

Direction Adjointe de la direction Technique Numérique
Groupe d'Etudes et d'Informations sur les Phénomènes
Aérospatiaux Non identifiés

DTN/DA/GP

Toulouse, le 04/07/2024

NOTE D'ENQUÊTE

Un nouveau type d'observation récurrente de PAN :
les flashes de satellites Starlink (ou cluster flares)

1 – CONTEXTE

Depuis l'automne 2022, le GEIPAN a reçu et reçoit toujours un nombre important de témoignages de pilotes de ligne longs et moyens courriers qui relatent l'observation de points lumineux étranges dans leur horizon de croisière.

Ces points brillants sont mobiles, ils apparaissent brièvement dans une zone limitée du ciel tout en décrivant une trajectoire jugée aléatoire. Les périodes d'observation peuvent durer jusqu'à 2 heures.

Après l'étude de ces témoignages, le recoupement des informations, l'étude des supports photographiques et vidéos qui nous ont été confiés ainsi que des recherches web et bibliographiques, le GEIPAN est en mesure d'identifier ces phénomènes qui pourraient être amenés à être vus de plus en plus fréquemment par les pilotes, mais aussi par des observateurs au sol selon une configuration précise.

Ce document complète « la note d'enquête FALCON 9 », qui aborde les observations relatives au rallumage de désorbitation du moteur du deuxième étage de la fusée Falcon et aux trains de satellites dans la période qui suit la séparation (quelques jours à 2 semaines).

<https://www.cnes-geipan.fr/index.php/fr/node/59901>

2 - DESCRIPTION DU PHENOMENE

Les descriptions de PAN signalés au GEIPAN par des pilotes de ligne sont tout à fait similaires, alors que les témoins ne se connaissent pas ; voici des extraits de leurs témoignages :

- *« une série de points lumineux défilant pendant 5 à 10 sec maximum. L'intensité lumineuse est comparable à la lumière de Vénus »*,
- *« des phénomènes lumineux étranges, à savoir trois à quatre points lumineux, au début d'une brillance, au moins pour l'un d'eux, supérieure à une étoile de forte brillance, comme par exemple Vénus »*,
- *« déplacements de points lumineux de façon aléatoire avec variation d'intensité (pouvant faire penser à Sat Irridium mais avec des phases immobiles puis déplacement soudain, à la vitesse d'un satellite) »*,
- *« nous avons commencé à apercevoir des lumières se déplaçant dans le ciel de manière inusuelle. Des points blancs brillants apparaissaient, puis disparaissaient après quelques secondes. La luminosité variait selon les événements, passant parfois par une intensité relativement importante (bien plus forte que la luminosité de Vénus) »*,
- *« lors de plusieurs vols de nuit, j'ai pu observer et faire observer à mes copilotes des points lumineux variables avec des trajectoires extrêmement différentes et des flashes très brefs »*,
- *« nous avons vu, mon équipage et moi, ainsi que l'avion à proximité, des lumières faisant penser à des satellites. La luminosité variait de 0 à l'équivalent Vénus, qui était observable sur la droite. Les trajectoires étaient... aléatoires »*,
- *« une lumière de couleur blanche est apparue, d'abord avec une magnitude apparente d'une petite étoile, puis s'est intensifiée jusqu'à avoir une magnitude de l'ordre de celle de Jupiter, puis a disparu. J'ai le sentiment qu'elle était fixe, mais n'en suis pas certain. Le phénomène a sûrement duré une dizaine de secondes »*.

Il ressort de la compilation des témoignages que les pilotes peuvent observer, dans une zone limitée du ciel (10° de diamètre environ), et ce pendant des intervalles de temps pouvant aller jusqu'à une heure et demie à deux heures, l'apparition d'un ou plusieurs points blancs lumineux (1 à 4), d'intensité variable avec des flashes très brefs. Les apparitions se succèdent, les déplacements varient en vitesse et en direction, ce qui déroute fortement les témoins. Le phénomène est régulièrement comparé à des manœuvres d'avions militaires lointains.

3- DEROULEMENT DE L'ENQUÊTE

Origine du phénomène

Le phénomène est dû à un éclairage bref par le Soleil des satellites Starlink® lorsqu'ils sont à poste et opérationnels selon une configuration bien spécifique expliquée plus loin dans cette note. Nous rappelons que la constellation Starlink® de la société SPACE X peuple l'orbite basse de la Terre (altitude ~550km).

Explication du phénomène

La **figure 1** schématise le peuplement de l'orbite située à 550km de la Terre par la constellation Starlink® mi-2021¹. On constate le déploiement de la constellation avec la flotte de satellites à poste répartis autour du globe (a) et également les trains de satellites constitués de ceux qui ont été lancés et qui sont en attente ou en transit pour regagner leur poste dans le réseau (b).

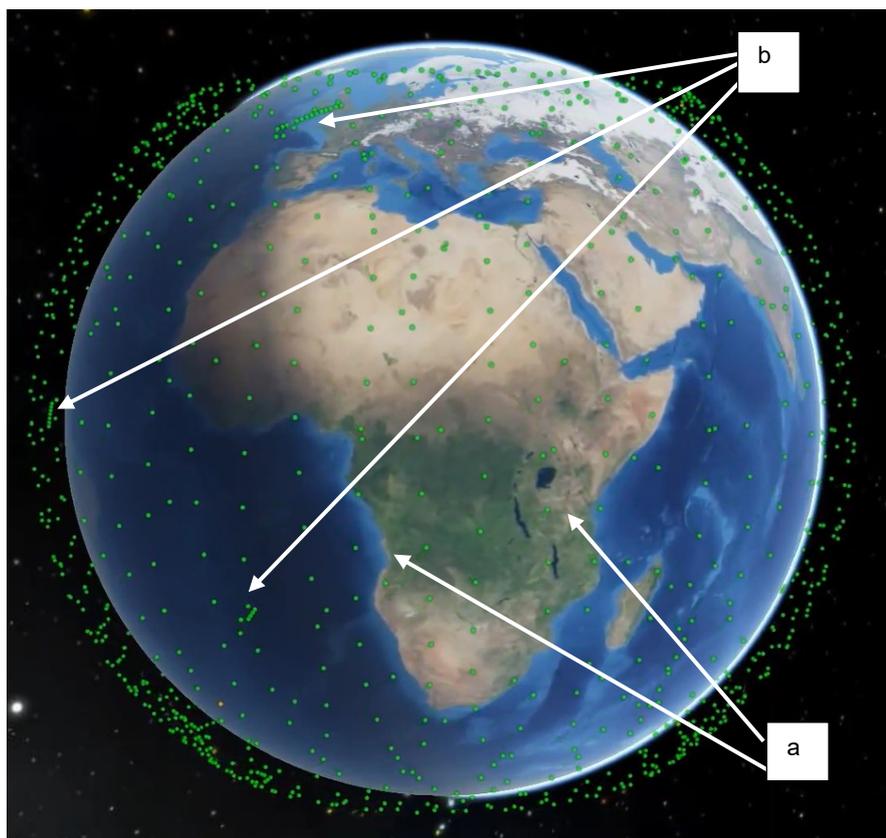


Figure 1 : Constellation Starlink® mi 2021 d'après <https://celestrak.org>.

La **figure 2** schématise la configuration des satellites lorsqu'ils sont à poste et opérationnels, ainsi que celle des satellites lorsqu'ils sont sous forme de « train » c'est-à-dire en attente ou en transit vers leur poste opérationnel.

Dans la phase de transit vers leur poste opérationnel, les panneaux solaires sont déployés « à plat » en mode « open book » afin de réduire la trainée, particulièrement pénalisante à ces faibles altitudes. De ce fait, la réflexion de la lumière du Soleil peut intervenir à la fois sur les panneaux solaires et sur le corps du satellite.

Une fois que les satellites atteignent leur orbite opérationnelle, les panneaux sont en orientation dite « Shark fin », et seules certaines parties de la structure (comme les

¹ Selon <https://celestrak.org> - ~500 satellites lancés depuis 2019

antennes) peuvent réfléchir la lumière. La réflexion des rayons du Soleil sur ces surfaces peut alors, sous une configuration d'éclairement précise, être perçue à l'œil nu depuis un aéronef ou depuis le sol.

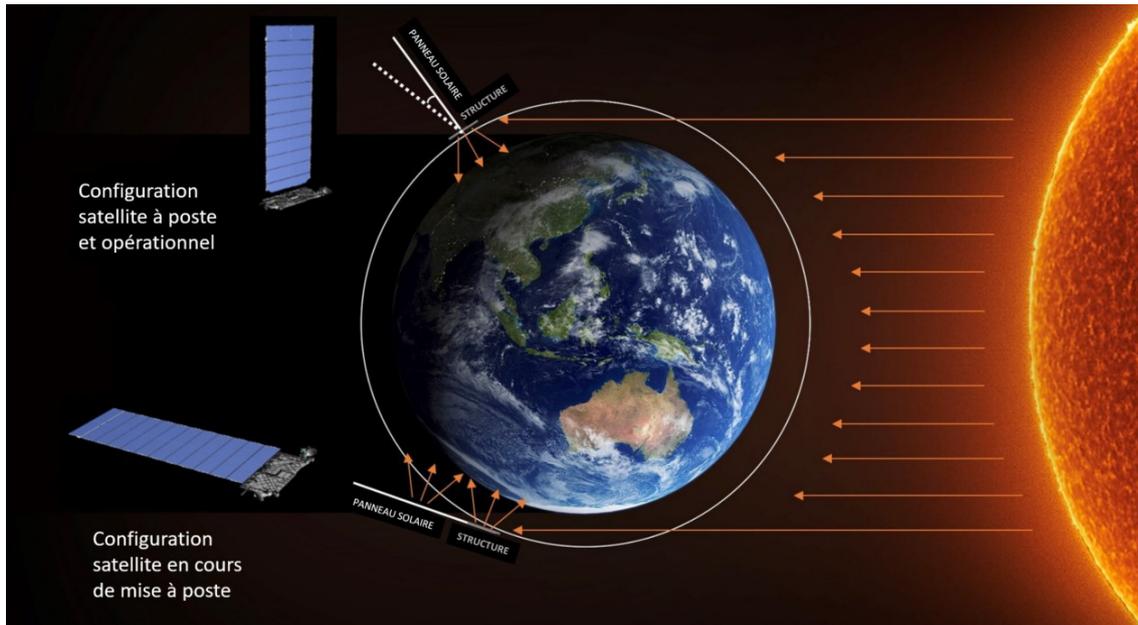


Figure 2 : Eclairage des satellites Starlink® selon leur configuration – crédit @SpaceX

Cette configuration est précisée sur la **figure 3**, soit environ 45° à la verticale de la position du Soleil, lorsque celui-ci se situe entre 30 et 45° sous l'horizon² pour l'observateur, avant son lever ou après son coucher. Ce faisant, les flashes sont visibles au proche de l'horizon, dans une zone de quelques degrés de diamètre apparent.

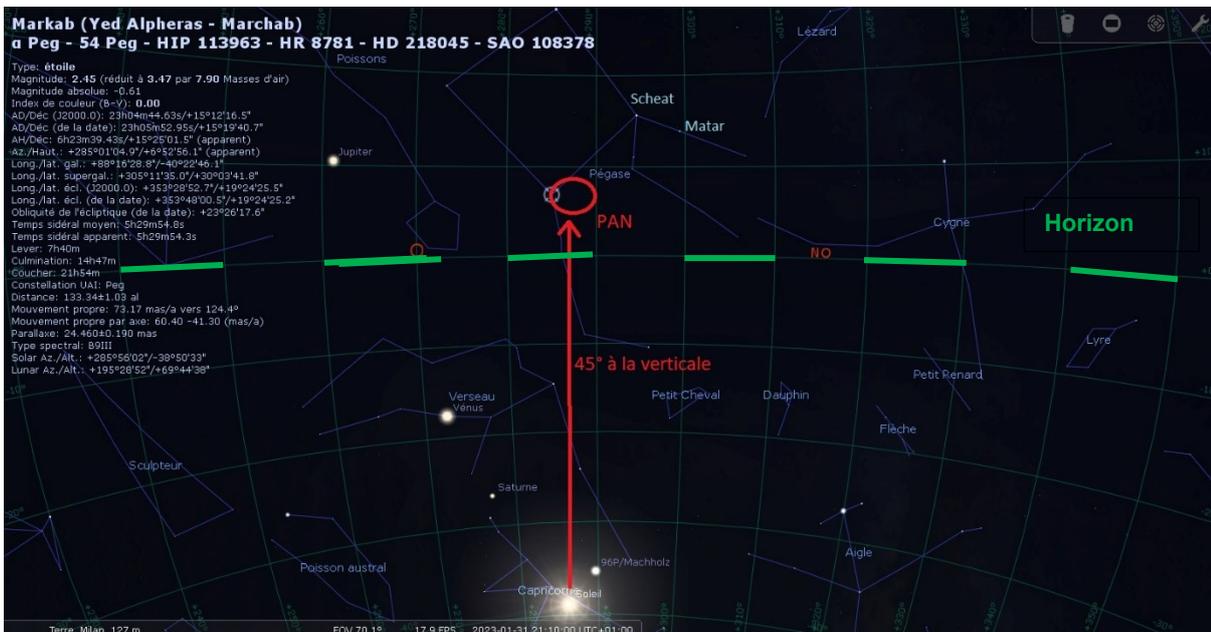


Figure 3 : Exemple de configuration d'éclairement par le Soleil qui permet l'observation du phénomène. Ici soleil à 38° sous l'horizon, PAN visible sous 7° d'élévation ©Stellarium

² Extreme Flaring of Starlink Satellites, Anthony Mallama & AI ; <https://noirlab.edu>

Exemples de manifestation du phénomène :

La **figure 4** présente le phénomène tel qu'il peut être perçu par un pilote. La zone d'observation est ici circonscrite par un cercle. Sur la vidéo, on remarque la caractéristique typique des flashes avec une luminosité qui s'intensifie puis décroît jusqu'à disparition.

Les **figure 5a et 5b** présentent le phénomène tel qu'il peut être perçu depuis le sol par un observateur immobile. Il s'agit en figure **5a** d'une capture par accumulation des traces laissées par les passages de satellites Starlink rendus visibles par la configuration favorable d'éclairage, et en figure **5b** de la superposition du passage de deux satellites Starlink sur deux de ces traces.

La **figure 6** présente une autre observation réalisée au sol. On note le défilement de la voûte céleste accompagnant le lever du soleil et la visualisation localisée des flashes Starlink. Les flashes s'estompent jusqu'à ne plus être visibles lorsque le soleil monte au-delà de 30° sous l'horizon. Cette vidéo a été réalisée depuis Montauk (NY-USA).

Il faut rappeler que l'observation n'est possible que jusqu'à environ 15° d'élévation au-dessus de l'horizon, une zone qui peut donc être facilement masquée : relief, bâtiment, brume ou nuage sur l'horizon, etc. Les pilotes de ligne, en altitude de croisière, sont donc des témoins privilégiés pour ce genre d'observation.

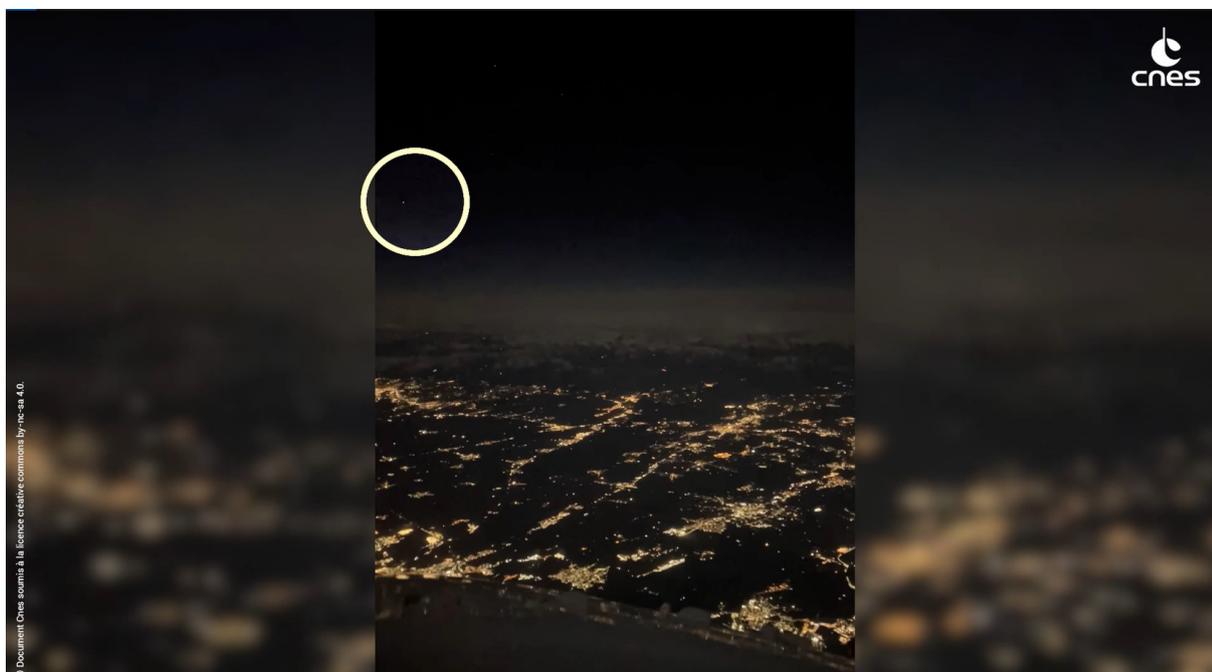


Figure 4 : flashes de Starlink filmés par pilote. Cas [AERO TVF] de AMMAN (JO.AM) vers ORLY (94) 31.01.2023

[cnes-geipan.fr/sites/default/files/Starlink flashes vus par pilotes%40cnes.mp4](https://cnes-geipan.fr/sites/default/files/Starlink%20flashes%20vus%20par%20pilotes%40cnes.mp4)

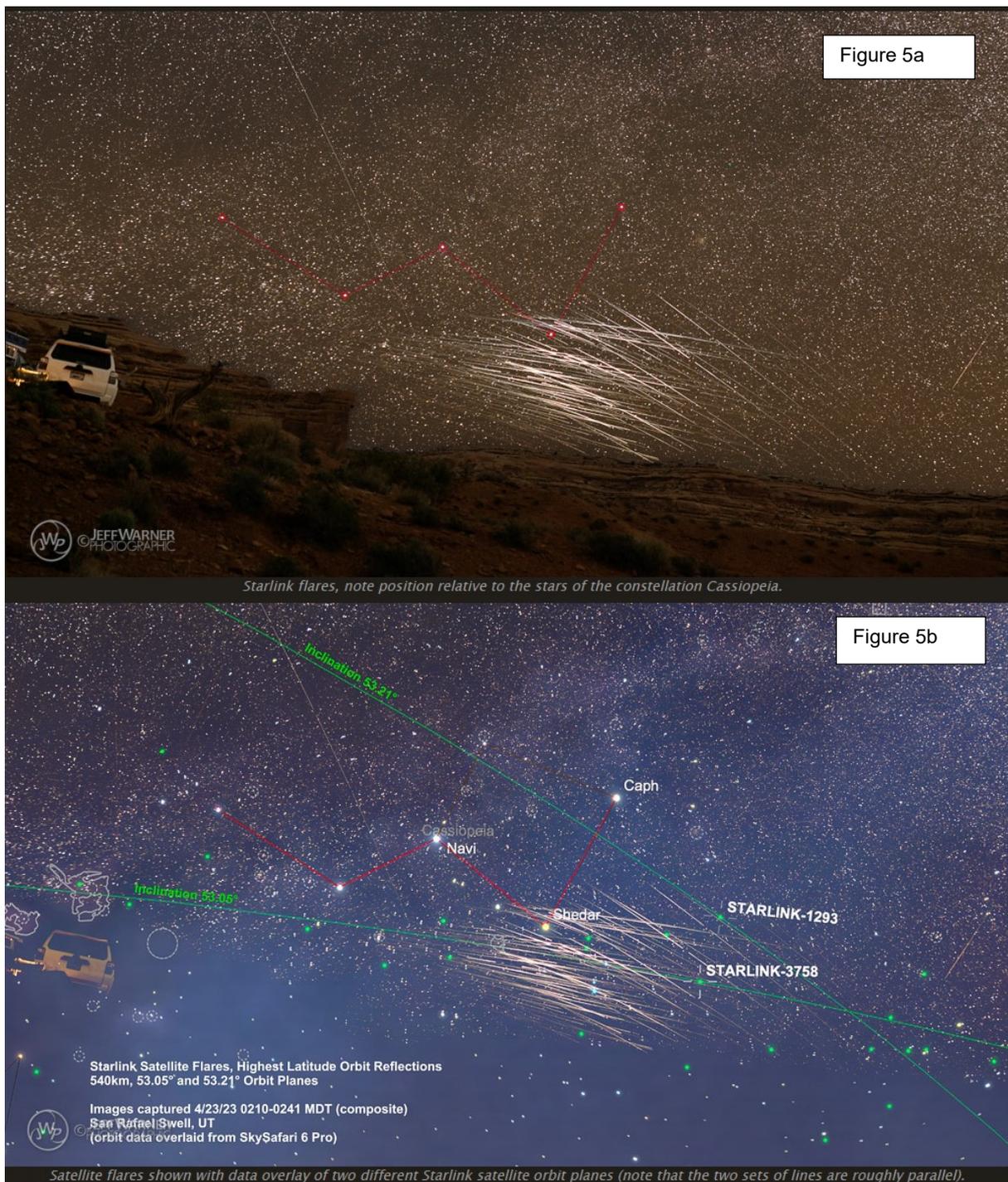


Figure 5a : accumulation de traces Starlink rendues visibles, par les conditions favorables d'éclaircissement.

Figure 5b : superposition du passage de deux satellites Starlink sur deux de ces traces extraits de <https://catchingtime.com/starlink-satellites-flaring-in-cassiopeia/> © JeffWarnerPhotographic.

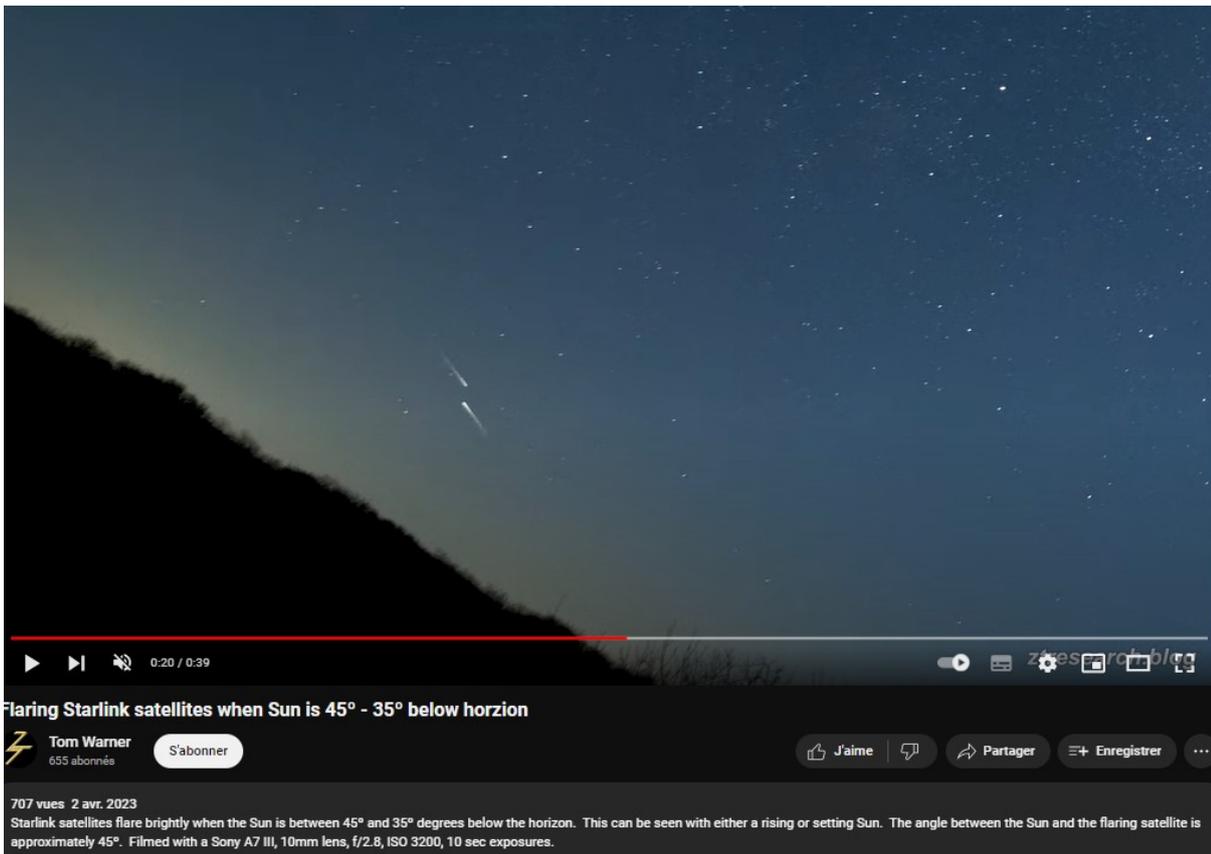


Figure 6 : extrait d'une vidéo prise depuis Montauk(NY) Avril 2023 extrait de <https://www.youtube.com/watch?v=wfx1TgDwAME> ©TomWarner video

Perspectives pour l'avenir :

A la date de publication, la constellation Starlink est toujours en cours de constitution avec environ 6000 satellites à poste (juin 2024) et des perspectives pouvant conduire à en déployer jusqu'à 42000 sur les 8 prochaines années.

Nous nous dirigeons donc vers une augmentation des cas d'observations par les pilotes, voire depuis le sol. Cependant SPACE X travaille sur des solutions permettant de limiter ces reflets qui parasitent déjà les observations d'astronomes³, avec un effet qui pourra potentiellement limiter ces flashes.

Le peuplement (en cours ou à venir) de l'orbite basse par des constellations concerne également d'autres opérateurs : Kuiper d'Amazon (3250 satellites), OneWeb (650 satellites), Boeing (2400 satellites), Samsung (4000 satellites). Leur comportement face aux reflets parasites du Soleil pouvant les rendre visibles sera à étudier.

Observations rapportées et enquêtées au GEIPAN à la date du 30 Avril 2024 :

A ce jour une vingtaine de cas suggérant une observation due à un éclaircissement bref par le Soleil de satellites Starlink® lorsqu'ils sont à poste et opérationnels nous ont été rapportés par des pilotes.

On y retrouve les quatre cas reportés dans le tableau suivant, qui ont donné lieu à un rapport complet. Tous les autres cas seront de ce fait rattachés à cette note pour explication, une démarche qui se répètera pour peu que la description et/ou la configuration d'observation d'un PAN permettra de l'orienter vers cette explication.

³ <https://phys.org/news/2020-05-spacex-theyre-starlink-satellites-visible.html>

Référence du vol Référence GEIPAN du cas	Zone géographique de l'observation	Localisation du PAN	Position du Soleil lors de l'observation
[AERO TVF] de AMMAM (JO.AM) vers ORLY (94) 31.01.2023	Région de Milan	Pégase, près de l'étoile Markab	38° sous l'horizon, 45° à la verticale du PAN
[AERO AFR] de ABIDJAN (CI.AB) vers PARIS (95) 08.04.2023	Algérie	Nord-Est, proche de l'horizon	45 à 35° sous l'horizon, à la verticale du PAN
[AERO AFR] de KINSHASA (CD.KN) vers PARIS (75) 10.04.2023	Méditerranée, de Constantine (Algérie) au golfe du Lion	Constellation d'Andromède entre Lambda, Kappa et Omicron	38 à 29° sous l'horizon, 45° à la verticale du PAN
[AERO TVF] de EREVAN (AM.ER) vers ORLY (94) 13.12.2023	Du lac Balaton (Hongrie) à la descente vers Paris	A environ 3° au Sud-Ouest d'Altaïr	42 à 45° sous l'horizon, 45° à la verticale du PAN

Tableau des cas ayant donné lieu à la publication d'un rapport
sur <https://www.cnes-geipan.fr/>

Notes :

- Ce tableau ne mentionne que des cas observés au cours de vols à destination ou en provenance du territoire national, pour lesquels le GEIPAN est autorisé à enquêter, mais le phénomène est observable depuis les couloirs aériens empruntés pour desservir d'autres destinations par d'autres pilotes⁴, pour peu que les conditions d'éclairement soient réunies.
- Il convient d'indiquer que les premières observations de flashes de satellites Starlink ont été rapportées à partir de l'automne 2022. Outre les cas GEIPAN, cette note s'appuie également sur cette bibliographie provenant majoritairement d'Amérique du nord.

Autres sources relatant le phénomène :

[Satellite flare - Wikipedia](#)

[These UFOs are Starlink Flares, 100% \(youtube.com\)](#)

[We photographed something unexplained! \(youtube.com\)](#)

[Flaring Starlink satellites when Sun is 45° - 35° below horizon \(youtube.com\)](#)

[Starlink Satellites Flaring in Cassiopeia - CatchingTime](#)

[How to See Freaky Starlink "Cluster Flares", Plus the Latest on Comet Lemmon - Sky & Telescope - Sky & Telescope \(skyandtelescope.org\)](#)

[Brightest Starlink Flares | On 18 Nov 23, just after 3AM, I ... | Flickr](#)

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=VmrRGlN1XA>