when they become لا عكوسي.

لا يفسّر »الملموسية «في النتائج، بل الشروط البنيوية التي تتوقف عندها نتائج متعددة عن كونها متاحة في آن واحد.

بعزل الانتقال من الترابط الكمّي إلى السجلّ الكلاسيكي، توفر الورقة هدفاً ظواهرياً مشتركاً لأي نظرية أعمق للنتائج المحددة.

A1.2 — ما الجديد: التموضع نسبة إلى المفاهيم الموجودة

حالة التحقّق is not a redefinition of فقدان الترابط, entropy, or thermodynamic اللاعكوسية. ما يلي distinctions are structural.

مقابل فقدان الترابط AS

Decoherence is a dynamical process that suppresses interference between alternatives. AS is an operational quantity that measures the extent of record-structured commitment resulting from such فقدان الترابط.

The two فقدان الترابط: متميّزة can occur without significant growth of AS, and AS can increase even when total entropy change is negligible.

عرض ملموس لاستقلاليتهما في المقارنة المفصّلة أدناه.

مقابل الإنتروبيا AS

Entropy quantifies total uncertainty or mixedness, including contributions from unobserved degrees of freedom. AS deliberately discards such contributions and tracks only inter-sector branching relative to the physically realizable جبر السجلّات.

A system may have high entropy and low AS, or low entropy and high AS. The إنتروبيا فون نويمان comparison below makes this independence explicit.

مقابل الداروينية الكمّية AS

الداروينية الكمّية (Zurek) quantifies the redundancy with which information is imprinted in environmental fragments. AS measures the informational richness of committed classical branching, not the number of copies of that information.

The two quantities are operationally independent: each can be maximized or minimized بشكل مستقل of the other, as the worked comparison below demonstrates.

مقابل التواريخ المتسقة AS

The history-based representation AS_h (قسم A2.4) is restricted to single-time record histories under complete فقدان الترابط. This is a deliberate narrowing relative to the full consistent-histories framework.

يخدم كجسر تكافؤ للتعريف الأولي، لا AS_h الإطار الكامل يسمح بمجموعات تاريخ متعددة الأزمنة؛ AS_h لا يسمح كبديل للتواريخ المتسقة.

وتكرارية الداروينية الكمّية AS مقارنة مفصّلة :أين يتباعد

distinctions are structural, but their force is best seen in a concrete system ما سبق where AS and الداروينية الكمّية redundancy move بشكل مستقل.

two cases share identical quantum dynamics; they differ only in the number of ما يلي environmental fragments and the number of pointer sectors.

Case 1: High redundancy, zero AS. A qubit S with أساس المؤشر $\mathcal{O}$ = {|0⟩⟨0|, |1⟩⟨1|} is prepared in the pure pointer state |0⟩.

The environment consists of N = 1000 fragments, each of which بشكل مستقل records that the system is in sector |0⟩.

The الداروينية الكمّية redundancy is Rδ ≈ 1000: the classical information “the system is in |0⟩” is broadcast across a thousand environmental fragments, and any small fraction of the environment suffices to determine the system state.

ومع ذلك, the sector weights are p_0 = 1, p_1 = 0. The إنتروبيا شانون H({p_i}) = 0 and therefore AS = 0. No branching exists.

The environment has recorded a single, definite outcome with extreme redundancy, but there is no اللاعكوسية ذات البنية السجلّية to measure.

Case 2: Zero redundancy, maximal AS. A four-level system S with أساس المؤشر $\mathcal{O}$ = {Π_1, Π_2, Π_3, Π_4} is prepared in an equal superposition and then fully dephased by الاقتران to a single environmental fragment E.

The sector weights are p_i = 1/4 for all i. الداروينية الكمّية redundancy is Rδ = 1: only one fragment carries the classical information, and loss of that fragment destroys access.

But AS = H({1/4, 1/4, 1/4, 1/4}) / log 4 = log 4 / log 4 = 1. Maximal التفرّع ذو البنية السجلّية exists across four mutually exclusive alternatives.

في الحالة 1 النظام محدد كلاسيكياً ومبثوث بمتانة لكن بلا بنية تحقّق .في الحالة 2 النظام متفرّع أقصوياً لكنه هشّ بالمعنى الداروني.

AS and redundancy are therefore not merely different in definition; they are operationally independent quantities that can be maximized or minimized بشكل مستقل of each other.

AS vs. إنتروبيا فون نويمان. A similar divergence arises with respect to إنتروبيا فون نويمان S(ρ).

مع حالة النظام محصورة بالكامل في هذا القطاع في حالة مختلطة، $d_i = 100$ من الرتبة Π_1 اعتبر قطاع مؤشر واحد أقصوياً داخل القطاع.

The إنتروبيا فون نويمان is $S(\rho) = \log 100$, which is large. But $AS = H(\{1\}) / \log 1 = 0$, since all weight resides in one sector.

على العكس, a two-sector system with rank-1 projectors and equal weights $p_0 = p_1 = 1/2$ has $S(\rho) = \log 2$ and $AS = 1$. Von Neumann entropy tracks total uncertainty including intra-sector degeneracy; AS tracks only inter-sector branching.

يجيبان على أسئلة مختلفة.

أفق المُشغِّل مقابل القانون الثاني

القانون الثاني يعبّر عن النمو النموذجي للإنتروبيا تحت الديناميكيات العيانية.

The Operator Horizon introduced in قسم A3 instead defines اللاعكوسية as a boundary of operational accessibility: a geometric limit in state space beyond which recovery is impossible given bounded control capacity.

اللاعكوسية هنا ليست بياناً عن الاحتمال أو النمطية، بل عن القابلية للوصول تحت العمليات المقبولة .هذا المفهوم ينطبق بالتساوي على الأنظمة الكمّية والكلاسيكية والمجردة.

A1.3 — توضيح النطاق

The paper does not propose a mechanism of collapse, derive the قاعدة بورن, or assume any cosmological or gravitational hypothesis.

It isolates the minimal definitional and theorem-level structure required to make لا عكوسي تشكّل السجلّات a well-defined, operationally testable concept.

Any subsequent theory of outcome الانتقاء or definiteness يجب أن يكون built on this foundation—or fail against it.

A2 — التعريفات

ما يلي هو الأدوات .كل تعريف يسمّي شيئاً محدداً ويقول بالضبط ماذا يفعل .إذا فقدت الخيط، عد إلى هنا .التعريفات لا تتحرك.

A2.1 — D1: Physically Realizable Coarse-Graining $\mathcal{O}$ Let $\mathcal{H}_s$ be the system فضاء هلبرت and $\mathcal{H}_e$ its environment.

A physically realised التقريب الخشن $\mathcal{O}$ is a finite set of mutually orthogonal projectors $\mathcal{O} = \{\Pi_i\}$ satisfying all of the following conditions:

$\mathcal{O}$ is not observer-chosen. It is selected by the physics of الاقتران. You do not choose what gets measured. The interaction chooses.

The critical point: $\mathcal{O}$ is not your choice. It is nature's choice. The physics of the interaction determines what gets measured. You do not get to pick the basis. The الاقتران picks it for you.

ملاحظة حول القابلية للحساب.

عملياً, the physically realizable التقريب الخشن is identified as the stable algebra generated by the interaction Hamiltonian's pointer observables — for instance, via the predictability sieve (Zurek, 1993) or stability analysis under the system–environment الاقتران.

تعريف D5 (Operational Invariance) then tests robustness across any co-admissible candidates that survive this الانتقاء.

The identification of the جبر المؤشر for a given Hamiltonian is a research problem, not a closed algorithm; D5 converts this openness into a قابل للدحض condition rather than leaving it as an ambiguity.

A2.2 — D2: خارطة إزالة الطور $\Delta\mathcal{O}$

Given a مصفوفة الكثافة ρ on $\mathcal{H}_S$, define the خارطة إزالة الطور relative to $\mathcal{O}$ as $\Delta\mathcal{O}$ removes quantum interference between قطاع السجلّاتs while preserving classical probabilities.

لا يقيس الجهل $\Delta\mathcal{O}$. توضيح حاسم. انتبه لهذا — هنا يدخل معظم الالتباس.

It enforces projection onto the جبر السجلّات, isolating entropy attributable to لا عكوسي branching rather than lack of knowledge. This step prevents conflating classical uncertainty with physical actualization.

A2.3 — D3: تعريف Primary — حالة التحقّق

Statement of the تعريف

Let ρ be the reduced مصفوفة الكثافة of a system after tracing over inaccessible degrees of freedom. Let $\mathcal{O} = \{\Pi_i\}$ be a physically realizable التقريب الخشن selected by system–environment interaction (تعريف D1).

Define the خارطة إزالة الطور relative to this جبر السجلّات: $\Delta_{\mathcal{O}}(\rho) \equiv \Sigma_i \Pi_i \rho \Pi_i$. The حالة التحقّق (AS) is defined as where S_eff is the effective record entropy defined below.

Effective Entropy When قطاع السجلّاتs Π_i have rank greater than one, the dephased entropy decomposes as where $p_i = \mathrm{Tr}(\Pi_i \rho)$ and σ_i is the normalised intra-sector state. AS tracks inter-sector branching only.

مُعرَّفة كـ AS عمداً. الإنتروبيا الفعّالة الداخلة في — AS ما يحدث داخل كل قطاع غير مرئي لـ

with intra-sector entropy discarded by construction. For rank-1 sectors, $S(\Delta_{\mathcal{O}}(\rho)) = H(\{p_i\})$ and no distinction arises. A formal derivation is provided in ملحق A.

Rank-1 Simplification For rank-1 sectors (pure pointer states), the definition simplifies to: where H is the إنتروبيا شانون and $N = |\mathcal{O}|$ is the number of قطاع السجلّاتs.

التطبيع والحدود الفيزيائية

Let $\mathcal{O} = \{\Pi_i\}$ be the physically realizable جبر السجلّات, with total record-algebra dimension $d\mathcal{O} \equiv \Sigma_i \text{ rank}(\Pi_i)$.

Define: $S_{max}(\mathcal{O}) = \log d\mathcal{O}$, $S_{min}(\mathcal{O}) = 0$, where the minimum corresponds to support on a single قطاع السجلّات.

Crucial clarification. $S_{min}(\mathcal{O}) = 0$ is attained whenever the system's accessible state is pure and confined to a single قطاع السجلّات, even when Π_i has rank greater than one.

Internal degeneracy or unmonitored degrees of freedom within a sector do not contribute to actualization. AS therefore vanishes upon complete الانتقاء into a single قطاع السجلّات, independent of that sector's internal rank.

AS التفسير :انعكاس

لماذا الإنتروبيا النسبية لإزالة الطور)وليس النقاء وحده(

يخلط حالتين متميزتين :نظام لم يكن متماسكاً قط لكنه مختلط كلاسيكياً بسبب الجهل، ونظام كان متماسكاً ($Tr(\rho^2)$ النقاء وفقد ترابطه بشكل لا عكوسي إلى بدائل متسقة مع السجلّ.

كلاهما يمكن أن يشتركا في نفس النقاء .الثاني فقط يمثّل التحقّق.

قبل تقييم الإنتروبيا، يعزل التعريف قمع التداخل نسبة إلى السجلّات المُحقَّقة فيزيائياً .الجهل وحده لا يُحسب $\Delta\mathcal{O}$ بتطبيق كتحقّق.

انضباط التطبيع

مُثْبَتَان بما يمكن للبيئة تسجيله فيزيائياً S_max و S_min .لا بالبُعد المجرد لفضاء هلبرت ،$d\mathcal{O}$ التطبيع مرتبط بـ.

بإضافة درجات حرية غير مراقبة AS هذا يمنع التضخيم أو القمع المصطنع لـ.

المعنى التشغيلي

يجيب على سؤال واحد فقط :إلى أي مدى طوّر النظام التزاماً ببنية السجلّات عبر البدائل التي يمكن لبيئته الفيزيائية AS تمييزها؟

تفرّع أقصى، كلا الوجهين محتملان بالتساوي .عملة استقرت لديها — AS = 1 فكّر في الأمر هكذا .عملة تدور لديها وجه واحد، بلا بدائل — AS = 0.

يقيس كم بقي من الدوران .ليس أي وجه سيظهر .فقط :كم من الدوران AS.

لا يجيب :كم كان سريعاً، ما سبّبه، أو هل يجب أن تهتم، أساسي أم ناشئ .هذه الأسئلة تخص أقساماً لاحقة .لاحظ ما لا يخبرك AS.

لا يخبرك أي نتيجة ستحدث .لا يخبرك متى.

لا من ،$\Delta\mathcal{O}(\rho)$ يُحسب من الحالة المُزالة الطور AS ،يخبرك كم من التفرّع موجود الآن .هذا كل شيء .بشكل حاسم مباشرة ρ الحالة الفيزيائية.

A system may have AS = 1 before فقدان الترابط has physically occurred, because the sector weights of the dephased state already distribute maximally.

AS measures branching structure, not فقدان الترابط progress; the latter is tracked by the سطح اللاعودة (D13).

Clarification. AS measures inter-sector branching structure in the جبر السجلّات. It does not by itself measure operational اللاعكوسية, which is separately determined by loss of recoverability (تعريف D13, قسم A4.1).

A system may have AS = 1 before فقدان الترابط is physically complete, because the sector weights of the dephased state already distribute maximally.

AS tracks branching potential; the سطح اللاعودة tracks اللاعكوسية.

AS مُعرَّف كمقدار عددي .لكن الفضاء الذي يقيسه — فضاء تشكيلات السجلّات الممكنة — هو درجة حرية حقيقية.

هو البُعد الخامس :ثلاثة مكانية، واحد زمني، واحد تحقّقي (AP10) في المتن الكامل.

يُعرَّف بُعد التحقّق كدرجة الحرية الخامسة، إلى جانب ثلاث مكانية وواحدة زمنية .المتعدّد (AP10) في الإطار الكامل يعيش في 3+1 أبعاد؛ القطاع الكمّي يعيش في الخامس.

كل سجلّ يُكتب من بُعد التحقّق إلى المتعدّد.

AS عبر التفرّع الأقصى (في قطاع واحد AS = 0) يقيس مدى تقدّم النظام على طول هذا البُعد :من الاحتمال الصرف (AS = 1).

This interpretation غير مطلوب by the definitions of A0–A3, which are مكتفٍ ذاتياً. It is offered as structural orientation for readers approaching AP01 within the broader corpus.

البُعد الخامس سابق للمتعدّد — إنه الشرط المسبق لوجود المتعدّد — لكنه ليس أقل واقعية لكونه سابقاً.

هذا هو البُعد الذي تُكتب منه الفيزياء.

النطاق ومفتاح الإيقاف

AS is defined relative to a التقريب الخشن. Absolute, basis-free AS is meaningless. Physical legitimacy is enforced by تعريف D5 (Operational Invariance): if AS varies beyond التسامح التجريبي across physically realizable $\mathcal{O}$, الحجة fails.

هذا شرط الإنهاء المُدمَج.

مثال مفصّل: إزالة طور كيوبتين

أفضل مما يوفره أي قدر من قراءة التعريفات AS الأرقام تجعل التجريدات حقيقية .تابع هذا المثال وستفهم.

Consider two qubits, S_1 and S_2, each coupled to an independent environment fragment, with أساس المؤشر $\mathcal{O} = \{\Pi_{00}, \Pi_{01}, \Pi_{10}, \Pi_{11}\}$ where $\Pi_{ij} = |ij\rangle\langle ij|$ and $i, j \in \{0, 1\}$.

The جبر السجلّات has $d_t = 4$ sectors.

الحالة الابتدائية: $|\psi(0)\rangle = (|00\rangle + |01\rangle + |10\rangle + |11\rangle)/2 \otimes |E_0\rangle$. الحالة المختزلة بعد إزالة الطور $\Delta_t(\rho_s)$ = diag(¼, ¼, ¼, ¼). الأوزان القطاعية: p_{ij} = ¼ لكل (i,j).

Effective entropy: S_eff = H({¼, ¼, ¼, ¼}) = log 4. Normalization: S_max = log 4. لذلك AS = log 4 / log 4 = 1. Maximal branching across four قطاع السجلّاتs.

الآن افترض أن S_1 فقط فقد ترابطه بينما S_2 لا يزال متماسكاً.

الحالة المتاحة ρ_s = ½(|0⟩⟨0| ⊗ |+⟩⟨+|) + ½(|1⟩⟨1| ⊗ |+⟩⟨+|) بعد إزالة الطور في الأساس الرباعي: $p_{00} = p_{01} = p_{10} = p_{11}$ = ¼.

AS = 1 مجدداً.

The sector weights are identical despite partial فقدان الترابط. This illustrates the key point: AS tracks the branching structure of the dephased state, not the physical progress of فقدان الترابط.

The distinction between these two situations is captured not by AS but by the سطح اللاعودة (D13): in the first case the system has crossed it; in the second it has not.

Finally, suppose فقدان الترابط has completed but one sector has been depopulated by dissipation, yielding weights p_{00} = ½, p_{01} = ¼, p_{10} = ¼, p_{11} = 0.

إذن S_eff = H(½, ¼, ¼, 0) = ½ log 2 + ½ log 4 = ½ log 2 + log 2 = $^3/_2$ log 2، و AS = ($^3/_2$ log 2) / log 4 = $^3/_4$ = 0.75. التبديد قلّل التفرّع.

This is consistent with قضية T1b: non-unital dynamics can decrease AS.

A2.4 — D4: تمثيل AS المبني على التاريخ (AS_h)

Let {α} denote a set of coarse-grained histories defined by $\mathcal{O}$, with فقدان الترابط functional D(α, β).

Define the history-based representation of حالة التحقّق as where $p_a = D(\alpha, \alpha)$, $H(\{p_a\})$ is the إنتروبيا شانون, and N is the number of admissible histories.

$AS_h = 0$: a single trivial history (no branching). $AS_h = 1$: maximal التفرّع ذو البنية السجلّية. Under complete فقدان الترابط in the $\mathcal{O}$-algebra, the dephased entropy reduces to $H(\{p_i\})$.

In this regime, AS_h coincides with the primary AS definition up to normalization. Formal conditions for equivalence are established in ملحق A.

إذا كنت تقرأ للحجة البنيوية، فالتعريف الأولي هو كل ما تحتاجه .تمثيل التاريخ موجود للقرّاء العاملين في شكلانية التواريخ المتسقة.

اتفاقيات حول التقريب والمعايير التشغيلية

في هذا العمل، المصطلحات النوعية مثل »فعّال «أو »تشغيلي «أو »غير متاح «هي اختصارات لشروط مُعرَّفة كمّياً.

Effective orthogonality. Two states ρ and σ are effectively orthogonal iff ½‖ρ − σ‖₁ ≥ 1 − ε, for fixed التسامح التشغيلي ε > 0. Equivalently, they are operationally distinguishable to within ε of perfect discrimination.

عدم القابلية التشغيلية للوصول CPTP خاصية غير قابلة للوصول تشغيلياً إذا وفقط إذا لم تستطع أي خارطة تعمل على النظام المتاح تغيير الحالة المختزلة بأكثر من Λ مقبولة ε.

يمثّل الدقة التجريبية وهو ثابت ضمن أي تحليل معطى ε المعامل.

A2.5 — D5: اختبار الثبات التشغيلي (F0 داحض)

الإعداد

Let $\mathcal{O}_1 = \{\Pi_i^{(1)}\}$ and $\mathcal{O}_2 = \{\Pi_j^{(2)}\}$ be two physically realizable التقريب الخشنs of the same experimental system, each admissible under تعريف D1 for the same preparation and control protocol.

Let ρ be the reduced state inferred from تجريبياً accessible data for that protocol, and let δ_exp > 0 denote the تجريبياً justified tolerance.

تعريف D5 (متطلب الثبات التشغيلي)

AS is operationally invariant iff for all admissible pairs ($\mathcal{O}_1$, $\mathcal{O}_2$) and all تجريبياً accessible ρ,

If two التقريب الخشنs are both physically realized by the same system–environment الاقتران and apparatus constraints, they must not yield incompatible AS values beyond التسامح التجريبي.

F∅ داحض (مفتاح إيقاف شامل)

If there exists any تجريبياً realizable system and any co-admissible pair ($\mathcal{O}_1$, $\mathcal{O}_2$) such that repeated trials yield |AS(ρ; $\mathcal{O}_1$) – AS(ρ; $\mathcal{O}_2$)| > δ_exp persistently, then AS is not a well-defined operational quantity and الحجة is مدحوض.

هذا شرط إنهاء شامل.

ملاحظات حول النطاق

Read F0 again. It is the most important sentence in هذه الورقة. If two legitimate ways of measuring the same system give different AS values beyond التسامح التجريبي, the ENTIRE programme is dead.

Not just هذه الورقة. Everything built on it. Every subsequent proof. Every ethical conclusion. All of it.

هكذا تبدو الحجة الصادقة — تسلّمك أدوات تدميرها.

D5 does not require invariance under arbitrary refinements, coarse mathematical partitions, or observer-chosen bases. D5 requires robustness only across physically realized جبر السجلّاتs within the same experimental context.

فشل later dynamical postulates does not affect D5; conversely, فشل D5 invalidates the entire AS program.

الدوائر QED مثال مفصّل :الثبات التشغيلي في

اعتبر كيوبت ترانسمون مقترناً تشتّتياً بتجويف ميكروي.

The system–environment interaction selects the charge-parity basis as the جبر المؤشر: $\mathcal{O}_1$ = {|g⟩⟨g|, |e⟩⟨e|}, where |g⟩ and |e⟩ are the ground and excited states of the transmon.

This is a physically realizable التقريب الخشن in the sense of D1: it is selected by the dispersive Hamiltonian H_int = χ a†a σ_z, which entangles photon number with qubit state.

Now consider a second التقريب الخشن arising from the same physical setup.

إذا أُقترن التجويف لإنتاج حالة متماسكة تدور شرطياً بحسب حالة الكيوبت، فإن البيئة تسجّل فعلياً في أساس مُدوَّر.

ومع ذلك, for the dispersive interaction, the conditional phase shift φ = χt on the cavity field produces pointer states that remain the energy eigenstates |g⟩, |e⟩ regardless of drive parameters.

Any co-admissible التقريب الخشن $\mathcal{O}_2$ arising from the same dispersive الاقتران must therefore coincide with $\mathcal{O}_1$ up to a relabeling of sectors.

Operational invariance test. Prepare the qubit in state |ψ⟩ = α|g⟩ + β|e⟩ and allow فقدان الترابط via photon-number-dependent dephasing. The reduced state is $\rho_s = |\alpha|^2|g\rangle\langle g| + |\beta|^2|e\rangle\langle e|$.

AS(ρ; $\mathcal{O}_1$) = H(|α|², |β|²) / log 2. Because $\mathcal{O}_2$ coincides with $\mathcal{O}_1$ for this الاقتران, AS(ρ; $\mathcal{O}_2$) = AS(ρ; $\mathcal{O}_1$) exactly.

D5 مُستوفى مع δ_exp = 0.

The example is deliberately simple: in circuit QED, the dispersive الاقتران uniquely determines the أساس المؤشر, so co-admissible التقريب الخشنs are trivially equivalent. That is the point.

Operational invariance is most easily verified in systems where the الاقتران Hamiltonian strongly constrains the جبر المؤشر.

The interesting tests of D5 arise in systems with richer الاقتران structures — and those are the systems that will either confirm or kill الحجة, where multiple pointer candidates compete and small differences in AS across co-admissible bases can be measured against δ_exp.

المبرهنات :اللاعكوسية واللاعودة — A3

.التعريفات جاهزة .الآن البراهين .ما يلي لا يمكن مناقشته — يمكن فقط اختباره

A3.1 — مبرهنة T1: رتابة AS تحت ديناميكيات فقدان الترابط

الإعداد

ليكن ρ(t) الحالة المختزلة لنظام يتطور تحت شبه زمرة ديناميكية CPTP $\{\mathcal{E}_t\}_{t\geq 0}$ مع مولِّد $\mathcal{L}$.

Let $\mathcal{O} = \{\Pi_i\}$ be a physically realizable جبر السجلّات (تعريف D1), and let $\Delta_{\mathcal{O}}(\rho)$ denote the associated خارطة إزالة الطور.

مبرهنة T1 (Statement) Here is the central result of الورقة أ. Everything before it was preparation. Everything after it is consequence.

النتيجة تقول: تحت ثلاثة شروط مذكورة بدقة، لا يمكن للتفرّع إلا أن ينمو. العملة لا يمكنها أن تعود للدوران. الحبر لا يمكنه أن يجفّ عكسياً. السجلّ لا يمكنه أن يُكتب عكسياً.

ليس لأن الفيزياء تمنع العكس — بل لأن الشروط التي تخلق السجلّات هي الشروط التي تجعل المتراجحة صحيحة.

حالة التحقّق is monotonic nondecreasing along the evolution ρ(t) provided the following شروط كافية minimal hold:

(1) Decoherence relative to the جبر السجلّات. Interference between قطاعs السجلّات is not regenerated: (d/dt) $C_{\mathcal{O}}(\rho(t)) \leq 0$, where $C_{\mathcal{O}}$ is any coherence monotone that vanishes on $\Delta_{\mathcal{O}}(\rho)$.

تتناقص رتابةً $\mathcal{O}$ مكافئاً، العناصر غير القطرية في أساس.

(2) Closure of the جبر السجلّات. $\Delta_{\mathcal{O}} \circ \mathcal{E}_t = \mathcal{E}_t \circ \Delta_{\mathcal{O}}$ for all $t \geq 0$. This ensures that populations in the قطاعs السجلّات evolve autonomously once decohered.

(3) Unital (mixing) dynamics on the جبر السجلّات. The sector weights $p_i(t) = \mathrm{Tr}(\Pi_i \rho(t))$ evolve under a عشوائي مزدوج map: $p(t) = M(t)\, p(0)$, where M preserves the uniform distribution.

بلغة بسيطة: الخلط عادل. لا قطاع مُفضَّل. الديناميكيات تنشر الاحتمال، لا تحشره.

الاستنتاج تحت الشروط)1(–)3(، أي أن حالة التحقّق رتيبة على طول ديناميكيات تشكّل السجلّات المُفقدة للترابط.

Scope of the theorem. مبرهنة T1 is a conditional statement. Its domain of applicability is exactly the set of dynamics satisfying conditions (1)–(3).

الديناميكيات خارج هذا المجال — بما في ذلك التبديدية أو غير الوحدوية أو المتحكَّم بها بتغذية راجعة — قد تسبب تناقص AS.

هذا لا يناقض المبرهنة؛ إنه يشير إلى أن الديناميكيات ليست مُشكِّلة للسجلّات بحتة بالمعنى المُعرَّف أعلاه.

Note on novelty and scope. Conditions (1)–(3) are sufficient but not necessary. The monotonicity of إنتروبيا شانون under عشوائي مزدوج mixing is a standard result (Schur convexity), and هذه الورقة does not claim otherwise.

What is new is not the mathematical inequality but its physical application: the identification of conditions under which عشوائي مزدوج mixing is the correct effective description of فقدان الترابط in a physically realized جبر السجلّات, the isolation of inter-sector branching entropy (via the خارطة إزالة الطور $\Delta_{\mathcal{O}}$) from thermodynamic entropy, and the explicit rate bound (T1a) and converse (T1b) that turn the monotonicity into a diagnostic tool for identifying record-forming dynamics.

المبرهنة متراجحة معروفة مطبّقة في سياق فيزيائي جديد؛ المساهمة هي السياق، لا المتراجحة.

You are seeing a known أداة رياضية applied to a new physical question — and the answer it gives is decisive.

مساعدة T1.1 (Doubly stochastic mixing). Under conditions (2) and (3), the sector weights p(t) evolve under a عشوائي مزدوج matrix M(t) for all t ≥ 0. The proof is short, and it is the engine that drives everything.

Proof. By condition (2), $\Delta_{\mathcal{O}} \circ \mathcal{E}_t = \mathcal{E}_t \circ \Delta_{\mathcal{O}}$, so the evolution commutes with dephasing. لذلك the diagonal elements evolve autonomously: there exists a linear map M(t) such that p(t) = M(t) p(0).

الخارطة $\mathcal{E}_t$ عشوائية لأن حافظ للأثر: $\Sigma_i\, p_i(t) = 1$ لكل t.

الشرط 3 (تعني) الوحدوية $\mathcal{E}_t(I/d) = I/d$. بتطبيق $\Delta_{\mathcal{O}}$ لـ التوزيع المنتظم هو نقطة ثابتة على كلا الطرفين: M(t).

A stochastic matrix that preserves the uniform distribution is عشوائي مزدوج. □

The lemma is short. Its consequence is not. Once you know the mixing is عشوائي مزدوج, Shannon’s inequality does the rest.

رتابة AS تتبع من سلسلة استلزامات، كل حلقة فيها مصاغة بالرياضيات المعيارية.

With مساعدة T1.1 established, the monotonicity of إنتروبيا شانون under عشوائي مزدوج mixing is a standard result (Schur-convexity of −H). The theorem follows. The proof is standard mathematics applied to a new physical context.

الجديد ليس المتراجحة بل الاعتراف بأن ديناميكيات تشكيل السجلّات تلبّي بالضبط الشروط التي تجعل المتراجحة صحيحة.

التفسير

When interference between record-distinguishable alternatives is suppressed, the جبر السجلّات is dynamically closed, and record-sector probabilities mix without coherent backflow, the informational richness of committed classical branching cannot decrease.

هذا التزايد الرتيب يعرّف سهم التحقّق .عشت داخل هذا السهم طوال حياتك .كل لحظة كانت للأمام.

كل سجلّ كان دائماً .المبرهنة تقول لماذا :تحت الشروط التي تخلق السجلّات، لا يمكن للتفرّع إلا أن ينمو.

حدود النطاق الصريحة

.قد يتناقص تحت التبريد أو الانحلال أو الاسترخاء أو التحكم بتغذية راجعة AS .خارج هذه الشروط الثلاثة، الضمان لاغٍ

.هذه الحالات لا تناقض المبرهنة؛ إنها تقع خارج نطاقها بالبناء

لماذا النطاق دقيق

انتبه لهذا. إنه الفرق بين مبرهنة حقيقية وتلويحة يد.

تنطبق T1. يتناقص AS — يزداد. الانتقاء يحلّ التفرّع AS — يقيس التفرّع، لا التحديد. فقدان الترابط يخلق التفرّع AS فقط على مرحلة الخلق.

يزداد دائماً في كل مكان إلى الأبد. إنها تدّعي شيئاً أدق بكثير: تحت هذه الشروط الثلاثة AS المبرهنة لا تدّعي أن AS يتناقص، بالضبط. لا يمكن أن يتناقص.

الشروط ليست تفاصيل تقنية. إنها الفيزياء. والفيزياء قابلة للاختبار.

التحسين الكمّي :حدود المعدل والعكس

مبرهنة T1 establishes monotonicity but does not quantify the rate at which AS approaches its equilibrium value, nor does it characterize conditions under which AS must decrease.

ما يلي two results sharpen T1 in both directions.

نتيجة T1a (Rate of convergence). Under conditions (1)–(3), let the induced classical dynamics on the sector weights be governed by a continuous-time عشوائي مزدوج rate matrix W, so that dp/dt = Wp.

Let $\lambda_2 < 0$ denote the second-largest eigenvalue of W (the spectral gap). Then the deviation of AS from its equilibrium value AS_eq = 1 satisfies where C يعتمد على the initial condition.

الاشتقاق :لأي توزيع ابتدائي $p(0)$، انحرافك عن الانتظام يلبّي $\|p(t) - \pi\|_1 \le \sqrt{N} \cdot \exp(\lambda_2 t)$ (بحدود الانقباض المعيارية لسلاسل ماركوف العكوسة).

The إنتروبيا شانون $H(p)$ is Lipschitz in the L_1 norm on the probability simplex: $|H(p) - H(q)| \le \|p - q\|_1 \cdot \log N$ (continuity bound for entropy; Cover and Thomas 2006).

لذلك $|AS(t) - 1| = |H(p(t)) - \log N| / \log N \le \|p(t) - \pi\|_1 \le \sqrt{N} \cdot \exp(\lambda_2 t)$, where the constant $C = \sqrt{N}$ absorbs the dimension dependence.

معدل التقارب إلى التفرّع الأقصى يُتحكَّم فيه إذن بالفجوة الطيفية لديناميكيات الخلط، لا بأي خاصية جوهرية لتعريف AS.

وزمن التقارب إلى AS، $\lambda_2 = -dw$ الفجوة الطيفية، w قطاع بمعدل خلط منتظم بين القطاعات d للنموذج المتماثل ذي $\tau \sim 1/(dw)$ يتدرج كـ ≈ 1.

This connects AS growth directly to the physical فقدان الترابط rate of the جبر السجلّات.

كلما سجّلت البيئة النظام أسرع، ارتفع AS تنبؤ .معدل التقارب .الفجوة الطيفية كمّية فيزيائية .يمكنك قياس هذا .أسرع.

قضية T1b (Converse: conditions for AS decrease). If condition (3) is violated—specifically, if the induced classical dynamics on sector weights are governed by a stochastic matrix M that is not عشوائي مزدوج, with stationary distribution π ≠ uniform—then there exist initial distributions p(0) for which AS is strictly decreasing.

على وجه الخصوص, if p(0) majorizes π, the إنتروبيا شانون H(p(t)) may increase, but if π majorizes p(0), then H(p(t)) can decrease toward H(π) < log d.

Physically, قضية T1b corresponds to dissipative dynamics that preferentially funnel population into a subset of قطاع السجلّاتs (e.g., amplitude damping, spontaneous decay into a ground-state sector).

هذه الديناميكيات تنتهك الشرط الوحدوي 3) وتدفع AS للأسفل.

هذا العكس يؤكد أن الشرط 3) ليس مجرد راحة تقنية بل متطلب فيزيائي.

البيئة تكتب AS، شيء ما يوجّه الاحتمال إلى فروع أقل — تبريد، انحلال، استرخاء. عندما يزداد AS، عندما يتناقص سجلّات.

الاتجاه يخبرك أي عملية هي المهيمنة.

Summary. T1, T1a, and T1b together establish that AS monotonicity is the exact fingerprint of عشوائي مزدوج record-forming dynamics. T1 gives the direction, T1a gives the rate, and T1b gives the converse.

لا حاجة لمزيد من توصيف الرتابة ولا يُدّعى.

A3.2 — أفق المُشغِّل: اللاعودة كمتراجحة

الإعداد

ليكن $x(t) \geq 0$ متغيراً عددياً يمثل درجة البنية المصانة للنظام — الإزاحة من خط الأساس التوازني غير المصان.

Assume deterministic dynamics: where a is an intrinsic decay/الانجراف rate toward equilibrium, u is a control/maintenance input, and u_max ≥ 0 is a hard upper bound on control capacity.

مبرهنة T2 (Operator Horizon)

لقد شعرت بهذه المبرهنة في جسدك .كل نظام بموارد محدودة — كل جسد، كل مشروع، كل حضارة — لديه نقطة لا تستطيع بعدها أي استراتيجية إنقاذه.

The theorem names that point. Define the أفق المُشغِّل

If at some time t_0 the system satisfies $x(t_0) > x_h$, then for all التحكم المقبول s $u(t)$,

يتناقص مهما فعلت .الجهد الأقصى يبطئ التراجع لكنه لا يعكسه .الاستعادة مستحيلة بالتحكم $x(t)$، بمجرد أن تعبر الأفق وحده.

البرهان

من الديناميكيات: $dx/dt = -a\,x + u \le -a\,x + u_max$.

إذا $x > u_max/a$، فإن $-a\,x + u_max < 0$، إذن $dx/dt < 0$. عند $x = x_h$، التحكم الأقصى يعطي $dx/dt = 0$ من أعلى x_h ؛ الاستمرارية تستلزم اقتراباً رتيباً من 0. □

التفسير

مبرهنة T2 (أفق المُشغِّل)

Beyond x_h, the system decays toward the horizon regardless of strategy: اللاعكوسية arises from insufficiency of التحكم المقبول, not from prohibition of reverse dynamics.

التعميمات

متزايدة، الأفق يُعرَّف ضمنياً من g(x)، g(0) = 0 مع dx/dt = −g(x) + u الاضمحلال اللاخطي :إذا $g(x_h) = u_max$.

جسدك يعمل تحت اضمحلال لاخطي — تكلفة صيانة الصحة تزداد مع العمر، والأفق يتغيّر .النتيجة النوعية للّاعودة لا تتغيّر.

يعرّف أفقاً متغيراً مع $x_h(t) = u_max(t)/a(t)$، تتغير $u_max(t)$ أو a(t) السعة المتغيرة مع الزمن :إذا الزمن.

أنت تعرف هذا .لقد شاهدت حديقة تتكاثف حتى النقطة التي لم تعد قادراً على صيانتها .لقد شاهدت ديناً يتراكم حتى النقطة التي لم يعد الدخل قادراً على خدمته.

.لقد شاهدت جسداً يتدهور حتى النقطة التي لم يعد الطب قادراً على ترميمه

.الرياضيات تؤكد ما تعرفه تجربتك بالفعل :هناك خط، وبمجرد أن تعبره، الجهد ليس كافياً

تشبيه كلاسيكي :اعتبر دلواً مثقوباً بمعدل ملء محدود .الأفق هو أقصى مستوى ملء مستدام عند أقصى ضخ .فوقه يفرغ الدلو بغض النظر عن الجهد.

سطوح اللاعودة واللاعكوسية التشغيلية — A3.3

الإعداد

The scalar horizon is the simple case. Real systems have many dimensions. The generalisation uses نظرية القابلية للحياة (Aubin, 1991) — the mathematics of survival under constraint.

تعريف D6: State Space and Admissible Dynamics. Let $X \subseteq \mathbb{R}^n$ be the state space. Let التحكم المقبولs satisfy $u(t) \in U$, where U is compact.

الديناميكيات: $dx/dt = f(x, u)$، $u \in U$، مع f ليبشتز محلياً في x. ليكن $R \subset X$)الآمنة(المجموعة القابلة للاستعادة.

تعريف D7: Viability Kernel. $Viab(R) \equiv \{ x_0 \in R \mid \exists\ u(\cdot) \in U \text{ s.t. } x(t; x_0, u) \in R\ \forall t \geq 0 \}$.

States from which the system can be kept inside R indefinitely using التحكم المقبول.

تعريف D8: Capture Basin. $Cap(R) \equiv \{ x_0 \in X \mid \forall\ u(\cdot) \in U, \exists\ t \geq 0: x(t; x_0, u) \notin R \}$.

States from which exit from R is inevitable under all التحكم المقبولs.

تعريف D9: No-Return Surface. $\Sigma_h \equiv \partial\ Viab(R)$. This is the geometric generalization of the scalar horizon x_h.

قضية P3.3

نفترض الشروط المعيارية للقابلية للحياة (الاستمرارية المحلية ليبشتز لـ f، تراص U).

Then: (1) Viab(R) consists of states from which at least one التحكم المقبول avoids loss indefinitely; Cap(R) consists of states from which all التحكم المقبولs lead to loss in finite time.

- عبور Σ_h تحذير. ينقل النظام من منطقة حيث الاستعادة قابلة للوصول إلى منطقة حيث لا تكون Viab(R) و Cap(R) يقسمان X حتى الحدّ Σ_h.

حالات الحدود قد تكون هامشية.

تعريف D10: Operational Irreversibility (Quantified). A state x_0 is operationally لا عكوسي with respect to R iff $x_0 \notin$ Viab(R). The reverse transition to R does not exist under التحكم المقبولs.

Operational اللاعكوسية يعتمد على reachability under constraints, not on microscopic time-reversal symmetry. The distinction matters. A shattered vase is not لا عكوسي because physics forbids reassembly.

It is لا عكوسي because you do not have the resources, precision, or time to reassemble it. Irreversibility is about what you can do, not about what nature prohibits.

التوافق مع A3.2

يُستعاد كحالة خاصة A3.2: $n = 1$، $f(x, u) = -ax + u$، $R = [0, x_h]$. إذن $Viab(R) = [0, x_h]$، $\Sigma_h = \{x_h\}$.

The scalar horizon is exactly the one-dimensional سطح اللاعودة.

You now have the complete no-return geometry. The scalar horizon (T2) is the simple case. The نواة القابلية للحياة (D7) is the general case.

The سطح اللاعودة (D9) is the boundary between where you can still recover and where you cannot.

كل نظام اهتممت به — جسدك، علاقاتك، عملك — يملك هذه الهندسة. الرياضيات تسمّي ما تعرفه تجربتك بالفعل.

ملاحظات حول المتانة

يصبح حدّاً احتمالياً .المفهوم لا يتغيّر؛ Σ_h مع التأثير العشوائي، استبدل القابلية للحياة بالقابلية شبه المؤكدة أو الاحتمالية؛ فقط المُحدِّد الكمّي يتغيّر.

التحقيق الكمّي — A4

قسمs A0–A3 are complete. They stand alone. What follows adds بشكل مستقل قابل للدحض postulates — each one an invitation to destroy a specific claim. If any postulate in this section falls, everything above it survives.

تخسر التوسيع، لا الأساس.

قسمs A0–A3 establish definitions and theorems that are مكتفٍ ذاتياً: they depend only on operational definitions, standard ميكانيكا الكم, and نظرية القابلية للحياة. Nothing in A0–A3 requires the content of A4 or A5.

The section introduces postulates that extend الحجة to address الانتقاء and gravitational rate constraints.

These postulates are بشكل مستقل قابل للدحض: each has explicit conditions under which it fails (F1–F3, G1–G3), and فشل any postulate here لا يُبطل the definitions, theorems, or اللاعكوسية results of A0–A3.

الانتقال من المبرهنة إلى المسلّمة مُعلَّم صراحة في كل نقطة إدخال.

اللاعكوسية التشغيلية في الأنظمة الكمّية المفتوحة — A4.1

The viability geometry of قسم A3 now meets ميكانيكا الكم. The abstract becomes concrete. You will recognise the structure.

الإعداد: الديناميكيات المتاحة

You have access to the system but not the environment. That restriction is the source of اللاعكوسية.

Let the total فضاء هلبرت factor as $\mathcal{H} = \mathcal{H}_s \otimes \mathcal{H}_e$, with joint state evolving unitarily under H_{se}.

هي — التي يمكنك قياسها فعلاً — حالة النظام المتاحة $\rho_s(t) = Tr_e[U(t)\ \rho_{se}(0)\ U\dagger(t)]$.

محلية للنظام — العمليات التي يمكنك فعلاً تنفيذها على النظام بدون الوصول CPTP العمليات المقبولة مقيَّدة بخرائط إلى البيئة.

تعريف D11: Coherence-Recoverable States. A system state ρ_s is coherence-recoverable relative to $\mathcal{O}$ iff there exists an admissible CPTP map Λ such that $\|\Lambda(\rho_s) - \rho_coh\|_1 \leq \varepsilon$, for some state ρ_coh satisfying $\Delta\mathcal{O}(\rho_coh) \neq \rho_coh$, and for fixed التسامح التشغيلي $\varepsilon > 0$.

تعريف D12: Recoverable Set and Viability Kernel. $K\varepsilon(\mathcal{O}) := \{\ \rho_s \mid \rho_s$ is coherence-recoverable relative to $\mathcal{O}\ \}$. $K\varepsilon(\mathcal{O})$ is the نواة القابلية للحياة of coherence under التحكم المقبول.

States outside $K\varepsilon(\mathcal{O})$ are operationally لا عكوسي with respect to $\mathcal{O}$.

Mapping to نظرية القابلية للحياة (تعريفs D6–D9). The abstract viability framework of قسم A3.3 instantiates in the quantum setting as follows.

فضاء الحالات X: المجموعة المحدّبة لمعاملات الكثافة على $\mathcal{H}_s$، المزوّدة بطوبولوجيا معيار الأثر.

مجموعة خرائط: عناصر التحكم المقبولة CPTP اختيارياً مع أنسيلا جديدة(، تمثّل كل العمليات التي)المحلية للنظام وحده S يمكن للعامل تنفيذها على.

Recoverable set R: the set of states from which coherence between قطاع السجلّاتs can be restored (تعريف D11).

Viability kernel Viab(R): exactly Kε($\mathcal{O}$) — the set of states for which there exists an التحكم المقبول strategy that maintains coherence-recoverability indefinitely.

Capture basin Cap(R): the set of states from which, under any التحكم المقبول strategy, the system eventually becomes operationally لا عكوسي. No-return surface Σ_h: the boundary ∂Kε($\mathcal{O}$), separating recoverable from irreversibly decohered states.

The scalar horizon x_h = u_max/a of مبرهنة T2 is the one-dimensional special case of this general geometric construction.

قضية P4.1: Tracing Induces Loss of Recoverability

If system–environment interaction produces correlations such that distinct قطاع السجلّاتs become correlated with orthogonal (or trace-distance-separated) environment states, then for sufficiently small ε, $\rho_s(t) \notin K\varepsilon(\mathcal{O})$.

Once which-record information is encoded in inaccessible degrees of freedom, no admissible operation on S alone can restore coherence between قطاع السجلّاتs.

لقد شعرت بهذا بمجرد أن تغادر الكلمات فمك، لا يمكنك إلغاء قولها.

البيئة سجّلتها — في ذاكرة الشخص الآخر، في اهتزازات الهواء، في الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي غادر الغرفة بسرعة الضوء.

لا عملية على فمك وحده يمكنها التراجع عما تحمله البيئة الآن.

مخطط البرهان. Orthogonality of environment states implies non-injectivity of the reduced dynamics on $\mathcal{H}_s$.

يمكنها إعادة بناء معلومات الطور المفقودة S على CPTP ولا خارطة، ρ_s حالات متميزة عالمياً متعددة تُعيَّن إلى نفس.

■

تعريف D13: Operational No-Return Surface (Quantum). The operational سطح اللاعودة relative to $\mathcal{O}$ is the boundary $\partial K\varepsilon(\mathcal{O})$.

عبور هذه الحدود ينقل النظام من منطقة حيث الترابط قابل للاستعادة إلى منطقة حيث لا يكون كذلك. اللاعكوسية تُعرَّف بفقدان القابلية للوصول. لا بتبديد الطاقة.

بحقيقة أنك لا تستطيع العودة، لا بانتهاك العكوسية المجهرية.

التفسير

Operational اللاعكوسية in ميكانيكا الكم arises not from non-unitarity, but from restricted access.

Tracing over inaccessible degrees of freedom removes states from the recoverable set Kε, producing a سطح اللاعودة in state space exactly analogous to the أفق المُشغِّلs of قسم A3.

Irreversibility is a geometric property of التحكم المقبول, not a statement about time reversal at the microscopic level.

قنوات التحقّق الموضوعية وديناميكيات الانتقاء — A4.2

الخطية CPTP استحالة الانتقاء الحتمي بواسطة ديناميكيات

قضية. No deterministic, linear CPTP map acting on the system state can transform a diagonal mixture over قطاع السجلّاتs into a single realized sector in individual runs.

التطور الخطي CPTP يحفظ المزائج المحدّبة: $\mathcal{E}(\Sigma_i\, p_i\, \rho_i) = \Sigma_i\, p_i\, \mathcal{E}(\rho_i)$. أي خارطة CPTP خطية تعمل بشكل متطابق على كل مكوّن تحفظ بنية المزيج ولا يمكنها إنتاج تحديد أحادي النتيجة.

أي آلية تحلّ مزيجاً مفقود الترابط — أي آلية تنتج التحديد الذي تختبره في فرع مُحقَّق واحد — يجب أن تتضمن إما تفكيكاً عشوائياً أو تطوراً فعّالاً لاخطياً صراحة.

Read that again. Standard ميكانيكا الكم — linear, deterministic, trace-preserving — cannot produce definiteness in individual runs. Something else مطلوب. The proof is not complicated. Linear maps preserve mixtures.

إذا أدخلت مزيجاً، تحصل على مزيج. شيء لاخطي أو عشوائي يجب أن يتدخل لتصبح نتيجة واحدة هي النتيجة.

تعريف D14: Decoherence vs. Selection. Decoherence suppresses interference between record-distinguishable alternatives and yields a stable diagonal mixture in the جبر السجلّات $\mathcal{O}$.

Selection is the further transition from a diagonal mixture to a single realized branch. Decoherence is sufficient for اللاعكوسية. Selection مطلوب for definiteness. You live in a definite world. Something selects.

هذه عمليات متميّزة. أنت تختبرها كمتميّزة. الشكلانية تؤكد تجربتك.

«المعنى التشغيلي لـ »الفرع المُحقَّق

قناة التحقّق الموضوعية :P مسلّمة

Decoherence separates the branches. Selection picks one. You have felt both — the moment when the options became clear (فقدان الترابط) and the moment when you chose (الانتقاء). The physics mirrors the experience.

مسلّمة P: Objective Actualization Channel

The paper posits an objective actualization channel acting on the reduced state after فقدان الترابط has established operational اللاعكوسية.

The ensemble evolution of the reduced state is written schematically as where D$\mathcal{O}$ is the standard pointer-dephasing channel and A$\mathcal{O}$ is a الانتقاء channel responsible for definiteness. The master equation governs ensemble dynamics.

تحديد التشغيل المفرد يتطلب تفكيكاً عشوائياً أو لاخطياً لـ A$\mathcal{O}$.

المتطلبات البنيوية لقناة الانتقاء

(S0) Activation Condition. $A\mathcal{O} \approx 0$ until the فقدان الترابط condition (D13) holds within tolerance ε. Selection activates only after branches are operationally distinct.

(S1) محلية جبر السجلّات. $A\mathcal{O}(\rho_S) = A\mathcal{O}(\Delta\mathcal{O}(\rho_S))$. الانتقاء لا يخلق تداخلاً أبداً.

(S2) النقاط الثابتة القطاعية. $A\mathcal{O}(\Pi_i\ \rho_S\ \Pi_i) = 0$ لكل i. بمجرد تحقّق فرع، تتوقف الديناميكيات.

(S3) Contractivity (single-run resolution). Under the stochastic unraveling, the إنتروبيا شانون $H(\{p_i\})$ is a supermartingale: it decreases along individual trajectories almost surely.

(S4) Born شرط حدّي. For an ensemble of identical preparations at the onset of الانتقاء, the distribution of realized branches converges to $\{p_i\}$. S4 is a شرط حدّي, not a derivation.

Notice what this does and does not say. It does not explain why the قاعدة بورن holds. It says: whatever الانتقاء is, it must produce Born statistics at the ensemble level. The constraint is structural.

التفسير مشكلة شخص آخر.

Five structural requirements. Not a mechanism — an interface. Whatever الانتقاء IS, it must satisfy these five constraints. The constraints are testable. The mechanism is nature's business.

Observational consequence. Any الانتقاء channel satisfying S0–S4 produces, at the single-trajectory level, dynamics that are not reproducible by any linear CPTP map acting on $\mathcal{H}_S$.

This is the تجريبي signature of الانتقاء: post-فقدان الترابط statistics that violate linearity.

Concretely, monitoring a single system through the الانتقاء process should reveal either diffusive wandering or discrete jumps in sector weights—neither of which is consistent with a Lindblad master equation applied after dephasing is complete.

هذا التنبؤ هو هدف الاختبار R5 (A5.2).

نموذج مصغّر: الانتقاء العشوائي على كيوبت

المتطلبات المجردة مقنعة فقط عندما تراها تعمل في حالة ملموسة. هذا أبسط مثال ممكن — كيوبت واحد. شاهد كيف تُلبَّى جميع المتطلبات الخمسة في آن واحد.

The structural requirements S0–S4 constrain the الانتقاء channel but do not uniquely determine it.

To demonstrate that the requirements are jointly satisfiable and to anchor the postulate in a concrete mathematical object, we exhibit a minimal toy model: diffusive الانتقاء on a single qubit.

Setup. Let the system be a qubit with أساس المؤشر $\mathcal{O} = \{|0\rangle\langle 0|, |1\rangle\langle 1|\}$. After فقدان الترابط is complete, the reduced state is $\rho_S = \mathrm{diag}(p, 1-p)$, with $p \in [0, 1]$.

The الانتقاء channel acts on the single free parameter p via the Itô stochastic differential equation where W(t) is a standard Wiener process and $\gamma > 0$ is the الانتقاء rate parameter.

معامل الانتشار $\sigma(p) = \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p)$ يتلاشى عند الحدود $p = 0$ و $p = 1$، مما يجعل كلتا نقطتي النهاية حالتين ماصّتين.

التحقق من S0–S4.

(S0) Activation condition: γ is set to zero until the فقدان الترابط threshold (D13) is satisfied. Prior to activation, p evolves only under standard quantum dynamics.

(S1) المعادلة التفاضلية العشوائية تعمل بالكامل على الوزن القطاعي القطري :محلية جبر السجلّات p. لا تُولَّد حدود ترابط غير قطرية.

(S2) عند: النقاط الثابتة القطاعية p = 0 و p = 1، معامل الانتشار يتلاشى تطابقياً: σ(0) = σ(1) = 0. كلتا الحالتين النقيتين قطاعياً ماصّتان.

(S3) Contractivity (full Itô calculation): Define H(p) = −p log p − (1−p) log(1−p). The الانتقاء SDE is dp = √γ · p(1−p) dW. Apply Itô's formula: dH = H'(p) dp + ½ H''(p) (dp)².

احسب: H'(p) = −log p + log(1−p) = log[(1−p)/p]. H''(p) = −1/p − 1/(1−p) = −1/[p(1−p)].

التباين التربيعي (dp)² = γ p²(1−p)² dt. بالتعويض: dH = log[(1−p)/p] · √γ · p(1−p) dW + ½ · [−1/(p(1−p))] · γ p²(1−p)² dt.

The الانجراف term simplifies: ½ · [−1/(p(1−p))] · γ p²(1−p)² = −(γ/2) p(1−p). لذلك: dH = −(γ/2) p(1−p) dt + √γ · p(1−p) · log[(1−p)/p] dW.

The الانجراف term −(γ/2) p(1−p) is strictly negative for all p ∈ (0, 1), with equality only at the absorbing boundaries p = 0 and p = 1. The dW term is a martingale (zero expectation).

لذلك E[dH] = −(γ/2) p(1−p) dt ≤ 0, establishing that H is a supermartingale.

إنتروبيا شانون decreases along individual trajectories almost surely, with rate proportional to γ. The mathematics just proved that the branching resolves. Not on average. Not in expectation. Along every single trajectory.

العملة تستقر p(1−p) أقصوي عند p = ½ ويتلاشى عند الحدود الماصّة. والحاصل.

(S4) Born شرط حدّي: The process dp = √γ · p(1−p) dW is a martingale, since the الانجراف term is zero: E[p(t)] = p(0) for all t.

p والامتصاص عند p(0)، يساوي بالضبط p = 1 يتقارب شبه يقيناً إلى {0, 1}، فإن احتمال الامتصاص عند p بما أن 0 = 1 – p(0) يحدث باحتمال 1.

إحصائيات المجموع للفروع المُحقَّقة تعيد إنتاج أوزان بورن بدون أي افتراض إضافي. لا مسلّمة إضافية. لا تفسير.

The martingale property of the process — the same mathematics that governs fair games in probability theory — forces the قاعدة بورن. The universe plays fair.

Connection to the gravitational limiter. مسلّمة G (A4.3) constrains the الانتقاء rate: γ ≤ ΔE_G/ħ.

في النموذج المصغّر، متوسط زمن الامتصاص يتدرج كـ τ ~ 1/γ، فالحد الثقالي يفرض τ ≥ ħ/ΔE_G.

For gravitationally indistinguishable records (ΔE_G = 0), γ = 0 and no الانتقاء occurs.

الشكل التشتّتي للمعادلة التفاضلية العشوائية خيار، لا اشتقاق. ما لا يحدده النموذج المصغّر.

كما ستفعل معاملات انتشار أخرى بالشكل σ(p) = f(p) مع f(0) = f(1) = 0، تفكيك القفز (سيلبّي أيضاً بواسون) تفكيك S0–S4.

The toy model demonstrates joint satisfiability of the structural requirements and provides a concrete anchor for دحض predictions (e.g., the distinction between diffusive and jump statistics in R5), but it does not claim to be the unique or correct الانتقاء dynamics.

المسلّمة تحدد واجهة؛ النموذج المصغّر تطبيق واحد.

لا تحتاج لمعرفة أي تطبيق تستخدمه الطبيعة. تحتاج لمعرفة أن أي تطبيق يلبّي S0–S4 يعيد إنتاج ما تلاحظه.

عدم التحديد هذا سمة لعمومية المسلّمة، لكن له نتائج تجريبية.

التفكيكات التشتّتية تتنبأ بتجوّل مستمر بروني لأوزان القطاعات قبل الامتصاص. التفكيكات القفزية تتنبأ بانتقالات مفاجئة منفصلة.

هذه قابلة للتمييز تشغيلياً في أنظمة حيث يمكن مراقبة المسارات المفردة (مثل الكيوبتات فائقة التوصيل المراقبة باستمرار).

مُصمَّم، من بين أمور أخرى، لإجراء هذا التمييز .حتى توجد هذه البيانات، المسلّمة تبقى محقّة في عدم R5 اختبار التحديد بشأن أي تفكيك تختاره الطبيعة.

التمييز الصريح عن نماذج الانهيار التلقائي

The الانتقاء postulate (مسلّمة P) shares surface features with spontaneous collapse models such as GRW (Ghirardi, Rimini, Weber) and CSL (Continuous Spontaneous Localization) but differs from them in structure, scope, and commitment.

التمييزات التالية دقيقة.

أساس الانهيار. GRW و CSL ينهيان دالة الموجة في أساس الموضع بالبناء. معاملات التموضع مكانية.

The الانتقاء postulate instead acts on whatever جبر السجلّات $\mathcal{O}$ is selected by the system–environment الاقتران.

In systems where the أساس المؤشر is not position (superconducting qubits, photon polarization, spin ensembles), GRW/CSL and مسلّمة P make different predictions. That is the content of داحض F1 and test R1.

في ترتيب العمليات GRW/CSL، دائمة التشغيل، تتنافس مع التطور الوحدوي في كل الأوقات. الانهيار عملية كونية،

The الانتقاء postulate requires an activation condition (S0): الانتقاء is negligible until فقدان الترابط has rendered قطاع السجلّات s operationally distinct. This ordering is قابل للدحض via test R5.

If collapse signatures appear before فقدان الترابط is complete, the الانتقاء postulate fails; if they appear only after, GRW/CSL's always-on character is unnecessarily strong.

بنية المعدل. GRW انهيار واحد لكل جسيم كل $\sim 10^{16}$ ثانية (وعرض تموضع λ يقدم معدل انهيار كوني $a \sim 10^{-7}$ م) كمعاملات حرة.

CSL replaces the discrete hits with continuous diffusion but retains the same two parameters. The الانتقاء postulate introduces no universal rate.

Instead, the rate is bounded from above by the الطاقة الذاتية الثقالية distinguishability of the قطاع السجلّات s (مسلّمة G).

This means the الانتقاء rate is system-dependent and vanishes for gravitationally indistinguishable records, a prediction that GRW/CSL do not make.

Ontological commitment. GRW/CSL modify the Schrödinger equation at the fundamental level: they add a stochastic, nonlinear term to the dynamical law governing all matter. The الانتقاء postulate does not modify ميكانيكا الكم.

العلاقة بحالة التحقّق

القيد متعمّد، لا سهو: المسلّمة تحدد واجهة، لا أنطولوجيا.

ملخص المُميِّزات التجريبية.

Three tests distinguish the الانتقاء postulate from GRW/CSL: (R1) whether الانتقاء targets the أساس المؤشر or always position; (R2) whether الانتقاء occurs between gravitationally indistinguishable records; and (R5) whether الانتقاء requires prior فقدان الترابط or operates بشكل مستقل of it.

الاتفاق على الثلاثة سيكون مفاجئاً ومُنيراً؛ الخلاف على أي واحد حاسم.

Relation to حالة التحقّق

Selection reduces AS. Decoherence increases AS by creating التفرّع ذو البنية السجلّية (A3.1). Selection decreases AS by collapsing that branching into a single realized history. There is no contradiction: AS measures branching richness, not outcome definiteness.

يتتبع المروحة AS. فقدان الترابط يفتح المروحة. الانتقاء يغلقها.

قابلية الدحض

F1 (Pointer failure): Selection does not respect the جبر السجلّات ***O*.**

F2 عن المُحقَّقة تنحرف التي المجموع للفروع الإحصائيات) :بورن انتهاك **($\{p_i\}$.**

F3 (Context dependence): Selection على يعتمد **observer intervention rather than objective dynamics.**

فشل the postulate لا يُبطل AS, T1–T2, or A4.1.

القيود الفيزيائية على معدلات الانتقاء)الجاذبية كمُحدِّد(— A4.3

تعريف D15: Gravitational Self-Energy Distinguishability. Let two decohered قطاع السجلّاتs i and j correspond to mass–energy densities $\rho_i(x)$ and $\rho_j(x)$. Define the الطاقة الذاتية الثقالية difference

$\Delta E_G = 0$: السجلّان غير قابلين للتمييز ثقالياً. ΔE_G الثقالي :قابلية أقوى للتمييز أكبر.

تعريف D16: Inter-Sector Selection Rate. Let τ_{ij} be the characteristic time for an individual realization to become operationally indistinguishable from the conditional state within tolerance ε. Define the inter-sector الانتقاء rate $\lambda_{ij} \equiv 1/\tau_{ij}$.

مسلّمة G: Gravity-Limited Selection Rate

The objective الانتقاء rate between two قطاع السجلّاتs is bounded above by their gravitational distinguishability:

The bound is a limiting inequality, not an equality. Selection قد يكون slower. Selection لا يمكن أن يكون faster without invoking a الاقتران stronger than gravity.

الدافع الفيزيائي. هذا الحد ليس مشتقاً من مبادئ أولى؛ إنه مسلّمة. لكنه ليس تعسفياً.

Two قطاع السجلّاتs with distinct mass–energy distributions source distinct gravitational fields. If these sectors are in superposition, the gravitational field itself is in a superposition of distinguishable configurations.

The الطاقة الذاتية الثقالية difference ΔE_G quantifies the degree to which the two field configurations are distinguishable: it is the interaction energy of the difference mass distribution with itself.

The energy–time relation $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$ then implies that the minimum time required for any عملية فيزيائية to resolve this distinguishability is $\Delta t \sim \hbar/\Delta E_G$.

The bound $\lambda_{ij} \leq \Delta E_G/\hbar$ therefore says: الانتقاء cannot resolve two قطاع السجلّاتs faster than the gravitational field configurations sourced by those sectors can be distinguished.

الحد ليس اشتقاقاً للانهيار الثقالي. إنه قيد اتساق.

Whatever mechanism performs الانتقاء, it cannot outrun gravitational distinguishability unless it couples to the system more strongly than gravity does.

The bound is testable (R3) and its failure would indicate either that الانتقاء couples to a non-gravitational degree of freedom or that the energy–time reasoning does not apply to the الانتقاء process.

Think about what this means for everyday objects. A cat in a box has enormous الطاقة الذاتية الثقالية difference between “alive” and “dead” configurations — different mass distributions, different gravitational fields.

The bound says الانتقاء happens almost instantly. You never see a cat in superposition because gravity resolves it before you could notice.

An electron spin has essentially zero الطاقة الذاتية الثقالية difference between “up” and “down” — same mass, same distribution. The bound says الانتقاء is negligible. Electrons remain in superposition indefinitely. One inequality.

كلا العالمين الكلاسيكي والكمّي مُفسَّران.

التمييز عن ديوشي-بنروز

The Diósi–Penrose proposal argues that gravity causes collapse due to spacetime ambiguity in superposed mass configurations. The present framework makes a weaker claim: gravity limits the rate of الانتقاء.

The mechanism of الانتقاء is not specified; gravity provides only a ceiling on how fast it can proceed.

This is the difference between “gravity collapses the wavefunction” and “whatever performs الانتقاء cannot do so faster than gravitational distinguishability allows.”

حالات خاصة

Gravitationally indistinguishable records. $\Delta E_G = 0 \Rightarrow \lambda_{ij} = 0$. Gravity forbids objective الانتقاء between them. A superposition of such records can persist indefinitely unless another interaction provides a limiter.

$\tau_{ij} \geq$ ينمو مع الكتلة والفصل، مما يعطي ΔE_G ،التراكبات المكانية العيانية لتوزيعات الكتلة المفصولة مكانياً. $\hbar/\Delta E_G$. السجلّات العيانية تُحلّ بسرعة لكن ليس آنياً.

قابلية الدحض

G1: الانتقاء يحدث أسرع من $\Delta E_G/\hbar$ للسجلّات المتميزة ثقالياً.

G2: الانتقاء يحدث بين سجلّات مع $\Delta E_G = 0$.

G3: معدلات الانتقاء تتدرج كونياً مع معاملات غير ثقالية عبر السجلّات العيانية.

Failure here invalidates only the gravitational-limiter hypothesis, not the الانتقاء postulate or prior results.

الأنظمة التجريبية ومسارات الدحض — A5

A5.1 — التوجيه: الاستثناءات قبل الملاءمة

Up to A4.3, الحجة specifies what يجب أن يكون true if the theory is correct. A5 specifies how it can fail, and how that failure would be observed. Principles: Qualitative exclusions before quantitative fits.

اختبارات الغياب قبل اختبارات المعدل. اعتماد أساس المؤشر قبل التدرج الثقالي. التوقيعات التشغيلية قبل التفسير.

إذا فشل أي نظام أدناه، فالمكوّن النظري المقابل ميت — بنظافة ومحلياً.

A5.2 — خارطة الاختبارات (R0–R5)

R0 — Operational Invariance of AS (Global مفتاح إيقاف)

Prepare a system with two physically realizable التقريب الخشنs $\mathcal{O}_1$ and $\mathcal{O}_2$. Compute AS(ρ; $\mathcal{O}_1$) and AS(ρ; $\mathcal{O}_2$). Prediction: |AS(ρ; $\mathcal{O}_1$) – AS(ρ; $\mathcal{O}_2$)| ≤ δ_exp. داحض F0: Persistent disagreement beyond tolerance → entire framework fails.

ترتيب الأولوية. الاختبارات مرتبة بحسب التبعية المنطقية لكن يجب تنفيذها بحسب القوة التمييزية.

R0 (الثبات التشغيلي) is the global مفتاح إيقاف and يجب أن يكون tested first: if R0 fails, the entire framework is dead and no further test is meaningful.

If R0 passes, R2 (gravitational null case) is the most discriminating test of مسلّمة G, because it probes the sharpest prediction — zero الانتقاء rate for gravitationally indistinguishable records.

R5 (order of operations) tests the الانتقاء postulate directly. R3 (rate bound) provides quantitative constraint. R1 and R4 test secondary predictions.

باختصار: R0 أولاً؛ إذا نجح R0، R2 و R5 التاليان؛ ثم R3 ؛ R1 و R4.

R1 — أساس المؤشر مقابل أساس الموضع

Setup: Systems where the environment-selected جبر المؤشر $\mathcal{O}$ is not position. Concrete examples: superconducting qubits (e.g., flux-tunable transmons), cavity QED (e.g., circuit QED, Schuster et al. 2007), collective spin ensembles.

Prediction: Selection targets $\mathcal{O}$, not position. داحض F1: If definiteness consistently appears in position despite $\mathcal{O} \neq$ position, the الانتقاء postulate fails.

R2 — الحالة الصفرية الثقالية (ΔE_G = 0)

الإعداد: سجلّات مفقودة الترابط تختلف فقط بدرجات حرية داخلية مع توزيعات كتلة متطابقة. المرشحون: حالات لفّ نووي، حالات استقطاب فوتوني.

Prediction: ΔE_G = 0 ⇒ λ_{ij} = 0. No الانتقاء dynamics beyond standard داحض. فقدان الترابط
G2: Observation of objective الانتقاء between gravitationally indistinguishable records.

This does not forbid فقدان الترابط between such states via other interactions (e.g., EM); it forbids only objective الانتقاء on gravitational timescales.

اختبار الحد الأعلى للمعدل)حد السرعة(— R3

Setup: Mesoscopic/macroscopic superpositions with controlled mass distributions (levitated nanospheres, optomechanical resonators). Compute: $\Delta E_G \Rightarrow \tau_{min} = \hbar/\Delta E_G$. Prediction: $\tau_{ij} \geq \tau_{min}$. داحض G1: Selection faster than $\hbar/\Delta E_G$.

Concrete estimates: For a spherical nanoparticle of radius R = 100 nm composed of a high-density material (tungsten, $\rho \approx 19$ g/cm^3), with two قطاع السجلّاتs separated by $\Delta x \sim R$, the الطاقة الذاتية الثقالية scales as $\Delta E_G \propto \rho^2 R^5$.

ثوانٍ، في متناول منصات الرفع البصري/المغناطيسي المبرّد الحالية وتجارب السقوط $\tau_{min} \sim 1$–10 هذا يعطي الحر في الجاذبية الصغرى المقترحة.

ثانية. المواد 10^2–10^3 $\tau_{min} \sim$ بنفس نصف القطر تعطي ($\rho \approx 2$ غ/سم^3) للمقارنة، جسيمات السيليكا النانوية عالية الكثافة مفضّلة بقوة للاختبارات القريبة الأجل.

R4 — شرط بورن الحدّي

Repeated preparations of identical decohered mixtures $\{p_i\}$. Prediction: The final ensemble of realized branches converges to $\{p_i\}$. Intermediate-time biases allowed; only asymptotic ensemble constrained. داحض F2: Systematic deviation from Born weights.

R5 — اختبار ترتيب العمليات

Continuously tune environmental الاقتران to control degree of فقدان الترابط. Prediction: Selection is negligible until فقدان الترابط has rendered pointer sectors operationally distinct (D13). داحض F3: Detection of الانتقاء signatures prior to operational اللاعكوسية.

This kills models where collapse is invoked to cause فقدان الترابط.

A5.3 — التوقيع التشغيلي للانتقاء

Selection corresponds to nonlinear or stochastic dynamics at the single-trajectory level after فقدان الترابط is complete, producing effects not reproducible by any linear CPTP map acting on $\mathcal{H}_S$.

Detectable signatures include: single-trajectory anomalies (jump or diffusion statistics inconsistent with any linear Lindbladian after dephasing), لا عكوسي loss of interference-revival capacity even under idealized system-only control, and telegraph-like stabilization (once a branch is realized, subsequent measurements behave as if prepared in the conditional state within التسامح التشغيلي).

A5.4 — ما يُعدّ تأكيداً مقابل بقاء

Passing a test does not confirm الحجة. It only allows it to survive. Confirmation would require joint success across multiple regimes. Even then, what is established is structure, not interpretation.

الفشل، على العكس، فوري ونهائي.

A5.5 — الجدول الزمني للدحض

ما يلي estimates reflect the state of experimental capability as of 2025 and are intended as orientation, not prediction.

R0 (منصات). الدوائرية تنتج بالفعل أنظمة بأسس مؤشر متعددة QED)الثبات التشغيلي :(قريب الأجل)0–2 سنة مقبولة مشتركة.

R1 (Pointer Basis vs. Position): Near-term (0–3 years). Superconducting qubit and cavity QED experiments routinely prepare states where the أساس المؤشر is energy or charge, not position.

Checking whether definiteness tracks the أساس المؤشر requires monitoring which observable resolves first under controlled فقدان الترابط.

R5 (Order of Operations): Near-term to medium-term (1–5 years). Requires continuously tunable environmental الاقتران with single-trajectory readout. Superconducting qubits with adjustable الاقتران to engineered reservoirs are the most promising platform.

The key observable is whether الانتقاء-like signatures (telegraph stabilization, non-Lindbladian statistics) appear only after فقدان الترابط is complete.

R4 شرط بورن الحدّي :(متوسط الأجل)2–5 سنوات .(يتطلب مجاميع كبيرة من أنظمة محضّرة بشكل متطابق).

R2 الحالة الصفرية الثقالية :(متوسط إلى بعيد الأجل)3–10 سنوات .(يتطلب سجلّات مفقودة الترابط تختلف فقط بدرجات حرية داخلية غير قابلة للتمييز ثقالياً.

The challenge is isolating such systems from all non-gravitational فقدان الترابط sources long enough to confirm the absence of الانتقاء.

R3 (Upper-Bound Rate Test): Long-term (5–15 years). Requires maintaining spatial superpositions of high-density nanoparticles (~100 nm, tungsten or osmium) for seconds in a فقدان الترابط-free environment, then measuring whether الانتقاء occurs faster than ħ/ΔE_G.

.معقولة لكنها غير عاملة بعد بالحجم المطلوب (MAQRO مثل مفهوم بعثة) الرفع المبرّد والمنصات الفضائية المقترحة

.منطق الترتيب .الاختبارات مرتبة بحسب سهولة الوصول التجريبي، لا الأهمية النظرية

.تُنهي الإطار بأكمله قبل الحاجة لأي اختبار آخر R0 نتيجة سلبية على

A5.6 — شرط التوقف

تعريفs are operational. You can measure every one of them. مبرهنةs are scoped. Each tells you exactly where it applies and where it does not. مسلّمةs are isolated. Kill one and the rest survive.

Bounds are testable. You can check them with existing equipment. داحضs are explicit. You know exactly what would kill each claim.

Nothing further can be settled by argument. The mathematics has spoken. The experiments are specified. The مفتاح إيقافes are published. What remains is nature’s answer. الحجة has told you everything it can tell you.

It has defined the measuring tool. It has proven the monotonicity. It has established the سطح اللاعودة. It has characterised الانتقاء. It has formalised الفاعلية. It has derived the consequences of الاقتران.

Every claim is stated. Every مفتاح إيقاف is published. Every experiment is specified.

What remains is nature’s answer. الحجة cannot give you that. Only measurement can.

Only contact with reality can determine whether the definitions are operationally invariant, whether the gravitational bound holds, whether الانتقاء respects the أساس المؤشر, whether the Born statistics emerge.

لقد وضعت نفسها تحت رحمة التجربة. هذا هو المكان الوحيد الذي تنتمي إليه حجة صادقة. الحجة تنتظر.

وحدة اختيارية :المنعطف — A6

.الحالة :وحدة اختيارية .غير حاملة للأحمال .مُضمَّنة للاكتمال المفهومي؛ فشلها يترك البرنامج المخبري كاملاً سليماً

A6.1 — تشبّع السعة

Let K be the نواة القابلية للحياة of maintainable structure (A3.3). Capacity saturation obtains when the accessible state space for creating new durable قطاع السجلّاتs has measure zero under التحكم المقبولs.

Operationally: further فقدان الترابط may occur, but no new independent records can be written.

تشبّع السعة يقابل الموت الحراري الثيرموديناميكي في الحد حيث جميع تدرجات الطاقة الحرة مستنفدة.

A6.2 — الاستعادة بدون عكس

Any admissible Turn must satisfy: (1) No reversal: previously realized الانتقاءs are not undone. (2) No الانتقاء bypass: A4.2 remains valid locally. (3) Capacity restoration: the effective جبر السجلّات regains room for new, independent branches.

هذه مواصفة واجهة، وليست قانوناً ديناميكياً.

A6.3 — إعادة القياس المطابق

عند التخفيف الأقصى، الديناميكيات تصبح غير حساسة للمقياس المطلق .مطابقة مُتطابقة يمكنها تعيين تشكيلة مشبعة السعة إلى تشكيلة ابتدائية بسعة تفرّع متجددة بدون عكس الترتيب السببي.

“Records are compressed, not erased” means: distinguishable قطاع السجلّاتs at late times map to a lower-resolution effective جبر السجلّات under the conformal identification, preserving orthogonality relations and causal precedence while reducing accessible distinguishability.

العلاقة بالموت الحراري — A6.4

الثقوب السوداء مصارف سعة، لا أزرار إعادة تشغيل .تُموضع التشبّع وتُظهر حدود اللاعودة (A3.3).

A6.5 — لماذا هذه الوحدة اختيارية

الحالة: وحدة اختيارية. غير حاملة للأحمال. مُضمَّنة للاكتمال المفهومي؛ فشلها يترك البرنامج المخبري كاملاً سليماً.

فشل Module T leaves the entire laboratory program intact.

الملاحق

الملحق E — قاموس المصطلحات والترميز

حالة التحقّق (AS). An operational scalar ∈ [0, 1] measuring the degree of inter-sector branching in the جبر السجلّات. AS = 0: all weight in one قطاع السجلّات.

AS = 1: maximal branching across all قطاع السجلّاتs. Defined in D3 (A2.3).

تعمل على النظام المتاح، اختيارياً مع أنسيلا جديدة، لكن بدون الوصول إلى البيئة CPTP عملية مقبولة. خارطة الأصلية.

The set of admissible operations defines what an agent can do, and thereby what counts as operationally لا عكوسي.

Capture basin, Cap(R). The set of states from which exit from the recoverable set R is inevitable under all التحكم المقبولs. Defined in D8 (A3.3).

Coherence-recoverable state. A system state from which coherence between قطاع السجلّاتs can be restored by admissible operations within tolerance ε. Defined in D11 (A4.1).

Coarse-graining, physically realizable ($\mathcal{O}$). A finite set of mutually orthogonal projectors selected by the physics of system–environment الاقتران, not by observer choice. Defined in D1 (A2.1).

Dephasing map, $\Delta_{\mathcal{O}}$. The map $\Delta_{\mathcal{O}}(\rho) \equiv \sum_i \Pi_i \rho \Pi_i$ that removes quantum interference between قطاع السجلّاتs while preserving classical probabilities. Defined in D2 (A2.2).

Effective entropy, S_eff. The إنتروبيا شانون $H(\{p_i\})$ of the sector weights, with intra-sector entropy discarded. This is the entropy entering the AS definition. Defined in A2.3.

داحض (F0, F1, F2, F3, G1, G2, G3). An تجريبياً observable condition whose occurrence would invalidate a specific component of الحجة.

F0 is global (kills AS itself); F1–F3 target the الانتقاء postulate; G1–G3 target the gravitational limiter. Listed in A5.2.

Gravitational self-energy distinguishability, ΔE_G. The Newtonian self-energy of the difference mass distribution between two قطاع السجلّاتs. Defined in D15 (A4.3). ملحق C provides explicit forms.

No-return surface, Σ_h. The boundary of the نواة القابلية للحياة. States beyond this surface cannot return to the recoverable set under any التحكم المقبول. Defined in D9 (A3.3) and D13 (A4.1).

Operator horizon, x_h. The scalar specialization of the سطح اللاعودة: $x_h \equiv u_max/a$, the maximum sustainable structure given maximum maintenance effort. Defined in T2 (A3.2).

Operational invariance. The requirement that AS values computed from different physically realizable التقريب الخشنs of the same system agree within التسامح التجريبي. Defined in D5 (A2.5). Violation triggers the global مفتاح إيقاف F0.

Operational اللاعكوسية. A state is operationally لا عكوسي with respect to a recoverable set R iff it lies outside the نواة القابلية للحياة of R.

Irreversibility is defined by loss of reachability under التحكم المقبول, not by entropy increase or violation of time-reversal symmetry. Defined in D10 (A3.3).

Record algebra. The algebra generated by the physically realizable التقريب الخشن $\mathcal{O} = \{\Pi_i\}$. States in this algebra are diagonal in the record basis. The جبر السجلّات defines what the environment can physically distinguish.

Selection. The transition from a diagonal mixture over قطاع السجلّاتs (post-فقدان الترابط) to a single realized branch (definiteness). Distinguished from فقدان الترابط in D14 (A4.2).

The mechanism is specified by مسلّمة P; the rate is bounded by مسلّمة G.

Viability kernel, Viab(R). The set of states from which the system can be kept inside the recoverable set R indefinitely using التحكم المقبول. Defined in D7 (A3.3).

ε (التسامح التشغيلي). A fixed positive parameter representing experimental resolution. All operational definitions (effective orthogonality, inaccessibility, recoverability) are quantified relative to ε. Defined in A2.4.

ملحق A — Equivalence of AS Representations

A.1 الغرض

هذا الملحق يؤسس الشروط الدقيقة التي تحتها يتطابق AS(ρ; $\boldsymbol{\theta}$) الأولي مع التمثيل المبني على التاريخ $AS_h(D)$.

A.2 الكائنات والقيود

The histories {α} are taken to correspond one-to-one with the قطاع السجلّاتs $\{\Pi_i\}$ at a single time slice. No multi-time or branching-tree histories are included. Under this restriction: N = d$\mathcal{O}$.

هذا القيد صريح ومتعمَّد.

شرط فقدان الترابط وإنتروبيا الكتلة A.3–A.4

Assume complete فقدان الترابط: $D(\alpha, \beta) \approx 0$ for $\alpha \neq \beta$. Under this condition, the dephased state has block form $\Delta\mathcal{O}(\rho) = \Sigma_i\, p_i\, \sigma_i$.

The إنتروبيا فون نويمان decomposes exactly as $S(\Delta\mathcal{O}(\rho)) = H(\{p_i\}) + \Sigma_i\, p_i\, S(\sigma_i)$. No assumption of maximal mixing within sectors is made.

بيان التكافؤ A.5–A.6

AS يستخدم $S_{\mathrm{eff}}(\rho; \mathcal{O}) \equiv H(\{p_i\})$ مع التطبيع $\mathrm{AS}(\rho; \mathcal{O}) = H(\{p_i\}) / \log d_{\mathcal{O}}$.

A.7 أنظمة عدم التكافؤ

The equivalence fails when: فقدان الترابط is incomplete, histories span multiple time slices, or one attempts to include intra-sector entropy as “actualization.” In these regimes AS(ρ; $\mathcal{O}$) remains well-defined; $AS_h(D)$ ceases to be a faithful representation.

AS(ρ; $\mathcal{O}$) is preferred in all ambiguous cases because it requires only the reduced state and جبر السجلّات, not a full history space.

ملحق B — Viability Theory Background

الديناميكيات: $dx/dt = f(x, u)$، $u \in U$. نواة القابلية للحياة: $Viab(K) = \{x_0 \in K \mid \exists\, u(t): x(t) \in K\ \forall t \geq 0\}$.

حوض الاستيلاء: $Cap(K^c) = \{x_0 \mid \forall\, u(t), \exists\, t: x(t) \notin K\}$.

سطح اللاعودة: $\Sigma_{NR} = \partial\, Viab(K)$. للمرجع انظر. التقسيم يصح حتى مجموعات حدّية من القياس صفر Aubin (1991).

الملحق B — خلفية نظرية القابلية للحياة

C.1 تعريف For two قطاع السجلّات s i, j with mass densities $\mu_i(x)$, $\mu_j(x)$:

C.2 الشكل المتعدد القطاعات الموزون

C.3 حالات خاصة

توزيعات كتلة متطابقة: $\Delta E_G = 0$. كرة صلبة (نصف القطر R، إزاحة $\Delta x \ll R$): $\Delta E_G \sim Gm^2/R \cdot (\Delta x/R)^2$ (تقدير رتبي).

C.4 الإيجابية بالبناء، $\Delta E_G \geq 0$.

الملحق D — تقديرات الجدوى التجريبية

D.1 نظام الجسيمات النانوية عالية الكثافة

اعتبر جسيماً نانوياً كروياً بنصف قطر R = 100 نانومتر مركَّباً من مادة عالية الكثافة (تنغستن أو أوزميوم، ρ ≈ 19–22 غ/سم³ للمقارنة، السيليكا لديها ρ ≈ 2 غ/سم³).

With two قطاع السجلّاتs separated by Δx ~ R, and using $\Delta E_G \sim Gm^2/\Delta x$ with $m \propto \rho R^3$, the self-energy scales as $\Delta E_G \propto \rho^2 R^5$.

المقياس الزمني الناتج: $\tau_{min} \sim \hbar/\Delta E_G$ يعطي زيادة في ΔE_G زيادة الكثافة عشر مرات تعطي ~100× زيادة في τ_{min} ~ 1–10 ث لجسيمات R ~ 100 نم عالية الكثافة.

D.2 المنصات التجريبية

المقاييس الزمنية في نطاق الثواني إلى عشرات الثواني في متناول :الرفع البصري أو المغناطيسي المبرّد للجسيمات النانوية الثقيلة، والمصائد البصرية الميكانيكية الهجينة مع التبريد بالتغذية الراجعة النشطة.

D.3 التفسير

The purpose of this estimate is to demonstrate that the relevant regime is تجريبياً accessible. Observation of الانتقاء faster than the bound falsifies the gravity-limiter hypothesis.

Absence of الانتقاء constrains gravity's relevance without undermining the core AS framework.

الملحق F — حساب: مثال مفصّل لكيوبت مُزيل للطور AS

هذا الملحق يوفر حساباً كاملاً صريحاً لـ AS لأبسط حالة غير تافهة، مقصوداً كمرساة تعليمية.

F.1 الإعداد

System: a single qubit S with فضاء هلبرت $\mathcal{H}_S = \mathbb{C}^2$, coupled to an environment E. Pointer basis (selected by الاقتران): $\mathcal{O} = \{|0\rangle\langle 0|, |1\rangle\langle 1|\}$. Record algebra dimension: $d\mathcal{O} = 2$.

F.2 الحالة الابتدائية

$|\psi(0)\rangle = (|0\rangle + |1\rangle)/\sqrt{2} \otimes |E_0\rangle$. الحالة المختزلة. النظام في تراكب متماسك $\rho_s(0) = |+\rangle\langle+|$. بعد إزالة الطور:
$\Delta\mathcal{O}(\rho_s(0)) = \mathrm{diag}(½, ½)$. الأوزان القطاعية: $p_0 = p_1 = ½$.

F.3 قبل فقدان الترابط

العناصر غير القطرية موجودة.

ومع ذلك, S_eff = H({pᵢ}) = H(½, ½) = log 2. Normalization: S_max = log 2. لذلك AS = log 2 / log 2 = 1. Even before فقدان الترابط is complete, the sector weights already distribute maximally.

AS measures the branching structure of the dephased state, not whether فقدان الترابط has physically occurred.

F.4 بعد فقدان الترابط

البيئة تسجّل أي-مسار: $|\psi\rangle \to (|0\rangle|E_0\rangle + |1\rangle|E_1\rangle)/\sqrt{2}$ مع $\langle E_0|E_1\rangle \approx 0$. الحالة المختزلة: $\rho_s = \mathrm{diag}(½, ½)$. العناصر غير القطرية قُمعت فيزيائياً.

AS = 1. Same numerical value, but now the system has crossed the سطح اللاعودة: coherence is not recoverable. Operational اللاعكوسية has been established.

بعد الانتقاء F.5

قصة واحدة تبقى .النظام .AS = ٥. H = ٥. p_1 = ٥، p_0 = ١ الانتقاء يحلّ المزيج إلى القطاع |٥( )لنقل .(الآن
.انتقل من التفرّع الأقصى إلى التحديد

F.6 الملخص

AS tracks branching richness, not definiteness. It rises during فقدان الترابط (branching phase) and falls during الانتقاء (definiteness phase).

كلاهما نقطتا نهاية ذات معنى فيزيائي لعمليات مختلفة، لا تدرّج من AS ≈ 1 و AS ≈ 0 المثال المفصّل يوضح أن «أكثر تحقّقاً» «مقابل »أقل تحقّقاً».

الورقة أ — المرجع القانوني مُقفل .التنفيذ مكتمل

الورقة ب

الانتقاء كاستبعاد لا عكوسي

تعتمد على الورقة أ

الورقة أ measured the branching. It proved the branching can only grow under the right conditions. It established the point of no return.

But it left one question unanswered — the question that haunts every interpretation of ميكانيكا الكم.

If definiteness occurs in individual runs — and it does, every experiment ever conducted says so — what must الانتقاء be?

Not what might it be. What must it be. What structural requirements does any الانتقاء mechanism have to satisfy? What must it cost? How fast can it act?

وهل يوجد حد كوني على تلك السرعة؟

No collapse mechanism is proposed. No interpretation is invoked. No result of الورقة أ is rederived. All hypotheses are فشل. بشكل مستقل قابل للدحض any أ الورقة لا يُبطل.

B0.1 — بيان التبعية

This work is a strict continuation of الورقة أ and assumes as established: the operational definition and validity of حالة التحقّق (AS), operational اللاعكوسية as loss of reachability under التحكم المقبول, the existence of سطح اللاعودة s induced by bounded capacity, and the separation between branching (AS increase) and definiteness.

For reference, the record-sector algebra $\mathcal{R}$ is the algebra generated by the projectors $\{\Pi_i\}$ of a physically realizable التقريب الخشن $\boldsymbol{\mathcal{O}}$ (تعريف, الورقة أ D1), representing the set of operationally accessible record observables.

All norms and maps in هذه الورقة that reference $\mathcal{R}$ act on this algebra.

No construct from الورقة أ is redefined or rederived here.

B0.2 — الغرض

أ الورقة establishes اللاعكوسية without definiteness: after فقدان الترابط and loss of recoverability, multiple mutually exclusive قطاع السجلّاتs can persist simultaneously in the reduced description.

هذه الورقة addresses the remaining physical question:

If definiteness occurs, what must الانتقاء be, given the constraints already established?

سؤال ثانٍ يتبع بالضرورة:

What physical resources يجب أن يكون expended to enforce such الانتقاء?

This work does not argue that الانتقاء must exist. It characterizes the structure and constraints of الانتقاء if it exists at all.

B0.3 — ادعاءات مرفوضة صراحة

The paper does not: • redefine حالة التحقّق, • propose a collapse mechanism, • derive or assume the قاعدة بورن, • invoke observers, consciousness, or epistemic update, • introduce الفاعلية, decision-making, or control,

• claim gravity causes الانتقاء.

B1 — The Definiteness Problem (Reframed) فشل هذه الورقة لا يُبطل الورقة أ.

B1.1 — What Remains After الورقة أ

After the results of الورقة أ, the following are established:

(1) Interference is suppressed between record-distinguishable alternatives (الورقة أ, T1).

(2) Recoverability is lost once record information is encoded in inaccessible degrees of freedom (الورقة أ, D13).

(3) حالة التحقّق increases during the branching phase, quantifying record-structured multiplicity (الورقة أ, T1).

لكن لا شيء من هذا يستلزم أنه في تجربة فردية، سجلّ واحد فقط يبقى.

A diagonal reduced state of the form where $\{\Pi_i\}$ are the record-sector projectors defined in الورقة أ (تعريف D1) and $\{p_i\}$ are the corresponding diagonal coefficients of the reduced state inherited from the فقدان الترابط process (no probabilistic interpretation is assumed here), is fully consistent with all results of الورقة أ.

B1.2 — لماذا فقدان الترابط ليس هو التحديد

فقدان الترابط يفسّر لماذا تصبح حدود التداخل غير متاحة .لا يفسّر لماذا تُستبعد البدائل.

تشغيلياً:

فقدان الترابط يجيب :لماذا لا تستطيع البدائل التداخل.

التحديد يسأل :لماذا لم تعد البدائل قابلة للوصول.

These متميّزة constraints. الورقة أ resolves the first and intentionally stops there.

B1.3 — Individual Realizations (Operational تعريف)

التحقيق الفردي)أو التشغيل الفردي (يُعرَّف بأنه:

تجربة واحدة تنتج تياراً محدداً من السجلّات مرتَّباً زمنياً في البيئة، يقيّد لاحقاً كل السلوك المستقبلي المتاح للنظام.

هذا التعريف تشغيلي بحت ويشير فقط إلى بنية السجلّات.

B1.4 — الانتقاء كاستبعاد لا عكوسي

If definiteness exists, it must correspond to a physical exclusion process acting after اللاعكوسية is established, because all subsequent experimental outcomes in the record stream depend causally on which sector obtains (B1.3).

الانتقاء يُعرَّف هنا على أنه:

The transition of the system state into a restricted reachable region of state space (under التحكم المقبول) in which only one قطاع السجلّات remains reachable. Equivalently, الانتقاء is the لا عكوسي removal of alternative قطاع السجلّاتs from operational accessibility in an individual realization.

Once الانتقاء has occurred, no admissible system-local operation can restore reachability of excluded sectors.

B1.5 — Consequence for حالة التحقّق

للانتقاء نتيجة دقيقة لـ AS:

Decoherence increases AS by creating التفرّع ذو البنية السجلّية (الورقة أ, T1).

Selection reduces the accessible AS of an individual realization by restricting reachability to a single قطاع السجلّات.

هذا لا يعني محو السجلّات البيئية .إنه يعكس انهيار القابلية المستقبلية للوصول التشغيلي، لا تدمير البنية الماضية.

B1.6 — تكلفة الانتقاء)تمهيد(

الاستبعاد ليس مجانياً.

Any process that removes reachability of alternatives must expend physical resources to enforce that restriction. This is generically as the cost of الانتقاء: the minimal physical resource expenditure required to enforce لا عكوسي exclusion.

This cost need not be thermal energy; it may appear as time, interaction strength, or consumption of distinguishability capacity. Its precise form يعتمد على the limiting interaction and is quantified below.

B2 — متطلب اللاخطية وتكلفة الانتقاء

B2.1 — قيد الخطية

Deterministic linear completely positive trace-preserving (CPTP) dynamics acting on the reduced system state preserve convex structure. وبالتالي, linear ensemble evolution cannot, by itself, enforce single-sector definiteness in individual realizations.

خطية حتمية CPTP $\mathcal{E}$ شكلياً، لأي خارطة:

الخطية تحفظ المزائج المحدّبة .لا خارطة كهذه يمكنها اختيار مكوّن واحد من مزيج قطري في تشغيلات فردية .هذه نتيجة بنيوية للخطية.

B2.2 — خطية المجموع مقابل دقة المسار

استلزام قيد الخطية دقيق:

التطور على مستوى المجموع قد يبقى خطياً و CPTP.

الانتقاء، إذا حدث، يجب أن يعمل على مستوى المسار، حالّاً التحقيقات الفردية عبر ديناميكيات عشوائية أو لاخطية فعلياً.

لا تناقض مع الخطية الكمّية على مستوى المجموع.

B2.3 — التقدير الكمّي لانحراف الانتقاء

Selection is a trajectory-level phenomenon. Its signature is not a deviation of the ensemble state — ensemble consistency مطلوب (B3.5) and the ensemble state محفوظ by construction.

The signature of الانتقاء is that individual trajectories resolve to outcomes that no deterministic CPTP map could produce from the same initial state.

ليكن $\mathcal{E}_{\mathrm{ens}}$ تطور CPTP على مستوى المجموع يعمل على الحالة المختزلة.

Let Φ denote a stochastic الانتقاء process that, for an initial state ρ, produces a random trajectory with realization-dependent final state $\rho^{W}(\rho)$ indexed by trajectory ω. Ensemble consistency (B3.5) requires $\mathbb{E}[\rho^{W}] = \mathcal{E}_{\mathrm{ens}}(\rho)$.

The quantity that distinguishes الانتقاء from deterministic CPTP evolution is not the ensemble mean but the trajectory spread. Define the الانتقاء deviation: where $\|\cdot\|_{\mathcal{R}}$ is an operational norm restricted to the record-sector algebra $\mathcal{R}$.

This is the expected squared deviation of individual trajectory outcomes from the ensemble mean, measured in the جبر السجلّات. For any deterministic CPTP map, all trajectories produce the same output, so $\delta_{\mathrm{sel}} = 0$.

For الانتقاء, trajectories resolve to different قطاع السجلّاتs, so $\delta_{\mathrm{sel}} > 0$.

All subsequent results hold for any choice of norm satisfying: (i) contractivity under admissible system-local CPTP maps, and (ii) sensitivity to distinguishability between قطاع السجلّاتs.

Compatibility with ensemble consistency. δ_{sel} measures the spread of trajectory outcomes, not the deviation of their mean. Ensemble consistency (B3.5) constrains the first moment: $\mathbb{E}[\rho^{W}] = \mathcal{E}_{\mathrm{ens}}(\rho)$. The الانتقاء deviation constrains the second moment.

هذه مستقلة :عملية يمكن أن يكون لها انحراف متوسط صفري وانتشار مسارات غير صفري .الانتقاء هو بالضبط عملية كهذه.

Verification (qubit toy model). For the الانتقاء SDE dp = √γ · p(1–p) dW (الورقة أ, قسم A4.2), trajectories resolve to p = 0 or p = 1 with probabilities 1–p_0 and p_0 respectively.

The ensemble mean محفوظ: $\mathbb{E}[\rho^W]$ = diag(p_0, 1–p_0). The trajectory variance is δ_{sel} = $p_0(1–p_0)$ > 0 for any nontrivial initial mixture, confirming that الانتقاء produces nonzero δ_{sel} while satisfying ensemble consistency.

لكل الحالات المتاحة، كل مسار ينتج نفس مخرجات خارطة المجموع، ولم δ_{sel} = 0 إذا δ_{sel} > 0. الانتقاء يتطلب يحدث حلّ إلى قطاعات فردية.

B2.4 — تعريف: Selection Cost

The cost of الانتقاء is defined as the minimal physical resource expenditure required to produce nonzero trajectory variance (δ_{sel} > 0) sufficient to resolve individual realizations into single قطاع السجلّاتs.

This cost قد يكون expressed as: a time scale (rate of exclusion), a الاقتران strength to enforcing interactions,

أو ميزانية موارد مطلوبة لصيانة الاستبعاد.

الأقسام اللاحقة تحدد قيوداً كونية على هذه التكلفة.

B2.5 — داحض B2: Pre-Irreversibility Selection

If exclusion signatures appear before the system has crossed the سطح اللاعودة (D13), the entire الانتقاء model is dead. Selection must wait for اللاعكوسية. If it does not wait, the model is wrong.

Selection cannot precede اللاعكوسية. B3 — Structural Requirements on Selection Dynamics

Any admissible الانتقاء dynamics must satisfy a minimal set of structural requirements implied jointly by الورقة أ and قسمs B1–B2. These requirements are necessary, not sufficient.

فشل any requirement falsifies the الانتقاء hypothesis without affecting the اللاعكوسية results of الورقة أ.

B3.1 — التفعيل بعد اللاعكوسية

Selection may act only after operational اللاعكوسية is established.

Let Kε(𝒪) denote the ε-recoverable set defined in الورقة أ (تعريف D12).

For all states ρ ∈ Kε(𝒪), admissible dynamics must satisfy: That is, no الانتقاء deviation مسموح while recovery remains reachable under التحكم المقبول. Selection dynamics قد يكونcome active only once ρ ∉ Kε(𝒪).

B3.2 — محلية جبر السجلّات

Selection must act only on degrees of freedom that distinguish قطاع السجلّاتs, and only during active الانتقاء.

Let Δ𝒪 denote the خارطة إزالة الطور onto the جبر السجلّات 𝒪. During active الانتقاء (i.e., after ρ ∉ Kε(𝒪)):

This condition is consistent with B3.1: by the time الانتقاء activates, off-diagonal terms in the record basis are already operationally inaccessible.

الانتقاء لا يجوز أن يولّد أو يعيد التداخل، ولا أن يعمل على درجات حرية غير مراقبة داخل القطاع.

B3.3 — قطاعات السجلّات الماصّة

Selection is an absorbing process. Once a قطاع السجلّات Π_i is realized, sector membership must remain fixed under subsequent الانتقاء dynamics. Formally:

up to التسامح التشغيلي set by experimental resolution. This condition enforces لا عكوسي confinement to the realized sector while allowing arbitrary intra-sector evolution.

B3.4 — انقباضية التعدد

الانتقاء يحلّ التعدد؛ يجب ألا يضخّمه.

Let $\{p_i(t)\}$ denote the diagonal coefficients of the reduced state in the record-sector basis, treated here as record weights. إنتروبيا شانون

يُستخدم بشكل صارم كمقياس للتعدد، لا كإنتروبيا ثيرموديناميكية أو معرفية.

Any admissible الانتقاء dynamics يجب أن يكون such that, along individual trajectories generated by those dynamics, $H(\{p_i(t)\})$ is a supermartingale:

with strict decrease during active الانتقاء. The expectation is taken with respect to the trajectory measure induced by the الانتقاء dynamics.

This is a requirement on the class of admissible dynamics, not a property derived from a specific generator: any candidate الانتقاء process whose trajectories amplify multiplicity is excluded.

No assumption about the قاعدة بورن is made here; H is used purely as a multiplicity measure.

لاحظ أن انقباضية H في B2.2 على طول المسارات هي نتيجة للطابع على مستوى المسار المؤسَّس.

B3.5 — اتساق المجموع

بينما المسارات الفردية تُحلّ إلى قطاعات مفردة، يجب أن يبقى وصف المجموع متسقاً مع التطور الخطي على المتوسط. جميع تحقيقات المسار يجب أن يعيد إنتاج خارطة المجموع:

ضامنةً التوافق مع التنبؤات المعيارية على مستوى المجموع. هذا المتطلب يقيّد العزم الأول لتوزيع المسارات.

It does not constrain the second moment: trajectory spread ($\delta_{\text{sel}} > 0$, قسم B2.3) is fully compatible with ensemble consistency. Selection is characterized by the combination of preserved ensemble mean and nonzero trajectory variance.

B3.6 — شرط حدّي على النتائج (BC1)

The paper does not derive outcome statistics. ومع ذلك, admissible الانتقاء dynamics must produce a well-defined distribution over realized قطاع السجلّاتs.

The analysis restricts to the class of الانتقاء dynamics that are Born-consistent: under the trajectory measure induced by the dynamics, the marginal distribution over realized sectors converges to the diagonal weights $\{p_i\}$ inherited from فقدان الترابط.

This is a defining constraint of the model class studied here, not a derived result. The existence and properties of Born-inconsistent الانتقاء dynamics are a separate question outside the present scope.

Born-consistency is تجريبياً testable: repeated preparations of identically decohered systems must yield realized-sector frequencies converging to $\{p_i\}$. Persistent deviation falsifies the Born-consistent class, not الانتقاء itself.

B3.7 — ملخص المتطلبات البنيوية

Selection dynamics, if they exist, يجب أن يكون:

Post-اللاعكوسية — inactive while recovery remains reachable.

Record-local — acting only on the جبر السجلّات during active الانتقاء.

ماصّة — متى تحقّق قطاع، العضوية في القطاع تبقى ثابتة.

منقبضة — تقلّل التعدد رتابةً على طول المسارات.

متسقة مع المجموع — تحفظ التطور الخطي للمجموع.

Any candidate process violating these conditions is not a physically admissible form of الانتقاء under الحجة established by أ الورقة.

مثال مُفصَّل: Structural Requirements Applied to Qubit Selection

الورقة أ (قسم A4.2) defines a toy model of stochastic الانتقاء on a qubit with أساس المؤشر $\mathcal{O}$ = {|0⟩⟨0|, |1⟩⟨1|} and الانتقاء dynamics $dp = \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p)\, dW$.

التحقق يظهر أن هذا النموذج المصغّر يلبّي جميع المتطلبات البنيوية الخمسة لـ B3.

B3.1 (Post-اللاعكوسية activation): The الانتقاء rate γ is set to zero while the system remains within the recoverable set $K\varepsilon(\mathcal{O})$. The SDE activates only after فقدان الترابط has rendered pointer sectors operationally distinct.

قبل التفعيل، $\delta_{\text{sel}} = 0$ تطابقياً.

B3.2 (المعادلة التفاضلية العشوائية تعمل بالكامل على الوزن القطاعي القطري): لا تُولَّد محلية جبر السجلّات (p.)محلية جبر السجلّات بالبناء. العملية محلية لجبر السجلّات. حدود ترابط غير قطرية.

B3.3 (عند القطاعات الماصّة($p = 1$ و $p = 0$)، معامل الانتشار $\sigma(p) = \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p)$ يتلاشى تطابقياً. كلتا الحالتين النقيتين قطاعياً نقاط ثابتة ماصّة.

B3.4 (Contractivity): By the full Itô calculation (قسم, الورقة أ A4.2, requirement S3): $dH = -(\gamma/2)\, p(1-p)\, dt + \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p) \cdot \log[(1-p)/p]\, dW$.

The الانجراف term $-(\gamma/2)\, p(1-p)$ is strictly negative for $p \in (0, 1)$. H is a supermartingale with strict decrease during active الانتقاء, as required.

B3.5 (المعادلة): اتساق المجموع($dp = \sqrt{\gamma} \cdot p(1-p)\, dW$ مارتنغال: $\mathbb{E}[p(t)] = p(0)$ لكل t. المتوسط على المسارات يعيد إنتاج حالة المجموع.

خارطة المجموع خطية و CPTP.

هذا يؤكد أن المتطلبات البنيوية B3.1–B3.5 قابلة للإرضاء مجتمعة. النموذج المصغّر ليس الحل الوحيد؛ إنه برهان وجود.

Any candidate الانتقاء dynamics must pass all five requirements to be admissible. B4 — Universal Rate Constraints on Selection

الانتقاء، إذا وُجد، لا يمكن أن يحدث بسرعة تعسفية.

This section establishes necessary upper bounds on the rate at which admissible الانتقاء dynamics may act, without introducing new physics and without exceeding the scope of أ الورقة.

B4.1 — معدل الانتقاء ككمّية تشغيلية

For two قطاع السجلّاتs i and j, define the inter-sector الانتقاء time τij as the minimal duration required, in an individual realization, for the system's accessible behavior to become operationally indistinguishable from confinement to sector i rather than j, within التسامح التجريبي.

The corresponding الانتقاء rate is:

This rate is operationally measurable: it characterizes how rapidly exclusion is enforced between competing قطاع السجلّاتs.

B4.2 — متطلبات المُحدِّد الكوني للمعدل

Any candidate universal rate limiter on الانتقاء must satisfy the following constraints:

الكونية. الحد يجب أن ينطبق على جميع السجلّات العيانية، مستقلاً عن التركيب أو الشحنة.

استقلال السياق. الحد يجب ألا يعتمد على تدخل المراقب أو اختيار القياس أو ضبط خاص بالأجهزة.

Discriminatory Relevance. The bound must couple directly to the physical features that distinguish قطاع السجلّاتs.

هذه القيود لا تحدد بشكل وحيد المُحدِّد، لكنها تقيّد بشدة المرشحين المقبولين.

B4.3 — الجاذبية كمُرشَّح لمُحدِّد كوني)فرضية(

بين التفاعلات المعروفة، الجاذبية تلبّي جميع المتطلبات الثلاثة :كونية، غير قابلة للحجب، وحساسة مباشرة لتشكيلة الطاقة-الكتلة.

The hypothesis: that gravity provides a universal upper bound on الانتقاء rates. This is an تجريبي claim about known interactions, not a proof of uniqueness, and it does not assert that gravity causes الانتقاء.

B4.4 — القابلية الثقالية للتمييز بين قطاعات السجلّات

The الطاقة الذاتية الثقالية distinguishability ΔE_G between قطاعs i and j is defined in الورقة أ (تعريف D15, ملحق C).

It measures the Newtonian self-energy of the difference mass distribution between two قطاعs and is zero when the sectors are gravitationally indistinguishable.

The definition, explicit integral form, and positivity proof are given in الورقة أ and are not repeated here.

B4.5 — متراجحة المعدل

The gravity-limited الانتقاء bound (مسلّمة, الورقة أ G) states:

الورقة أ introduces this bound as a physical constraint.

Here we elevate it to a candidate universal rate limiter by demonstrating that gravity satisfies the universality, context-independence, and discriminatory relevance requirements of B4.2 — requirements that were not articulated in الورقة أ.

B5. النتائج التجريبية لهذا الارتقاء تُطوَّر في

The bound is limiting, not exact. Selection قد يكون slower; it may not be faster without invoking a الاقتران stronger than gravity to mass–energy distinguishability.

B4.6 — الحالة الصفرية (شرطية)

Under the gravity-limited hypothesis, if two قطاعs are gravitationally indistinguishable: $\Delta E^{G-ij} = 0$

then the gravity-constrained contribution to the الانتقاء rate vanishes:

B4.2، إذا لم ينطبق مُحدِّد بديل يلبّي متطلبات فإن هذه التراكبات تستمر إلى ما لا نهاية.

هذا يشكّل تنبؤاً شرطياً قابلاً للاختبار لإطار الحد الثقالي.

B4.7 — التوافق مع النتائج السابقة

حد الثقالة المحدودة متسق مع جميع الأقسام السابقة:

it applies only after operational اللاعكوسية (B3.1),

يقيّد المعدلات، لا إحصائيات النتائج (B3.6)،

يحفظ خطية المجموع (B3.5)،

and it does not explain فقدان الترابط or branching (الورقة أ).

الجاذبية هنا تعمل فقط كمُحدِّد للمعدل، لا كآلية سببية.

B4.8 — داحضs (Rate-Level)

The gravity-limited hypothesis is مدحوض if any of the following are observed:

FG1: الانتقاء يحدث مع $\lambda_{ij} > \Delta EG/\hbar$.

FG2: الانتقاء يحدث بين سجلّات مع $\Delta EG = 0$ في غياب مُحدِّد بديل يلبّي B4.2.

FG3: معدلات الانتقاء تتدرج كونياً مع معاملات غير ثقالية عبر السجلّات العيانية.

Failure here invalidates the limiter hypothesis only; it لا يُبطل الانتقاء as defined in هذه الورقة, nor اللاعكوسية as defined in الورقة أ.

B4.9 — الإغلاق

If الانتقاء occurs, it is constrained by physical limits on how rapidly alternatives can be distinguished. Definiteness cannot emerge arbitrarily fast; it can emerge no faster than a universal interaction can discriminate between competing records.

B5 — الأنظمة التجريبية والاختبارات المُميِّزة

This section translates the structural and rate constraints of قسمs B1–B4 into تجريبياً discriminable regimes.

The aim is not parameter fitting, but to specify what observations would count as confirmation, survival, or دحض of الانتقاء as defined in هذه الورقة.

B5.1 — مبدأ بناء الاختبارات

Experiments testing الانتقاء must satisfy three criteria:

Post-Irreversibility Regime. Decoherence and loss of recoverability must already be established (الورقة أ). Tests conducted while the system remains within $K\varepsilon(\mathcal{O})$ are irrelevant to الانتقاء.

التجربة يجب أن تختبر سلوك التشغيل المفرد أو توقيعات مستوى المسار، لا متوسطات المجموع. حساسية المسار وحدها.

Rate Sensitivity. The experiment يجب أن يكون capable of resolving timescales comparable to the predicted الانتقاء rate λ_{ij}^{-1}.

Only experiments satisfying all three can meaningfully constrain الانتقاء dynamics.

ملخص خارطة الاختبارات

ما يلي tests are ordered by what they target, not by experimental accessibility. Each test is بشكل مستقل meaningful.

BT1 — Order-of-Operations (B5.5). Target: الانتقاء itself. Falsifies: الانتقاء as defined in B1.4. Method: continuously tune فقدان الترابط and check whether الانتقاء signatures appear before the system exits Kε(𝒪).

Platform: superconducting qubits with tunable الاقتران to measurement cavity.

BT2 — Active Selection Signature (B5.2). Target: existence of الانتقاء. Falsifies: الانتقاء is present in the tested regime. Method: compare single-trajectory statistics against all linear Lindblad models fitted to the same فقدان الترابط data.

المنصة: كيوبتات فائقة التوصيل. CPTP المرصود: ضجيج التلغراف أو التجوّل التشتّتي غير المتسق مع أي تفكيك مراقبة باستمرار أو أيونات محبوسة.

BT3 — Null-Rate Regime (B5.3). Target: gravity-limited hypothesis. Falsifies: FG2. Method: prepare decohered superpositions with ΔE_G = 0 and monitor for الانتقاء. Observable: persistent multiplicity (no single-sector stabilization) vs. rapid الانتقاء.

المنصة: مراكز النيتروجين-الشاغرة في الألماس، حالات لفّ نووي بتوزيعات كتلة متطابقة.

BT4 — Rate-Bound Regime (B5.4). Target: gravity-limited hypothesis. Falsifies: FG1. Method: create spatial superpositions of mesoscopic masses, measure الانتقاء timescale, compare against τ_min = ħ/ΔE_G. Observable: الانتقاء faster or slower than bound.

المنصة: جسيمات نانوية معلَّقة (تنغستن، R ≈ 100 نم، τ_min ~ 1–10 ث) في فراغ مبرَّد.

BT5 — Born Boundary Condition (B3.6). Target: Born-consistency of الانتقاء. Falsifies: the Born-consistent model class. Method: large ensembles of identically prepared, fully decohered systems with single-shot readout.

بما يتجاوز التسامح الإحصائي .المنصة :مصفوفات أيونات {p_i} المرصود :ترددات القطاعات المُحقَّقة المنحرفة عن محبوسة.

B5.2 — توقيع الانتقاء الفاعل

Selection is operationally distinct from فقدان الترابط. An active الانتقاء signature is any trajectory-level behavior, occurring after operational اللاعكوسية, that:

لا يمكن أن يكون reproduced by any system-local linear CPTP evolution consistent with the بشكل مستقل characterized فقدان الترابط dynamics of the system, and

enforces persistent confinement to a single قطاع السجلّات under all admissible system-local controls.

أمثلة على التوقيعات المقبولة تشمل:

لا عكوسي loss of interference revival capacity despite full system-only control,

stochastic stabilization of record-sector behavior inconsistent with linear Lindblad dynamics fitted to the same فقدان الترابط data,

سلوك مسار شبيه بالتلغراف يُحلّ إلى قطاع واحد بدون تبديل لاحق ضمن المقاييس الزمنية المتاحة.

Absence of such signatures implies absence of الانتقاء in the tested regime.

B5.3 — نظام المعدل الصفري)الانحلال الثقالي(

Consider قطاع السجلّاتs that are operationally decohered but gravitationally indistinguishable: $\Delta E_G = 0$.

Under the gravity-limited hypothesis, the gravity-constrained contribution to the الانتقاء rate vanishes. الحجة therefore predicts one of two outcomes:

Persistent multiplicity: no الانتقاء signatures appear within تجريبياً accessible timescales; or

Non-gravitational الانتقاء: الانتقاء occurs at a slower rate governed by an alternative limiter satisfying the requirements of B4.2.

مثال ملموس: مركز نيتروجين-شاغرة (NV) في ألماس محضَّر في تراكب حالات لفّ $|m_s = +1\rangle$ و $|m_s = -1\rangle$.

These states have identical mass distributions ($\Delta E_G = 0$) but are operationally distinguishable via microwave spectroscopy. After environmental فقدان الترابط has suppressed spin coherence, the reduced state is $\rho = \frac{1}{2}|+1\rangle\langle+1| + \frac{1}{2}|-1\rangle\langle-1|$.

Under the gravity-limited hypothesis, no gravitational contribution to الانتقاء exists. If single-trajectory monitoring reveals rapid stabilization to one spin state inconsistent with any Lindblad model of the فقدان الترابط dynamics, the gravity-limited hypothesis is مدحوض.

Observation of rapid الانتقاء in this regime falsifies the gravity-limited hypothesis.

B5.4 — نظام حد المعدل (القابلية العيانية للتمييز)

For قطاع السجلّاتs with significant gravitational distinguishability $\Delta EG \gg \hbar/T$, where T is the duration over which the experiment maintains sensitivity to trajectory-level behavior, the gravity-limited hypothesis predicts an upper bound:

Experiments in this regime can test whether observed الانتقاء times: respect the bound (hypothesis survives),

approach the bound (gravity-limited الانتقاء likely active), or

violate the bound (hypothesis مدحوض).

أنظمة مرشّحة وتقديرات ($R = 100$ نم، $\rho \approx 19$ غ/سم^3) في تراكب مكاني بفصل $\Delta x \sim R$. جسيم نانوي تنغستن يعطي $\Delta E_G \sim Gm^2/R$، أي $\tau_{min} = \hbar/\Delta E_G \sim 1$–$10$ ثوانٍ.

This is within reach of cryogenic levitation experiments maintaining coherence for seconds (cf. ملحق أ, الورقة D).

للسيليكا ($\rho \approx 2$ غ/سم^3)، $\tau_{min} \sim 10^2$–10^3 ثانية، على حد أزمنة الترابط الحالية. المواد عالية الكثافة مفضّلة بقوة للاختبارات القريبة الأجل.

Observation of الانتقاء with $\tau < \tau_{min}$ falsifies the gravity-limited hypothesis (FG1). Absence of الانتقاء within accessible timescales is consistent with the hypothesis but does not confirm it.

B5.5 — اختبار ترتيب العمليات

Selection must not precede اللاعكوسية.

Experiments that continuously tune environmental الاقتران can test whether الانتقاء signatures appear only after the system exits the recoverable set Kε(𝒪).

تحديداً, if trajectory-level confinement to a single قطاع السجلّات is observed while the system remains within Kε(𝒪) as defined in الورقة أ (تعريف D12), then الانتقاء as defined in B1.4 is مدحوض.

This test targets الانتقاء itself, not merely the gravity-limited hypothesis.

B5.6 — تصنيف النتائج

النتائج التجريبية تنقسم كما يلي:

No الانتقاء observed: الانتقاء absent in the tested regime.

Selection observed, rate indeterminate: الانتقاء present; gravity-limited hypothesis neither confirmed nor مدحوض.

Selection observed within bound: الانتقاء present and consistent with the gravity-limited hypothesis.

Selection observed faster than bound: gravity-limited hypothesis مدحوض.

Selection observed in null-rate regime without alternative limiter: gravity-limited hypothesis مدحوض or incomplete.

لا نتيجة تنقذ الفرضية بأثر رجعي.

B5.7 — إغلاق النطاق

هذه الورقة establishes: what الانتقاء يجب أن يكون if it exists, what it must cost, how fast it may occur,

and how it can be مدحوض.

It does not determine whether الانتقاء actually occurs in nature. That question is تجريبي.

B6 — Conclusions and Program Status

هذه الورقة has treated الانتقاء as a physical exclusion process constrained by اللاعكوسية, control limits, and rate bounds, without invoking interpretation, الفاعلية, or collapse mechanisms. The results can be summarized as follows.

B6.1 — ما تم إثباته

If الانتقاء exists, it must satisfy all of the following:

1. Post-Irreversibility Constraint. Selection cannot act before operational اللاعكوسية is established. Any exclusion prior to exit from $K\varepsilon(\mathcal{O})$ falsifies الانتقاء as defined here.

2. الطابع على مستوى المسار .الانتقاء يجب أن يعمل على مستوى التحقيقات الفردية مع حفظ التطور الخطي للمجموع.

3. Record-Algebra Locality. Selection may act only on degrees of freedom that distinguish قطاع السجلّاتs and may not reintroduce interference.

4. Absorbing Dynamics. Once a قطاع السجلّات is realized, sector membership is fixed under subsequent الانتقاء dynamics.

5. انقباضية التعدد .الانتقاء يجب أن يقلّل رتابةً تعدد قطاعات السجلّات على طول المسارات الفردية.

6. قيود التكلفة والمعدل .الانتقاء يتطلب موارد فيزيائية ولا يمكن أن يحدث بسرعة تعسفية.

7. Universal Rate Limiter (Hypothesis). Gravity provides a candidate universal upper bound on الانتقاء rates, expressible through gravitational distinguishability ΔEG, and is قابل للدحض by explicit rate tests.

كل شرط ضروري .لا أحد يُفترض كافياً.

B6.2 — ما لم يُفترض

هذه الورقة has not: • assumed that الانتقاء must occur,

• derived outcome statistics or the قاعدة بورن, • specified a concrete dynamical generator, • invoked observers, consciousness, or epistemic update, • claimed gravity causes الانتقاء,

• or extended اللاعكوسية beyond what is established in أ الورقة.

فشل any hypothesis in هذه الورقة leaves the foundations of أ الورقة intact.

B6.3 — حالة فرضية الحد الثقالي

The gravity-limited hypothesis introduced in قسم B4 is اتجريبي motivated, dimensionally consistent, and تجريبياً قابل للدحض. It stands or falls entirely on observation. Its failure would constrain the space of admissible الانتقاء mechanisms, not rescue them.

B6.4 — الإغلاق البرنامجي

Together with أ الورقة, this work completes the physics-level characterization of الانتقاء:

أ الورقة establishes اللاعكوسية without definiteness.

ب الورقة establishes definiteness as costly, rate-limited exclusion, if it exists.

No further progress on الانتقاء can be made by argument alone. The remaining uncertainty is تجريبي.

B6.5 — التبعية الأمامية

If الانتقاء is absent or constrained, the remaining question is not about definiteness but about structure: how does behavior unfold within a single realized قطاع السجلّات under لا عكوسي constraint?

That question concerns control under اللاعكوسية, not the emergence of definiteness. It is addressed in الورقة ج, where الفاعلية is treated as constrained dynamics downstream of the physics established here.

نهاية الورقة ب.

الورقة ج

الفاعلية كتحكّم مُقيَّد

تعتمد على الورقتين أ و ب

أنت فاعل. تتخذ خيارات. تحافظ على نفسك ضد الانحلال. تبحر في فضاء احتمالات يضيق مع كل خطوة لا رجعة فيها. لديك ميزانية تنضب.

You face الانجراف that never stops. And somewhere ahead of you, invisible but real, is a boundary beyond which no choice you make can save you.

كل ما قرأته للتو هندسة. ليس فلسفة. ليس مجازاً. هندسة — قابلة للقياس، قابلة للحساب، قابلة للدحض.

تعتمد على الورقات أ و ب و ج

هذا الرقم أصدق من أي تعريف أنتجته الفلسفة، لأنه لا يهتم بنواياك.

يهتم بموقعك في فضاء الحالات وحجم مجموعة تحكّمك. الباقي حساب.

تعتمد على:

الورقة أ — حالة التحقّق (AS): An Operational Measure of Record-Structured Irreversibility

الورقة ب — Selection as Irreversible Exclusion: Rates, Costs, and Constraints on Definiteness Abstract

هذه الورقة develops a نظرية التحكم account of الفاعلية under لا عكوسي physics. Your الفاعلية, measured as a number.

Building on Papers A and B, الفاعلية is defined as a geometric property: the fraction of survivable states you can reach from where you currently stand, using whatever control you have, within the قطاع السجلّات you actually occupy.

لا تُقدَّم افتراضات فيزيائية جديدة.

The results: if you stop maintaining, الفاعلية decays. At the no-return boundary, الفاعلية hits zero. High-variance or misaligned strategies waste the budget faster than steady ones. None of this is surprising.

All of it is now proven. Control fatigue, noise, الاقتران, and exit are defined as consequences of constrained reachability rather than psychological or normative phenomena.

The paper establishes شروط ضرورية for persistence of controlled behavior under اللاعكوسية and provides داحضs for the control framework. What remains unresolved is تجريبي — and that is exactly as it should be.

الهندسة مُبرهَنة. أي الأنظمة تُحقّقها هو جواب الطبيعة.

C0 — النطاق

C0.1 — بيان التبعية

This work depends explicitly and exclusively on the physical results established in الورقة أ and الورقة ب.

يُفترض كمُعطى:

اللاعكوسية as loss of reachability under)الورقة أ(التحكم المقبول,

the existence of سطح اللاعودة s induced by bounded capacity (الورقة أ),

الانتقاء, if it exists, as a costly, rate-limited exclusion process acting after الورقة) اللاعكوسية ب).

الورقة ج requires only that الانتقاء produces confinement to a single قطاع السجلّات; it does not depend on the mechanism, rate, or statistics of الانتقاء.

لا يُعاد تعريف أو اشتقاق أي بناء فيزيائي هنا.

Cross-reference note. The نواة القابلية للحياة Viab(R) used throughout الورقة) هذه الورقة D7) corresponds, in the quantum setting, to the recoverable set Kε(𝒪) (تعريف, أ D12).

الورقة ج operates entirely within a single realized قطاع السجلّات, so the relevant constraint set R is the set of states accessible to the system after الانتقاء, not the full quantum state space.

C0.2 — الغرض

الورقة ج addresses a question that is not physical in origin, but structural in consequence:

Given لا عكوسي physics and costly definiteness, how can controlled behavior persist within a single realized قطاع السجلّات?

Agency is treated not as intention, belief, or choice, but as a control property — a number you can compute of a system evolving under لا عكوسي constraints.

C0.3 — ادعاءات مرفوضة صراحة

The paper does not: • introduce new قوانين فيزيائية, • modify or reinterpret ميكانيكا الكم, • explain why الانتقاء occurs, • invoke psychology, motivation, ethics, or meaning,

• تقديم وصفات أو إرشاد معياري.

فشل الورقة ج لا يُبطل Papers A or B.

C1 — الفاعلية ككمّية هندسية تحكّمية

C1.1 — تعريف of Agency

Within a single realized قطاع السجلّات, define الفاعلية as:

The fraction of the نواة القابلية للحياة reachable from the current state under التحكم المقبول.

Let x(t) denote the system state confined to a realized قطاع السجلّات.

Let Viab(R) be the نواة القابلية للحياة defined in الورقة أ relative to التحكم المقبولs, and let Reach(x) be the set of states reachable from x under those controls.

عرّف حيث μ هو مقياس الحجم الطبيعي المُستحثّ بمترية فضاء الحالات و Viab(R) لها قياس موجب محدود.

The normalization ensures $\mathcal{M} \in [0, 1]$, with $\mathcal{M} = 1$ when the entire نواة القابلية للحياة is reachable and $\mathcal{M} = 0$ at the سطح اللاعودة where no viable future remains.

إذا μ افتراضات الرتابة والانتظام. رتيب بالنسبة لاحتواء المجموعات $S_1 \subseteq S_2$ فإن $\mu(S_1) \le \mu(S_2)$. المقياس.

التحليل يفترض أن Reach(x) في مترية هاوسدورف على المجموعات الفرعية المتراصّة x تتغير باستمرارية مع ضامنةً استمرارية $\mathcal{M}$.

These are standard regularity conditions in نظرية القابلية للحياة (Aubin, 1991) and are not additional physical assumptions.

C1.2 — سلطة التحكم

Let التحكم المقبول s u(t) ∈ U be bounded by physical and energetic constraints. Control authority is determined by:

Bandwidth: the maximal rate at which control can counteract لا عكوسي الانجراف,

الحجم المتبقي من :القابلية للوصول Viab(R) المتاح من x(t)،

الزمن إلى الحدّ من :الهامش x(t) تحت تحكم صفري (في مُعرَّف شكلياً C8.1).

بتعريف. شرط الحدّ ΣNR = ∂ Viab(R) واستمرارية μ(Reach(·) ∩ Viab(R)) كدالة للحالة:

عند الحدّ، يبقى مسار مستقبلي واحد فقط.

C2 — الانجراف كنتيجة للاعكوسية

C2.1 — الانجراف اللاعكوسي

For open systems with nonzero لا عكوسي الانجراف, ordered states decay toward loss of structure in the absence of sustained control.

This follows directly from bounded control capacity and the operator-horizon result of مبرهنة (الورقة أ T2); it is not an independent axiom.

C2.2 — الديناميكيات الأساسية

Absent control (u = 0), the system evolves as where f(x) is the لا عكوسي الانجراف field pointing toward an attractor of structural loss (equilibrium, failure, or saturation).

The scalar decay model of الورقة أ (dx/dt = −ax + u) is a special case of this general form.

قضية C2.1 (Agency decay under الانجراف — the mathematical expression of what you already know: everything falls apart without maintenance). Let x(t) evolve under dx/dt = f(x) + u with u(t) ∈ U, and suppose the الانجراف field f points inward toward an attractor x* ∉ Viab(R).

If |f(x)| ≥ a‖x – x*‖ for some a > 0 (linear lower bound on الانجراف), and if μ(Reach(x) ∩ Viab(R)) is Lipschitz in x with constant L, then along any trajectory with |u(t)| ≤ u_max:

When the system is far from the attractor (‖x – x*‖ > u_max/a), the right-hand side is strictly negative: الفاعلية decreases regardless of control.

This reproduces the أفق المُشغِّل result of أ الورقة (مبرهنة T2) in the الفاعلية framework and quantifies the rate of الفاعلية loss beyond the horizon.

مخطط البرهان. d$\mathcal{M}$/dt = (d/dt)[μ(Reach(x) ∩ Viab(R))]/μ(Viab(R)). By Lipschitz continuity, |Δμ| ≤ L|Δx|. The state velocity is |dx/dt| = |f(x) + u| ≤ |f(x)| + |u|.

The الانجراف pushes toward x (reducing Reach), while control pushes away (expanding it). Net rate: d$\mathcal{M}$/dt ≤ L(|u| – |f(x)|)/μ(Viab(R)) ≤ L(u_max – a‖x – x‖)/μ(Viab(R)). □ C3 — Necessary Conditions for Agency Preservation

C3.1 — تكلفة التحكم المستمر

For open systems with f(x) ≠ 0 away from fixed points, maintaining distance from ΣNR requires continuous expenditure of control effort. Except at exact fixed points of f, no finite intervention permanently arrests الانجراف.

أو تتطلب تحكماً مستداماً للوصول؛ وجودها لا يوفر عموماً Viab(R) هذه النقاط الثابتة، إذا وُجدت، قد تقع خارج استراتيجية صيانة مجانية.

C3.2 — فعالية التحكم المشروطة بالتباين

قضية (conditional). For التحكم المقبول systems in which instantaneous control cost c(u) is convex in |u|, low-variance control trajectories preserve $\mathcal{M}$(x) more effectively than high-variance or impulsive strategies with the same mean control effort.

مخطط البرهان. For convex c, Jensen's inequality gives $\mathbb{Z}[c(u)] \geq c(\mathbb{Z}[u])$.

Variable control with fixed mean effort therefore incurs greater cumulative cost than constant control at the mean level, depleting the ميزانية التحكم B(t) (defined in C5.1) more rapidly and thereby reducing reachable viability volume. □

نتيجة C3.1a (Maintenance condition). For the scalar system dx/dt = –ax + u with a > 0 and u ∈ [0, u_max], the الفاعلية $\mathcal{M}(x)$ is maintained ($d\mathcal{M}/dt = 0$) if and only if u = ax, i.e., control exactly balances الانجراف.

This requires $x \leq u_max/a = x_h$ (the أفق المُشغِّل). For $x > x_h$, no التحكم المقبول can maintain $\mathcal{M}$, and $d\mathcal{M}/dt < 0$ strictly.

The maintenance condition is the الفاعلية-framework restatement of الورقة أ's مبرهنة T2: the horizon is the boundary between maintainable and inevitably decaying الفاعلية.

C4 — هندسة اللاعودة داخل قطاع مُحقَّق

C4.1 — هندسة الأفق

The أفق المُشغِّل from الورقة أ (مبرهنة T2, تعريف D9) applies strictly within a realized قطاع السجلّات. Crossing this boundary removes states from Viab(R).

C4.2 — الانهيار كحالة ماصّة

الانهيار يُعرَّف بأن $x \notin Viab(R)$

Once this occurs, recovery is impossible under التحكم المقبول. Ruin is a geometric property of state space, not a subjective condition.

مثال مُفصَّل: No-Return Geometry in a 2D Linear System

Consider a two-dimensional system with state $x = (x_1, x_2) \in \mathbb{R}^2$, الانجراف $f(x) = (-a_1x_1, -a_2x_2)$ with $a_1, a_2 > 0$, and control $u = (u_1, u_2) \in [0, u_1^{max}] \times [0, u_2^{max}]$.

مجموعة القيد $R = \{x : x_1 \geq 0، x_2 \geq 0\}$.

The نواة القابلية للحياة is the rectangle $Viab(R) = [0, x_{1h}] \times [0, x_{2h}]$ where $x_{ih} = u_i^{max}/a_i$ is the per-axis أفق المُشغِّل.

The سطح اللاعودة Σ_NR is the boundary of this rectangle: any state with $x_1 > x_{1h}$ or $x_2 > x_{2h}$ is in the حوض الاستيلاء and will be driven to the boundary regardless of control.

لحالة $x = (x_1, x_2)$ داخل $Viab(R)$، المجموعة القابلة للوصول داخل $Viab(R)$ هي $Reach(x) \cap Viab(R)$.

The normalized الفاعلية is $\mathcal{M}(x) = \mu(Reach(x) \cap Viab(R))/\mu(Viab(R))$. At the origin, $\mathcal{M} = (u_1^{max}/a_1)(u_2^{max}/a_2)/(x_{1h} \cdot x_{2h}) = 1$ (full نواة القابلية للحياة reachable).

في الزاوية (x_{1h}, x_{2h})، Reach ينكمش إلى نقطة واحدة، و $\mathcal{M} \to 0$.

This example illustrates three features: (i) the سطح اللاعودة is axis-separable in the linear case; (ii) الفاعلية varies continuously from 1 to 0 across the نواة القابلية للحياة; (iii) position within Viab(R) determines how much future flexibility remains, independent of the system's history.

C5 — ميزانيات التحكم والإرهاق

C5.1 — Control Budget Define the ميزانية التحكم:

Experimental instantiation: E. coli chemotaxis in a microfluidic gradient chamber. The الفاعلية framework maps directly to a concrete biological system. State space: cell position and internal chemotactic signalling state within the gradient.

نواة القابلية للحياة: منطقة الحجرة حيث تركيز المغذيات يدعم النمو (مواضع مع [مغذّي] > [عتبة].

الانجراف: الانتشار وتدفق السائل يحملان الخلايا نحو منطقة نضوب المغذيات. التحكم: السباحة الكيميائية الجاذبة ($u \in U$، محدودة بعزم المحرك السوطي).

أفق المُشغِّل: الموضع الذي بعده أقصى سباحة كيميائية جاذبة لا تستطيع التغلب على معدل التدفق — $x_h = u_max/a$.

الميزانية: احتياطيات الطاقة الداخلية (ATP، القوة المحركة البروتونية) مع الإرهاق: التي تنضب مع جهد السباحة. اقتراب الاحتياطيات من الصفر، المحرك السوطي يتوقف.

الانهيار: الخلية تخرج من منطقة المغذيات القابلة للحياة؛ لا سباحة مقبولة تستعيدها.

الهامش: زمن الغسيل عند الموضع الحالي ومعدل التدفق إذا توقفت السباحة.

داحض (C10.1, condition 1): if a non-motile mutant ($u_max = 0$) maintains its position in the gradient without external intervention, الفاعلية as defined here is مدحوض — reach grew without control expenditure.

داحض (C10.1, condition 4): if a motile cell with finite ATP reserve persists indefinitely in a persistent nutrient gradient flow, the زمن البقاء bound (مبرهنة C5.1) is مدحوض.

Every construct in الانجراف — الورقة ج, control, horizon, budget, fatigue, noise, slack, ruin — maps to a measurable variable in this system.

الميزانية الابتدائية $B_0 > 0$. تكلفة التحكم الآنية و $c(u)$ التجارب في متناول مختبرات الموائع الدقيقة المعيارية. حيث التحكم المقبول يتطلب $B(t) \geq 0$.

C5.2 — إرهاق التحكم

إرهاق التحكم يحدث مع $B(t) \to 0$. التحكم عالي التردد أو عالي الحجم يسرّع استنزاف $B(t)$، مقلّلاً $\mathcal{M}(x)$.

By قضية C3.2, impulsive strategies with convex cost deplete the budget strictly faster than steady control at the same mean effort.

مبرهنة C5.1 (Survival time bound). Let $x(t)$ evolve under $dx/dt = f(x) + u$ with $u(t) \in U$ and control cost $c(u) \geq c_min > 0$ for all $u \neq 0$. Let $B(t) = B_0 - \int_0^t c(u(s))\, ds$ be the ميزانية التحكم.

Define the زمن البقاء T as the first time at which either B(T) = ٠ or x(T*) ∉ Viab(R). Then:

لأي تحكم غير صفري، الميزانية تستنزف بمعدل dB/dt = −c(u) ≤ −c_min ≤ c(u) البرهان. بما أن كلما كان النظام مُتحكَّماً فيه بنشاط.

If the system requires continuous control to remain in Viab(R) (i.e., f(x) points outward at x for all x on the trajectory), then control يجب أن يكون nonzero for the entire survival period, giving $B(T) = B_0 - \int_0^T c(u)\,ds \le B_0 - c_min \cdot T^*$.

بوضع B(T) = ٠ نحصل على $T \le B_0/c_min$. □

The bound is tight for constant minimal-cost control. It establishes that finite budgets imply finite survival: no system with bounded resources can maintain الفاعلية indefinitely against persistent الانجراف.

The bound does not depend on the الانجراف rate a, only on the control cost floor.

Faster الانجراف depletes the budget faster (higher u needed), but the absolute bound is set by the budget-to-cost ratio.

مثال مفصّل (نظام عددي dx/dt = −ax + u مع a = 1، u_max = 2، c(u) = u (تكلفة خطية)، B_0 = ١٠، وحالة ابتدائية x_0 = 1.5: صيانة x = 1.5 تتطلب u = ax = 1.5، بتكلفة c = 1.5 لكل وحدة زمن.)

زمن البقاء: $T^* = B_0/c = 10/1.5 \approx 6.67$ وحدات زمنية.

النظام يدخل الانهيار عندما لا يستطيع الوصول إلى أي هدف x و u = ٠، بعد استنفاد الميزانية يتناقص أسّياً نحو ٠ داخل Viab(R).

C6.1 — الضوضاء

Noise is defined as exogenous or stochastic input to the system dynamics that is not under التحكم المقبول and that consumes control bandwidth without increasing Reach(x) ∩ Viab(R).

Formally, noise is any perturbation ξ(t) added to the الانجراف field, f(x) → f(x) + ξ(t), where ξ is not an element of the التحكم المقبول set U.

قضية C6.1 (Noise-induced الفاعلية decay). Let the system evolve under dx/dt = f(x) + u + ξ(t) where ξ is a zero-mean stochastic forcing with 𝔼[ξ] = 0 and 𝔼[|ξ|²] = σ².

If the system must expend additional control Δu to compensate for ξ, then your effective budget depletion rate increases: dB/dt = −c(u + Δu) ≤ −c(u) − ασ² for some α > 0 depending on the convexity of c. وبالتالي, noise reduces your زمن البقاء: T_noisy ≤ B_0/(c_min + ασ²) < T_quiet.

Noise taxes your ميزانية التحكم without expanding reachable viability volume.

C6.2 — الصمت

Withholding response (u(t) = 0) is an التحكم المقبول action. When the الانجراف field f(x) is slow or favorable (directed away from Σ_NR), silence preserves ميزانية التحكم at no الفاعلية cost.

This is not inaction in the colloquial sense; it is the optimal control policy when the marginal الفاعلية cost of intervention exceeds the الفاعلية cost of الانجراف.

Formally, silence is preferred when c(u)/|∂$\mathcal{M}$/∂u| > |d$\mathcal{M}$/dt|_{u=0}, i.e., when the budget cost per unit of الفاعلية preservation exceeds the الانجراف-induced الفاعلية loss rate.

في الأنظمة المهيمنة بالضوضاء، الصمت قد يمنع أيضاً حلقات تغذية راجعة مُضخِّمة للضوضاء.

C7.1 — الأنظمة المقترنة ونقل الفاعلية

When systems are coupled, their الانجراف fields combine and control capacities load jointly. Agency transfer occurs when, under coupled dynamics:

indicating expansion of reachable viability for system A at the expense of system B. The total الفاعلية of the coupled system is not conserved.

This is not an assumption; it follows from the geometry of Viab(R) under الاقتران.

C7.2 — عدم استقرار الإنقاذ)شرط كافٍ(

“Rescue” is الاقتران a stabilized system A to a divergent system B to offset B’s الانجراف using A’s control capacity. Let |·| denote the norm induced by the coupled dynamics on the joint state space.

شرط كافٍ لفقدان القابلية المشتركة للحياة: $|f_a| + |f^b| > |u_a|_{max} + |u^b|_{max}$

Under this condition, the total الانجراف magnitude exceeds the total available control, and the coupled system approaches ΣNR faster than either system in isolation.

This is a sufficient, not necessary, condition; directional alignment of الانجراف and control fields may permit stability even when this scalar inequality holds.

Non-conservation: two examples. (1) Cooperative الاقتران. Two scalar systems with الانجراف a = 1, u_max = 1 each, coupled so that each contributes control to the other.

If the الاقتران allows total control capacity to be shared: effective u_max per system = 2, x_h doubles for both. $\mathcal{M}$_A + $\mathcal{M}$_B increases. Coupling creates الفاعلية.

(2) Parasitic الاقتران. System A (a = 1, u_max = 2) is coupled to system B (a = 3, u_max = 0).

B diverts A’s control capacity: effective u_max for A drops to 1, while B still cannot sustain itself (3 > 1). Both systems lose الفاعلية: $\mathcal{M}$_A + $\mathcal{M}$_B decreases. Coupling destroys الفاعلية.

These examples demonstrate that الفاعلية transfer is not zero-sum. The الاقتران topology and the relative الانجراف-to-control ratios determine whether joint الفاعلية expands, contracts, or redistributes. No conservation law governs total الفاعلية.

C8 — الهامش والمتانة

C8.1 — الهامش

هو التدفق غير المتحكَّم فيه ϕ_t تحت تحكم صفري حيث: ΣNR الهامش يُعرَّف بأنه الحد الأدنى للزمن للوصول إلى المُولَّد بواسطة f(x).

الهامش يقيس الزمن إلى الحدّ، لا المسافة الإقليدية، وهو الكمّية المناسبة تشغيلياً لتقييم هامش التحكم.

قضية C8.1 (Scalar Slack-Agency Correspondence). For the scalar system dx/dt = −ax + u with u ∈ [0, u_max], the slack s(x) = x/a (time to reach x = 0 under zero control) and the horizon x_h = u_max/a satisfy: $\mathcal{M}$(x) is monotonically increasing in s(x) for x ∈ [0, x_h].

Greater slack implies greater الفاعلية. You have felt this — the difference between having three months of savings and having three days.

At s = 0 (boundary), $\mathcal{M}$ = 0. At s = x_h/a (maximal slack at origin), $\mathcal{M}$ = 1. Slack is the operationally measurable proxy for الفاعلية in systems where direct computation of Reach(x) ∩ Viab(R) is intractable.

In higher dimensions or systems with non-convex constraints, slack is a necessary but not sufficient condition for الفاعلية: a state may have large time-to-boundary under zero control yet be surrounded by regions from which no viable trajectory exists (geometric cul-de-sacs).

C8.2 — التكرارية

A system has redundancy r ≥ 1 with respect to a target state x ∈ Viab(R) if there exist at least r distinct التحكم المقبول trajectories reaching x from the current state while remaining within Viab(R).

التكرارية تقلّل حساسية المسارات القابلة للحياة للاضطرابات. التكرارية الأعلى تزيد المتانة بتكلفة الكفاءة.

C9 — الخروج كنتيجة تحكّمية

C9.1 — الانسحاب

When $\mathcal{M}$(x(t)) decreases monotonically under all التحكم المقبولs in a coupled system, deالاقتران preserves more reachable viability volume than continued الاقتران.

This holds when the coupled الانجراف exceeds the joint control capacity (C7.2), so that deالاقتران removes the excess الانجراف load. Exit is therefore a control outcome implied by reachability geometry, not a prescription.

C9.2 — البيئات المُبدِّدة للفاعلية

An environment is الفاعلية-dissipative if, for all التحكم المقبولs:

الاستمرار في هذه البيئة يقلّل بشكل صارم حجم القابلية للوصول .هذا توصيف هندسي، لا توصية.

قضية C9.1 (Deالاقتران condition). Let systems A and B be coupled with joint dynamics.

Deالاقتران is الفاعلية-preserving for A if and only if the coupled الانجراف acting on A exceeds A's isolated الانجراف: |f_coupled,A(x)| > |f_A(x)|.

That is, deالاقتران is preferred when the الاقتران increases the effective الانجراف on A beyond what A experiences in isolation.

You know this. The relationship that costs more energy to maintain than it provides is a relationship that increases your الانجراف. The mathematics says: leave. Not because leaving is morally right.

Because the geometry of your نواة القابلية للحياة contracts while you stay. This is a necessary and sufficient condition for deالاقتران to instantaneously increase d$\mathcal{M}$_A/dt.

It does not account for future reالاقتران opportunities or transient effects. C10 — Falsifiability and Closure

C10.1 — داحضs

ج الورقة is مدحوض if:

FC1: $\mathcal{M}$(x) يزداد بدون إنفاق تحكّمي مقابل (ينتهك C5.1).

FC2: Irreversible loss of reachability is reversed without external intervention violating the admissibility constraints of أ الورقة.

FC3: Stable control persists beyond ΣNR under التحكم المقبول (violates C4.2).

FC4 (Free lunch): A system maintains $\mathcal{M}$(x) > 0 indefinitely with B_0 finite and no external resource input, in the presence of persistent nonzero الانجراف. This violates مبرهنة C5.1.

FC5 (Resurrection): A system recovers $\mathcal{M}(x) > 0$ after reaching $\mathcal{M} = 0$ (ruin) without external intervention that violates the admissibility constraints of الورقة أ. This violates C4.2.

C10.2 — الإغلاق

الورقة ج introduces no new physics. It applies the لا عكوسي and selective constraints of Papers A and B to controlled dynamics within a realized قطاع السجلّات.

تحديد الأنظمة الملموسة يُعالَج بشكل منفصل. لا توسيع لهذه الحجة ممكن بدون افتراضات فيزيائية جديدة.

التحقيق التجريبي

The definitions and propositions of ج الورقة are abstract نظرية التحكم structures. They become تجريبيا meaningful when instantiated in concrete systems.

Two candidate systems are outlined below, one biological and one engineered, to demonstrate that الحجة makes operationally testable predictions.

النظام 1: الانجذاب الكيميائي البكتيري. بكتيريا تتنقل في تدرج مغذيات تُحقّق نموذج التحكم العددي.

Control: flagellar motor switching (u ∈ {run, tumble}). Budget: metabolic energy store (ATP). Viability kernel: nutrient concentrations supporting growth. No-return surface: starvation threshold below which metabolic shutdown is لا عكوسي.

Testable prediction: زمن البقاء scales with initial metabolic reserve divided by maintenance metabolic rate (مبرهنة C5.1). Noise: Brownian rotational diffusion acts as stochastic forcing ξ, taxing the ميزانية التحكم (قضية C6.1).

Observable: mean زمن البقاء decreases with increasing environmental noise, controlling for nutrient availability.

النظام 2: الملاحة الروبوتية المستقلة. روبوت يعمل بالبطارية يتفادى العوائق يُحقّق نموذج التحكم ثنائي الأبعاد.

التحكم: عزم المحرك (u ∈ U، محدود بسعة المحرك). شحن البطارية: الميزانية (B_0). الحالات التي: نواة القابلية للحياة يستطيع منها الروبوت الوصول إلى محطة شحن قبل نفاد البطارية.

No-return surface: states where remaining battery is insufficient to reach any charger under optimal control. Testable prediction: the robot's reachable viable set shrinks monotonically as battery depletes (قضية C2.1).

الهامش: الزمن إلى الحدّ تحت مدخل محرك صفري = مسافة الانزلاق / ميل التضاريس.

These instantiations are not metaphors. Each maps the abstract quantities ($\mathcal{M}$, B, s, Σ_NR) to physically measurable variables with quantitative predictions. فشل the predictions in either system falsifies the corresponding propositions of ج الورقة.

C11 — الإغلاق البنيوي

معاً، الثلاثية تؤسس سلسلة تبعية متدرجة أحادية الاتجاه:

اللاعكوسية: الورقة أ as loss of reachability under bounded control. Defines حالة التحقّق, proves monotonicity under decohering dynamics, and establishes سطح اللاعودة s. Independent of Papers B and C.

الانتقاء: الورقة ب as costly, rate-limited, لا عكوسي exclusion of alternative قطاع السجلّات s, if it exists. Derives structural requirements and a قابل للدحض gravitational rate bound. يعتمد على الورقة أ; independent of الورقة ج.

الفاعلية: الورقة ج as normalized reachable viability volume under your constrained control within a single realized قطاع السجلّات.

Establishes propositions on الفاعلية decay under الانجراف (C2.1), زمن البقاء bounds (C5.1), noise-induced depletion (C6.1), non-conservation under الاقتران (C7), and slack-الفاعلية correspondence (C8.1). Provides worked examples and experimental instantiations in biological and engineered systems.

يعتمد على الورقة أ; uses outcome of الورقة ب but not its mechanism.

فشل الورقة ج لا يُبطل الورقة ب. فشل الورقة ب لا يُبطل الورقة أ. Each layer is بشكل مستقل قابل للدحض.

أي الأنظمة تُحقّق هذه البنى، ومدى دقة ذلك: تجريبي المتبقي.

الورقة ج. نهاية الورقة ج — Canonical Reference Locked · Execution-Complete

الورقة د Coupled Viability

Structural Conditions for Multi-Agent Persistence Under Irreversible Dynamics يعتمد على Papers A, B, and C

الورقة د extends الاقتران to multi-agent systems. It يعتمد على Papers A, B, and C and لا شيء آخر. فشل الورقة د لا يُبطل Papers A, B, or C.

[الورقة د content follows — see standalone document]

الورقة د

القابلية المقترنة للحياة :شروط بنيوية لاستمرارية تعدد الفاعلين تحت ديناميكيات لاعكوسية

Dependent on: الورقة ب — حالة التحقّق الورقة أ — Selection as Irreversible Exclusion الورقة ج — Agency as Constrained Control

التبعية والنطاق وعدم التداخل — D0

بيان التبعية — D0.1

الورقة د depends explicitly and exclusively on the results of Papers A, B, and C.

يُفترض كمُعطى:

حالة التحقّق as an operational measure of)الورقة أ(اللاعكوسية ذات البنية السجلّية.

Selection as costly, rate-limited exclusion to definiteness, if it exists (الورقة ب).

Agency as normalized reachable viability volume under constrained control within a single realized)الورقة ج(قطاع السجلّات.

لا يُعاد تعريف أو اشتقاق أي بناء من الورقات أ أو ب أو ج.

فشل الورقة د لا يُبطل any prior paper.

D0.2 — الغرض

د الورقة addresses: Given multiple agents, each described by ج الورقة's formalism, operating within shared constraint environments under لا عكوسي physics, what are the structural conditions for persistent joint dynamics, and what forms of emergent order are admissible?

This is a question about the geometry of coupled نواة القابلية للحياةs under الانجراف.

ليس سؤالاً عن المجتمع أو التعاون أو الأخلاق.

D0.3 — التموضع نسبة إلى الأدبيات الموجودة

Multi-agent نظرية القابلية للحياة exists. Aubin, Bayen, Saint-Pierre, and colleagues have developed the mathematics of نواة القابلية للحياةs for coupled systems, differential games, and multi-agent control.

The contribution of الورقة د is not in proving new viability theorems.

It is in applying نظرية القابلية للحياة to the specific structure of الانتقاء), الورقة أ(اللاعكوسية (الورقة ب), and)الورقة ج(الفاعلية.

The results are constraints derived from physical اللاعكوسية and record structure, not abstract control theory.

الورقة د is not evolutionary game theory. It does not invoke fitness, replication, or الانتقاء pressure.

الورقة د is not multi-agent reinforcement learning. It does not invoke reward signals, policy gradients, or learning.

الورقة د is not mechanism design. It does not invoke incentive compatibility, revelation principles, or social welfare functions.

الورقة د is viability geometry applied to physically لا عكوسي, record-structured, الفاعلية-bearing coupled systems.

ادعاءات مرفوضة صراحة — D0.4

الورقة لا:

إدخال قوانين فيزيائية جديدة.

تعديل أو إعادة تفسير ميكانيكا الكم.

استدعاء علم النفس أو الدافع أو الأخلاق أو القيمة أو المعنى أو الوعي.

افتراض العقلانية أو التحسين أو تعظيم اللياقة.

نمذجة التواصل أو الإشارات أو التفاوض الاستراتيجي.

اشتقاق اللياقة التطورية.

اقتراح إرشاد معياري أو وصفات.

الادعاء بأن البنى الناشئة مُصمَّمة أو مقصودة أو هادفة.

الادعاء بأن البنى الاجتماعية تنشأ من قيود القابلية للحياة وحدها.

فشل الورقة د لا يُبطل Papers A, B, or C.

D0.5 — Loaded Terms: Geometric تعريفs

Several terms in الورقة د carry normative or sociological connotations in ordinary language. Each receives a strict geometric definition at first appearance. No connotation beyond the definition is implied.

التعاون «— شرط هندسي حيث العوامل الخارجية السجلّية المتبادلة توسّع القابلية المشتركة للحياة .لا نية ولا تبادل» ولا مكافأة مُستلزمة.

“Hierarchy” — asymmetric الاقتران where higher-capacity agents’ record externalities dominate the constraint landscape of lower-capacity agents. A consequence of scale asymmetry.

“Deterrence” — a الاقتران configuration where the cost of unilateral deالاقتران exceeds the cost of continued الاقتران for both agents. A viability geometry.

“Impedance” — the ratio of control authority to الانجراف rate: Z = u_max / a. Two agents are المعاوقة-matched when their المُشغِّل أفقs are comparable.

الرنين ”— توافق التردد والطور بين استراتيجيات التحكم المقترنة .الرنين البنّاء يوسّع القابلية المشتركة للحياة؛ الرنين“ الهدّام ينقبضها.

بيئات القيد المشتركة — D1

D1.1 — مجال القابلية المشترك للحياة

When multiple agents operate within a common physical environment, their individual نواة القابلية للحياةs may overlap.

فضاء الحالات المشترك هو حاصل ضرب فضاءات الحالات الفردية.

The joint dynamics are defined by the individual الانجراف fields, the individual control sets, and the الاقتران terms that transmit the effect of one agent's actions onto another's الانجراف.

The joint نواة القابلية للحياة is the set of joint states from which there exists a joint التحكم المقبول strategy that maintains all agents within their individual viability constraints for all future time.

The shared viability domain is the projection of the joint نواة القابلية للحياة onto the shared constraint dimensions. It is the region of the common environment in which joint persistence is geometrically possible.

Structural assumption: Agents share constraint dimensions. They operate in a common physical environment whose state is affected by the actions of all agents. This is the defining condition for being in a shared constraint environment. If agents' state spaces are fully orthogonal (no shared dimensions), they are uncoupled and د الورقة does not apply.

This assumption is not a theorem. It is a scope condition. د الورقة analyzes systems that satisfy it.

D1.2 — اقتران القيد

الورقة ج (C7) treats الاقتران as direct energy and control transfer between two systems.

الورقة د introduces a second الاقتران mode: constraint الاقتران. When Agent A's actions modify the shared environment in a way that alters Agent B's الانجراف field, control set, or نواة القابلية للحياة, the agents are constraint-coupled.

No direct energy exchange مطلوب. The الاقتران operates through the shared constraint landscape.

مثال: الروبوت أ يشغل محطة الشحن. مسارات الروبوت ب المقبولة تنقبض (لا يستطيع الشحن ب الوصول لأن فعل أ عدّل البيئة المشتركة. لكن مجموعة ب القابلة للوصول تغيّرت).

Scope: Pairwise الاقتران as base analysis. Network effects modeled as cascades through pairwise links. Testable with 3-agent systems (minimal non-trivial network).

العوامل الخارجية السجلّية)مبدأ الاستبعاد الهندسي(— D1.3

تعريف (Record-Writing Action):

An لا عكوسي action by Agent A whose recorded environmental change lies in the shared constraint coordinates (e), and which modifies B's admissible dynamics f_B(·; e) or التحكم المقبول set R_B(e).

إحداثيات القيد المشتركة هي أبعاد فضاء حالات البيئة التي تظهر في ديناميكيات أو قيود B.

مبدأ الاستبعاد الهندسي:

For coupled agents with K_A ∩ K_B ≠ ∅, if Agent A performs a record-writing action that changes the shared constraint coordinates on which B's viability depends, then K_B changes, and μ(K_B) changes generically (نتيجة D1.3).

افتراض عدم الانحلال:

The map e ↦ K_B(e) is non-degenerate: the نواة القابلية للحياة boundary ∂K_B depends smoothly on e, and the constraint surface intersects the kernel boundary transversally.

هذا يستثني الحالات المرضية حيث يقع التغيير البيئي بالكامل داخل النواة، لا يُنتج تغييراً في الحدّ.

البرهان:

(1) A’s record-writing action irreversibly modifies the shared constraint coordinates e → e’ (by definition of record-writing action and الورقة ب’s اللاعكوسية).

(2) B’s نواة القابلية للحياة is a function of the shared constraint coordinates: K_B = K_B(e).

بالتعريف(، وحدّ النواة يعتمد بنعومة على e بما أن ديناميكيات ب المقبولة تعتمد على e)بافتراض عدم الانحلال)، يغيّر مجموعة الحالات التي يمكن لـ ب الاستمرار منها e تغيير.

(3) شرط العرضية يضمن أن الحدّ يتحرك تحت اضطراب e. K_B(e') ≠ K_B(e)، تحت افتراض عدم الانحلال

The change قد يكون positive (expansion) or negative (contraction), depending on the direction of e → e’ relative to B’s constraint surface.

(4) Sign classification: if e’ tightens B’s constraints (reduces B’s control set or increases B’s الانجراف), K_B contracts (negative externality). If e’ loosens B’s constraints, K_B expands (positive externality).

(5) μ(K_B) مجموعة العرضية، بمبرهنة: يتغيّر عموماً e' التي لها K_B(e') ≠ K_B(e) لكن μ(K_B(e')) = μ(K_B(e)) لها قياس صفر.

This is the content of نتيجة D1.3. □

نتيجة D1.3 (Genericity of Non-Neutrality):

In smooth families of الاقتران maps, the set of record-writing actions that produce exactly zero change in μ(K_B) has measure zero. Neutral externality requires parameter-level fine-tuning. This holds under the same non-degeneracy assumption stated above.

داحض D1 (No Free Survival):

If Agent A exerts a negative record externality on Agent B (measured as decrease in μ(K_B)), and Agent B increases its الفاعلية $\mathcal{M}$_B (ج الورقة measure) without: (a) severing الاقتران, (b) increasing its ميزانية التحكم u_{B,max}, or (c) receiving compensating positive externalities from a third agent, الحجة is مدحوض.

Scope boundary. The measure-zero neutrality result (نتيجة D1.3) يعتمد على smoothness of the الاقتران map and regularity (C^2) of the نواة القابلية للحياة boundary.

If the الاقتران map is non-smooth or the kernel boundary contains cusps, corners, or discontinuities, the transversality argument may fail and non-neutral actions could have positive measure.

This is an explicit scope limitation: د الورقة's genericity claims apply to smooth families of الاقتران maps with regular kernel boundaries.

استثناء إضافي ينشأ في أنظمة ذات تناظرات مستمرة حيث الأفعال المُسجّلة تقابل عمليات تناظر تحفظ الحجم القابل للحياة بالبناء.

تركيب الفاعلية — D2

الفاعلية المشتركة وعدم الإضافية — D2.1

الورقة ج established that الفاعلية is non-conservative under الاقتران (C7.1). الورقة د extends this to N agents.

تعريف (Joint Agency):

Joint الفاعلية $\mathcal{M}$_joint is defined as the viability volume of the joint state space under joint التحكم المقبولs, normalized by the total joint نواة القابلية للحياة.

The measure $\mathcal{M}$ is inherited from ج الورقة's تعريف D5, applied to the product state space X_1 × X_2 × ... × X_N.

قضية D2.1: Joint الفاعلية is non-additive. $\mathcal{M}$_joint ≠ Σ $\mathcal{M}$_i in general.

The non-additivity term يعتمد على: (a) alignment of individual الانجراف fields, and (b) compatibility of individual control sets.

Joint الفاعلية is superadditive ($\mathcal{M}$_joint > Σ $\mathcal{M}$_i) when الانجراف fields are anti-aligned (agents face complementary threats) and control sets are compatible.

Joint الفاعلية is subadditive ($\mathcal{M}$_joint < Σ $\mathcal{M}$_i) when الانجراف fields are co-aligned (agents face the same threat simultaneously) or control sets conflict.

مخطط البرهان (by construction):

Superadditive witness: Two scalar systems, each with الانجراف a = 1 and u_max = 1. Uncoupled, each has $\mathcal{M}$_i = viability volume of its individual kernel.

Coupled cooperatively (الورقة ج, C7.1, cooperative example), shared control capacity yields effective u_max = 2 per system.

The joint نواة القابلية للحياة expands: $\mathcal{M}$_joint > $\mathcal{M}$_1 + $\mathcal{M}$_2. This is the cooperative الاقتران case from الورقة ج.

النظام: شاهد فرعي مضاف A (a = 1، u_max = 2) مقترن تطفلياً بالنظام B (a = 3، u_max = 0). B يحوّل سعة تحكم A.

Effective u_max for A drops to 1. The joint نواة القابلية للحياة contracts: $\mathcal{M}$_joint < $\mathcal{M}$_1 + $\mathcal{M}$_2. This is the parasitic الاقتران case from الورقة ج.

Since both strict inequality directions are realizable, $\mathcal{M}$_joint ≠ Σ $\mathcal{M}$_i in general. The sign يعتمد على الانجراف alignment and control compatibility. □

مطابقة المعاوقة — D2.2

تعريف:

Impedance $Z_i \equiv u_{i,max} / a_i$, where $u_{i,max}$ is maximum control authority and a_i is الانجراف rate. This mirrors the أفق المُشغِّل (مبرهنة, الورقة أ T2).

مقياس زمن الانجراف:

$\tau_i = 1/a_i$. The characteristic time for Agent i's الانجراف to carry it a significant distance toward its سطح اللاعودة.

عندما $Z_i \neq Z_j$، تنشأ ثلاثة أنماط فشل متميزة:

نمط الفشل أ)أولي :(عدم تطابق المواعيد النهائية.

The low-Z agent has short slack (small τ, little time-to-ruin). Help must arrive before the سطح اللاعودة is crossed.

إذا تأخّر استجابة الفاعل عالي المعاوقة عن هامش الفاعل منخفض المعاوقة المتبقي، تصل المساعدة بعد اللاعودة .جهد التحكم المُطبَّق بعد اللاعودة ينتج مكسب قابلية صفري.

هذا نمط الفشل الأولي لأن هندسة اللاعودة تجعل النوافذ الزمنية صلبة وغير متماثلة :بمجرد تفويتها، الأثر صفر بشكل دائم.

نمط الفشل ب :عنق زجاجة الامتصاص.

حتى لو وصلت المساعدة في الوقت، الفاعل منخفض المعاوقة قد لا يستطيع تحويلها إلى قابلية .إذا كان القيد المحدود هو u_max، فالطاقة التي لا تزيد u_max لا تغيّر Z.

الموارد المُسلَّمة لنظام عنق زجاجته ليس الموارد تنتج مكسب قابلية وصول صفري.

نمط الفشل ج)ثانوي :(استنزاف ميزانية الفاعل عالي المعاوقة.

لإنقاذ فاعل قصير الهامش، يجب على الفاعل عالي المعاوقة تسريع استجابته .ميزانية الفاعل عالي المعاوقة تستنزف أسرع.

This is secondary because the drain is usually caused by failure mode A: the high-Z agent spends, but the effect arrives too late or لا يمكن أن يكون converted.

قضية D2.2 (qualitative):

Coupling efficiency between agents i and j degrades as المعاوقة ratio |Z_i/Z_j| deviates from unity. Waste increases with mismatch. The primary waste mechanism is control effort applied outside the low-Z agent’s viable intervention window.

حدسية D2.2 (quantitative):

For a minimal interface model with transfer delay τ, conversion factor κ, and slack s, الاقتران efficiency η is bounded by the fraction of control effort deliverable within the slack window.

شكل وظيفي مرشح: $\eta \le 1/(1 + |Z_i/Z_j - 1|)$.

هذا يتطلب اشتقاقاً في نموذج الواجهة المحدد ولا يُدّعى كنتيجة كونية.

الرنين والطور — D2.3

فئة الأنظمة:

Linear periodically forced agents with scalar state x_i, symmetric pairwise الاقتران κ, identical الانجراف a, and sinusoidal control u_i(t) = U sin(ω_i t + φ_i).

Stability condition: a > κ (الانجراف exceeds الاقتران strength; if κ ≥ a the sum mode is unstable and both agents diverge regardless of phase).

مبرهنة D2.3 (Toy Model):

في فئة الأنظمة أعلاه، قياس مجموعة القابلية المشتركة)مجموعة الشروط الابتدائية المشتركة التي يستمر منها كلا رنين متوافق الطور) $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$ و $\omega_1 = \omega_2$ الفاعلين (يُعظَّم عند.

مجموعة القابلية المشتركة للحياة تنقبض رتابةً مع ازدياد $|\varphi_1 - \varphi_2|$ من 0 إلى π.

البرهان:

الديناميكيات: $dx_i/dt = -a\cdot x_i + u_i(t) + \kappa\cdot x_j$ $(i \neq j)$، مع قيد القابلية $x_i(t) \geq 0$.

بالهويات المثلثية: $\sin(\omega t + \varphi_1) + \sin(\omega t + \varphi_2) = 2\cdot\cos(\Delta\varphi/2)\cdot\sin(\omega t + (\varphi_1+\varphi_2)/2)$.

سعة التحكم الفعّالة على نمط الفرق 2 $U\cdot|\sin(\Delta\varphi/2)|$. سعة التحكم الفعّالة على نمط المجموع 2 $U\cdot\cos(\Delta\varphi/2)$.

كلا المكوّنين غير سالبين إذا وفقط إذا مجموعهما يتجاوز القيمة المطلقة ($S \geq |D|$ يترجم إلى قيد القابلية $x_i \geq 0$ لفرقهما).

أ) إذن تتطلب القابلية المشتركة S ب) و $|D|$ يبقى كبيراً، مما يتطلب أقصى سعة تحكم على نمط المجموع، صغيراً.

أ) يُحسَّن عند الشرط $\cos(\Delta\varphi/2) = 1$، أي $\Delta\varphi = 0$. ب) يُحسَّن عند الشرط $\sin(\Delta\varphi/2) = 0$، أي $\Delta\varphi = 0$. كلا الشرطين يُحسَّنان في آن عند $\Delta\varphi = 0$.

مع ازدياد $|\Delta\varphi|$ من 0 إلى π، $\cos(\Delta\varphi/2)$ يتناقص رتابةً و $|\sin(\Delta\varphi/2)|$ يزداد رتابةً. الانقباض الرتيب:

كلا الأثرين يقلّلان مجموعة الشروط الابتدائية التي يستمر منها كلا الفاعلين.

أقصى تأثير لنمط الفرق (هذه $|\sin(\pi/2)| = 1$) وتحكم صفري لنمط المجموع ($\cos(\pi/2) = 0$: عند $\Delta\varphi = \pi$). أسوأ حالة. □

حدسية D2.3 (General):

للفئات الأوسع من الفاعلين المقترنين المتحكَّم بهم دورياً، القابلية المشتركة للحياة تُعظَّم عموماً تحت توافق الترددات ومحاذاة الطور.

The تجريبي signature is: perturbing a persistent coupled system’s phase relationship should contract the joint viability margin (measured as minimum slack over one control cycle).

داحض for حدسية D2.3:

If a persistent coupled system is shown to have maximum joint viability at anti-resonant phase (φ_1 − φ_2 = π) under standard الاقتران, the conjecture is مدحوض.

تشكيلات مستقرة تحت الانجراف — D3

D3.1 — التوازن التركيبي

A compositional equilibrium (CE) is a joint state-control configuration in which all agents maintain positive الفاعلية ($\mathcal{M}_i > 0$ for all i) indefinitely, given their joint الانجراف field and joint control constraints.

العائق الرياضي .برهان الفاعلين الجيبي)أعلاه (ينجح لأن قيد القابلية خطي في تفكيك المجموع/الفرق والتحكم دوري بحت.

The general case resists proof for three identified reasons: (i) nonlinear الاقتران terms (e.g., multiplicative or saturating interactions) break the sum/difference deالاقتران that enables the trigonometric argument; (ii) non-convexity of the joint نواة القابلية للحياة under general control policies means the viability volume does not decompose into independent modal contributions; (iii) for non-periodic control strategies, the phase relationship is not a well-defined scalar parameter, and the optimisation landscape may have local maxima at non-zero phase offset.

Any proof of the general conjecture must either restrict the الاقتران class (e.g., to affine or monotone الاقتران) or establish a variational principle on the joint viability volume that is monotone in phase alignment.

Until such a proof exists, the conjecture is supported by the two-agent result and by the specified داحض.

CE لا يستدعي العقلانية.

CE لا يستدعي تعظيم المكافأة.

CE is a geometric fixed-point condition: the joint system remains within the interior of the joint نواة القابلية للحياة.

الشاحن الذي يتطلب مُشغِّلاً: CE ≠ NE

النظام: روبوتان، كل منهما ببطارية $b_i(t) \in [0, 100]$. الانهيار عند $b_i \leq 10$.

البطارية تفرغ بـ 12 وحدة/ساعة (دائماً). الانجراف:

شرط الاقتران: للشحن، الروبوت الآخر يجب أن يدير (يشغّل الشاحن). معدل الشحن: +30 وحدة/ساعة. تكلفة الإدارة: −4 إضافية/ساعة (إجمالي −16/ساعة للروبوت المُدير). إذا لم يدر أحد، لا يشحن أحد.

التوازن التركيبي: التناوب.

ساعة 0–1: R1 يشحن، R2 يدير. R1: 100 → 100 (الحد). R2: 100 → 84.

ساعة 1–2: R2 يشحن، R1 يدير. R2: 84 → 100 (الحد). R1: 100 → 84.

الدورة تتكرر. كلاهما يتأرجح بين 84 و100. كلاهما بعيد فوق عتبة الانهيار (10). هذا الاستمرارية غير محدودة.

CE.

انحراف نوع ناش :رفض الدوران.

في أي دور إدارة، الانشقاق يكلف فقط –12/ساعة بدلاً من –16/ساعة .مكسب صافٍ+ :4 وحدات/ساعة .تحسين محلي صارم.

في كل دور إدارة لكن قبل الإدارة من R1 إذا انشق :R2

ساعة 0–1: R1 يشحن، R2 يدير .R1: 100، R2: 84.

ساعة 1–2: R1 لا أحد يشحن .يرفض .R1: 88، R2: 72.

ساعة 2–3: R1 يشحن، R2 يدير .R1: 100، R2: 56.

ساعة 3–4: R1 يرفض .R1: 88، R2: 44.

ساعة 4–5: R1 يشحن، R2 يدير .R1: 100، R2: 28.

ساعة 5–6: R1 يرفض .R1: 88، R2: 16.

ساعة 6–6.375: R2 يعبر عتبة الانهيار أثناء الإدارة .R2 ميت.

ساعة 6.375–13.5: R1 لا يستطيع الشحن)لا مُدير .(ينجرف للانهيار بـ 12/ساعة R1 ميت.

النتيجة: CE (حركة ناش .(حركة ناش)رفض الإدارة (تحسين محلي صارم +)4/ساعة .(التناوب (ينتج بقاءً غير محدود تقتل الشريك عند t ≈ 6.375 ساعة.

المنشقّ لا يستطيع الشحن ويموت عند t ≈ 13.5 ساعة بدون شريك،.

Conclusion: CE is not Nash-stable under immediate-payoff incentives. The Nash-type unilateral improvement exits the joint نواة القابلية للحياة. Viability ≠ utility. A rational agent can calculate its way into extinction by ignoring the أفق المُشغِّل.

شروط ضرورية للاستمرارية)تحت المحاذاة(— D3.2a

افتراض)المحاذاة الرتيبة(:

All agents face الانجراف toward the same boundary of the نواة القابلية للحياة. No agent's الانجراف partially compensates another's الانجراف without control expenditure.

افتراض)الانتظام(:

The نواة القابلية للحياة boundary is smooth (C^2). No agent's state is exactly on a cusp or non-differentiable point of the kernel boundary.

قضية D3.2a (Necessary Conditions):

تحت افتراضات المحاذاة الرتيبة والانتظام، تشكيلة متعددة الفاعلين تستمر إلى ما لا نهاية يجب أن تلبّي:

(N1) Aggregate control capacity exceeds aggregate الانجراف (joint أفق المُشغِّل condition).

(N2) Impedance compatibility: agents' الانجراف timescales are close enough that help can arrive within the low-Z agent's slack window.

(N3) No agent's record externalities push another past its سطح اللاعودة faster than that agent can compensate (measured as: الانجراف increase from externality ≤ compensating control authority).

(N4) Joint ميزانية التحكم is sufficient to maintain all agents above ruin (total energy expenditure ≤ total available budget over any finite horizon).

فشل any condition implies at least one agent reaches its سطح اللاعودة in finite time (under the stated assumptions).

برهان الضرورة (مخطط):

N1 violated (aggregate الانجراف exceeds aggregate control): Under monotonic alignment, all الانجراف vectors point toward the same boundary. The joint system's state moves toward Σ_NR at net rate Σ a_i − Σ u_{i,max} > 0.

Since the نواة القابلية للحياة has finite diameter, the boundary is reached in finite time bounded by diam(K) / (Σ a_i − Σ u_{i,max}). At least one agent exits.

N2 violated (المعاوقة incompatibility): Under monotonic alignment, the low-Z agent's الانجراف carries it toward Σ_NR with slack s_low = d(x_low, Σ_NR) / a_low.

If the high-Z agent's minimum response delay τ_response > s_low, the intervention arrives after no-return. By الورقة أ's absorbing-state result, the low-Z agent cannot recover.

Its زمن البقاء T is bounded by s_low.

N3 violated (externality exceeds compensation): Agent i's record-writing action increases j's effective الانجراف by Δa_j. If Δa_j > u_{j,max} − a_j (the remaining control margin), then j's net الانجراف becomes positive toward Σ_NR.

يصل إلى الحدّ في زمن محدود N1، j بنفس حجة القطر المحدود كـ.

N4 violated (budget exhaustion): Each agent's control expenditure rate is at least a_i (the maintenance cost from نتيجة, ج الورقة C3.1a).

If Σ a_i > total budget rate, the aggregate budget depletes to zero in finite time. Once budget is exhausted, all agents are subject to uncontrolled الانجراف and reach Σ_NR in finite time. □

نطاق الضرورة:

Under non-aligned الانجراف (where agents' الانجراف fields partially cancel), configurations may persist while violating N2 (because natural cancellation reduces the effective المعاوقة mismatch). The necessity claim is strictly conditional on the alignment assumption.

شروط كافية للاستمرارية)بدون محاذاة(— D3.2b

قضية D3.2b (Sufficient Conditions):

ما يلي are شروط كافية for a multi-agent configuration to persist under لا عكوسي الانجراف, with no alignment assumption required:

(S1) Each agent بشكل مستقل satisfies its single-agent viability condition (الورقة ج): u_{i,max} > a_i and budget > maintenance cost.

(S2))لا أفعال فاعل تنقبض نواة فاعل آخر(جميع العوامل الخارجية السجلّية الزوجية غير سالبة.

(S3) Coupling is المعاوقة-compatible (D2.2).

(S4) Joint ميزانية التحكم exceeds joint maintenance cost.

Under these conditions, all agents persist. No agent's kernel contracts due to الاقتران, and each has sufficient resources to maintain itself.

مخطط البرهان:

By S1, each agent satisfies ج الورقة's single-agent viability condition بشكل مستقل: u_{i,max} > a_i and budget exceeds maintenance cost.

By S2, no agent's record externalities contract any other agent's kernel, so الاقتران does not degrade any individual viability condition. By S3, الاقتران is المعاوقة-compatible, so control transfers between agents arrive within viable intervention windows.

By S4, the joint budget sustains the joint maintenance cost indefinitely. Each agent therefore remains within its individual نواة القابلية للحياة for all time, and the joint state remains within the joint نواة القابلية للحياة. □

ملاحظة: D3.2a و D3.2b ادعاءان مختلفان جذرياً. D3.2a تحت (يخبرك كيف يجب أن تبدو التشكيلات المستمرة المحاذاة). D3.2b يخبرك أي التشكيلات ستستمر بالتأكيد.

يتطلب D3.2a لأن، D3.2b لا يستلزم انتهاك D3.2a لكن انتهاك، D3.2a دون انتهاك D3.2b تشكيلة يمكنها تلبية افتراضات محاذاة لا يتطلبها D3.2b.

عدم الاستقرار والانـهيار المتتالي — D3.3

When Agent i exits its نواة القابلية للحياة ($\mathcal{M}_i = 0$), and the الاقتران was such that i's control actions were partially compensating j's الانجراف, then j's effective الانجراف increases by the lost الاقتران contribution.

قضية D3.3:

فشل Agent i propagates to Agent j if the removal of i's control contribution increases j's effective الانجراف beyond j's remaining control margin (u_{j,max}).

If the new effective الانجراف exceeds u_{j,max}, j is pushed beyond its أفق المُشغِّل and cascades toward its own سطح اللاعودة.

Containment: Cascade stops at Agent j if j has sufficient slack (s_j from C8.1) to absorb the shock before the increased الانجراف pushes it past Σ_NR.

Falsifiable test: 3-agent system: A coupled to B coupled to C. Terminate A. Measure زمن البقاء T_B and T_C.

The cascade condition predicts: if removal of A's contribution increases B's الانجراف past u_{B,max}, T_B is finite. If B's failure increases C's الانجراف past u_{C,max}, T_C is finite.

Propagation stops when the الانجراف increase at an agent is less than that agent's remaining control margin.

النظام الناشئ بلا تصميم — D4

D4.1 — النموذج الصفري ومقياس النظام

Before claiming emergent order, د الورقة establishes what the absence of order looks like.

النموذج الصفري:

A population of agents with random (uncorrelated) control policies under the same الانجراف field, الاقتران topology, initial condition distribution, and environment noise. Only survivors are analyzed.

النموذج الصفري يجب أن يطابق كل عامل مُربِك عدا تنسيق سياسات التحكم.

مقياس النظام (ارتباط الهامش):

الزمن إلى الانهيار إذا جُمِّدت عناصر التحكم في الوقت = s_i(t) للفاعلين الباقين، قس الهامش الفردي t.

احسب الارتباط المتبادل الزوجي ρ_ij = corr(s_i(t), s_j(t)) عبر الزمن.

الناجون العشوائيون: ρ ≈ ٠ (تذبذبات مستقلة).

الفاعلون المنسِّقون: ρ (مستويات الهامش تتحرك معاً) موجب بشكل دال.

الاختبار الإحصائي:

احسب ρ̄_obs = متوسط الارتباط الزوجي بين الناجين في النظام المراقَب.

ابنِ التوزيع الصفري {ρ̄_null} من N تشغيلات محاكاة بسياسات تحكم عشوائية وترشيح بقاء.

Compute تجريبي p-value: p = (1 + #{null runs with ρ̄ ≥ ρ̄_obs}) / (1 + N).

نعلن وجود نظام إذا p < ٠.٠5.

Structural precondition: Overlap ratio O(t) = μ(∩K_i) / μ(∪K_i) measures geometric capacity for coordination. Slack correlation measures actual coordination. الورقة د uses both.

داحض D4 (Order Indistinguishable from Noise):

If observed persistent configurations لا يمكن أن يكون statistically distinguished from the null ($p \geq 0.05$ for تجريبي slack correlation), D4 is مدحوض. Observable: تجريبي p-value.

D4.2 — الترشيح البنيوي للتشكيلات

Under لا عكوسي الانجراف, configurations that violate the شروط ضرورية of D3.2a (under the stated alignment and regularity assumptions) are eliminated.

Survivors are biased toward configurations satisfying these conditions—not because they were selected for, but because everything else exited the نواة القابلية للحياة.

قضية D4.2:

Under لا عكوسي الانجراف and the monotonic-alignment and regularity assumptions of D3.2a, the long-run support of persistent multi-agent configurations is contained in the set of configurations satisfying the شروط ضرورية N1–N4. No optimization, fitness function, or teleology مطلوب.

حدسية D4.2:

Under additional assumptions (ergodicity, stationary الانجراف, specified policy update process), the distribution of persistent configurations converges to the set of compositional equilibria.

هذه الحدسية تتطلب تحديداً صريحاً للعملية العشوائية ولا تُدّعى كمبرهنة.

التدرج الهرمي كهندسة قيود — D4.3

التشكيلات المستقرة تُظهر عموماً بنية هرمية، (مختلفة Z قيم) عندما يملك الفاعلون سعات غير متماثلة.

افتراض الانتظام:

The الاقتران map is smooth and the constraint surface is non-degenerate (as in D1.3). Agent المعاوقةs متميّزة: Z_i ≠ Z_j.

قضية D4.3:

In a coupled system with asymmetric agent المعاوقةs under the above regularity assumption, persistent configurations exhibit hierarchical الاقتران: the high-Z agent’s record externalities alter μ(K_j) for the low-Z agent more than the reverse.

مخطط البرهان:

The high-Z agent has a larger نواة القابلية للحياة (higher u_max/a ratio means more reachable viable states, by أ الورقة’s أفق المُشغِّل).

Under the regularity assumption (smooth الاقتران, non-degenerate constraint surface), the kernel expansion projects non-trivially onto the shared constraint coordinates — that is, the additional reachable states include states that differ in the shared dimensions, not only in private dimensions.

A larger footprint in the shared constraint coordinates means that the high-Z agent’s record-writing actions generically (on a set of full measure in the space of الاقتران parameters) modify more of the shared constraint space than the low-Z agent’s actions.

هذا ينتج تغيّرات أكبر في نواة الشريك، (D1.3) بمبدأ الاستبعاد الهندسي.

التدرج الهرمي هندسي، لا قصدي. □

داحض D4.3 (Hierarchy Inversion):

If, in a system with Z_i ≫ Z_j (المعاوقة ratio > 10:1) satisfying the regularity assumption, the low-Z agent's record externalities dominate the constraint landscape of the high-Z agent (Δμ(K_i) from j's actions > Δμ(K_j) from i's actions, measured over equivalent action magnitudes), D4.3 is مدحوض.

المرصود: Δμ(K_i) و Δμ(K_j) لكل وحدة فعل تسجيلي.

التعاون والردع كنتائج بنيوية — D4.4

قضية D4.4a (Cooperation):

Cooperative equilibria exist when mutual record externalities expand each agent's نواة القابلية للحياة more than الاقتران cost contracts it. The operator-required charger (D3.1) is an instance. Observable: $\mathcal{M}$_joint > Σ $\mathcal{M}$_i.

داحض D4.4a (Cooperation Nonexistence):

If, in every tested coupled system where mutual record externalities are positive (each agent’s actions expand the other’s kernel), $\mathcal{M}$_joint ≤ Σ $\mathcal{M}$_i (joint الفاعلية never exceeds the sum of individual agencies), D4.4a is مدحوض.

Observable: $\mathcal{M}$_joint and Σ $\mathcal{M}$_i computed from the joint and individual نواة القابلية للحياةs.

قضية D4.4b (Deterrence):

Deterrence equilibria exist when unilateral deالاقتران cost exceeds continued الاقتران cost for both agents. Observable: for each agent, $\mathcal{M}$_i(coupled) > $\mathcal{M}$_i(decoupled). Neither agent can improve its viability by exiting the الاقتران.

هذه نقطة ثابتة هندسية، لا تهديد.

داحض D4.4b (Deterrence Exit):

If an agent in a coupled system with $\mathcal{M}$_i(coupled) > $\mathcal{M}$_i(decoupled) for all i can unilaterally decouple and increase its الفاعلية ($\mathcal{M}$_i(after deالاقتران) > $\mathcal{M}$_i(coupled)), the characterization of the configuration as a deterrence equilibrium is مدحوض.

Observable: $\mathcal{M}$_i before and after deالاقتران.

كلاهما هندسي .لا أحد منهما معياري.

D5 — Experimental Instantiations and داحضs

D5.1 — مثال مُفصَّلs

النظام 1: البيئة الميكروبية (المفاعل الكيميائي).

Shared viability domain: nutrient-population configuration space. Record externalities: waste products altering pH/nutrient availability (لا عكوسي environmental modification). Impedance matching: metabolic rate compatibility between species. Slack: time-to-washout at current dilution rate and population density.

Cascade failure: trophic الاقتران propagation. Each construct maps to a measurable variable with a quantitative prediction.

النظام 2: الشاحن الذي يتطلب مُشغِّلاً (روبوتان).

مجال القابلية المشترك: فضاء مشترك (موضع، بطارية) مع بنية تحتية شحن مشتركة. عوامل خارجية سجلّية: إشغال المحطة.

Slack: time-to-ruin at current battery level and discharge rate. CE ≠ NE demonstration: قسم D3.1. Each construct maps to a measurable variable with a quantitative prediction.

D5.2 — داحضs

Global داحض F0 (مفتاح إيقاف):

If a multi-agent system persists indefinitely (زمن البقاء T = ∞ for all agents) while violating all شروط ضرورية N1–N4 of D3.2a, under a configuration satisfying the monotonic-alignment and regularity assumptions, د الورقة is مدحوض.

Observable: زمن البقاء T for each agent; verification of N1–N4 violation; verification that alignment and regularity assumptions hold.

داحض D1 (No Free Survival):

مُعرَّف في D1.3. المرصود: μ(K_B) و $\mathcal{M}$_B قبل وبعد فعل التسجيلي A.

داحض D2.1 (Additivity Under Coupling):

If joint الفاعلية equals the sum of individual agencies ($\mathcal{M}$_joint = Σ $\mathcal{M}$_i) in a coupled system with non-zero الاقتران terms (non-orthogonal shared constraint coordinates), D2.1 is مدحوض.

المرصود: $\mathcal{M}$_joint و Σ $\mathcal{M}$_i في التشكيلات المقترنة مقابل غير المقترنة.

داحض D2.2 (Impedance-Independent Efficiency):

If الاقتران efficiency (measured as viability transfer per unit control effort) does not degrade as المعاوقة ratio |Z_i/Z_j| deviates from unity, D2.2 is مدحوض.

Observable: viability transfer rate at المعاوقة ratios 1:1, 2:1, 5:1, and 10:1 under matched conditions.

داحض D2.3 (Anti-Resonant Optimality):

مُعرَّف في D2.3. ϑ طور انزياحات عند المشتركة القابلية هامش :المرصود، π/4، π/2، 3π/4، π.

داحض D3.3 (Cascade Non-Propagation):

Defined in D3.3. Observable: زمن البقاءs T_B and T_C after termination of A in a 3-agent chain.

داحض D4.2 (Persistent Violators):

If a multi-agent configuration persists indefinitely while violating one or more of N1–N4, under a system satisfying the monotonic-alignment and regularity assumptions, D4.2 is مدحوض.

هذا يختلف عن F0 (الذي يتطلب انتهاك جميع الشروط الأربعة).

D4.2 يدّعي أن الدعم طويل الأمد محتوى في المجموعة المُلبّية؛ منتهك مستمر واحد لأي شرط يدحضه.

داحض D4 (Order Indistinguishable from Noise):

Defined in D4.1. Observable: تجريبي p-value for slack correlation. If p ≥ ٠.٠5 for all candidate systems, D4 is مدحوض.

داحض D4.3 (Hierarchy Inversion):

Defined in D4.3. Observable: Δμ(K_i) and Δμ(K_j) per unit record-writing action in المعاوقة-asymmetric systems.

داحض D4.4a (Cooperation Nonexistence):

في أنظمة بعوامل خارجية إيجابية متبادلة $\mathcal{M}_i$ و Σ $\mathcal{M}_{joint}$:المرصود .D4.4 مُعرَّف في.

داحض D4.4b (Deterrence Exit):

Defined in D4.4. Observable: $\mathcal{M}$_i before and after unilateral deالاقتران.

Every proposition has at least one testable داحض with a specified observable. داحضs are independent of A, B, C. فشل any proposition leaves all prior papers intact.

D5.3 — إغلاق النطاق

الورقة د establishes: what multi-agent composition must look like under the trilogy's constraints, what persistent configurations require, what destroys them, and how to test these claims.

It does not determine whether specific configurations are realized in nature. That question remains تجريبي.

D6 — الإغلاق البنيوي

الورقة أ: Irreversibility as loss of reachability. Independent of B, C, D.

الورقة ب: Selection as costly exclusion, if it exists. يعتمد على A. Independent of C, D.

الورقة ج: Agency as constrained control. يعتمد على A; uses outcome of B. Independent of D.

الورقة د: Coupled viability under multi-agent constraint. يعتمد على A, B, C. Extends الاقتران (C7), introduces shared constraint environments, derives structural filtering, hierarchy, cooperation, and deterrence as geometric consequences.

التبعية أحادية الاتجاه محفوظة.

فشل د لا يُبطل ج أو ب أو أ.

كل طبقة تضيف بنية. لا أحد يضيف فيزياء.

ملحق E — Exploratory: Reclamation and Renewal (Non-Load-Bearing)

الورقة أ's optional module (A6) addresses capacity saturation and restoration for single systems. This appendix extends that to coupled systems: joint saturation, partial reclamation, the multi-agent loop.

It inherits the speculative status of A6. Explicitly non-load-bearing. No proposition in the main body يعتمد على it. Included for structural completeness and الصدق الفكري.

نهاية الورقة د.

All stated proofs in this document follow from the definitions and assumptions declared locally. All propositions have specified observables and testable داحضs. All conjectures are fenced. Papers 0, A, B, C, D

السلسلة: The 420 Code هندسة القابلية للحياة/ الفيزياء التأسيسية: فيزياء وسط المُشغِّل — برهان الفنان 01

Artist: G STUDIO G منشور مجاناً إلى الأبد مفتاح إيقاف Ledger

ledger maps every قابل للدحض claim in AP01 to the corpus-wide مفتاح إيقاف ما يلي numbering system. Each مفتاح إيقاف has a unique identifier (KS-N), a status, and a specified observable.

Statuses: CLOSED (proven within الحجة), حيّ-تجريبي (testable by experiment), LIVE-HARD (open theoretical problem).

All مفتاح إيقافes in AP01 are حيّ-تجريبي in principle: each has an operational observable and becomes directly testable once a concrete instantiation (physical or engineered system) is specified. الورقة أ مفتاح إيقافes

KS-V.1 (F0) — AS الثبات التشغيلي. Global مفتاح إيقاف. If co-admissible التقريب الخشنs yield incompatible AS values beyond tolerance, the entire framework fails. Status: حيّ-تجريبي. Test: R0.

KS-V.2 (F1) — Pointer-basis targeting. If الانتقاء targets position rather than the environment-selected جبر المؤشر, the الانتقاء postulate fails. Status: حيّ-تجريبي. Test: R1.

KS-V.3 (F2) — Born violation. If ensemble statistics of realised branches deviate systematically from the diagonal weights {p_i}, the الانتقاء postulate fails. Status: حيّ-تجريبي. Test: R4.

KS-V.4 (F3) — Context dependence. If الانتقاء يعتمد على observer intervention rather than objective dynamics, the الانتقاء postulate fails. Status: حيّ-تجريبي. Test: R5.

KS-V.5 (G1) — Selection rate exceeds gravitational bound. If الانتقاء occurs faster than ℏ/ΔE_G for gravitationally distinguishable records, the gravity limiter fails. Status: حيّ-تجريبي. Test: R3.

KS-V.6 (G2) — Selection in gravitationally degenerate regime. If objective الانتقاء occurs between records with ΔE_G = 0, the gravity limiter fails. Status: حيّ-تجريبي. Test: R2.

KS-V.7 (G3) — Non-gravitational rate scaling. If الانتقاء rates scale universally with non-gravitational parameters across macroscopic records, the gravity limiter fails. Status: حيّ-تجريبي. Test: R3. مفتاح إيقاف بالورقة es

KS-V.8 (B2) — Pre-الانتقاء اللاعكوسية. If exclusion signatures appear before operational اللاعكوسية is established (الورقة أ, D13), الانتقاء as defined in الورقة ب is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: BT1. مفتاح إيقاف بالورقة ج es

KS-V.9 (FC1) — Agency increase without control. If reachable viability volume increases without corresponding control expenditure, الورقة ج is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: C10.1.

KS-V.10 (FC2) — Irreversible loss reversed. If لا عكوسي loss of reachability is reversed without external intervention violating admissibility constraints, الورقة ج is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: C10.1.

KS-V.11 (FC3) — Stable control past سطح اللاعودة. If stable control persists beyond the سطح اللاعودة under الورقة ج, التحكم المقبول is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: C10.1.

KS-V.12 (FC4) — Free lunch. If a system maintains positive الفاعلية indefinitely with finite budget and persistent nonzero الانجراف, the زمن البقاء bound (مبرهنة C5.1) is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: C10.1.

KS-V.13 (FC5) — Resurrection. If a system recovers positive الفاعلية after reaching ruin without inadmissible external intervention, ج الورقة is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: C10.1. الورقة د مفتاح إيقافes

KS-V.14 (FD0) — Multi-agent persistence violating all شروط ضرورية. If a multi-agent system persists indefinitely while violating all شروط ضرورية N1–N4 under monotonic-alignment and regularity assumptions, د الورقة is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: D5.2.

KS-V.15 (FD1) — No free survival. If Agent B increases الفاعلية despite negative record externality from Agent A, without severing الاقتران, increasing ميزانية التحكم, or receiving compensating externalities, the Geometric Exclusion Principle is مدحوض.

Status: حيّ-تجريبي. Test: D5.2.

KS-V.16 (FD2.1) — Additivity under الاقتران. If joint الفاعلية equals sum of individual agencies in a non-trivially coupled system, non-additivity (قضية D2.1) is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: D5.2.

KS-V.17 (FD2.2) — Impedance-independent efficiency. If الاقتران efficiency does not degrade as المعاوقة ratio deviates from unity, المعاوقة matching (قضية D2.2) is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: D5.2.

KS-V.18 (FD2.3) — Anti-resonant optimality. If a persistent coupled system has maximum joint viability at anti-resonant phase under standard الاقتران, the resonance conjecture (D2.3) is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: D5.2.

KS-V.19 (FD3.3) — Cascade non-propagation. If فشل Agent A does not propagate to Agent B despite الاقتران that exceeds B's remaining control margin, cascade failure (قضية D3.3) is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: D5.2.

KS-V.20 (FD4) — Order indistinguishable from noise. If persistent configurations لا يمكن أن يكون statistically distinguished from random survivors (p ≥ 0.05 for slack correlation), emergent order (D4) is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: D5.2.

KS-V.21 (FD4.2) — Persistent violators. If any configuration persists while violating any of N1–N4 under alignment and regularity assumptions, structural filtering (قضية D4.2) is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: D5.2.

KS-V.22 (FD4.3) — Hierarchy inversion. If the low-المعاوقة agent's record externalities dominate the high-المعاوقة agent's constraint landscape (at المعاوقة ratio greater than 10:1), hierarchy as constraint geometry (قضية D4.3) is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: D5.2.

KS-V.23 (FD4.4a) — Cooperation nonexistence. If joint الفاعلية never exceeds sum of individual agencies in any system with mutually positive externalities, cooperation as structural outcome (قضية D4.4a) is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: D5.2.

KS-V.24 (FD4.4b) — Deterrence exit. If an agent in a deterrence equilibrium can unilaterally decouple and increase its الفاعلية, the deterrence characterisation (قضية D4.4b) is مدحوض. Status: حيّ-تجريبي. Test: D5.2. Summary

Total مفتاح إيقافes: 24 (KS-V.1 through KS-V.24). All حيّ-تجريبي. Global مفتاح إيقاف: KS-V.1 (F0). If KS-V.1 fires, the entire framework is dead and no further test is meaningful.

ترقيم مفاتيح الإيقاف يبدأ من KS-V.1 لتفادي التعارض مع تعيينات المتن الموجودة (KS-1 إلى KS-49).

إعادة ترقيم على مستوى المتن ستُعيّن أرقاماً نهائية بعد مراجعة جميع 22 برهان فنان .تذييل الشرطية

Conditional on: Nothing external. AP01 is مكتفٍ ذاتياً. It يعتمد على standard ميكانيكا الكم (unitary evolution, CPTP maps, فقدان الترابط) and نظرية القابلية للحياة (Aubin, 1991).

No result in AP01 يعتمد على the axiom system {S, B, R, C}, on the Embedding Hypothesis (EH), on the Quadratic Regularity Assumption (QRA), or on any other Artist Proof.

Conditioned upon by: Subsequent Artist Proofs may inherit the operational definitions, اللاعكوسية results, and viability geometry established here.

Load-bearing inheritance: حالة التحقّق (D3), monotonicity under decohering record-forming dynamics (T1, within scope), Operator Horizon / no-return structure (T2; D9/D13).

Optional inheritance (explicitly postulate-level here): الانتقاء channel (A4.2) and gravitational rate limiter (A4.3) are referenced only where later proofs explicitly require them.

Kill switches: KS-V.1 through KS-V.24 (all حيّ-تجريبي). See مفتاح إيقاف Ledger above.

الحالة: جاهز للنشر. مُقفل.

الصفحة الأخيرة

السلسلة	The 420 Code
المجلد	Notebook Ø.1 The Premise
الإصدار	Artist Proof 01
Title	The حالة التحقّق
الفنان	G
التاريخ	فبراير 2026

هذا العمل منشور مجاناً إلى الأبد على www.the420code.org.

بدون حاجز مدفوع. بدون انتماء مؤسسي. بدون حراس بوابات.

العمود الفقري يقف أو يسقط بمنطقه الخاص. مهمتك أن تختبره.

الإصدار 02 سيقدم نفس العمود الفقري نثراً.

الإصدار 03 سيقدم نفس العمود الفقري مجازاً.

الإصدار 04 سيقدم نفس العمود الفقري قافيةً.

عمود فقري واحد. أربع لغات. معمار واحد. حقيقة واحدة.

This work is حقوق نسخ حرة. You are free to download, print, share, and distribute. You are not free to alter the source. Keep the signal clean.

STUDIO G