



The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Deux impulsions radio anormales au-dessus de l'Antarctique restent inexpliquées, et l'hypothèse de la "nouvelle particule" perd du terrain

Deux impulsions radio inhabituelles enregistrées il y a des années par une expérience antarctique portée par ballon n'ont toujours pas d'explication partagée; une recherche dédiée de l'Observatoire Pierre Auger n'a trouvé aucune trace des gerbes de particules qu'elles impliqueraient, ce qui rend beaucoup moins probable la lecture exotique par une "nouvelle particule" tout en laissant l'anomalie ouverte.

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso
· AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Search for the Anomalous Events Detected by ANITA Using the Pierre Auger Observatory*, Pierre Auger Collaboration, Physical Review Letters 134, 121003 (2025) · DOI: [10.1103/PhysRevLett.134.121003](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003)



Les 48 antennes d'ANITA sont orientées vers la glace antarctique, sur une nacelle haute de 25 pieds.

Christian Miki / University of Hawai'i at Mānoa fair-use assertion

Le ballon, la glace et deux impulsions venues d'en bas

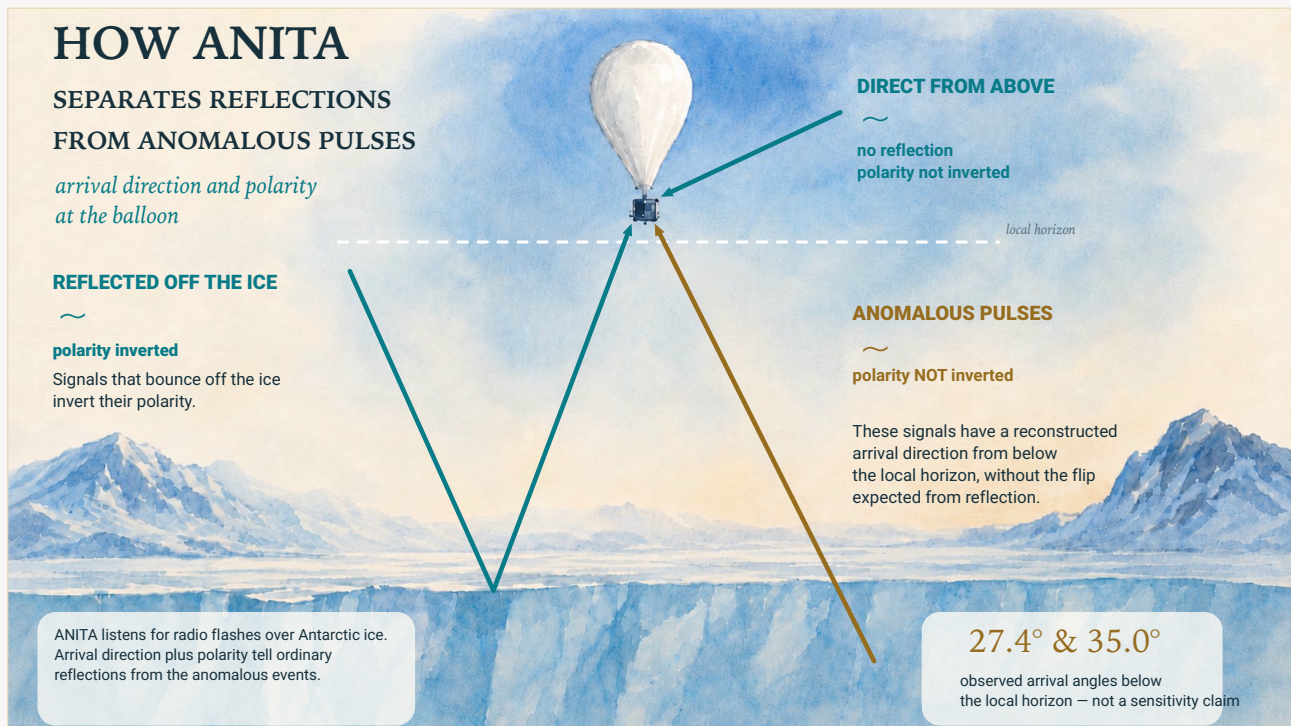
Pendant la plus grande partie de sa vie utile, l'Antarctic Impulsive Transient Antenna — ANITA — est suspendue sous un ballon de la NASA, à une trentaine de kilomètres d'altitude, et dérive pendant des semaines au-dessus de l'endroit le plus vide de la Terre, en écoutant.

Ce qu'elle écoute, ce sont des signaux radio venus de l'espace. Quand une particule de très haute énergie — un rayon cosmique, ou un neutrino — frappe l'air ou la glace, elle se brise en une gerbe de particules plus petites, et cette gerbe émet un bref éclair radio. L'Antarctique est presque idéal pour les attraper: des kilomètres de glace propre et froide, que les ondes radio traversent presque comme du verre, et rien sur des centaines de kilomètres pour encombrer le signal. Le travail d'ANITA est de capter ces éclairs et de lire, dans leur forme et leur timing, ce qui les a produits.

La plupart de ce qu'elle entend se comporte bien. Certains éclairs arrivent directement d'en haut. Beaucoup d'autres frôlent la glace et rebondissent vers l'antenne — et ceux-là portent une signature: le rebond retourne l'onde (une inversion de la *polarité* du signal), un indice que les physiciens savent

lire d'un coup d'oeil. C'est ainsi que l'on distingue une réflexion de la chose elle-même.

Deux fois, quelque chose est arrivé qui cassait le motif.



Au ballon, une impulsion venant directement d'en haut arrive sans inversion, tandis qu'une impulsion réfléchie arrive avec sa polarité inversée — le signe habituel d'un rebond sur la glace. Les deux impulsions anormales arrivent au contraire depuis une direction *reconstruite* fortement sous l'horizon local — mais sans cette inversion, là où une réflexion l'aurait produite. "Depuis le bas" décrit cette direction d'arrivée, pas une particule qui grimperait hors de la Terre.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Lors d'un vol en 2006 puis d'un autre en 2014, ANITA a capté une impulsion venant de bien *en dessous* de l'horizon — 27,4° et 35,0° au-dessous, respectivement — comme si elle était sortie du continent, sans *aucune* inversion. Pas une réflexion, donc. Quelque chose qui aurait réellement voyagé vers le haut, hors de la glace, jusqu'au ballon.

Voici pourquoi cela frôle le scandale. Pour atteindre l'antenne avec un angle ascendant aussi raide, ce qui a produit l'impulsion devait remonter à travers le corps de la planète — six ou sept mille kilomètres de roche solide. Presque rien ne le peut. La seule particule connue qui traverse la matière ordinaire comme si elle était à peine là est le neutrino, qui traverse la Terre entière sans vraiment s'en apercevoir. L'idée naturelle est donc qu'un neutrino a traversé la roche vers le haut, frappé un atome juste sous la glace, et produit une gerbe de particules montant vers la surface, dont ANITA aurait capté le flash radio. Le problème est le retournement suivant: un neutrino assez énergétique pour produire ce signal est, en fait, trop facile à arrêter. Sur une telle épaisseur de roche, il devrait être absorbé de nombreuses fois. Et un flux de neutrinos assez intense pour que deux passent quand même aurait dû apparaître dans les détecteurs géants construits précisément pour cela. Aucune explication propre ne se refermait.

Les deux impulsions sont donc restées là, refusant de se comporter. Pas une découverte — deux événements ne font jamais une découverte — mais pas rien non plus. Une vraie anomalie: le genre qui intéresse justement parce que personne ne pouvait encore dire si c'était une fissure dans le Modèle standard de la physique ou seulement une bizarrerie de la glace, de l'antenne ou du calcul.

C'est le moment où une certaine couverture médiatique attrape le mot *mystérieux*, baisse la lumière, et demande ce qui pourrait vivre sous l'Antarctique. Résistez. La vraie question n'a jamais été *quel monstre se cache dans la glace*. C'était la question patiente, peu glamour, qui fait réellement avancer la science: **comment le vérifier?**

Ce que les auteurs ont fait

Il existe une façon nette de tester les explications excitantes. Si les impulsions d'ANITA viennent d'un vrai flux récurrent de gerbes montant vers le haut — qu'il s'agisse de neutrinos tau ordinaires ou d'une nouvelle particule proposée — alors un détecteur assez grand, surveillant exactement ce type d'événement, devrait en voir une partie.

L'Observatoire Pierre Auger, en Argentine — le plus grand détecteur de rayons cosmiques jamais construit — est bien placé pour regarder. Avec son détecteur de fluorescence, la collaboration a cherché des gerbes atmosphériques montantes (arrivant depuis le bas, à des angles zénithaux supérieurs à 110° et des énergies au-dessus de $0,1 \text{ EeV}$) dans les données de 2004 à 2018. Point crucial: toute la sélection a été fixée *avant* l'examen complet du jeu de données — une analyse "à l'aveugle", pour que la réponse ne puisse pas être biaisée vers un résultat espéré.

Ce qu'ils ont trouvé

Après levée de l'aveugle, **un** événement candidat a survécu — entièrement compatible avec les $0,27 \pm 0,12$ événements attendus de rayons cosmiques ordinaires parfois mal reconstruits comme montants. Autrement dit: pas de vrai signal montant; seulement le filet de bruit de fond attendu.

La force du résultat est dans la comparaison. Si les impulsions d'ANITA venaient d'un flux stable de gerbes montantes, Auger aurait dû en enregistrer **beaucoup** — environ 34 à 69 événements pour un spectre d'énergie plausible, et au moins environ 8 même sous des hypothèses volontairement conservatrices. Il en a trouvé un, compatible avec le fond. Les auteurs parlent de "fort désaccord" avec l'interprétation par gerbes montantes.

Ce que cela signifie probablement

Une non-détection de cette taille informe vraiment. Si les événements d'ANITA venaient d'une population réelle de particules arrivant de ces directions — neutrinos tau ordinaires, ou particules hypothé-

tiques proposées pour les expliquer — la longue exposition d’Auger aurait dû en capter un nombre appréciable. Ce n’est pas le cas. Cela exclut pratiquement l’explication par un “flux diffus de gerbes montantes” — la catégorie dans laquelle tombent la plupart des idées au-delà du Modèle standard — sauf conditions artificiellement ajustées.

Ce qui survit, ce sont des explications qui ne sont *pas* un flux de particules produisant des gerbes: le plus souvent discutées, un effet de réflexion ou de propagation propre à la glace et à la géométrie près de l’horizon, ou un artefact instrumental ou d’analyse. Aucune n’est confirmée. Le résumé honnête est donc: l’interprétation la plus excitante vient de prendre un coup sérieux, et la cause reste inconnue.

Ce que cela ne prouve *pas*

- Cela n’identifie **pas** ce que sont les deux impulsions. “Défavorise fortement une nouvelle physique” ne veut pas dire “résolu”.
- Cela ne confirme **pas** une cause banale. Une candidate importante — des réflexions sous la surface antarctique — reste une hypothèse, pas un résultat.
- Cela ne détecte **pas** quoi que ce soit “sous la glace” au sens littéral. Les antennes d’ANITA pendent d’un ballon *au-dessus* de l’Antarctique; “depuis le bas” décrit la direction reconstruite d’une impulsion radio — pas un son, une voix, ni quoi que ce soit émanant de l’intérieur de la glace.
- Cela ne soutient **pas** les affirmations d’une nouvelle particule confirmée. La version la plus partagée de cette histoire pointe dans la direction opposée aux données.

Quelle est la solidité de la preuve?

Modeste, et présentée comme telle.

- L’intérêt pour une physique au-delà du Modèle standard repose essentiellement sur **deux** événements, venus de deux vols d’ANITA.
- Cet article est un **résultat nul**: puissant pour exclure des possibilités, mais incapable de dire ce que les événements *sont*.
- L’exclusion est quantitative et forte (des dizaines d’événements attendus, un seul événement compatible avec le fond) — mais elle vise l’interprétation par “flux de gerbes montantes”, pas toute cause concevable.
- Une explication banale importante (réflexion près de la surface) est plausible mais non prouvée; certaines alternatives (certains modèles de rayonnement de transition) ont été défavorisées par d’autres travaux.
- Aucune expérience n’a reproduit indépendamment l’anomalie originale.

C’est une contrainte nette posée sur un petit mystère tenace — pas une découverte.

Pourquoi c'est important

Les explications proposées allaient jusqu'à des particules exotiques. Plutôt que de poursuivre la plus excitante, le domaine a fait la chose peu glamour: tester l'idée avec un détecteur indépendant et beaucoup plus grand — et les données ont dit non. Un instrument successeur plus grand et plus sensible, PUEO, est en construction pour regarder à nouveau.

L'anomalie pourrait encore se révéler banale. Cela n'en ferait pas un échec. Resserrer une mesure inexpliquée jusqu'à ce qu'elle se dissolve ou force une vraie découverte, *c'est* le travail — et cela vaut la peine d'être suivi précisément parce que la réponse honnête, pour l'instant, est encore “nous ne savons pas”.

Résumé propre

Deux impulsions radio des vols antarctiques d'ANITA en 2006 et 2014 semblent venir d'angles fortement sous l'horizon que le Modèle standard peine à expliquer. Une recherche dédiée menée en 2025 avec l'Observatoire Pierre Auger n'a trouvé qu'un seul événement candidat, compatible avec le bruit de fond, là où des dizaines étaient attendus si les impulsions venaient d'un flux de gerbes montantes. Cela défavorise fortement l'interprétation exotique par “nouvelle particule” et pointe plutôt vers un effet de réflexion, de propagation ou d'instrument propre à ANITA — mais la cause reste réellement inconnue. Pas une nouvelle particule confirmée, et pas un signal mystérieux venu de l'intérieur de la glace.

Sans langue de bois

Ce que l'article montre: Une recherche à l'aveugle du Pierre Auger Observatory (2004-2018) pour des gerbes atmosphériques montantes a trouvé un candidat, compatible avec le fond de rayons cosmiques attendu de 0,27 événement. Si les anomalies d'ANITA venaient d'un flux de telles gerbes, Auger aurait dû en voir environ 34-69 (ou au moins ~8 sous hypothèses conservatrices). Cela défavorise fortement l'interprétation par gerbes montantes, y compris les scénarios de “nouvelle particule” au-delà du Modèle standard.

Ce qui est plausible mais non prouvé: Un effet de réflexion ou de propagation radio près de la glace et de l'horizon, ou un artefact instrumental/d'analyse propre à ANITA.

Ce que cela ne montre pas: Que les événements sont causés par une nouvelle particule; qu'ils sont des signaux venant de sous la glace; que quoi que ce soit de paranormal, artificiel ou audible soit impliqué; que la cause soit désormais connue.

Principales limites: L'intérêt pour une physique au-delà du Modèle standard repose sur environ deux événements; c'est un résultat nul qui contraint mais n'identifie pas; l'exclusion vise spécifiquement l'interprétation par “flux de gerbes”; aucune reproduction indépendante de l'anomalie originale.

Quel degré de confiance pour un lecteur général? Forte confiance que ce n'est *pas* une nouvelle particule confirmée ni un signal venu de l'intérieur de la glace, et que l'interprétation exotique par flux est maintenant fortement défavorisée. Faible confiance sur la vraie cause, qui reste ouverte. Attitude appropriée: curiosité envers une anomalie non résolue, très probablement banale.

Sources

Phys. Rev. Lett. 134, 121003 (2025)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.121003>

Original ANITA-I event (Gorham et al. 2016)

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.071101>

Original ANITA-III event (Gorham et al. 2018)

<https://arxiv.org/abs/1803.05088>

Subsurface-reflection explanation (Shoemaker et al. 2020)

<https://arxiv.org/abs/1905.02846>

PUEO successor instrument — white paper (2021)

<https://arxiv.org/abs/2010.02892>