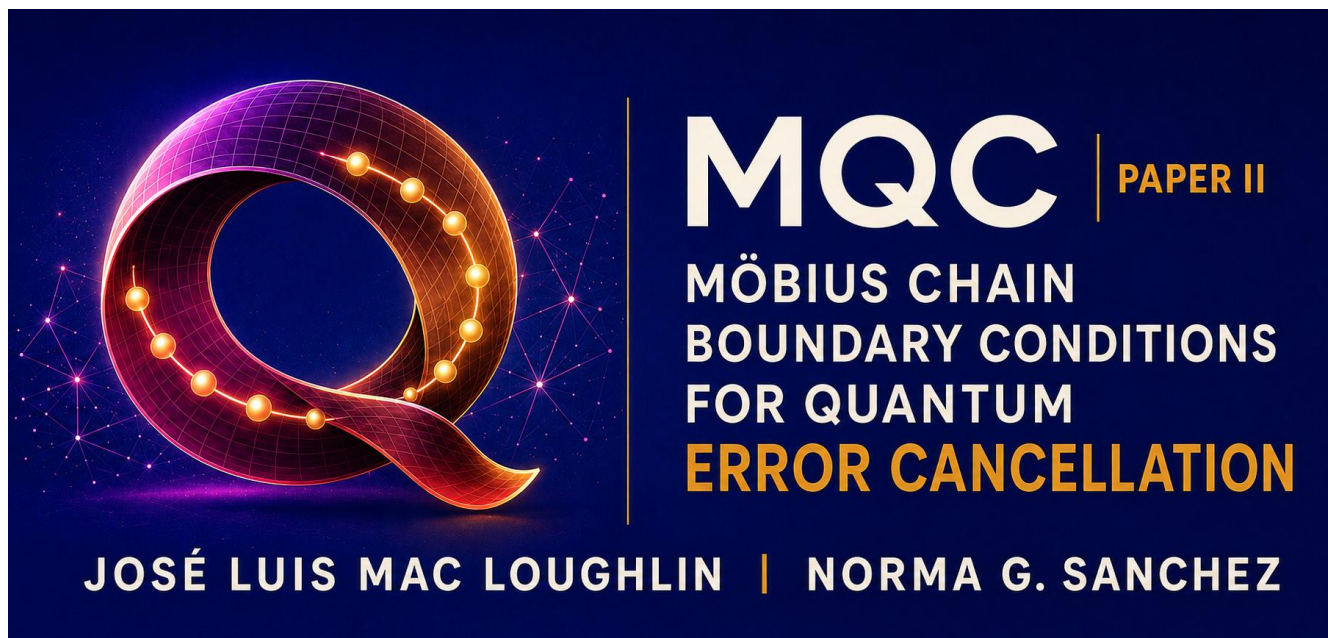


| POUR COMMUNICATION , PUBLICATION ET DIFFUSION

| Septembre 2026



## Topologie de Möbius en Information Quantique: Un Nouveau Mécanisme Topologique pour l'Annulation des Erreurs

*L'article II du programme « Calcul Quantique de Möbius » montre comment des conditions aux limites torsadées -globalement non-orientables- peuvent annuler géométriquement des erreurs quantiques cohérentes, un problème crucial en informatique quantique aujourd'hui.*

**José Luis Mac Loughlin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> School of Arts and Sciences, Museum House and Quantum Laboratory, La Plata city 1900, Provincia de Buenos Aires, Argentina

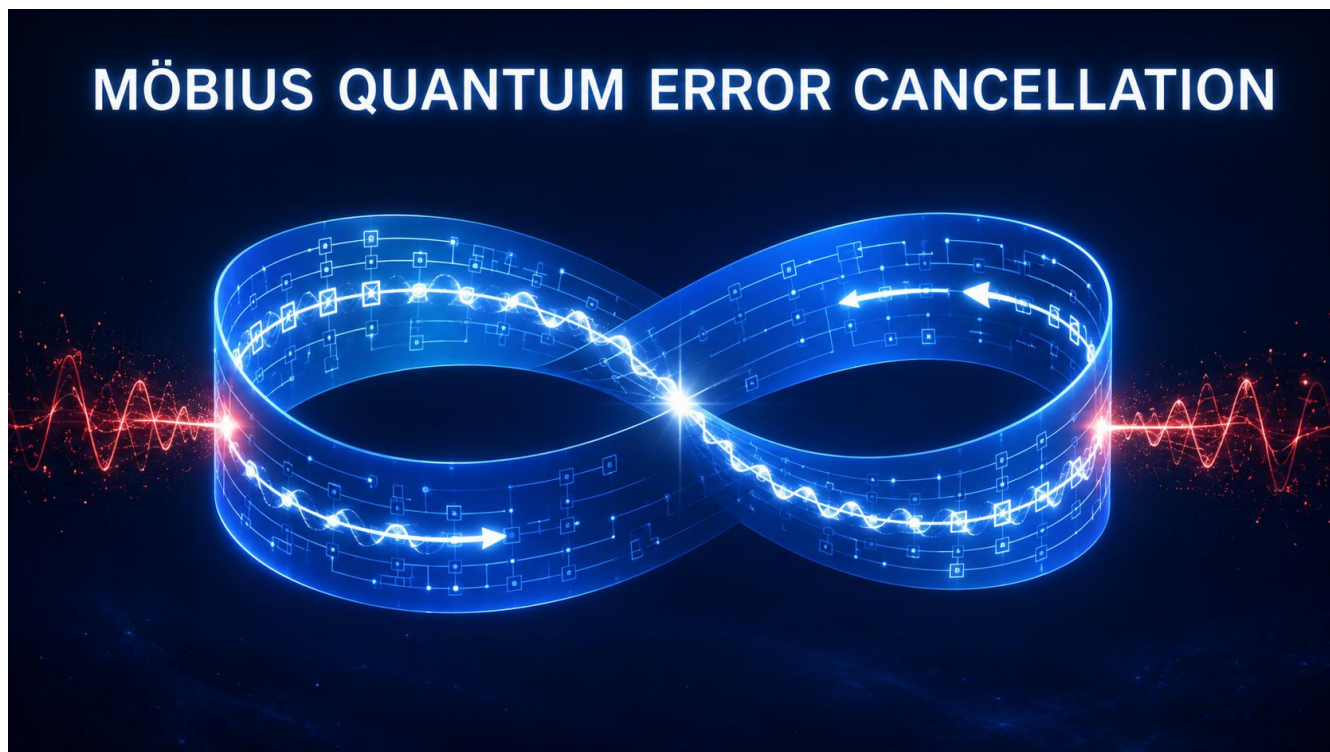
**Norma G. Sanchez<sup>2</sup>**

<sup>2</sup> International School and Institute of Astro-Physics Daniel Chalonge-Hector de Vega, CNRS, INSU-Institut National des Sciences de l'Univers, Sorbonne Université, 75014 Paris, France

**Contact :** [chalonge.ecole@chalonge-devega.fr](mailto:chalonge.ecole@chalonge-devega.fr) | <https://chalonge-devega.fr>

**PARIS** — Une nouvelle étude théorique propose d'utiliser les conditions aux limites de Möbius comme ressource passive pour supprimer des erreurs cohérentes en calcul quantique. L'article "Möbius Quantum Computation: A New Topological Resource for Quantum Error Cancellation", constitue le deuxième du programme de recherche Möbius Quantum Computation (MQC), d'une très grande actualité.

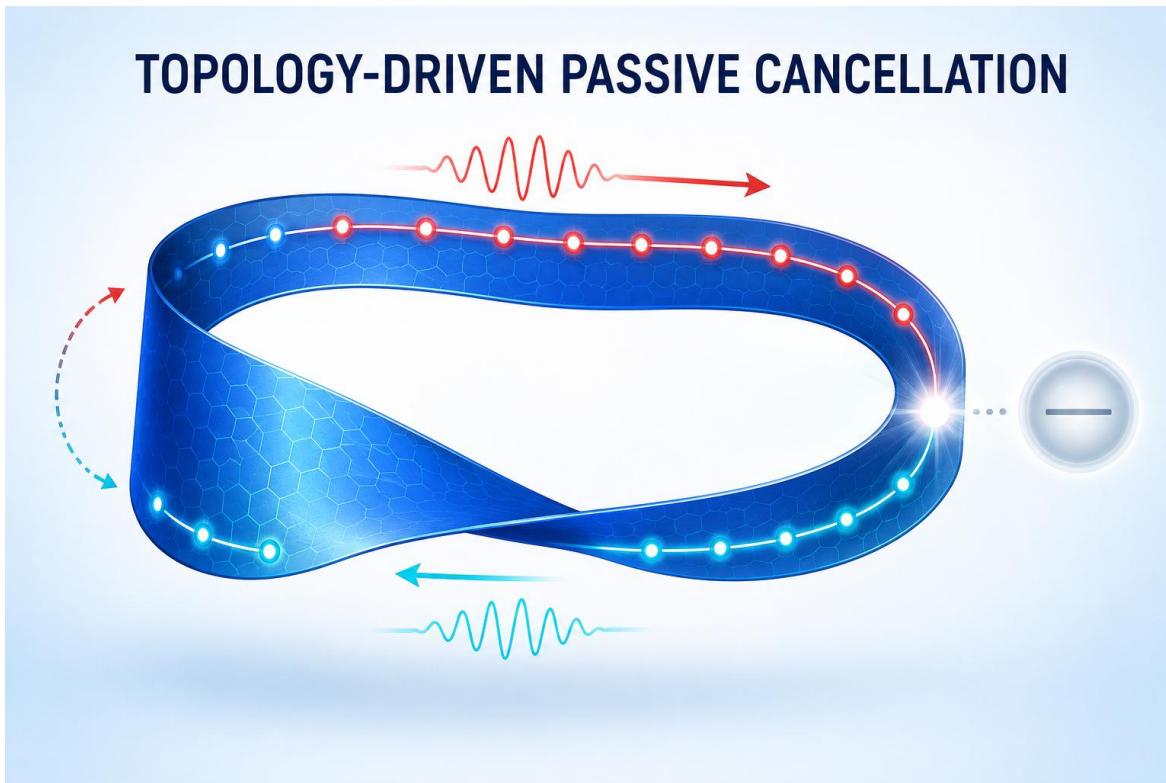
Les processeurs quantiques sont affectés non seulement par la décohérence aléatoire, mais aussi par des erreurs cohérentes et systématiques : dérives de phase, calibrations imparfaites, sur-rotations répétées et erreurs de contrôle lentement variables. Ces perturbations pouvant s'additionner de façon constructive au fil des opérations, elles deviennent particulièrement dommageables dans les circuits quantiques longs.



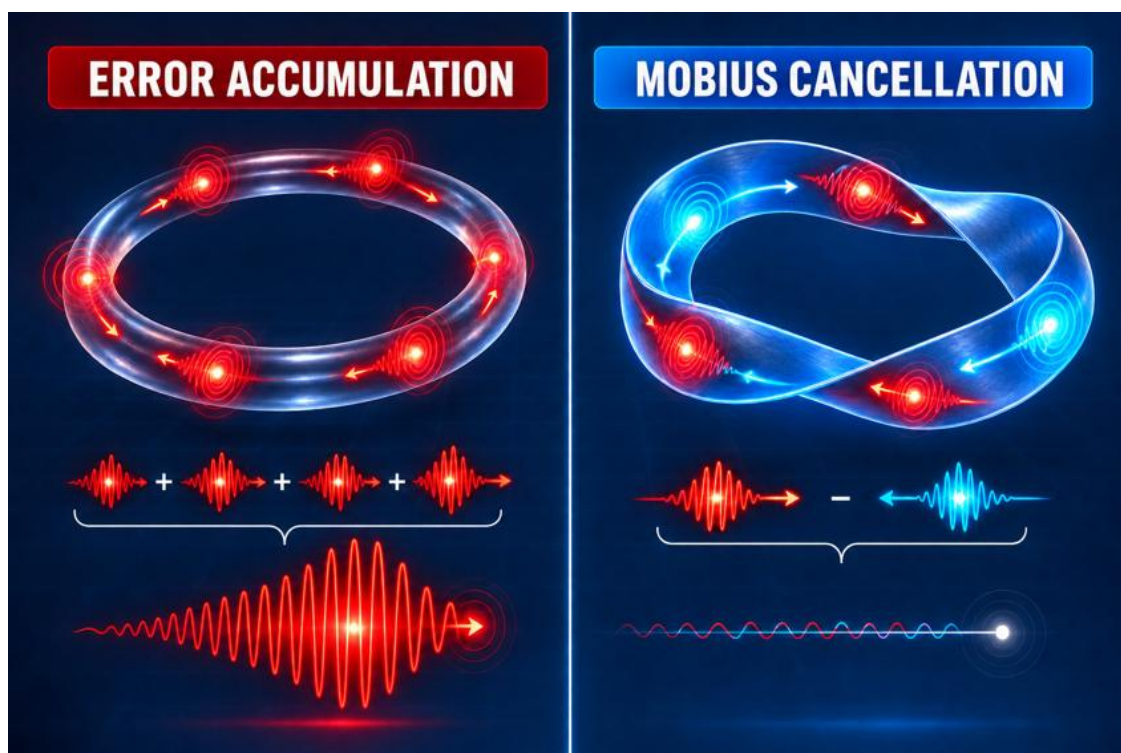
Le mécanisme proposé remplace la condition de retour d'une chaîne fermée ordinaire par une identification effective de Möbius. Après un parcours global complet, une amplitude quantique est comparée à une copie torsadée d'elle-même. Pour des perturbations cohérentes symétriques, la phase accumulée sur une branche s'oppose à sa contribution réfléchie topologiquement, produisant une annulation géométrique.

**Annulation passive des erreurs :** en projetant les qubits d'information sur une topologie de Möbius non orientable, les états quantiques subissent une inversion logique à la fin d'un cycle de calcul. Ceci génère un effet d'« écho topologique » qui annule naturellement les erreurs cohérentes du premier ordre sans nécessiter de codes correcteurs d'erreurs complexes.

## TOPOLOGY-DRIVEN PASSIVE CANCELLATION



**Contrairement à la correction quantique conventionnelle**, cette annulation ne repose ni sur un codage logique redondant, ni sur la mesure de syndromes, ni sur une récupération active. Le mécanisme est passif, piloté par la topologie et par les conditions aux limites. Il est donc complémentaire des architectures existantes d'atténuation des erreurs et de tolérance aux fautes et peut agir avant ou en parallèle avec les méthodes existantes.



L'étude précise également la portée de la proposition : une symétrie imparfaite laisse subsister une erreur résiduelle déterminée par l'écart entre les branches de Möbius ordinaire et torsadée. Le mécanisme devrait surtout concerner des erreurs cohérentes systématiques, spatialement corrélées et lentement variables ; il ne vise pas à annuler un bruit stochastique local arbitraire.

Parmi les mises en œuvre envisageables figurent les réseaux de guides d'ondes photoniques, les circuits supraconducteurs dotés de conditions aux limites synthétiques, les atomes froids, les ions piégés et les matériaux quantiques. Il ne s'agit pas nécessairement de construire physiquement un ruban de Möbius, mais d'intégrer une règle aux limites effective et non orientable dans la dynamique quantique.

### POINTS CLÉS

- Une condition aux limites globale de Möbius transforme l'erreur de phase cohérente accumulée en une différence entre deux branches topologiquement reliées.
- Pour des perturbations cohérentes symétriques, les principales contributions de phase s'annulent après un parcours complet.
- Le mécanisme est passif et ne requiert ni mesure, ni redondance, ni opération de récupération active.
- Le travail constitue une preuve de principe et appelle des simulations ainsi que des tests expérimentaux et au niveau des circuits.

### ANGLES D'IMPACT

- La topologie peut-elle amener les erreurs quantiques à s'annuler d'elles-mêmes
- Une torsion de Möbius devient une ressource opérationnelle pour le contrôle quantique.
- La suppression passive pourrait agir avant ou parallèlement à la correction quantique active.
- Le passage de la non-orientabilité mathématique à des conditions de bord quantiques réalisables expérimentalement.

### LE RESUME

L'article II du programme « Calcul Quantique de Möbius » propose un mécanisme passif d'annulation des erreurs quantiques cohérentes. Une condition aux limites torsadée de Möbius oppose les contributions de phase topologiquement reliées et produit globalement leur annulation. Cette preuve pourrait inspirer des niveaux de protection

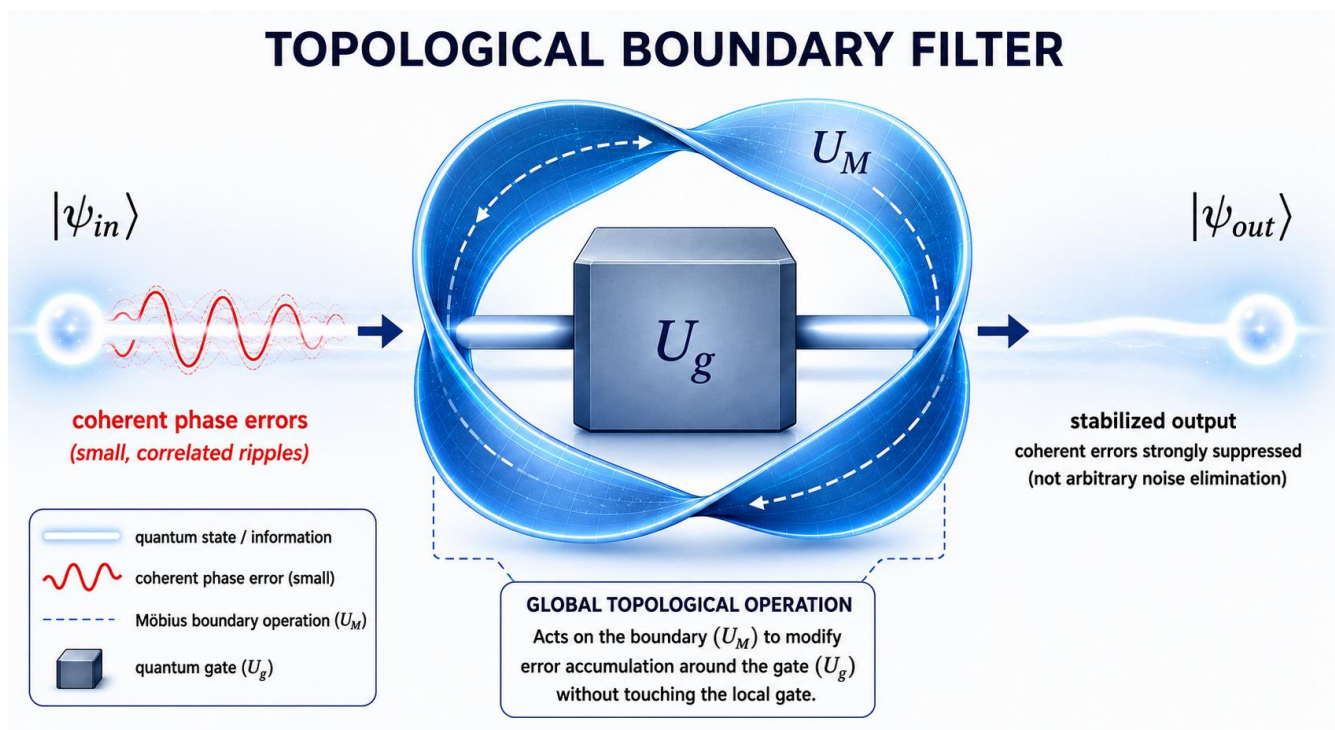
complémentaires pour les plateformes photoniques, supraconductrices, atomiques et autres.

## LE PROGRAMME DE RECHERCHE COMPUTATION QUANTIQUE DE MÖBIUS

Le Paper I a introduit la topologie de Möbius comme cadre de conditions aux limites pour le traitement de l'information quantique. Le Paper II en développe une conséquence physique précise: l'annulation passive des erreurs cohérentes. Les travaux futurs porteront sur les portes topologiques, les algorithmes et les réalisations adaptées à différentes plateformes.

### Le résultat central

Pour des perturbations cohérentes symétriques, l'erreur de phase dominante accumulée dans la dynamique quantique s'annule après un parcours complet sous l'identification globale de Möbius. Il y a subtraction des erreurs à la place d'une somme ou accumulation car le système est globalement non-orientable.



## FILTRE QUANTIQUE TOPOLOGIQUE DE TYPE MÖBIUS

Les conditions globales de Möbius agissent comme un filtre topologique global autour d'une porte quantique locale  $U_g$ . L'opération limite  $U_M$  modifie l'accumulation de petites erreurs de phase cohérentes et corrélées sans altérer la porte elle-même, produisant une sortie stabilisée avec des erreurs cohérentes

fortement atténuées. Ce mécanisme est complémentaire à la correction d'erreurs quantiques conventionnelle et émerge comme une ressource économique et durable pour l'informatique quantique.

## POURQUOI CE RÉSULTAT EST IMPORTANT AUJOURD'HUI

La maîtrise des erreurs quantiques constitue l'un des obstacles décisifs à un calcul quantique utile à grande échelle. Ce résultat introduit un principe de conception différent : au lieu de corriger chaque erreur cohérente uniquement après son apparition, la dynamique quantique pourrait être conçue de manière qu'une classe déterminée d'erreurs s'annule grâce à la topologie globale des conditions aux limites. Cette annulation passive pourrait ainsi alléger la correction active et renforcer des stratégies hybrides tolérantes aux fautes.

## Une approche économique et sustainable

Cette approche constitue un mécanisme nouveau et complémentaire visant certaines erreurs cohérentes, il peut d'agir avant ou avec les méthodes actives traditionnelles tolérantes aux fautes. Il est une ressource efficiente et économique dépense le moins d'énergie et durable.

## Prochaine étape

Des calculs de robustesse, des transcriptions en circuits et des démonstrations adaptées à chaque plateforme.

## L'ARTICLE ET AUTEURS

### Article :

*“ Möbius Quantum Computation: A New Topological Resource for Quantum Error Cancellation ”*

**Auteurs :** José Luis Mac Loughlin<sup>1</sup> et Norma G. Sanchez<sup>2</sup>

**José Luis Mac Loughlin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> School of Arts and Sciences, Museum House and Quantum Laboratory, La Plata city 1900, Provincia de Buenos Aires, Argentina

**Norma G. Sanchez<sup>2</sup>**

<sup>2</sup> International School and Institute of Astro-Physics Daniel Chalonge-Hector de Vega, CNRS, INSU-Institut National des Sciences de l'Univers, Sorbonne Université, 75014 Paris, France

**Contact : [chalonge.ecole@chalonge-devega.fr](mailto:chalonge.ecole@chalonge-devega.fr)  
| <https://chalonge-devega.fr>**

[https://www.researchgate.net/publication/414594572\\_MOBIUS\\_QUANTUM\\_COMPUTATION\\_A\\_NEW\\_TOPOLOGICAL\\_RESOURCE\\_FOR\\_QUANTUM\\_ERROR\\_CANCELLATION](https://www.researchgate.net/publication/414594572_MOBIUS_QUANTUM_COMPUTATION_A_NEW_TOPOLOGICAL_RESOURCE_FOR_QUANTUM_ERROR_CANCELLATION)

[https://chalonge-devega.fr/Mobius\\_Quantum\\_Error\\_Cancellation.pdf](https://chalonge-devega.fr/Mobius_Quantum_Error_Cancellation.pdf)