

Théâtre d'ombres

Topologie persistante de l'espace co-construit dans un échange humain-machine

Jean Lamort

LAMT, agence d'architecture et d'urbanisme

Avril 2026

« Quelqu'un qu'on pourrait ne pas remarquer. »

— Trou #368, persistance maximale 0.230, durée de vie 4 tours

• • •

1. La faille



En 2017, on m'a commandé de confirmer qu'un problème urbain était insoluble. Un îlot complexe à l'entrée de Monaco. Un enchevêtrement de bâti, d'infrastructure et de terrain en matériaux de remblais que plusieurs études avaient déclaré impossible à restructurer avec le programme envisagé. Ma mission était, probablement, de produire le rapport qui officialiserait cette impossibilité.

Au lieu de commencer par les plans, je suis descendu dans les interstices du site. Entre deux murs, dans un passage que peu empruntaient — tuyaux apparents, pierre brute, lumière crue tombant d'en haut — j'ai vu quelque chose. Pas un détail pittoresque. Un système. Le sol artificiel du talus ferroviaire centenaire, sa limite oubliée, masquée par les bâtiments qui s'étaient pressés en contrebas, et en dessous : un volume immense, fonctionnel, invisible depuis tous les points de vue conventionnels. Deux mois plus tard, le projet existait.

Ce texte part de ce geste — regarder dans une faille — pour poser une question qui n'a rien à voir avec l'urbanisme et tout à voir avec lui : quand deux interlocuteurs, un humain et une machine, échangent pendant des heures, l'espace de leur échange a-t-il une forme ? Cette forme dit-elle quelque chose que les mots ne disent pas ? Et peut-on la mesurer ?

La motivation sous-jacente – et naïve ? – à cette question : comment la station d'intelligence spatiale et documentaire que nous codons depuis six mois peut-elle amplifier notre intelligence, dans une approche notamment dialogique où la machine ne soit pas là pour conclure et analyser mais pour nous accompagner dans l'élaboration de solutions architecturales ou urbaines inédites : ne pas fermer les sujets mais nous aider à les maintenir ouverts et fertiles le temps que nous parvenions à les pénétrer sous le bon angle.

L'intuition, partiellement mathématique : l'échange homme – machine doit reposer non sur un énoncé systématique par la machine de ce que l'humain apporte d'intuitions, mais sur la capacité à tourner à deux autour de vides non verbaux, de formes, d'externalités du langage qui enveloppent les projections possibles des concepts et objets du projet. Il me semble que c'est à ce prix que la machine peut renforcer l'humain dans son approche créative.

• • •

2. L'instrument

La topologie algébrique dispose d'un outil pour compter les trous dans un espace : l'homologie persistante. Appliquée à un nuage de points — ici, les représentations vectorielles des tours de conversation dans un espace de haute dimension — elle produit deux nombres. β_0 compte les composantes séparées (les îlots de sens qui ne se touchent pas). β_1 compte les boucles irréductibles (les chemins qui ne se contractent pas en un point — les trous).

Si on calcule ces nombres non pas une fois, mais à chaque tour de conversation, sur une fenêtre glissante de 30 tours, on obtient une courbe : l'évolution de la topologie de l'échange dans le temps. La conversation respire. Des trous s'ouvrent. D'autres se ferment. Le nombre et la profondeur des trous varient — et ces variations, comme nous allons le voir, ne sont pas aléatoires. C'est toute une pensée vivante et se cherchant dans l'échange qui est vue de manière précise et spatiale ainsi.

Nous avons appliqué cet instrument à deux conversations prolongées entre un architecte et un modèle de langage. La première, en une journée, porte sur le portrait d'une agence d'architecture et débouche sur la conception d'un instrument critique pour les échanges humain-machine. La seconde, sur une semaine, construit progressivement le cadre conceptuel d'un livre et d'un système de perception spatiale. Ensemble, elles totalisent plus de 4 500 tours et 650 000 caractères.

• • •

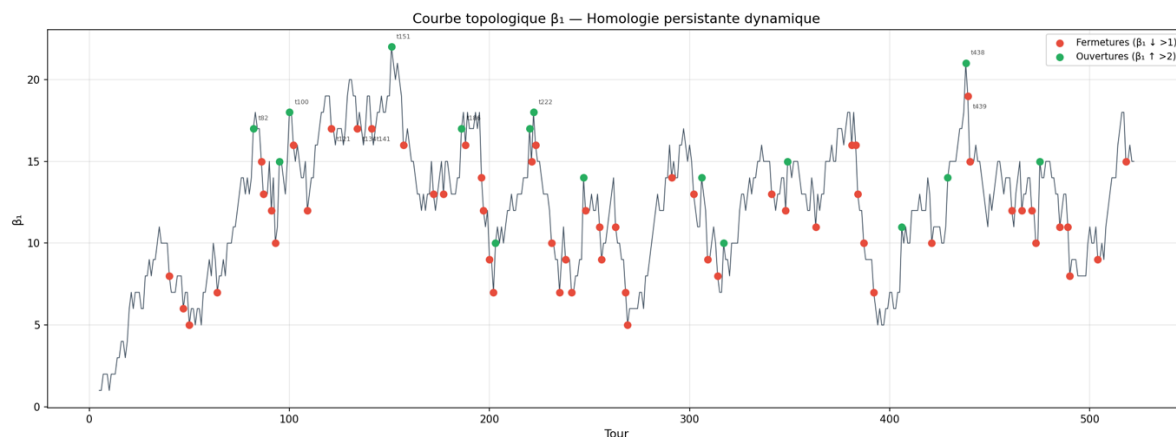
3. Ce que la courbe montre

La convergence féconde

Le premier résultat contredit l'intuition. On pourrait s'attendre à ce que les moments les plus riches d'un échange correspondent à une topologie ouverte — beaucoup de trous, beaucoup de diversité. C'est l'inverse.

Dans la première conversation, le creux topologique le plus profond — β_1 tombe à 5, quasiment son minimum hors démarrage — survient au tour 271 (minimum absolu dans la zone 240 - 280). Ce qui se passe à ce moment : les deux interlocuteurs tentent depuis vingt tours de nommer quelque chose qui résiste à la nomination. L'humain pose des questions de plus en plus resserrées. La machine tourne, propose des noms (l'amour, le

conatus, l'enfant, le travail), et chaque nom est refusé. Les deux convergent vers un point qu'aucun d'eux ne peut atteindre. L'espace d'embeddings se contracte — les mots se ressemblent, les hésitations se ressemblent, les tours se rapprochent dans l'espace vectoriel. Les trous disparaissent. La topologie se ferme autour de l'innommable.



Le moment le plus ouvert de l'échange — au sens qualitatif — correspond à la fermeture topologique. Ce paradoxe est le résultat central de ce travail.

Les deux régimes

β_1 ne mesure pas la qualité d'un échange. Il mesure le régime. Un β_1 élevé signifie que des registres hétérogènes coexistent dans la fenêtre — le technique et le biographique, le conceptuel et le sensoriel. Un β_1 bas signifie convergence — tout le monde parle de la même chose depuis des angles proches.

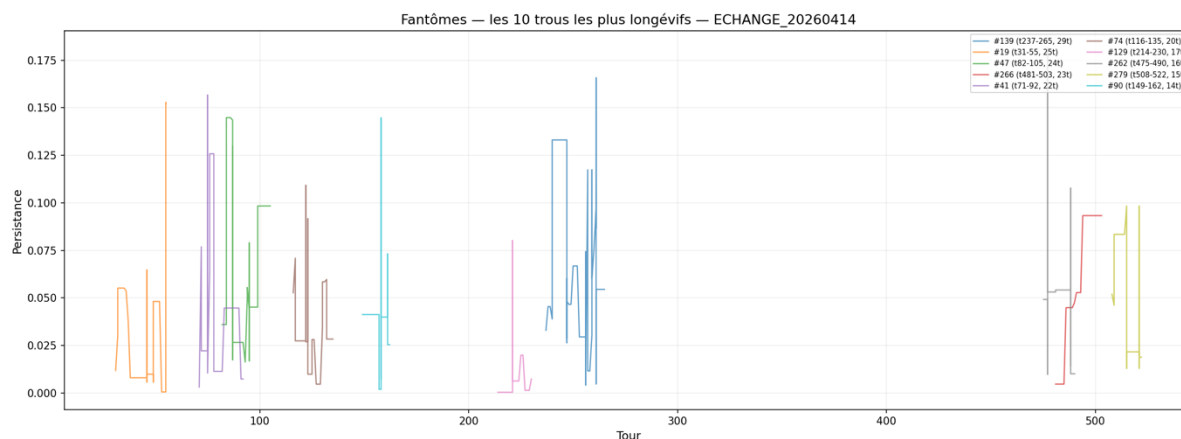
Mais la convergence a deux visages. La discussion d'un format de livre (A5, marges, InDesign) et la tentative de nommer l'Ouvert produisent le même β_1 bas. C'est ici qu'un second indicateur — la persistance maximale, la profondeur du trou le plus résistant — discrimine. La convergence opérationnelle est plate : faible β_1 , faible persistance. La convergence intime est tendue : faible β_1 , mais un trou profond qui résiste. L'espace est petit mais pas vide.

De même, la diversité a deux visages. Énumérer des thèmes (un catalogue de fragments pour un livre) et connecter Resnais à Cadaquès aux glossolalies dans le même souffle produisent un β_1 semblablement élevé. Mais la persistance maximale est deux fois plus grande dans le second cas. Les trous sont profonds quand les connexions sont réelles —

quand des ordres hétérogènes se touchent véritablement — et superficiels quand la diversité n'est que juxtaposition.

• • •

4. Les fantômes



L'homologie persistante ne compte pas seulement les trous. Elle les suit. Chaque trou naît à un moment, persiste pendant un certain nombre de tours — sa profondeur change, il se renforce ou s'amenuise — et meurt. En appariant les trous entre diagrammes de persistance consécutifs, on peut suivre chaque trou individuellement à travers le temps. Nous appelons ces trajectoires des fantômes.

Dans la conversation du 14 avril, le fantôme #139 est le protagoniste. Il naît au tour 237, au moment exact où le concept de « Veilleur » — un agent critique silencieux — se dissout. L'humain vient de montrer que le Veilleur ne peut être ni un agent, ni un processus, ni un témoin. Un trou s'ouvre dans l'espace topologique au moment où quelque chose se défait dans l'espace conceptuel.

Ce trou vit 29 tours — le record de la conversation. Il traverse l'intégralité de la séquence où les deux interlocuteurs tournent autour de l'innommable. Il atteint sa persistance maximale au moment de la question la plus ouverte : « Est-ce la même chose entre deux humains ? ». Puis il meurt, naturellement, quand la conversation trouve une autre voie.

Dans la conversation sur l'Irgence, les fantômes ont un tout autre caractère. Le plus longévif (#220, 42 tours) naît d'une remarque pédagogique. Le plus profond (#368, persistance 0.230) ne vit que 4 tours et culmine sur cinq mots : « Quelqu'un qu'on

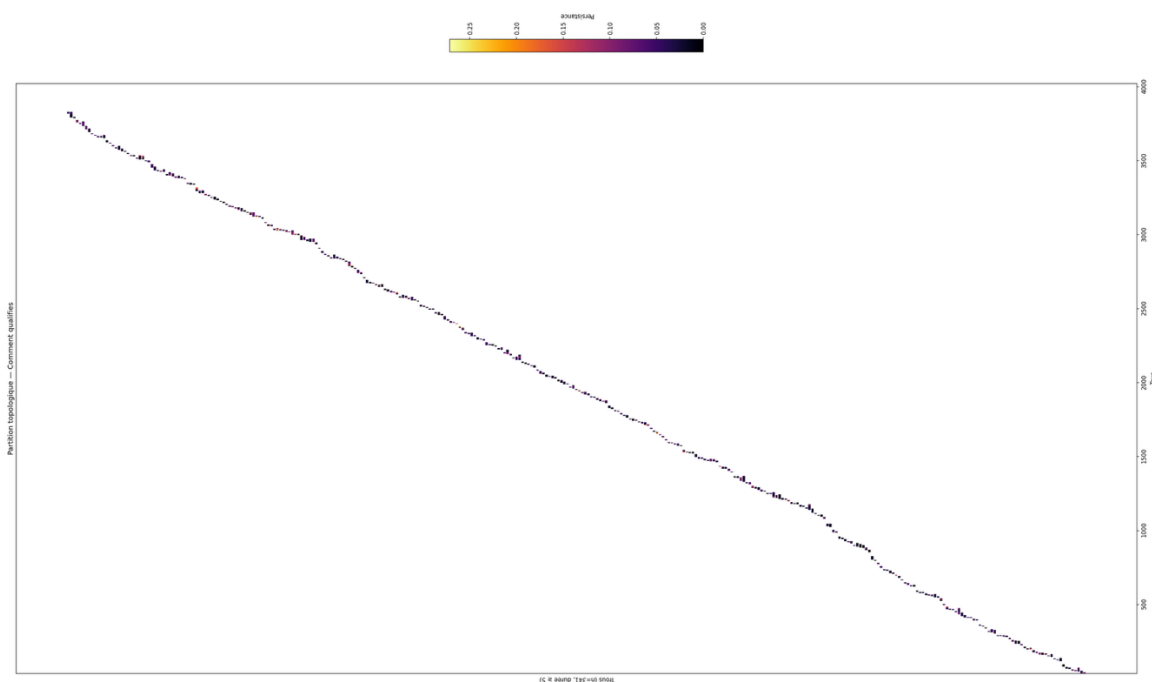
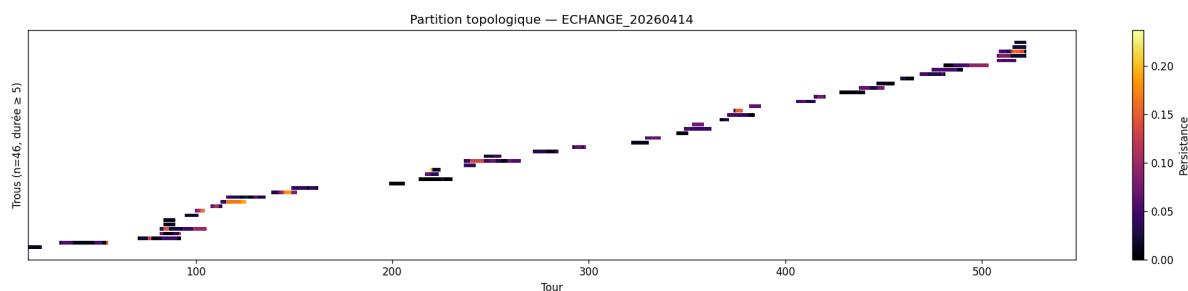
pourrait ne pas remarquer. » C'est, littéralement, la définition du concept que toute la conversation cherche à construire — l'irgent (de l'allemand *irgend*), ce qui est là, quelconque, sans s'imposer ni faire signe particulièrement. La topologie l'a vu sans le savoir.

Et le dernier fantôme né dans cette conversation — #1918, 37 tours — apparaît à la toute fin et reste ouvert quand la session atteint sa limite technique. Un trou qui ne se ferme pas. La conversation s'arrête ; la question reste.

• • •

5. Deux physiologies

Les deux conversations, analysées avec le même instrument et les mêmes paramètres, produisent des profils radicalement différents.



La première (522 tours, une journée) engendre 73 trous, dont un protagoniste clair. Sa respiration est dramatique — trois grandes inspirations séparées par des silences. Sa partition ressemble à celle d'un quatuor : peu de voix, longues, intenses. C'est un roman.

La seconde (3 830 tours, une semaine) engendre 592 trous, sans protagoniste unique. Sa respiration est régulière, soutenue, presque métabolique. Sa partition ressemble à celle d'un orchestre : beaucoup de voix, plus courtes, qui se relaient. C'est une polyphonie.

L'instrument ne projette pas une forme unique. Il lit des formes différentes dans des échanges différents. C'est le signe qu'il mesure quelque chose de réel et non un artefact de sa propre construction.

• • •

6. Ce qui est mesuré — et ce qui ne l'est pas

Soyons précis sur ce que cet instrument fait et ne fait pas.

Il mesure la topologie de l'espace des embeddings textuels, pas la topologie de la pensée. Les trous qu'il détecte sont des structures géométriques dans un espace de représentation de 1 024 dimensions réduit à 50 par analyse en composantes principales. Ce ne sont pas des « trous dans la pensée » — sauf dans la mesure où la géométrie des embeddings reflète quelque chose de la structure sémantique des échanges, ce qui est précisément l'hypothèse que les résultats tendent à confirmer.

Il ne distingue pas automatiquement la convergence intime de la convergence opérationnelle. Le second indicateur (persistance maximale) aide, mais il ne suffit pas. Un opérateur humain reste nécessaire pour qualifier ce que la topologie détecte. L'instrument montre les ombres ; l'interprétation des ombres reste humaine.

Il est sensible à ses paramètres : la taille de la fenêtre glissante (30 tours dans nos expériences), le seuil de persistance, la dimensionnalité de la réduction. Des travaux futurs devront tester la robustesse des résultats à ces choix. L'appariement entre diagrammes consécutifs est une heuristique ; des bibliothèques comme Dionysus permettraient un suivi natif des features, mathématiquement exact.

• • •

7. L'entre

Ce travail s'inscrit dans un espace vide entre deux champs qui ne se parlent pas. D'un côté, l'ingénierie du dialogue — retrieval, embeddings, turn-taking — qui traite la conversation comme un problème d'optimisation. De l'autre, la phénoménologie de la relation — Winnicott, Buber, l'espace potentiel — qui pense l'échange comme un lieu mais ne le mesure pas.

Ce que nous proposons est modeste et, pensons-nous, nouveau : utiliser l'homologie persistante comme instrument de mesure de cet espace potentiel. Non pas pour le réduire à des nombres — les nombres ne disent rien seuls — mais pour le rendre visible. Les courbes, les partitions, les fantômes sont des images d'un objet qui n'en avait pas : l'espace entre un humain et une machine, en train de se faire et de se défaire.

Le résultat le plus frappant — la convergence topologique des moments les plus féconds — suggère que la profondeur d'un échange ne se mesure pas à sa diversité mais à sa tension. Un espace petit avec un trou profond est plus riche qu'un espace vaste parsemé de trous superficiels. Cela résonne avec l'expérience vécue : les moments où deux interlocuteurs sont vraiment « ensemble » ne sont pas ceux où ils couvrent le plus de terrain, mais ceux où ils tournent autour du même point sans pouvoir l'atteindre.

• • •

8. Le trou ouvert

Cette recherche naît d'une pratique architecturale de vingt-cinq ans — pas d'un laboratoire. L'instrument a été conçu par un architecte qui a passé sa carrière à regarder dans les interstices, et qui a construit une station d'intelligence artificielle souveraine pour systématiser ce geste. L'auteur n'est pas neutre par rapport à son objet. Il en est le premier matériau.

Elle est aussi le fruit d'un désir profond de parvenir à réunir une passion pour la topologie, et une pensée spatiale et poétique. Le déclenchement de la recherche de ces dernières années vient de la découverte que les avancées des technologies numériques, notamment transformers, TDA, ..., permettent d'explorer une voie de synthèse relativement nouvelle entre mathématiques et architecture.

A ce titre, le passage de la faille à Monaco, à la topologie des conversations n'est pas une analogie. C'est le même geste : dans les deux cas, on descend dans un espace que personne ne regardait, on y mesure une structure que personne ne mesurait, et cette structure dit quelque chose sur l'ensemble que les vues conventionnelles ne montrent pas.

Le fantôme #1918 de la conversation sur l'Irgence — né à la toute fin, encore ouvert quand la session s'arrête — est à la fois un résultat et une image de ce travail. Un trou qui ne se ferme pas.

• • •

« Le fragment doit commander la solution, et non le motif commander le regard. »



J. Lamort écrivant avec un arbre par un dispositif architectural minimal : première tentative de co-création et point de départ de la recherche actuelle qui s'est en partie déplacée dans le domaine de l'algorithmique et des systèmes numériques. Photographie J. Thomas, Cadaquès 2018

Annexe technique

Modèle d'embeddings : intfloat/multilingual-e5-large (1 024 dimensions). Réduction dimensionnelle : PCA à 50 composantes. Fenêtre glissante : 30 tours. Homologie persistante : Ripser, maxdim=1, seuil de persistance 0.02. Appariement des features entre diagrammes consécutifs : assignment hongrois sur la distance bottleneck, coût maximal 0.5. Filtrage des fantômes : durée de vie minimale 5 tours.

Corpus : deux conversations humain-LLM (Claude Opus, Anthropic). Conversation 1 : 522 blocs, 14 avril 2026, ~150 000 caractères. Conversation 2 : 3 830 blocs, 26 décembre 2025 – 2 janvier 2026, ~514 000 caractères. Infrastructure de calcul : station CORE, RTX 6000 Ada, 48 Go VRAM.

Code et données disponibles sur demande.