

The background of the book cover is a dramatic space scene. On the left, a curved horizon of the Earth is visible, showing blue oceans and brownish-yellow landmasses. A bright, glowing blue-white arc of light, possibly a comet or a satellite trail, curves across the middle of the frame. The right side of the image is dominated by a bright, hazy yellow sun. Scattered throughout the dark space are numerous pieces of orbital debris, including satellite components, solar panels, and small fragments.

Eric SIMON

# IMPACT

roman



16 juillet 2025

Keiko s'était versé un thé. Elle avait posé son gros mug rose à côté du clavier. Les deux écrans devant elle étaient constellés de petites icônes vertes. Le dimanche, les bureaux de la JAXA étaient presque tous vides. Keiko n'aimait pas cette ambiance trop silencieuse, elle lui préférait les journées animées emplies de cris et de sonneries de téléphone. Les astreintes de weekend se faisaient à tour de rôle, et ça n'arrivait qu'une fois par an, heureusement. Il n'y avait qu'un seul satellite à surveiller en ce moment. En fait, ce n'était pas un satellite, c'était mieux que ça, c'était un télescope spatial. Ce petit bijou de la technologie nippone était appelé XRISM, un acronyme qui cachait l'objectif de ce télescope assez particulier. Il signifiait X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission, son but étant de produire des images et des analyses spectroscopiques dans le domaine des rayons X.

L'agence japonaise n'était pas seule aux commandes de cet instrument dédié à l'étude des objets les plus violents de l'univers, trous noirs, étoiles à neutrons et autres supernovas. Elle s'était associée à de nombreuses institutions japonaises, mais aussi d'autres pays. Keiko connaissait par cœur l'histoire sinueuse de ce télescope : XRISM était un remplaçant. Il prenait la suite d'un autre télescope du même type qui avait malencontreusement subi une très grave avarie seulement deux semaines après son lancement en 2016. La technologie du télescope Hitomi était bien plus complexe que celle de XRISM et c'était sans doute ce qui lui avait valu sa perte. Sa défaillance en orbite avait été due à une erreur dans son logiciel de contrôle de vitesse de rotation. Au lieu de ralentir sa rotation, le contrôle d'attitude de Hitomi avait généré une accélération. Un simple bug. D'après les analyses de l'époque, sa rotation s'était emballée suite à une correction d'orientation et elle avait fini par disloquer des composants du télescope par la force centrifuge. Cela avait mis fin prématurément à sa courte vie en orbite en créant au passage une petite quantité de débris... Les ingénieurs japonais avaient beaucoup appris de cette grossière erreur de programmation et n'avaient pas refait les mêmes choix logiciels pour

XRISM. Keiko était encore au lycée à cette époque mais elle s'intéressait déjà à la technologie spatiale, même si intégrer la JAXA n'était encore pour elle qu'un rêve. Neuf ans plus tard, elle était devant ses écrans à surveiller les données télémétriques de XRISM, et en même temps avançait sur le rapport qu'elle devait rendre à la fin du mois à son chef de service.

Elle buvait souvent un thé en fin d'après-midi pour se donner du courage pour finir la journée de travail. Keiko était ingénieure d'études en aérologie à l'Institut des Sciences Spatiales et Astronautiques de la JAXA depuis deux ans. Elle étudiait l'effet des variations de densité atmosphérique sur le freinage orbital des satellites en orbite basse. Avec une équipe de chercheurs de l'université de Tokyo, elle participait à un programme de recherche qui visait à comprendre l'impact de l'activité solaire sur les hautes couches atmosphériques. Plus la densité résiduelle de la haute atmosphère était forte et plus les satellites qui se déplaçaient à moins de 400 km d'altitude pouvaient être freinés et ainsi perdre de l'altitude, ce qui les faisait rencontrer plus de molécules de gaz et donc les freinait encore d'avantage, jusqu'à leur rentrée atmosphérique destructive. Des études avaient été menées quelques années auparavant sur le lien qui

existait entre le cycle d'activité solaire de onze ans et l'évolution à long terme de la densité des plus hautes couches atmosphériques. Le lien de causalité avait été démontré. La haute atmosphère devenait plus dense au moment des maxima solaires et les satellites en orbite basse, en LEO, comme on disait, subissaient plus de freinage orbital par périodes de onze ans. On était en ce moment même au maximum du cycle 25 du Soleil, et l'équipe du professeur Toshimura avait suivi de près l'évolution de la haute atmosphère ces cinq dernières années, à l'aide de minisatellites qu'on appelait parfois des cubesats.

Keiko et l'équipe du professeur Toshimura montraient dans leur étude que le risque d'échec d'un lancement de satellite en orbite basse au cours des maxima d'activité solaires était sept fois plus grand que lors des minima solaires. Le rapport que Keiko écrivait pour son supérieur direct était un résumé de l'étude à laquelle elle avait participé pour le compte de l'agence japonaise. Heureusement, XRISM avait été lancé en 2023, sans trop de retard et sans trop de risques.

Alors qu'elle remuait son thé en jetant un œil sur l'écran de contrôle du télescope, tous les voyants passèrent

brusquement de vert à rouge clignotant. Keiko eu le réflexe bizarre de regarder quelle heure il était : 17h13.

Elle n'avait jamais vu ça. Tous les indicateurs de télémétrie étaient passés au rouge en même temps. C'était complètement anormal, comme si plus rien ne fonctionnait en même temps, même les éléments redondants qui donnaient de la robustesse dans les communications avec ce genre de satellite, suivi par plusieurs antennes dans le monde. En un éclair, Keiko repensa à Hitomi. Face à une anomalie de télémétrie de cette ampleur, elle ne pouvait rien faire d'elle-même. Keiko prit le téléphone et appela immédiatement le numéro d'urgence qui était noté dans le manuel de la procédure d'urgence. C'était le numéro de portable de monsieur Kitano, le responsable scientifique de XRISM à l'Institut des Sciences Spatiales et Astronautiques.

Keiko fut brève. Elle demanda ce qu'elle devait faire après avoir décrit ce qu'elle voyait sur ses écrans. La réponse fut non moins brève : « J'arrive ! ».

\*\*\*

Monsieur Kitano arriva douze minutes après l'appel de Keiko. Il avait la chance, ou la malchance, d'habiter à

Sagamihara même, dans le quartier de Fuchinobe, non loin des universités. Alors que d'ordinaire, il venait à l'Institut à pied, il était venu en voiture. A son arrivée, Keiko s'excusa plusieurs fois de l'avoir dérangé par un dimanche ensoleillé et s'excusa de ne pas avoir pu régler le problème elle-même. Elle était confuse. Kitano lui répondit qu'elle n'y était absolument pour rien et qu'elle avait fait ce qu'il fallait dans une telle situation. Il s'assit devant les écrans de contrôle et observa les indicateurs durant quelques secondes. Il ne disait pas un mot. Keiko alla s'installer au bureau situé dans le fond de la salle, attendant de savoir ce qu'elle aurait à faire dans les quelques heures d'astreinte qu'il lui restait. La climatisation ronronnait.

Elle ne pouvait pas croire qu'il soit arrivé la même chose à XRISM que ce qu'avait subi Hitomi. Cela faisait déjà deux ans que XRISM était en orbite et qu'il fonctionnait à merveille. Les astrophysiciens du monde entier l'utilisaient tous les jours et il avait montré d'excellentes performances de détection. Et heureusement que XRISM était là car l'autre grand télescope à rayons X, le télescope Chandra de la NASA, avait subi une énième défaillance de gyroscope l'année précédente ce qui l'avait rendu inutilisable. Mais celui là avait bien vécu,



presque un quart de siècle en orbite, un beau record seulement battu par l'incroyable télescope Hubble.

Keiko espérait vraiment que ce qui se passait avec XRISM n'était qu'un problème de communication. Elle voyait monsieur Kitano au téléphone l'air soucieux et entendait seulement des bribes de phrases. Il raccrocha et continua à travailler avec un logiciel que Keiko ne connaissait pas. Elle se replongea dans son rapport. Après une dizaine de minutes, le téléphone à côté de Kitano sonna et il répondit en un éclair. Keiko voyait son air soucieux à l'écoute de son interlocuteur. Puis il parla pendant un long moment, suffisamment fort pour que Keiko entende.

« Il nous faut ces observations radar dès que possible, faites le nécessaire auprès de nos partenaires américains. De notre côté, les tests de communication seront répétés toutes les cinq minutes sans interruption jusqu'à obtention d'une réponse. Les différents canaux sont utilisés. »

Il raccrocha, se leva lentement et se dirigea vers Keiko. Il lui dit d'un ton grave :

« XRISM ne répond plus à aucune commande, même sur le canal de secours... Il est très possible que nous l'ayons perdu. Nous allons mener des observations radar pour voir si des débris se trouvent à sa proximité... Ce serait une catastrophe !

— Je suis désolée... Que puis-je faire pour vous aider ? répondit la jeune femme.

—J'ai lancé une procédure spéciale qui envoie des commandes et écoute le résultat toutes les cinq minutes. Il faut veiller à ce que le système ComLink exécute correctement ces appels. Vous pouvez effectuer cette surveillance ?

—Oui, bien sûr !

—Je vais me rendre tout de suite au siège de l'Agence à Chofu. Expliquez juste la situation à celui qui prendra votre relève ce soir. Un mémo de situation a été envoyé à tous les collaborateurs de l'Institut, il devrait connaître les grandes lignes.

—Très bien monsieur. Elle se pencha pour le saluer.

Kitano disparut rapidement, le visage fermé.

Keiko se réinstalla au bureau de contrôle et posa son portable au bout de la table. Elle se disait que si monsieur Kitano évoquait déjà d'éventuels débris, il devait malheureusement imaginer une fin comme celle qu'il avait connue avec Hitomi neuf ans auparavant. Mais pourquoi une défaillance de ce type serait survenue plus de deux ans après la mise en service du télescope, se demandait Keiko. Un défaut du même type d'origine logicielle serait survenu bien avant, sachant que le télescope a été réorienté et repositionné à de multiples reprises depuis 2023. Keiko repensa soudain au rapport d'étude qu'elle était en train de rédiger sur l'impact de l'activité solaire, en se souvenant qu'on était en plein maximum. Elle savait que XRISM évoluait sur une orbite basse à seulement 550 km d'altitude, c'était même un peu plus bas que Hitomi dont les restes se trouvaient encore à 575 km au dessus de nos têtes. C'était une grosse différence avec les autres grands télescopes à rayons X comme Chandra et XMM-Newton, qui eux, avaient des orbites elliptiques qui allaient jusqu'à 100 000 km d'altitude. Chandra avait d'ailleurs peut-être dû son extrême longévité à ses révolutions bien au-delà de l'orbite géostationnaire...

Keiko alla sur le site de référence le plus complet qui monitorait en continu l'activité magnétique du Soleil et ses éruptions, accompagnées, ou non, d'éjections de masse coronale qui pouvaient atteindre l'orbite basse terrestre. Il était géré par l'agence américaine NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) qui avait une entité entièrement dédiée à la « météo spatiale » comme les américains l'appelaient. Le site du Space Weather Prediction Center permettait de voir en un coup d'œil la situation et l'historique des jours et mois précédents.

Ce que vit Keiko la stupéfia. Une gigantesque éruption solaire venait d'avoir lieu trois jours avant, accompagnée d'une éjection de masse coronale de classe X qui se dirigeait en direction de la Terre. Elle savait que ces éjections de plasma magnétisé étaient bien plus lentes que le rayonnement X ou gamma du Soleil, elles pouvaient mettre entre un jour et quatre jours pour parcourir la distance séparant le Soleil et la Terre. Et Keiko savait aussi que des satellites avaient déjà été endommagés par de telles bouffées de plasma solaire qui avaient complètement grillé leurs circuits électroniques.

La jeune femme frémit à l'idée d'une causalité entre cette éruption et la perte de communication avec XRISM. En revanche, c' étaient surtout les satellites situés sur des orbites polaires qui étaient le plus touchés par les éjections de masse coronale. Or, XRISM était sur une orbite beaucoup plus proche de l'équateur. Il devait être moins impacté, se disait-elle. Pour savoir quand exactement l'éjection de masse coronale était arrivée au niveau de la Terre, si elle était déjà arrivée, il suffisait de vérifier si des aurores polaires avaient été observées. Une coïncidence temporelle entre la date d'arrivée de l'EMC et la perte des signaux de XRISM serait un indice crucial.

Il n'y avait pas que les satellites en orbite qui pouvaient être fortement impactés par les EMC, au niveau du sol, les réseaux de distribution d'électricité pouvaient aussi être grandement perturbés. Les éjections de masse coronale pouvaient créer des courants électriques dans l'ionosphère qui, à leur tour, généraient des courants électriques à l'intérieur de l'écorce terrestre. Et ces courants électriques se déplaçaient sur les chemins les plus courts, comme les pipelines et les lignes à haute tension. Ils pouvaient être à l'origine d'importantes surtensions au niveau des transformateurs pouvant

aller jusqu'à les détruire. Un exemple mémorable de ce phénomène était le blackout qu'avait subi le Québec en mars 1989, et qui avait privé six millions de personnes d'électricité pendant neuf heures en plein hiver. Depuis cette date, l'interconnexion des réseaux entre les pays s'était fortement accrue, ce qui rendait le monde entier plus fragile encore. Keiko connaissait l'histoire. Le blackout canadien avait eu lieu exactement lors du premier pic du maximum d'activité du cycle solaire 22. On était en ce moment juste après le premier pic du cycle 25...

Entre deux coups d'œil sur ComLink pour surveiller que les appels vers le télescope étaient bien lancés, Keiko rechercha toutes les informations intéressantes sur les anomalies magnétiques de l'atmosphère qui avaient été observées depuis trois jours.

\*\*\*

Il était exactement 19h quand Keiko entendit des pas dans le couloir derrière elle. Elle se retourna et vit son collègue Akira Kochiba qui venait la remplacer pour la nuit. Keiko lui expliqua la situation et l'invita à regarder ses messages pour avoir plus d'informations en provenance de leur hiérarchie. Mais Keiko ne dit rien sur

les informations qu'elle avait déjà rassemblées au sujet de la tempête magnétique qui venait d'avoir lieu. Il était encore trop tôt, pensait-elle, et elle avait besoin d'obtenir d'autres informations pour pouvoir prouver un lien de causalité avec le dysfonctionnement de XRISM.

Keiko Tanamura quitta le bâtiment de l'ISAS pour se retrouver dans la moiteur d'un orage naissant. Avant que n'arrive son remplaçant d'astreinte, elle avait un peu mis de côté la rédaction de son rapport d'étude pour chercher tout ce qu'elle pouvait trouver sur l'éruption solaire qui avait eu lieu. Elle avait compris que l'éjection de masse coronale avait très probablement atteint la Terre quelques heures avant qu'elle ne découvre toutes les icônes rouge clignotantes sur son écran de contrôle. Malheureusement, il était illusoire de chercher des témoignages d'apparition d'aurores dans l'hémisphère nord à cette période de l'année. Au mois de juillet, la nuit était quasi inexistante au-delà du cercle polaire arctique. C'était donc du côté de l'hémisphère sud, et peut-être même directement vers l'Antarctique qu'il fallait se tourner. Si des aurores intenses y avaient été observées ces dernières heures, le flux de protons détecté par la sonde Konus-Wind qui était mentionnée

dans les rapports de la NOAA peu de temps avant 17h13 serait probablement la partie avant de ce blob de plasma solaire, et la coïncidence temporelle avec la défaillance de XRISM serait établie.

Keiko avait vérifié que la position du télescope à ce moment là était du côté jour, et qu'il n'était donc pas protégé par l'écran naturel que formait la Terre face au Soleil la moitié du temps. Après vingt minutes de marche dans la chaleur du soir, elle arriva bientôt à la gare de Fuchinobe pour prendre son train en direction de Yokohama.

En montant dans la rame délicieusement climatisée, Keiko pensait à la façon qu'elle devrait employer pour proposer au responsable scientifique de la mission son idée d'un lien avec l'éruption solaire. Elle voulait être la première à le faire avant que d'autres aient eu l'idée de faire cette association. Elle avait noté sur son portable le numéro de monsieur Kitano qu'elle avait dû appeler quelques heures auparavant. Comme il savait maintenant qui elle était, elle pourrait facilement le contacter, se disait-elle. Elle utilisa la grosse heure de trajet qui la séparait de Yokohama pour continuer à chercher des informations sur d'éventuelles aurores



australes qui auraient lieu actuellement ou dans les heures précédentes, que ce soit à la pointe sud du Chili, en Nouvelle Zélande ou aux différentes bases scientifiques antarctiques. Il était 20h au Japon, ça faisait 8h du matin au Chili et minuit en Nouvelle-Zélande. La nuit venait de se finir au Chili et était déjà bien entamée dans le pays du long nuage blanc. Concernant l'Antarctique, la question ne se posait pas. Keiko parcourait le web à la recherche d'indicateurs de perturbations magnétiques issues de stations scientifiques, que ce soit dans l'hémisphère nord ou sud ainsi que de témoignages oculaires d'aurores de la part de Chiliens ou de Néo-Zélandais, mais aussi éventuellement en provenance des quelques centaines de personnes qui devaient hiverner dans les bases antarctiques. Elle se souvenait avoir vu une fois au cours d'une errance internet qu'un scientifique suédois en mission en Antarctique postait des images d'aurores polaires, mais elle ne se souvenait malheureusement pas de son nom. Elle essayait de retrouver sa trace frénétiquement alors que le train quittait la gare de Nagatsuta.

La voiture était au trois quarts vide. L'écran central indiquait la météo régionale du lendemain, encore

chaude et ensoleillée avec orages en soirée, puis la carte fut remplacée par celle du trajet restant ainsi que la vitesse actuelle du train. On avait fait à peu près la moitié du chemin et avant d'arriver à Yokohama, il y avait encore trois arrêts : à Tokaichiba, Nakayama et Kamoi. On arriverait à 20h29. La plupart des personnes présentes dans la voiture étaient plongées sur leur terminal personnel ou leur laptop. Keiko avait mis ses écouteurs pour tromper le silence. Elle écoutait un vieil album de Shonen Knife qui singeaient les Ramones.

Keiko retrouva enfin son glaciologue suédois. Il se nommait Magnus Andersen et il n'était visiblement plus sur la base de McMurdo, mais bien au chaud chez lui à Stockholm. Mais il continuait apparemment à s'émerveiller des aurores polaires. Andersen partageait des photos de ses collègues qui se trouvaient en Antarctique. Keiko souriait. Il n'avait rien posté sur ses réseaux sociaux depuis deux jours, mais ça ne voulait pas forcément dire qu'il ne s'était rien passé depuis quelques heures.

Keiko poursuivait ses recherches de témoignages visuels alors que le train arrivait dans les premiers quartiers de Yokohama. C'est au niveau de Toriyamacho

et du stade que Keiko poussa un petit cri qui fit lever la tête à deux quadragénaires qui se trouvaient à trois rangées devant elle. Sur son écran était affichée l'image d'une magnifique aurore d'un vert fluorescent, elle venait d'être postée par Magnus Andersen sur son compte Mastodon. Le chercheur suédois disait pour accompagner la photo qu'elle venait d'être prise depuis la base antarctique de McMurdo. Il était 20h25. Andersen ne mentionnait pas l'heure exacte de la photo, mais on pouvait penser qu'elle datait de moins d'une journée, voire de quelques heures. Le plasma solaire était donc bien arrivé au niveau de la Terre. Keiko lui demanda à quelle heure la photo avait été prise. Andersen lui répondit dans la foulée. Il l'avait reçu une demi-heure plus tôt. Le train venait de s'immobiliser sur le quai de la gare de Shin-Yokohama. Keiko glissa son laptop dans son sac à dos, rangea sa gourde et sauta sur le quai pour courir vers l'escalator du métro.

\*\*\*

Keiko vivait toujours chez ses parents. Ils étaient actuellement en voyage en Amérique Latine. Elle avait la maison pour elle toute seule, ce qui la réjouissait. Dès qu'elle arriva, elle alluma son enceinte connectée avec la

volume presque au maximum et lança un morceau de Dinosaur Jr. Elle posa son laptop sur la petite table et continua à chercher des images d'aurores de moins de 24h. Elle voulait accumuler le plus de preuves possibles avant de contacter monsieur Kitano.

Après avoir trouvé un nouveau témoin qui avait vu une aurore exceptionnellement brillante dans la petite ville de Punta Arenas quelques heures plus tôt, Keiko se sentait prête pour appeler le responsable scientifique de XRISM pour lui parler des effets des éruptions solaires sur les systèmes électroniques des satellites et de cette éruption extrêmement puissante qui venait d'avoir lieu.

Il était juste un peu plus de 21 heures, elle pensait qu'elle pouvait encore appeler à cette heure, surtout dans cette situation d'urgence.

« Bonsoir Mr Kitano, je suis Keiko Tanamura, de l'ISAS, je vous ai appelé cet après-midi au sujet du problème de XRISM lors de mon astreinte au centre de contrôle... Je voulais vous parler d'une cause probable de la défaillance...

— Oui ? Dites-moi, répondit sèchement Kitano.

— Et bien, il y a eu une très forte éruption solaire il y a 3 jours, c'est l'éruption de classe X qui est nommée ATHK-87 par la NOAA. Elle a produit une éjection de masse coronale. Et cette éjection était dirigée exactement vers la Terre. Et elle est arrivée il y a quelques heures, des aurores australes très puissantes ont été observées à plusieurs endroits de l'hémisphère sud au même moment que l'anomalie de XRISM. Comme vous le savez, de tels flux de plasma magnétisé peuvent endommager les circuits électroniques des satellites. J'ai vérifié quelle était la position de XRISM à 17h13 et il n'était pas écranté par le globe, le flux de l'éjection de masse coronale est arrivée directement sur lui...

Après deux secondes de silence, Keiko entendit un souffle puis Kitano dit :

— Oui... cela aurait pu être une raison... Mais je viens de recevoir les résultats des observations radar de la NASA. Il y a des débris autour de la position de XRISM...

— Des débris ... chuchota Keiko.

— Si il y a des débris, cela signifie qu'il y a eu une fragmentation qui ne peut être due qu'à un impact... Parce que le télescope était en pause à ce moment, il n'y

avait aucune manœuvre de positionnement. Cela ne peut pas être produit par une défaillance du télescope comme ce que nous avons pu connaître dans le passé sur le télescope Hitomi...

— Je suis désolée... Je voulais vous aider à trouver l'origine de l'anomalie... Excusez-moi, je suis désolée. Keiko s'excusait platement d'avoir dérangé monsieur Kitano. Elle ne voulait pas lui prendre plus de temps. Après s'être à nouveau excusée, elle prit congé en espérant que Kitano ne se souviendrait bientôt plus d'elle.

Si Kitano disait vrai, ce dont on ne pouvait pas douter, c'était dramatique. Keiko savait que le problème des débris spatiaux devenait chaque jour plus grave. Mais perdre un télescope spatial comme XRISM à cause de ça était une chose à laquelle elle n'aurait jamais cru.

25 juillet 2025

La situation était inédite. Les japonais voulaient le nom du responsable de la perte de leur télescope pour qu'il leur rende des comptes, et surtout pour qu'il rembourse la perte financière qu'ils avaient subie. C'était comme trouver une aiguille dans une botte de foin. Il fallait pour commencer déterminer quels types de débris avaient pu causer la fragmentation de XRISM, c'est-à-dire quelle taille et quelle masse il pouvaient avoir pour produire les deux cent treize morceaux de plus de 10 cm qui entouraient maintenant le télescope défunt. Il fallait également calculer quelle était sa trajectoire et c'était certainement le plus important pour comprendre l'origine probable de cet impact.

La décision avait été prise rapidement au plus haut niveau de la JAXA. Une équipe de modélisateurs avaient été mise en place. Ils avaient pour objectif de reproduire par simulation l'impact qu'avait subi XRISM en faisant varier les paramètres orbitaux et les caractéristiques du

débris impacteur jusqu'à trouver le meilleur accord avec les débris du télescope qui étaient observés et désormais suivis de près.

Des volontaires furent demandés au sein du Service d'Aérologie pour participer à ce groupe d'étude et fournir des données sur les effets de freinage qui pouvaient impacter certains satellites, surtout au début de leur insertion en orbite et encore plus lors d'une éruption solaire comme celle qui avait eu lieu. Même s'il fallait le prendre en compte, ce n'était pas le freinage atmosphérique accru de XRISM lui-même qui était en question ici, bien incapable de mener à une fragmentation en l'espace de quelques heures. Les ingénieurs japonais voulaient savoir en revanche si une anomalie de trajectoire lors de l'insertion orbitale d'un petit satellite qui aurait eu lieu à ce moment là n'aurait pas pu le conduire à une collision avec le télescope à rayons X. Avec la rencontre de débris anciens résiduels, c'était le second scénario qui était envisagé. Les ingénieurs japonais se souvenaient qu'en 2009 avait eu lieu la première collision entre deux satellites de communication en orbite basse. Le satellite américain Iridium-33, qui était alors en activité, avait percuté le vieux satellite russe Kosmos-2251, qui était inactif



depuis longtemps. Cette collision avait par ailleurs produit plus de 18 000 gros débris, sans compter l'immense masse engendrée de débris de plus petite taille.

Les premiers calculs grossiers indiquaient que le débris impacteur de XRISM, en fonction de ses paramètres d'impact, qui n'avaient pas encore été calculés avec précision, pouvait avoir une taille comprise entre un boulon et un petit satellite de communication de type satellite de constellation. Lorsque leur chef de Service leur demanda qui était volontaire pour participer à ce groupe d'étude que l'ISAS mettait en place, Keiko ne réfléchit pas longtemps. C'était elle qui avait vu en direct la destruction de XRISM, et elle se sentait le devoir d'aider à trouver l'origine de cet impact, comme elle avait essayé de le faire dans les heures qui avaient suivies cet instant funeste.

Après s'être portée volontaire, Keiko fut rapidement mise en contact avec le responsable de la cellule d'investigation, qui était le nom officiel de ce groupe d'une trentaine d'ingénieurs et de chercheurs spécialistes de différents domaines, depuis les calculs de trajectoire jusqu'à la thermique, en passant par la

physico-chimie et l'aérologie. Celui qui avait été nommé à la tête de la cellule par la direction de la JAXA et de l'ISAS n'était autre que Takeshi Watanabe, que Keiko connaissait un peu. C'était le chef du service d'étude des risques au sein de l'ISAS, quelqu'un de très rigoureux mais toujours à l'écoute, à l'affût du moindre détail insignifiant qui pouvait révéler quelque chose de plus important. Il était notamment l'un des nombreux destinataires prévus du rapport que Keiko était en train de terminer au sujet des variations de densité atmosphériques liées aux éruptions solaires pouvant entraîner une décroissance orbitale prématurée. Mais cette note ne sortirait pas tout de suite puisque Keiko avait été missionnée officiellement dans la cellule d'investigation et elle devait immédiatement mettre de côté son activité habituelle pour se consacrer à 100% aux investigations. C'étaient les ordres de la hiérarchie. Le rapport d'étude pouvait attendre, la compréhension de l'origine de la destruction de XRISIM ne le pouvait pas.

La première réunion de la cellule eut lieu le soir même dans la grande salle de réunion du siège de l'ISAS à Sagamihara. Les différentes pistes d'investigations furent présentées, avec pour chacune d'elles le rôle

attendu de chacun et le planning qui était attendu. Une dizaine d'ingénieurs et de chercheurs spécialistes étaient affectés aux diverses modélisations et simulations d'un impact sur le télescope. Pour cela, ils utiliseraient un jumeau numérique du télescope qui avait la chance de déjà exister. Ce jumeau numérique représentait avec exactitude l'instrument dans ses moindres détails, jusqu'à la peinture qui recouvrait les parties les plus sensibles au rayonnement thermique. Une dizaine d'autres eurent la charge de rechercher dans les catalogues et dans les observations les plus récentes tous les débris susceptibles de croiser l'orbite de XRISM, ceux de plus de 10 cm, mais aussi ceux moins bien caractérisés qui pouvaient faire entre 1 cm et 10 cm, voire moins de 1 cm. Et il fallait aussi pouvoir mettre un nom sur chacun de ses débris pour pouvoir nommer le coupable. Quant à Keiko, elle fut chargée d'un aspect très particulier qui concernait les plus gros débris auxquels les responsables de l'Institut avaient songé : des satellites entiers. Sachant qu'il venait d'y avoir une grosse éruption solaire avec éjection de masse coronale ayant atteint la Terre au moment de la perte de XRISM, et Keiko étant spécialiste des effets indirects que de telles éruptions pouvaient provoquer sur les satellites en

orbite basse, Takeshi Watanabe lui confia la mission de déterminer si un satellite en cours d'insertion orbitale à ce moment là aurait pu être perturbé par l'éruption solaire d'une manière ou d'une autre, ce qui aurait pu produire une trajectoire incontrôlée qui l'aurait mené à une collision. Keiko trouvait l'idée brillante et elle s'en voulait de ne pas y avoir songé elle-même avant. Plutôt qu'un effet électromagnétique direct, l'éruption solaire pouvait théoriquement produire un effet indirect en perturbant non pas le télescope mais un autre satellite potentiellement plus sensible à ces phénomènes. De nos jours, des centaines de satellites de constellations étaient lancés chaque semaine et on ne pouvait pas exclure un tel scénario.

\*\*\*

Keiko arriva tôt le lendemain matin pour s'attaquer au plus vite à la question qui lui avait été posée. Pour commencer, elle décida de recenser tous les satellites qui avaient été lancés dans les dix jours qui précédaient le 16 juillet, et pas seulement les satellites des constellations, même si elle se doutait qu'ils représenteraient la très grande majorité. De nombreux satellites prenaient plusieurs jours avant d'arriver sur

leur orbite définitive et c'était à ce moment là qu'ils étaient les plus vulnérables à une variation soudaine de densité de la très haute atmosphère. L'effet naturel était un freinage atmosphérique accru qui précipitait le satellite vers une orbite plus basse et donc vers sa désintégration lors de sa retombée, mais il existait certains cas de figures dans lesquels l'échauffement additionnel pouvait endommager le système de navigation et produire un déclenchement inopiné du système de repositionnement qui pouvait produire une brutale accélération dans n'importe quelle direction, pas seulement vers le bas mais aussi vers une orbite plus haute. C'était dans ce cas une perte de contrôle totale et un tel satellite devenait alors un débris de grande taille et de grande masse qui ne retomberait que plusieurs années plus tard si ce n'est plusieurs dizaines d'années plus tard. Keiko avait étudié différents cas qui s'étaient produits dans la dernière décennie. Elle savait qu'elle ne devait négliger aucun type de satellite, hormis peut-être ceux qui n'avaient pas de système de repositionnement mais ils étaient désormais minoritaires.

La JAXA avait demandé un soutien aux américains de la NASA et du Space Surveillance Network, le SSN, pour élucider la perte de XRISM. Grâce à cet accord au plus

haut niveau, tous les ingénieurs et chercheurs japonais de la cellule d'investigation avaient chacun la possibilité de mettre à contribution un ou plusieurs ingénieurs du Orbital Debris Program Office de l'agence spatiale américaine ou bien du SSN, qui dépendait des militaires de l'US Space Com.

Keiko savait que les équipes de modélisateurs s'étaient déjà rapprochés de la NASA pour pouvoir utiliser leur code de modélisation des débris ORDEM 3.3. Sa base de données répertoriait des débris d'une taille comprise entre 10  $\mu\text{m}$  et 1 m et était mise à jour tous les ans désormais. XRISM en ferait bientôt partie... Les débris déjà existants n'étaient pas ce sur quoi Keiko devait travailler, en revanche elle aurait besoin des militaires américains pour avoir les informations les plus récentes et les plus précises sur des pertes de satellites. Elle savait qu'il ne fallait pas se fier aux informations des compagnies privées qui lançaient des satellites relais par dizaines chaque semaine. Il était évident qu'elles avaient toujours minimisé leurs échecs, et cela dès leurs débuts à la fin des années 2010.

Keiko décida de contacter le SSN en passant par le chef de la cellule, le docteur Watanabe parce que c'étaient des

militaires. Avec la NASA elle n'aurait pas pris trop de pincettes. Elle souhaitait avoir un contact qui pourrait lui fournir des informations fiables sur les pertes de satellites dans les jours qui suivaient leur lancement, notamment concernant Skylink qui était toujours de loin le leader sur ce marché. Des cas de pertes de satellites par Skylink avaient été rapportés dans les années précédentes, mais depuis l'été 2023 qui avait vu plus de 200 unités perdues en l'espace de seulement deux mois, Skylink s'était complètement muré dans le silence au sujet de ses échecs. Seuls les officiels des agences gouvernementales devaient être en mesure de fournir des informations suffisamment fiables. Et concernant les satellites chinois, là, c'était encore plus obscur pour le grand public. Même la population chinoise ignorait l'ampleur du déploiement de la constellation Guowang par la compagnie d'état China SatNet. On savait juste que ça existait. Mais le SSN devait très probablement en savoir beaucoup plus.

Suite à sa demande, Keiko fut rapidement mise en contact avec une certaine Laurie Cortez du réseau de surveillance militaire américain. Le réseau américain avait été bâti pour assurer la surveillance de l'espace grâce à de nombreuses installations radar situées un peu

partout dans le monde. Son objectif principal était de catégoriser et d'identifier tous les objets en orbite pour donner l'alerte en cas d'attaque de satellite. Le SSN avait construit une énorme base de données qui rassemblait les horaires de passage de tous les satellites qui passaient au-dessus des armées états-uniennes où qu'elles se trouvent dans le monde, c'est-à-dire sur tous les continents.

La base de données du SSN devait pouvoir cartographier la position actuelle des objets en orbite ainsi que prédire leur trajectoire future. Historiquement, l'objectif de l'ancêtre du SSN dans les années de guerre froide avait été d'éviter qu'un objet spatial rentrant dans l'atmosphère terrestre, et qui aurait ressemblé à un missile sur une détection radar, ne déclenche une fausse alerte du système antimissile des Etats-Unis ou d'autres pays.

C'est aussi le SSN qui informait la NASA lorsqu'un objet s'approchait trop près de la Station Spatiale Internationale afin qu'elle fasse une manœuvre d'évitement pour ne prendre aucun risque de collision. Ces manœuvres étaient de plus en plus fréquentes



depuis quelques années, on en comptait désormais plusieurs par an.

Après avoir expliqué le périmètre d'action du SSN à Keiko, Laurie Cortez, qui était une employée civile dans cette unité de la Space Force, proposa à Keiko de se parler directement en visio plutôt que par email. Le rendez-vous fut pris pour le surlendemain. Il y avait dix heures de décalage horaire, il était dix heures plus tard à Bedford dans le Massachussetts par rapport à Sagamihara, mais Keiko pouvait travailler depuis chez elle une partie de la semaine et cette entrevue très matinale planifiée à 6h était finalement une bonne occasion. Elle n'avait pas télétravaillé depuis très longtemps.

\*\*\*

— Bonjour Madame Cortez, lança Keiko après qu'elle eut aperçu le visage de son interlocutrice sur l'écran.

— Bonjour Keiko, vous pouvez m'appeler Laurie.

Keiko fut un peu décontenancée puis elle se reprit :

— Bonjour Laurie, je suis très heureuse de pouvoir travailler avec vous sur ce sujet qui est très important pour notre agence.

— Mais c'est tout à fait naturel, Keiko. Nos pays travaillent main dans la main dans le domaine spatial et militaire. Ce qui est arrivé à votre satellite... euh, à votre télescope... est très inhabituel et mérite d'être éclairci rapidement.

— Oui, c'est tout à fait ça, répondit Keiko.

Puis la jeune ingénieure détailla à Laurie Cortez, qui était visiblement à peine plus âgée qu'elle, quel était son rôle au sein de la cellule d'investigation de la JAXA, tout en expliquant quelles actions étaient en cours du côté de ses collègues.

— Donc, vous cherchez une cause par collision avec un autre satellite ?

— Pour ce qui me concerne, oui, soit une collision directe ou bien une collision avec un débris qui serait issu d'une fragmentation d'un satellite venant tout juste d'être perdu lors de son insertion orbitale. Dans les deux cas on pense à un effet de l'éruption solaire du 13 juillet,

soit par une déstabilisation par l'effet d'augmentation de densité atmosphérique ou soit via une perte de contrôle qui pourrait être liée à l'échauffement associé... Mes collègues, eux, s'intéressent aux débris anciens déjà catalogués.

— Vous avez raison d'explorer ces possibilités, répondit Laurie. XRISM était à 550 km, c'est bien ça ?

— Oui, c'était son orbite, avec une inclinaison de 31°.

— Est-ce que la JAXA savait que c'était l'altitude de la couche principale des Skylink, 550 km ? lança Laurie d'un air interrogatif.

— Je crois que XRISM a été conçu avant le déploiement massif des premières constellations, l'agence ne pouvait pas modifier l'altitude du télescope. Il était fait pour fonctionner sur cette orbite, répondit Keiko qui ne savait pas trop quoi répondre et qui ne voulait pas répondre au nom de la JAXA.

— Depuis quatre ans, c'est une couche qui devient très encombrée... De plus, une inclinaison de 31°, ce n'est pas très favorable...

— Pourquoi ? demanda Keiko.

— Et bien, la constellation Skylink, pour ne parler que d'elle, est déployée massivement à 550 km et avec une série d'inclinaisons différentes, dont une à  $33^\circ$  et une rétrograde à  $148^\circ$ , ce qui est équivalent à  $32^\circ$  mais dans l'autre sens...

— Vous voulez dire qu'on n'aurait pas forcément besoin d'un effet atmosphérique pour avoir une collision entre un satellite de Skylink et XRISM ?

— Disons que les orbites sont très proches... Je ne dis pas que c'est ce qui s'est passé, bien sûr, il faudra analyser plus en détails, mais il suffirait d'un défaut de positionnement sur cette orbite, trop rapproché de votre télescope par exemple, pour qu'une différence de vitesse conduise à une collision... Mais un défaut atmosphérique de l'un de ces satellites de constellation qui était prévu sur une inclinaison proche du vôtre pourrait aussi conduire facilement à une collision malheureusement.

— Est-ce que vous pouvez savoir si les lancements qui ont eu lieu dans les 10 jours précédents l'éruption ont conduit à des pertes de certaines unités ?

— Oui, bien sûr. Je vais sortir ces données dans la journée, et je vous les transmettrai tout de suite. Nous suivons absolument tous les lancements partout dans le monde, ne vous inquiétez pas, vous aurez une réponse exhaustive.

— Est-ce que certaines compagnies ont déjà annoncé une perte depuis le 13 juillet ?

— Non, pas à ma connaissance. Mais de toute façon, elles ne communiquent plus sur les pertes qu'elles subissent. Le milieu est devenu trop concurrentiel... répondit Laurie.

— Et vous avez des informations des chinois ?

— Nous avons un réseau de radars très performants, vous savez, rien ne nous échappe. Nous pouvons comptabiliser le nombre de satellites insérés en orbite par les lanceurs chinois, et le nombre de ceux qui ont une trajectoire anormale et qui retombent dans l'atmosphère...

— Je vois...OK, merci beaucoup ! Donc la période qui m'intéresse en premier c'est du 3 juillet au 16 juillet, à

l'heure de l'impact sur XRISM, c'est-à-dire 17h13 heure japonaise, donc 03h13 chez vous le 17 juillet.

— Certains trains de constellations peuvent mettre plus de 10 jours pour rejoindre leur orbite finale, vous savez. Pour être plus sûres, je vais vous sortir une plage plus étendue. On va prendre vingt jours, ça vous va ? demanda l'analyste au regard bleu intense.

— C'est parfait, merci encore ! Je suis très heureuse de travailler avec vous, rétorqua Keiko.

— De rien, j'ai envie de vous aider à résoudre ce problème. Les débris spatiaux et la surpopulation de l'orbite basse sont devenus extrêmement inquiétants, du moins, je trouve personnellement que c'est très inquiétant. Si cette action de la JAXA peut faire avancer les choses dans le bon sens, j'en serais très heureuse. Nous avons des intérêts en commun, vous voyez... Je vous envoie la liste des lancements et des pertes de satellites sur la période dans quelques heures !

La visio n'avait pas duré très longtemps mais Keiko était ravie de voir comment son interlocutrice du SSN avait pris son problème comme si c'était le sien. On sentait qu'elle n'aimait pas trop la façon avec laquelle s'étaient

développées les constellations de satellites depuis cinq ans, notamment Skylink. Keiko savait que l'altitude de XRISM était proche de celle des Skylink mais elle ne savait pas auparavant que certains d'entre eux avaient une inclinaison quasi similaire à celle de XRISM et pire, que certains avec cette inclinaison étaient rétrogrades. Cela signifiait qu'ils croisaient forcément le télescope à une distance qui pouvait être assez faible. Et on n'imaginait pas ce que produirait une telle collision frontale entre deux éléments ayant chacun une vitesse de 28 000 km/h.

En cherchant plus d'informations sur les orbites exploitées par Skylink, Keiko vit que la société américaine essayait de couvrir un maximum de territoires en plaçant ses satellites sur de nombreuses inclinaisons différentes entre 33° et 148°, dont une qui était quasi polaire, à 98°.

En répertoriant les caractéristiques orbitales des différentes couches de la constellation de Skylink, et en redécouvrant qu'il y en avait une sur une orbite à 8° de l'orbite polaire en sens rétrograde, Keiko repensa soudain au fameux essaim de débris du satellite russe Kosmos-1408 qui était lui aussi sur une orbite à 8° de

l'orbite polaire mais dans le sens normal. Son inclinaison était de  $82^{\circ}$ . C'était un satellite qui avait été détruit volontairement par les russes par un tir de missile balistique en novembre 2021. Alors que le satellite se trouvait initialement sur une orbite à 650 km d'altitude, l'essaim de plus de 1680 débris d'une taille supérieure à 10 cm au départ en contenait encore un peu plus de 600 aujourd'hui et se trouvait maintenant dispersé entre 300 et 1100 km, avec une inclinaison toujours proche de  $82^{\circ}$ . Un millier avait fini par rentrer dans l'atmosphère et y brûler, mais les débris résiduels étaient là pour de très nombreuses années. La grande étendue spatiale de l'essaim de débris de Kosmos-1408 et sa forte inclinaison pouvaient produire des zones de rapprochement avec de nombreux autres satellites dont l'inclinaison était plus faible. La Station Spatiale Internationale avait d'ailleurs subi plusieurs alertes et des manœuvres d'évitement liées à cet essaim de débris incontrôlés. Keiko savait que certains de ses collègues de la cellule d'investigation étudiaient cette hypothèse en particulier, parce que c'était de loin l'essaim de débris le plus important qui était répertorié, qui plus est avec une dispersion et une inclinaison très défavorable.



Keiko se demandait pourquoi ce genre de test destructif en vraie grandeur n'était pas tout simplement interdit par les conventions internationales. Il fallait dire que les russes n'étaient pas les premiers à effectuer ce genre de démonstration absurde, ils étaient même les derniers. Les premiers à l'avoir fait étaient les américains, dès 1985, en pleine « guerre des étoiles » contre l'Union Soviétique d'alors. Ils détruisirent le satellite Solwind qui se trouvait à 555 km d'altitude. Puis ce furent les chinois qui détruisirent un de leurs satellites météo nommé Feng Yun-1C à 865 km d'altitude en 2007, suivis par les Indiens en 2019 qui visèrent un de leurs satellites situés en orbite basse. A la différence du satellite chinois qui produisit des milliers de débris centimétriques et décimétriques, l'indien n'en laissa presque aucun grâce à son orbite très basse.

\*\*\*

Le mail de Laurie était horodaté de 19h15, il était 9h15 chez Keiko. Il contenait une pièce jointe cryptée dont la clé avait été envoyée par l'analyste américaine dans un second envoi juste après le premier avec les instructions pour l'ouvrir.

Keiko consulta rapidement le fichier qui contenait un tableau avec des dates dans la première colonne, un nom de pays dans la seconde colonne, un nom de société dans la troisième, un nom de lanceur dans la quatrième, puis venait ensuite le nombre de charges utiles emportées, qui était suivi d'un nombre de charges utiles mises en orbite nominale, puis le nombre d'unités n'ayant pas atteint l'orbite nominale, et enfin dans la dernière colonne le nombre d'unités étant rentrées dans l'atmosphère avec une date associée.

Le nombre qui intéressait Keiko était le résultat de la soustraction du nombre d'unités n'ayant pas atteint leur orbite moins celles qui avaient brûlé dans l'atmosphère, donc l'avant dernière colonne moins la dernière colonne. Laurie n'avait malheureusement pas ajouté cette colonne. Ce n'était rien à faire, Keiko ajouta cette colonne en quelques secondes, avant même de regarder plus en détail qui avait lancé quoi entre le 27 juin et le 17 juillet (heures de la côte Est américaine).

Keiko venait de constater que la colonne qu'elle venait d'ajouter ne contenait que des zéros quand la sonnerie de sa visio retentit. C'était Laurie Cortez.

— Nous avons un problème, Keiko...

— Merci pour le listing, commença la jeune japonaise.  
Un problème ?

— Oui, il y a une incohérence dans le fichier que je t'ai envoyé.

— J'ai vu qu'aucun satellite ne manquait à l'appel, si je soustrait le nombre d'orbites non atteintes et le nombre de retombées. Il n'y en a eu qu'une d'ailleurs, un satellite indien...

— Tu as regardé le deuxième onglet du tableur ?  
demanda Laurie qui avait un visage beaucoup moins souriant que quelques heures auparavant.

— Le deuxième onglet ? Ah, non, pas encore.

— Dans cet onglet, on trace les positions définitives des satellites telles qu'elles sont déclarées par les opérateurs, il s'agit des paramètres orbitaux stables, donc juste après l'insertion en orbite...

— OK, je vois la liste... répondit Keiko qui avait cliqué au bon endroit.

— Tu peux voir que dans la liste des satellites Skylink, il en manque deux par rapport à la liste des lancements et retombées du premier onglet !

— Qu'est ce que ça signifie ? lança Keiko naïvement.

— Il ne peut pas y avoir d'erreur dans ces données. En revanche, celles du deuxième onglet proviennent des opérateurs eux-mêmes. Et ils ont l'obligation légale de transmettre à l'organe de régulation leurs positions définitives... Si il en manque dans cette liste par rapport à la liste du premier onglet, qui est issue de nos données d'observations, cela veut dire que deux satellites Skylink ont atteint leur orbite nominale sans défaillance et sans retomber, mais que dix jours plus tard ils ne répondaient plus...

— Ils ne répondaient plus ? Et c'était à quelle date ? On le sait ? demanda Keiko.

— Tout ce qu'on connaît c'est leur date de lancement, qui est le 8 juillet, tu peux le voir dans le premier onglet, ils font partie de la charge utile du lancement Skylink 9-92. C'est les unités 9-92-008 et 9-92-023. Tu peux voir que tous les autres sont positionnés sur leur orbite à la date du 18 juillet, dix jours plus tard, sauf ces deux là.

— Ce sont les dates du fuseau Eastern Time ?

— Oui, pardon, j'aurais du le préciser. Tu dois enlever 10h pour toi...

— Donc le 8 juillet ils sont lancés, on sait qu'ils sont bien arrivés en orbite, mais le 18 juillet ils ne répondaient plus, et XRISM n'a plus répondu le 17 juillet à 3h17 (heure américaine)... dit Keiko.

— C'est ça. Et nous ne connaissons aujourd'hui pas leurs positions...

— Et est-ce qu'on peut penser que ces deux satellites auraient pu subir une collision avec un débris, comme notre télescope ? demanda Keiko.

— C'est tout à fait envisageable, comme il est tout à fait envisageable que l'une de ces deux unités, ou des fragments de l'un d'eux soit responsable de votre perte, répondit l'analyste.

— Est-ce que l'on peut demander à Skylink quand ils ont reçu des données de ces deux satellites pour la dernière fois ? Ça nous aiderait à éclaircir les causalités. Ça peut se jouer à quelques heures... Si ils étaient encore en vie après 17h13 le 16 juillet heure de Tokyo, on pourra

exclure leur fragmentation comme cause de la perte de XRISM... Skylink pourrait vous donner cette information ? demanda Keiko à Laurie.

— Si nous leur demandons officiellement, ils devront nous donner cette information. Mais n'oublie pas que si les satellites ne répondaient plus un jour après la perte de XRISM, c'est peut-être parce qu'ils ont fait une collision directe avec votre télescope. Ils pouvaient très bien être en vie jusqu'à 03h13, D'ailleurs, si cela ne te dérange pas, j'aimerais que nous parlions toujours avec le fuseau Eastern Time en référence temporelle, ça évitera des erreurs...

— OK. Ça me va. Quand tu parles de collision directe, je comprends, mais avec deux satellites en même temps, ça paraît très peu probable non ?

— Je pensais à un scénario de type Kessler, répondit Laurie. Tu vois de quoi je parle ?

— Oui...

— Le premier Skylink aurait pu entrer en collision avec XRISM, produisant des dizaines de fragments qui auraient pu ensuite atteindre rapidement le deuxième

Skylink qui était sans doute non loin de là. Dans ce cas, ce pourrait même être des fragments de XRISM qui seraient à l'origine de la perte du deuxième Skylink, tu vois...

— Oui... Je vois...

Keiko était songeuse. Après quelques secondes, elle ajouta :

— Il faut quand même savoir jusqu'à quand ces deux satellites étaient en vie, c'est très important. Et il faudrait aussi savoir si des débris seraient apparus avant 03h13 aux environs de la position de XRISM. Parce que dans le scénario que tu as décrit, on peut aussi le voir dans l'autre sens, les deux satellites Skylink auraient pu se collisionner entre eux quelques heures avant et que leurs fragments aillent détruire XRISM...

— C'est vrai, ça marche dans les deux sens, tu as raison. Pour remonter dans le temps, ça ne va pas être facile. On a détecté et caractérisé l'essaim de débris autour de XRISM juste après sa perte suite à la demande express de la JAXA et de la NASA, mais pour savoir si ils étaient déjà là en partie avant 03h13, c'est une autre affaire...

— Vous avez des observations archivées ? demanda Keiko.

— Oui, bien sûr, nous conservons tout. Je vais lancer une procédure de recherche spécifique concernant l'orbite probable de ce train de satellites 9-92 du 8 juillet. Il est possible que l'on puisse trouver un excès de débris sur cette trajectoire dans les archives des radars durant la période. En parallèle, nous allons demander des informations à Skylink sur la date de leur dernière communication avec 9-92-008 et 9-92-023.

— Merci beaucoup, répondit Keiko.



28 juillet 2025

Lars n'avait pas trainé après la demande de Laurie. Il faut dire qu'il ne pouvait rien lui refuser. Elle lui avait tapé dans l'œil depuis son arrivée à Bedford. Il était prêt à faire tout ce qu'elle pouvait lui demander, et il n'y avait pas beaucoup d'occasions. En plus, sa demande de recherche était tout à fait dans ses cordes. Il avait lancé la procédure dans la totalité des archives des mois de juin et juillet, dans une zone qu'il avait calculée comme étant la plus probable pour les trajectoires des deux satellites en question.

Pour calculer cette zone, il s'était servi de la totalité de la charge utile du lancement 9-92 de Skylink. En connaissant les positionnements finaux des 43 autres unités, et en exploitant l'historique de plusieurs dizaines de lancements de Skylink, on pouvait inférer assez facilement quelles devaient être les orbites cibles des unités 9-92-008 et 9-92-023.

A partir de là, il ne lui restait plus qu'à sortir la quantité de débris qui avaient été observés en fonction du temps pour déceler une éventuelle augmentation à une certaine date sur ces orbites. Il pouvait même faire cette recherche en aveugle en ignorant la date que Laurie avait en tête.

Le SSN exploitait pas moins de treize stations radar à haute résolution et 4 télescopes dans le visible. Le ciel était enregistré en quasi continu, toutes les deux minutes avec deux enregistrements à chaque fois, à 20 secondes d'intervalle, de manière à déterminer à la fois la position et le vecteur du mouvement. Cela faisait de grosses quantités de données qui étaient stockées sur les serveurs de la Space Force.

Au lieu de l'appeler pour lui annoncer les résultats, Lars préféra aller voir Laurie directement dans son bureau, ne serait-ce que pour passer quelques minutes avec elle en se présentant sous son meilleur jour, et pour s'imprégner de son doux parfum.

— J'ai le résultat de recherche que tu m'as demandé hier, lança le grand costaud à l'allure de bûcheron canadien comme on les imagine.

— Déjà ? Super ! Elle le fixait.

Lars détourna le regard vers la feuille qu'il avait prise avec lui, puis il lui dit :

— J'ai trouvé une augmentation significative de débris... en fait, non, pas une augmentation, deux augmentations significatives !

— Deux ? à quelles dates ?

— Je te donne les dates locales, je pense que ça sera plus simple, alors, déjà je te précise qu'il s'agit de l'orbite 550 km pour les deux unités et, tous les deux à la même inclinaison de  $148^\circ$  ( $32^\circ$  en rétrograde), mais séparés de 100 km.

— OK..., fit Laurie qui n'avait jamais fixé Lars avec autant d'intensité. Elle le voyait un peu rosir derrière sa barbe blonde.

— Euh, c'est étonnant, en fait... Sur cette orbite, on a un pic qui apparaît le 11 juillet à 22h56 à la position du premier, le 9-92-008 et un deuxième pic qui arrive le 14 juillet à 09h46 à la position du deuxième, le 9-92-023.

— Le 11 juillet et le 14 juillet ?

— Oui, c'est ça, répondit Lars en osant regarder la jolie brune.

— Merde ! Est-ce tu pourras me laisser tes résultats écrits, s'il te plaît ?

— Oui, tiens, tout est là, avec les hypothèses de départ pour le calcul des orbites les plus probables. Est-ce que ces informations te suffisent ? demanda Lars en tendant sa feuille avec un léger tremblement.

— Pour l'instant oui, mais il va falloir faire d'autres investigations, tu t'en doutes. On ne peut pas laisser l'apparition de débris d'origine inconnue sans suite...

— C'est sûr... Tu penses que ces deux fragmentations seraient liées ? demanda Lars.

— Ca reste entre nous, hein...

Lars se remit à rougir et Laurie le perçut immédiatement. Elle continua :

— En fait c'est peut-être plus compliqué que ça... Si l'orbite que tu as calculée est correcte pour ces deux unités de Skylink, ça veut dire que le 9-92-008 a certainement produit les débris de ton premier pic le 11

juillet. Cela voudrait dire qu'il aurait subi un impact suffisamment violent pour faire cet essaim de débris, et le second Skylink aurait pu être détruit trois jours plus tard par les débris produits par le premier, ça correspondrait à ton second pic. Parce que ce que je ne t'avais pas précisé, c'est que ces unités ont été lancées le 8 juillet...

— Je vois... Et Skylink n'avait rien dit sur la perte de leurs deux satellites ?

— Non, justement, ils n'ont fait aucune déclaration à l'autorité de contrôle... En fait je cherchais initialement la cause de la perte d'un autre satellite, le 17 juillet, sur une orbite voisine, un télescope japonais... Et comme ces deux unités Skylink manquaient dans les listes de positionnements définitifs, j'avais pensé que ça pouvait être dû à une collision directe avec un de ces deux satellites Skylink, ou une succession de collisions. On a maintenant la preuve que c'est pas une collision directe avec le télescope. Mais c'est peut-être pire que ça...

— Une réaction en chaîne ! dit Lars .

— Ouais, un syndrome de Kessler à petite échelle... ajouta Laurie. Parce que les débris que tu vois là le 11

juillet, ils ont bien été provoqués par un autre impact à l'origine. Potentiellement, on aurait donc eu une fragmentation initiale quelque part sur cette orbite ou une orbite proche avant le 8 juillet, qui aurait mené à celle du premier Skylink le 11, puis du second trois jours après, et celle du télescope japonais encore trois jours plus tard...

— J'ai fouillé les données seulement depuis le 1<sup>er</sup> juin, mais on ne voit pas de débris significatifs avant le 11 juillet, tu vois... Lars tendait le doigt vers le graphe qui se trouvait en bas de la feuille. On regarde ici que les morceaux de plus de 1 cm.

— Il fait combien de morceaux l'essaim du 11 juillet ? Quatorze ? C'est possible de fragmenter un Skylink en quatorze morceaux avec un seul débris de 1 cm, à ton avis ?

— Oui, je crois que c'est possible, il faudrait demander confirmation, mais avec un différentiel d'inclinaison important, l'impact d'un boulon peut être très destructif. Ca ne m'étonnerait pas, répondit Lars.

— Je vais me rapprocher des modélisateurs pour en savoir plus sur ces possibilités. En tous cas je te remercie

beaucoup, Lars, pour avoir recherché ça en si peu de temps !

— Mais y'a pas de quoi, c'est un plaisir, lâcha Lars en souriant.

Laurie trouva sa maladresse finalement touchante. Elle se retourna vers son écran en souriant et rédigea immédiatement un email à son supérieur pour lui exposer la situation des deux Skylink manquants et leur probable fragmentation en chaîne qui serait éventuellement liée à celle du télescope XRISM. Elle se lança aussitôt dans les calculs de probabilités des différents scénarios envisagés.

Laurie se rappelait de la petite panique qui s'était emparée du SSN et de la NASA en février 2024 quand une collision à grande vitesse avait été évitée à 15 mètres près entre deux satellites hors d'usage et non contrôlables, le satellite russe Kosmos-2221 et le satellite américain TIMED. Ils s'étaient frôlés à une vitesse relative de 4 km/s, séparés par une distance de seulement 15 mètres... Ca aurait pu être la deuxième collision de satellites de l'histoire après celle de 2009. Celle-là, Laurie ne l'avait pas connue. En 2009, elle n'avait alors que douze ans et jouait encore avec ses

poupées. Ce qui s'était passé avec les Skylinks et le télescope japonais n'était donc pas encore cette deuxième collision tant redoutée. La fragmentation des trois satellites était visiblement due à des impacts de débris et non à une collision frontale.

La collision entre les satellites Iridium-33 et Kosmos-2251 du 10 février 2009 avait impliqué un satellite de 560 kg utilisé pour la téléphonie satellitaire, et un satellite militaire de 900 kg inutilisé. La vitesse de collision entre les deux avait été estimée à 11,6 km/s sur des trajectoires quasi perpendiculaires. Elle avait produit plusieurs milliers de débris répartis en deux essaims qui s'étaient étendus le long des trajectoires initiales des deux satellites.

La crainte de tous les opérateurs était qu'une telle collision frontale se reproduise. Toutes les trajectoires des satellites étaient normalement suivies et une telle collision pouvait être évitée, à la condition de pouvoir effectuer une manœuvre sur l'un des deux satellites. Il y avait eu un raté en 2009 puisque Iridium-33 aurait pu être dévié à temps, mais en 2024, les deux satellites étaient tous les deux hors d'usage et incontrôlables.



Personne n'aurait pu faire quoi que ce soit pour éviter la collision.

Quant aux débris, le SSN et son homologue européen effectuaient un suivi le plus précis possible des morceaux de taille destructive, mais ce suivi restait toujours imparfait et un petit débris isolé pouvait passer totalement inaperçu et produire une destruction partielle ou totale d'un satellite.

C'est ce qui était probablement arrivé au premier Skylink. Les satellites de Skylink étaient inscrits dans le système d'alerte anti-collision qui avait été mis en place. De nombreuses unités Skylink procédaient d'ailleurs à des manœuvres tous les jours afin de ne pas s'approcher de trop près de trajectoires d'objets catalogués. Mais un objet de la taille d'un boulon pouvait échapper à la surveillance des radars et produire une fragmentation en plusieurs dizaines de morceaux qui à leur tour pourraient échapper à la surveillance du SSN et induire une autre fragmentation ailleurs sur une autre orbite.

Par ailleurs, une fois qu'un satellite avait été touché par un débris à haute vitesse et qu'il avait été endommagé plus ou moins gravement, il était très probable que son

système de repositionnement soit hors service et il devenait de fait un élément incontrôlable.

Laurie Cortez devait établir la probabilité de la causalité qui pouvait exister entre la destruction du premier Skylink, celle du second et le télescope XRISM.

Elle partit des données que lui avait fournies Lars sur les deux essaims situés sur les orbites présumées des Skylink 92-008 et 92-023 et des données du SSN concernant les débris de XRISM qui avaient été obtenues très peu de temps après la perte du télescope japonais.

Pour établir les probabilités du lien de causalité entre les débris du premier Skylink et la fragmentation du second puis entre cette fragmentation et celle de XRISM, Laurie devait développer une modélisation de ces trois groupes d'objets, en connaissant leurs paramètres orbitaux et en prenant en compte des données de dispersion de débris en fonction du temps qui étaient connues depuis longtemps.

La meilleure manière de procéder pour Laurie était d'utiliser une méthode de Monte-Carlo par chaînes de Markov, en produisant un échantillonnage des paramètres à partir de distributions de probabilité.

Elle utilisait l'algorithme de Metropolis-Hastings pour développer un calcul d'inférence bayésienne pour déterminer quelles étaient les probabilités qu'une fragmentation du premier Skylink puisse générer des débris qui auraient fragmentés le second Skylink puis le télescope XRISM ou bien que ce soient les débris du second qui soient à l'origine de la fragmentation du télescope. Les paramètres échantillonnés étaient d'une part les éléments orbitaux des trois satellites et d'autres part les caractéristiques des débris, en premier lieu leur nombre, leur taille et leur vitesse de dispersion.

Contrairement aux méthodes de Monte-Carlo simples, où les valeurs échantillonnées étaient statistiquement indépendantes, dans l'algorithme de Laurie, elles étaient auto-corrélées. Les trajectoires des deux Skylink étaient effectivement liées entre elles, ainsi que leurs vitesses, ce qui impliquait également une corrélation entre la trajectoire des débris du premier Skylink et celle du second.

\*\*\*

Elle lança ses calculs de convergence le lundi soir et obtint le résultat le lendemain vers midi : la probabilité que les débris du premier Skylink aient impactés le

second Skylink était de 99,9997%. En résumé, cet enchaînement ne faisait absolument aucun doute. En revanche, la probabilité que les débris de cette collision entre les deux satellites aient impacté le télescope japonais était moins élevée, le logiciel affichait 98,5%. C'était donc très probable que XRISM ait été fragmenté par des débris de la fragmentation du Skylink 92-023, même si le doute pouvait encore être théoriquement permis. Mais le résultat statistique d'une causalité entre les débris du premier Skylink et l'impact sur le télescope donnait une valeur de seulement 0,12%. Et la probabilité que l'impacteur initial qui avait produit la fragmentation du premier Skylink le 11 juillet soit le même essaim de débris qui aurait détruit à la fois le Skylink 92-023 et XRISM valait 0,0000045%. Elle pouvait être exclue avec une grande confiance.

L'image qui se dégageait de l'analyse de Laurie était qu'il existait bien un enchaînement causal entre la fragmentation du Skylink 92-008 le 11 juillet, celle du Skylink 92-023 le 14 juillet celle de XRISM le 17 juillet. Les débris des uns étant la source de la fragmentation des autres. Les chaînes de Markov avaient révélées une réaction en chaîne de destructions orbitales. Laurie tenait enfin sa réponse.

31 juillet 2025

Le directeur du SSN, le colonel O'Rourke, avait demandé à Laurie et à Lars de participer à cette réunion avec les responsables de la NASA et de l'Agence de contrôle des activités spatiales. Ils apporteraient les informations que Lars avait trouvées en cherchant dans les archives et Laurie apporterait son analyse de la situation. Les dirigeants de Skylink seraient présents, mais seulement en visioconférence depuis le Texas. Suite à la demande officielle de l'autorité de contrôle des activités spatiales, la société de Leon Misk avait fourni par écrit une réponse lapidaire : à la suite du lancement de la flottille 9-92 du 8 juillet, les unités 9-92-008 et 9-92-023 avaient envoyé un signal pour la dernière fois le 10 juillet, qui correspondait à l'arrivée sur leur orbite définitive, et lors du contrôle de positionnement du 15 juillet, toutes les unités de cette charge utile avaient répondu excepté ces deux satellites.

Cette réunion serait l'occasion de leur demander pour quelle raison ils n'avaient pas prévenu l'autorité de contrôle dès le 15 juillet. Le patron du SSN voulait que l'on statue rapidement sur ce qui devait être répondu à la JAXA au sujet de leur télescope. L'analyse de Laurie à partir des données compilées par Lars étaient éloquentes. Skylink, dans sa réponse succincte, avait tout de même donné les positions des deux satellites manquants au moment de leur dernier contact, ce qui avait permis de brillamment confirmer les orbites qu'avait calculées Lars. Il n'y avait aucun doute que les deux pics d'essaims de débris provenaient des satellites de Skylink. Et d'après l'analyse de Laurie, la probabilité pour que ce soit un débris du deuxième pic qui ait atteint le télescope XRISM était de 98,5%. Le nuage de débris se mouvait en orbite rétrograde, avec une inclinaison de  $148^\circ$ , ce qui faisait  $32^\circ$ , une orbite quasi similaire à celle de XRISM, mais dans l'autre sens. La vitesse relative de ces débris par rapport au télescope était énorme. Contrairement à deux objets tournant dans le même sens qui pouvaient avoir des positions orbitales très différentes même en étant à la même altitude et la même orbite et donc ne jamais s'approcher à moins de plusieurs milliers de kilomètres, des objets tournant

dans des sens opposés se croisaient nécessairement deux fois à chaque révolution. Dans le cas de XRISM et de ces débris, il n'y avait que 1° de différence sur l'inclinaison des deux orbites, et cela impliquait une distance tangentielle maximale de seulement 9,6 kilomètres, sachant qu'ils étaient à la même altitude. Dans cette configuration, Laurie avait calculé qu'il suffisait d'un morceau de moins de 0,8 cm pour fragmenter entièrement un gros satellite comme XRISM.

La réunion avait lieu dans une grande salle sans fenêtre, munie d'une énorme table ovale en son centre. Une vingtaine de chaises aux coussins bordeaux l'entouraient. Laurie et Lars n'étaient pas les premiers arrivés dans la salle de réunion. Le colonel O'Rourke était déjà là, accompagné de son assistante. A peine les deux jeunes gens s'étaient-ils installés qu'apparurent ensemble dans l'entrée John Mitchell, le responsable du département de surveillance spatiale à la NASA et un certain Dennis Majorana, qui représentait l'autorité de contrôle des activités spatiales, un organe qui dépendait directement du gouvernement. Un jeune sergent les suivait de près et se dirigea tout de suite vers l'énorme écran qui trônait au bout de la gigantesque table en bois.

Il l'alluma et tapota sur l'ordinateur qui y était relié en suivant des instructions qui se trouvaient sur la feuille qu'on lui avait fournie. La lumière était un peu trop forte.

Pendant que les uns et les autres se saluaient, l'écran s'anima et on vit apparaître deux visages avec des noms qui étaient mentionnés en dessous. Le grand patron de Skylink, Leon Misk, n'avait pas pris la peine de se déplacer, il avait envoyé son directeur des vols, un certain Anton Guzman, et son directeur de la communication, un dénommé Amir Khan. C'étaient les qualifications qui étaient précisées en dessous de leur nom.

\*\*\*

Skylink était devenue en moins de dix ans l'acteur majeur de l'activité spatiale mondiale. C'était une filiale à 100% de la compagnie GalactiX que Leon Misk avait fondée au début des années 2010. L'objectif de Misk avec Skylink était de couvrir la totalité du globe pour offrir une connexion internet en tout lieu et à toute altitude. Pour cela, il avait prévu de lancer une gigantesque constellation de près de 42000 satellites en orbite basse, qui relaieraient leur signal radio capté par



des petites antennes qu'achèteraient des centaines de millions de personnes sur tous les continents. Le but affiché du milliardaire libertarien était l'hégémonie mondiale sur la communication de l'information. Une fois que le monde entier serait dépendant du service de Skylink, il aurait un pouvoir fou et discrétionnaire, celui de couper l'accès à l'information à qui il voudrait.

Les premiers prototypes avaient été lancés par GalactiX en 2018, puis ils avaient très vite été suivis par le premier lot de 60 satellites au printemps 2019. L'autorisation qu'ils avaient reçue de la Commission Fédérale des Communications en 2017 stipulait que Skylink avait neuf ans à compter du premier lancement pour déployer la totalité de sa constellation. Il s'agissait en fait de la première phase de la mégaconstellation qu'avait imaginée Musk, une phase qui comportait environ 12000 satellites. Six ans après le lancement du premier train de satellites, les lancements étaient parvenus à un rythme de croisière d'environ 2000 unités par an. Les décollages depuis les bases de Cape Canaveral et de Vandenberg s'enchaînaient toutes les semaines, et même parfois plusieurs fois par semaine lorsque la météo était favorable. Le 6000<sup>ème</sup> satellite Skylink avait été mis en orbite basse en janvier 2024. Il y avait

aujourd'hui exactement 9104 satellites Skylink en orbite, répartis sur trois altitudes différentes formant des couches successives, qui permettaient d'obtenir un temps de latence d'environ 20 ms pour ceux qui se trouvaient sur l'orbite la plus basse à 340 km. Selon les plannings de GalactiX, le 12000<sup>ème</sup> satellite qui viendrait compléter la constellation devait être lancé aux alentours de février 2027, un an avant l'échéance réglementaire qui avait été fixée. Dès 2023, Skylink était devenu l'acteur spatial qui possédait le plus de satellites en orbite terrestre depuis les débuts de l'ère spatiale en 1957. Ces dernières années avaient connu une véritable révolution dans l'activité spatiale et dans la population d'objets qui naviguaient à quelques centaines de kilomètres au dessus du plancher des vaches. Alors que dix ans plus tôt, il était encore rare de voir dans le ciel nocturne le passage rapide d'un satellite, c'était désormais l'inverse : il était très rare de ne voir que des étoiles fixes lorsqu'on levait les yeux vers le ciel. Il ne fallait pas plus de dix secondes en soirée ou le matin avant le lever du Soleil pour apercevoir un point lumineux se déplaçant à plus ou moins grande vitesse entre les étoiles.

L'expérience de la nuit en était drastiquement changée. Les astronomes du monde entier avaient alerté dès les premières années du déploiement. Ils avaient montré que de nombreux télescopes qui observaient le ciel dans les longueurs d'ondes visibles, infra-rouge, et même en ondes radio, seraient fortement impactés par les passages répétitifs de ces milliers de satellites. L'observatoire qui était le plus perturbé par la constellation Skylink et ses concurrentes chinoises et coréennes était un grand instrument qui avait été conçu bien des années avant que Misk annonce son idée délétère.

Le grand télescope synoptique de l'observatoire Vera Rubin avait commencé à être construit au milieu des années 2000 et venait de voir sa première lumière en avril 2025. Et depuis quelques mois, les observations étaient conformes aux pires prédictions qu'avaient pu faire les astrophysiciens dans les années précédentes. Cet observatoire tenait son nom de la célèbre astronome américaine qui avait découvert à la fin des années 1960 le comportement anormal de la rotation des galaxies, indiquant la présence d'une matière invisible. L'objectif de ce télescope était d'enregistrer le ciel sur un très grand champ, à la recherche de tout ce qui évolue

rapidement, que ce soit dans le temps ou dans l'espace. Ses recherches allaient des astéroïdes faiblement lumineux aux supernovas, en passant par tous les phénomènes transitoires riches en informations sur les objets les plus exotiques de l'univers. Il devait également observer des objets très peu lumineux comme des traînées d'étoiles dans la Voie Lactée ou bien des galaxies naines très distantes, emplies de matière noire. La communauté scientifique n'avait pas réussi à imposer des moyens de mitigation efficaces aux nouveaux acteurs de l'industrie spatiale, GalactiX et Skylink en tête, afin de réduire la visibilité de leurs satellites. Lorsqu'ils faisaient des images du ciel avec des poses d'à peine quelques secondes, de nombreuses traînées lumineuses apparaissaient sur les images, autant de trajectoires de satellites reflétant la lumière solaire dans l'aube naissante ou le crépuscule finissant. Certains pouvaient même se voir encore lorsque la nuit était déjà avancée et le ciel bien noir.

\*\*\*

A 9 heures précises, le colonel O'Rourke activa son micro et prit la parole. On fit un rapide tour de table pour

que chacun sache qui était qui puis le directeur du SSN s'adressa à l'écran face à lui.

— Le 17 juillet dernier à 03h17, l'agence spatiale japonaise a perdu tout contact avec son télescope spatial XRISM. Suite à cela, les japonais nous ont demandé de confirmer la présence ou non de débris autour de ce télescope... Quelques heures plus tard, nos observations radar ont confirmé la présence d'une centaine de débris de plus de 10 cm autour de XRISM. La JAXA veut aujourd'hui comprendre l'origine de la fragmentation de son télescope spatial. Les japonais veulent connaître le responsable...

Le colonel O'Rourke rappela l'historique des observations de débris autour de XRISM, de la recherche d'éventuels satellites croisant à proximité, puis de la découverte de l'absence de deux satellites de Skylink dans la liste des positionnements définitifs. Il donna ensuite la parole à Laurie pour expliquer plus en détails ce qu'elle pouvait conclure des observations d'essaims de débris aux positions des deux satellites de communication.

— Comme l'a rappelé le colonel O'Rourke, nous avons pu confirmer que les unités 9-92-008 et 9-92-023 ont

toutes les deux subi une fragmentation, le 11 juillet pour la première et le 14 juillet pour la seconde. Je rappelle que c'est le 17 juillet que le télescope japonais, qui se trouvait sur une orbite de seulement 1° d'écart dans l'autre sens par rapport à ces deux unités, a subi une fragmentation. Nos calculs montrent que la probabilité que les débris de 9-92-008 aient impacté 9-92-023 s'élève à 99,9997% et que la probabilité que les débris de l'un ou l'autre de ces deux éléments aient impacté le télescope japonais XRISM est de 98,5%.

Dennis Majorana prit la parole en regardant l'écran qui était surmonté d'une caméra à haute résolution.

— Je voudrais savoir pourquoi vous n'avez pas prévenu l'autorité de contrôle dès le 15 juillet lorsque vous n'avez pas reçu de réponse de ces deux satellites ?

Le directeur de la communication de Skylink répondit. Amir Khan était un homme assez âgé, qui travaillait chez Skylink depuis près de 10 ans. Il avait connu déjà bon nombre d'interlocuteurs gouvernementaux et savait leur parler avec la rondeur nécessaire.

— Comme la JAXA, nous sommes des victimes, commença-t-il. Nous avons perdu deux satellites à cause

de débris spatiaux. C'est une évidence désormais. Ce qui nous arrive est une catastrophe, comme vous pouvez le comprendre. Nous avons déjà perdu des unités dans le passé, à cause de mauvaises insertions orbitales, mais cette fois, ce n'est pas de notre fait. Il ne s'agit pas ici d'un mauvais calcul de trajectoire ou de densité atmosphérique. Quelque chose à percuté l'un de nos satellites et peut-être aussi le second...

Khan n'avait pas répondu à la question de Dennis Majorana. A vrai dire, il avait été étonné d'une telle question. Depuis le changement d'administration six mois plus tôt et le retour des proches de Trump dans tous les organes ministériels, Skylink, dont le big boss était lui aussi un proche de Trump, s'était sentie pousser des ailes et la plupart de ses responsables s'estimaient libres de ne pas respecter à la lettre les anciennes directives de l'autorité de contrôle des activités spatiales, que Trump s'était engagé à faire disparaître, à la demande de Leon Misk. La perte de satellites, qu'elle qu'en soit son origine, donnait une mauvaise image vis-à-vis de la concurrence. C'était la raison pour laquelle Skylink n'avait pas alerté les services de Majorana au sujet de 9-92-008 et 9-92-023. Une perte lors de l'insertion orbitale pouvait toujours se justifier par des effets externes

comme l'activité solaire accrue, mais deux pertes quasi simultanées d'unités déjà sur leur orbite définitive moins de dix jours après leur mise en place faisait tache. Et il était hors de question de communiquer sur la problématique des débris spatiaux. Le mot était presque tabou chez Skylink. Khan s'était fait violence pour accepter l'évidence d'une fragmentation par des débris.

Dennis Majorana reprit la parole.

— Vous n'avez pas répondu à ma question : pourquoi n'avoir pas alerté les services de l'autorité de contrôle avant que vous soit envoyée une demande officielle sur le statut de ces deux satellites, le 28 juillet ?

— Nous avons effectivement reçu votre demande le 28 juillet et y avons répondu dans la journée. Il se trouve que nous étions en train d'analyser les signaux de ce dernier train de satellites. Nous avions toujours l'espoir que ces deux unités soient toujours opérationnelles.

John Mitchell, le responsable du département de surveillance spatiale à la NASA s'approcha de son micro et appuya sur le bouton qui alluma le pourtour de la petite boule de mousse.



— Connaissez-vous l'existence de ce télescope spatial sur une orbite très proche de ces deux satellites et rétrograde ?

— Oui, John, répondit Anton Guzman. Nous utilisons les derniers catalogues mis à jour pour définir nos orbites. Nous savions que sur l'inclinaison de  $31^{\circ}$  se trouvait ce gros télescope. Je rappelle que notre orbite est à  $148^{\circ}$ , elle se trouve donc à  $1^{\circ}$  d'écart de celle de ce télescope. Ce qui est important.

— En rétrograde... précisa Mitchell.

— Oui, en rétrograde, répondit Guzman.

— Vous savez les risques supplémentaires que cela implique, j'imagine.

— Vous savez, parmi les orbites que nous exploitons à 550 km, il y a aussi celle de  $33^{\circ}$  d'inclinaison, qui se trouve donc elle aussi à  $1^{\circ}$  d'écart en rétrograde par rapport à l'orbite des deux unités dont nous parlons... Nous maîtrisons ce que nous faisons et je peux vous affirmer que tous les risques sont évalués, continua le responsable de Skylink. Je vous rappelle que toutes nos unités sont munies de systèmes de propulsion qui sont

utilisées pour effectuer des manœuvres d'évitement. Nos analystes calculent les trajectoires en fonction des catalogues de débris qui sont disponibles avec leurs dernières mises à jour. Actuellement, le nombre de manœuvres d'évitement que nous effectuons sur notre flotte de satellites se monte à plus de 12000 par an, en considérant un seuil de déclenchement d'alerte collision à une probabilité de 1 sur 100 000.

— Cette probabilité correspond à quelle distance de conjonction ? demanda Mitchell.

— Cela correspond à une conjonction de 1 km, répondit Guzman.

— Ces manœuvres d'évitement sont-elles automatisées ou bien reposent-elles sur une action humaine ? demanda Majorana.

— Les trajectoires de toutes nos unités sont recalculées en permanence par nos ingénieurs et un logiciel fait le lien avec les trajectoires des débris calculées à partir des catalogues du SSN, une alerte de conjonction est donnée 12 heures en avance et l'opérateur doit donner l'ordre de manœuvre à l'unité concernée.

— Etes-vous d'accord avec la conclusion de nos analystes quant à la chaîne d'événements très probables qui aurait eu lieu entre vos satellites et le télescope japonais ? C'est le colonel O'Rourke qui posa cette question directe.

Guzman et Khan se regardèrent puis ils éteignirent leurs micros pour s'échanger quelques mots.

Après une vingtaine de secondes, les deux hommes rallumèrent leurs micro et Khan prit la parole.

— Comme je l'ai dit tout à l'heure, Skylink est victime au même titre que la JAXA. Je ne vois pas comment nous pourrions être considérés comme responsables de la perte du télescope. A supposer même que ce soit un débris de l'un de nos satellites qui ait endommagé ce télescope, ce qui reste à prouver, puisque la probabilité que vous avez calculée n'est pas de 100%, ce ne pourrait pas être de la responsabilité de Skylink puisque ces fragments ne sont pas de notre fait. Nous sommes nous aussi victimes d'un impact fortuit de débris.

— Mais vous êtes responsables de la mise en orbite de ces deux satellites sur une orbite très défavorable vis-à-vis de XRISM, rétorqua John Mitchell.

— Nous n'envisageons pas la fragmentation par un débris dans nos analyses de risques, répondit Khan.

— Peut-être devriez-vous le faire dorénavant, rétorqua Mitchell.

Laurie et Lars assistaient à un duel à fleurets mouchetés entre les responsables de la NASA et de la Space Force d'un côté et les responsables de Skylink de l'autre. Ils comptaient les points et le match tournait clairement en défaveur de Skylink.

Guzman reprit la parole.

— Est-ce que votre calcul de probabilités prend en compte tous les débris spatiaux qui peuvent se trouver sur ces orbites ? On pourrait tout à fait penser que nos deux satellites et le télescope japonais ont été impactés par les mêmes débris initiaux qui seraient par exemple sur une orbite très inclinée, voire une orbite polaire. Vous vous souvenez de Kosmos-1408 ? Est-ce que vous avez modélisé tous ses débris dans votre calcul ? Pour vous donner un ordre d'idée, aujourd'hui, environ un quart des manœuvres d'évitement que nous devons faire sont dues à des débris de Kosmos-1408...

Laurie prit cette question en pleine figure et tous les yeux se tournaient bien évidemment vers elle. Elle n'hésita pas et se pencha vers son micro en l'activant.

— L'impacteur du 11 juillet qui a détruit votre unité 9-92-008 et celui qui a détruit le télescope XRISM ne peuvent pas provenir de la même source, nous avons une signification statistique de 9,2 sigmas. Cela ne fait donc aucun doute. En revanche, il est vrai que nous ignorons encore aujourd'hui l'origine du débris initial qui a fragmenté votre premier satellite, nous travaillons actuellement à cette identification, et nous ne pouvons pas totalement exclure l'essaim de Kosmos-1408 à plus de 5 sigmas. L'essaim n'est pas suffisamment étendu pour couvrir la position des trois satellites à l'heure et à la date de leur fragmentation respective, mais c'est encore possible avec 9-92-008. Il faudrait que vous nous précisiez si le 9-92-008 a effectué une manœuvre d'évitement entre le 8 juillet et le 11 juillet... Au sujet de la corrélation entre les débris de 9-92-008 et la fragmentation de 9-92-023, elle est avérée à plus de 99,999% comme je l'ai précisé plus tôt. Et la causalité entre ce nouvel essaim de débris apparu le 14 juillet et la fragmentation de XRISM le 17 juillet, passant à moins de 10 km de la position de 9-92-023 est établie sur la base

du taux d'expansion de cet essaim qui peut être mesuré entre le 14 et le 16 juillet. Nous n'avons évidemment pas une probabilité de 100%, car il reste toujours quelques incertitudes, mais les ingénieurs de la JAXA sauront quoi conclure en voyant ces chiffres, même sans que nous écrivions notre conclusion...

Pendant qu'elle répondait, les deux responsables de Skylink parlaient entre eux.

Khan s'avança et dit :

— Très bien, merci pour ces précisions. Concernant une manœuvre de 9-92-008, je n'ai pas l'information ici mais je vous la transmettrai dès que possible. Il n'y a malheureusement pas que Kosmos-1408 qui est à l'origine de débris spatiaux en nombre... Nous réitérons en tous cas que nous n'acceptons pas la responsabilité de la fragmentation du télescope XRISM. Skylink est autant victime que la JAXA dans cette histoire.

— Entendu. Votre réponse est enregistrée, déclara le colonel O'Rourke avec une pointe de solennité. Nous fournirons nos données chiffrées à la JAXA en précisant votre déclaration de non responsabilité.

Puis Majorana ralluma son micro.

— Pour éviter tout doute et accélérer d'éventuels processus du même type à l'avenir, je vous demande officiellement d'informer immédiatement l'autorité de contrôle des activités spatiales dès que vous constatez une perte de contact avec l'un de vos satellites. Cela concerne d'une part les unités arrivant en fin de vie nominale, mais aussi et surtout celles qui sont soudaines et non prévues.

On vit alors Guzman s'adresser à Khan, qui se mit à légèrement secouer la tête en signe de réprobation. Puis Guzman poursuivait en faisant des petits moulinets avec son bras gauche, et Khan dodelinait de la tête. La scène dura presque une minute. Majorana, O'Rourke, sa secrétaire, Mitchell, Lars et Laurie regardaient tous l'écran avec plus d'étonnement que d'amusement.

Anton Guzman ralluma son micro.

— Je dois vous informer de quelque chose d'important.

Tout le monde autour de la table regardait l'écran sans ciller.

— Nous avons appris ce matin la perte de trois nouveaux satellites qui étaient en orbite depuis à peine un mois...



6 août 2025

Le général Serguei Bogolioubov s'était réveillé du mauvais pied ce matin. La vodka avait fait son effet habituel lorsque la nuit était trop chaude. Il était arrivé à son bureau de l'office fédéral des forces spatiales vers dix heures. Son aide de camp lui était tout de suite tombé dessus pour lui annoncer que le colonel Kromitine voulait le voir dans les plus brefs délais et qu'il attendait dans le salon d'à côté.

Bogolioubov n'aimait pas ce jeune colonel qu'il pensait vouloir prendre sa place, également dans les plus brefs délais. Il se méfiait tellement de lui qu'il pensait que Kromitine fomentait constamment des pièges à même de le mettre en échec et de montrer ainsi son incompetence à l'état major.

— Amenez-le dans mon bureau dans dix minutes ! lança le général à son aide de camp.

— Bien, mon général ! répondit le capitaine.

Pavel Kromitine était un pur produit de l'armée de l'air, comme Bogolioubov du reste. Mais la grosse différence entre le colonel et le général était que Bogolioubov avait acquis ses galons en allant là-haut. Sergueï Bogolioubov avait été parmi les premiers cosmonautes soviétiques à rester plus de 9 mois d'affilée dans la station Mir. Et il y était retourné à trois reprises dans les années 1990, juste après la chute. Ces séjours en apesanteur avaient transformé ses insignes de capitaine en ceux de général. Il avait gravi en même temps les échelons hiérarchiques au sein du cosmodrome de Baïkonour, ce qui lui avait permis de rejoindre logiquement le département fédéral de l'armée de l'air consacré aux activités spatiales, qui était devenu plus tard l'office fédéral des forces spatiales russes.

Il avait connu l'époque du réchauffement avec les américains lorsqu'ils avaient imaginé ensemble la station spatiale internationale pour remplacer Mir. Bogolioubov avait participé au programme conjoint Navette-Mir entre 1994 et 1998 dont l'objectif était de préparer la construction de la station spatiale internationale en permettant à la NASA d'acquérir le savoir-faire incontournable de la Russie dans le domaine de l'assemblage d'une station et des séjours de

longue durée. Dans le cadre de ce programme, plusieurs astronautes américains avaient même effectué des séjours à bord de la station spatiale Mir.

Le programme Navette-Mir avait connu en tout onze missions au cours desquelles la navette spatiale américaine s'était amarrée à la station spatiale russe, et un vol commun russo-américain avait même été effectué à bord de Soyouz. En temps cumulé, les astronautes américains avaient passé plus de mille jours à bord de Mir. Bogolioubov avait gardé des liens étroits avec certains astronautes américains, dont quelques uns d'entre eux étaient encore en activité à l'agence spatiale américaine à des postes hiérarchiques importants.

Kromitine, qui avait vingt ans de moins que le général, quant à lui, n'avait jamais volé plus haut que la stratosphère. Il avait été pilote d'essai sur divers avions espions prototypes durant les années 2010 puis n'avait plus quitté la terre ferme à partir de 38 ans. En bon soldat poutiniste, il exécrait les américains et avait toujours considéré comme une trahison la coopération russo-américaine dans la station spatiale. Même si il existait un rapprochement certain entre Poutine et Trump au plus haut niveau, ça ne l'empêchait pas de considérer les

américains comme des impérialistes occidentaux belliqueux qui resteraient à jamais les ennemis de la grande Russie. Il pensait que les américains jouaient un jeu trouble dont le seul objectif était d'endormir la Russie pour pouvoir attaquer la Chine avec un seul front.

Pavel Kromitine avait pris la tête du service d'espionnage spatial deux ans auparavant, alors que la guerre ukrainienne faisait rage et que les armes américaines se déversaient par milliers de tonnes sur le grenier à blé qu'il fallait récupérer coûte que coûte. Il gérait la flottille des satellites russes qui surveillaient en continu toutes les parties du monde, sans aucune exception.

La nouvelle qu'il venait d'apprendre et qui avait été confirmée était très grave et il devait immédiatement en informer son supérieur hiérarchique qui était ce général vieillissant multidécoré Bogolioubov.

— Mon général, j'ai reçu ce matin une information importante. Nous venons de perdre l'un de nos satellites de surveillance de la classe Lynx. L'unité 005 pour être exact. Il s'agissait d'un satellite qui avait été lancé il y a 18 mois pour couvrir la Chine méridionale.

L'information importante ici, c'est qu'il n'a pas été simplement perdu, il a été détruit.

— Détruit ? Comment ça, détruit ? répondit Bogolioubov en haussant ses sourcils broussailleux que cachaient ses grosses lunettes.

— Après la perte du signal, nous avons lancé la procédure d'observations radar et d'observations satellitaires par le réseau Baïkal. Les deux indiquent la présence de nombreux débris autour de Lynx-005.

— Qui aurait pu faire ça ? demanda le général sans y croire.

— Les américains... ou bien les chinois... répondit Kromitine.

— Ou aucun des deux !... Vous avez pensé à une fragmentation interne ?

— Sur les Lynx, c'est très peu probable. C'est bien sûr toujours possible en théorie, à cause de leur carburant, mais ils ont été conçus pour éviter ce type d'avarie avec une probabilité de fiabilité de 99,995%. Ce n'est jamais arrivé sur la nouvelle famille de Lynx et ni sur la génération précédente non plus, répondit le colonel.

— Les américains ?... pourquoi auraient-ils fait ça ?

— Et pourquoi pas ?

— Si il fallait trouver un coupable, je chercherais plutôt du côté des chinois. Vous m'avez dit que ce Lynx était focalisé sur la mer de Chine, c'est ça ? demanda Bogolioubov.

— Oui, pas uniquement bien évidemment, étant donnée sa trajectoire, mais c'était une cible privilégiée. Nous étions en train de suivre les mouvements de la marine chinoise dans le détroit au moment où nous avons perdu le contact.

— Et vous avez détecté un tir de missile ? demanda le général.

— Non, mon général. Aucun tir de missile suspect n'a été détecté selon nos renseignements, que ce soit du côté chinois ou américain...

— Alors, avec un satellite harpon ?

— On ne peut pas l'exclure. Nous savons que les deux en possèdent et nous savons aussi que leur vitesse ne permet pas de les détecter à temps, répondit Kromitine.

— Oui, c'est sûr, c'est tout leur intérêt... rétorqua Bogolioubov. Bon, je veux un rapport écrit détaillé sur la situation de la perte de ce Lynx d'ici à demain soir.

— Bien, mon général. Je rappelle que le projet Lynx est classé au niveau très confidentiel défense, mon général. Toute communication à ce sujet est très restreinte.

Kromitine avait jugé opportun de préciser le caractère top secret du projet Lynx car il soupçonnait Bogolioubov d'acointances avec la NASA et il craignait que le vieux général parle indirectement aux américains de cette disparition de satellite espion.

— Vous pouvez disposer, merci, fit Bogolioubov.

\*\*\*

Les Lynx étaient une classe de satellites que l'on qualifiait d'espions car c'était leur objectif premier. Ceux-là étaient équipés non seulement d'optiques très performantes mais aussi d'antennes multi-fréquences de très haute sensibilité. Ils avaient des yeux et des oreilles qui permettaient de produire des images avec une résolution de 5 cm et d'enregistrer des conversations radio sans bruit parasite à 360 km

d'altitude. La famille des Lynx était composée de 24 unités qui parcouraient le globe à des inclinaisons comprises entre  $0^{\circ}$  et  $172,5^{\circ}$ , espacées de  $7,5^{\circ}$ . Leur autre point fort était de pouvoir être repositionnés à volonté durant leur période d'activité, grâce à leur moteur à ergol. Cela permettait d'en concentrer plusieurs sur une même zone. Et une réserve de carburant était conservée jusqu'à la fin de leur vie en orbite, qui était de l'ordre de 6 ans, afin de provoquer une rentrée atmosphérique finale et leur disparition physique complète, après n'avoir jamais existé officiellement pendant plusieurs années.

Le principe des satellites repositionnables datait de quelques dizaines d'années déjà. C'était ce même principe qui avait donné l'idée aux russes les premiers, puis aux américains, et aux chinois par la suite, de développer des satellites tueurs. On les appelait aussi des satellites harpons. Il s'agissait simplement de créer une collision spatiale avec le satellite ennemi que l'on souhaitait faire disparaître. Les satellites harpons étaient de petite taille et n'étaient constitués que d'un moteur et d'une réserve de carburant. La version russe était munie d'une sorte de plaque métallique conique assez large, à même d'assurer une collision destructive



efficace. Le nombre de débris produits lors d'une destruction volontaire de ce type dépendait fortement de la vitesse et de l'angle d'incidence du satellite harpon en plus de la nature du satellite cible.

La Russie possédait quatre satellites harpons de dernière génération. A l'époque soviétique, entre 1968 et 1982, huit tests destructifs réussis de ce type avaient été effectués afin de démontrer l'efficacité du procédé. Puis la Russie avait renouvelé les essais avec succès, après plusieurs tentatives, à nouveau en 1994 puis en 2019 en détruisant des vieux satellites hors service. Le nombre de débris produits par ces collisions volontaires était estimé à un peu plus de 900.

Les américains n'avaient fait qu'un seul test de ce type en fragmentant un élément de lanceur Delta en 17 morceaux. Ils devaient posséder au moins une dizaine de satellites tueurs, tandis que la Chine venait de se mettre au diapason pour faire bonne figure face à leur nouvel ennemi déclaré, et ils en possédaient déjà cinq.

Pavel Kromitine faisait le point sur l'arsenal américain et chinois de satellites harpons, en épluchant toutes les informations qu'il avait reçues du contre-espionnage sur le sujet.

Les informations les plus récentes faisaient état de difficultés techniques récurrentes sur les satellites tueurs chinois. Les cinq unités qu'ils avaient lancées en même temps trois ans auparavant avaient connu visiblement un défaut de fabrication générique sur leur système de propulsion, ce qui impliquait une mauvaise manœuvrabilité en orbite. L'armée chinoise était actuellement en train de concevoir une nouvelle génération qui aurait un système de propulsion tout à fait différent. Le rapport du FSB, qui décrivait des écoutes obtenues dans les instances du programme militaire spatial chinois, révélaient que les cinq tueurs actuellement en orbite n'étaient pas utilisables tels quels. L'ingénieur en chef qui avait dirigé le premier programme avait d'ailleurs disparu brutalement de la circulation, probablement envoyé ramasser des patates au fond du Xingjiang.

La piste chinoise s'affaiblissait d'autant plus que le Lynx-005 n'était pas le seul à avoir été mis sur les manœuvres navales de la mer de Chine. Lynx-007 avait été également positionné sur cette zone. On pouvait penser que si les chinois étaient au courant de la présence de 005, ils connaissaient aussi la position de 007. Comme les deux espions faisaient exactement le

même travail, ils auraient sans doute cherché à détruire les deux en même temps. Cela n'aurait pas eu d'intérêt pour eux de détruire seulement un des deux Lynx.

Restait la piste des américains. Pour Kromitine, toutes les occasions qu'auraient les américains pour déstabiliser la puissance spatiale russe seraient prises, il en était sûr. Mais il ne trouvait pas la moindre information allant dans ce sens émanant des services du FSB ou du SVR concernant les satellites Lynx.

Depuis le retour de Trump au pouvoir et la lourde défaite de l'Ukraine qui s'en était suivi six mois plus tard faute de munitions, Trump ayant stoppé net toute l'aide militaire apportée jusque là et l'Union Européenne étant restée les bras ballants, les américains voyaient les russes à nouveau comme des partenaires crédibles sur le plan international. L'administration Trump avait levé les sanctions économiques que l'administration précédente avait infligées à Poutine.

Kromitine n'arrivait pas à se faire à cette idée que les américains pouvaient être de nouveaux amis. Pourtant, tous les rapports des services de contre-espionnage allaient dans ce sens. Une action belliqueuse de destruction d'un Lynx dans ce contexte était plus

qu'improbable. Pavel Kromitine tournait en rond et ruminait.

\*\*\*

Serguei Bogolioubov savait qu'il y avait huit heures de décalage horaire entre Moscou et la côte Est des Etats-Unis. Il attendit qu'il soit dix heures du matin chez son vieil ami John Mitchell pour l'appeler avec son téléphone portable sous fausse identité. Le dégel était officiel mais il avait conservé les habitudes des quelques années passées.

Il s'était lié d'amitié avec John dans la station Mir en 1996. Mitchell avait passé trois mois dans la station russe et c'était Bogolioubov qui lui avait ouvert le sas reliant Mir à la navette Discovery à son arrivée. Mitchell n'avait jamais oublié cet accueil russe si particulier fait de multiples cadeaux , et les mini bouteilles de vodka cachées un peu partout dans des compartiments secrets de la station. Le cosmonaute et l'astronaute avaient ensuite effectué des sorties extra-véhiculaires ensemble avec de nombreuses péripéties. C'était à cette occasion qu'un américain avait enfilé une combinaison spatiale russe pour la première fois dans l'histoire. Mitchell avait continué sa carrière à l'agence spatiale américaine,

prenant une part importante dans l'élaboration du programme de la station spatiale internationale, en collaboration étroite avec l'agence spatiale russe, et il était aujourd'hui un responsable important de la NASA, en charge d'un service de surveillance des satellites et des débris spatiaux. Les deux hommes étaient restés en contact durant toutes ces années et Bogolioubov avait même effectué plusieurs séjours chez Mitchell à Baltimore au début des années 2000.

— Comment va mon cher Johnny ? lança le vieux général.

— Très bien, Serguei, très bien, et toi ? Et Olga ?

— Olga va très bien, elle te souhaite le bonjour ainsi qu'à Helen.

— Tu la remercieras pour la carte d'anniversaire pour Helen, elle l'a bien apprécié. Toujours chaud chez vous ?

— Autant que chez toi, j'en ai peur... fit Bogolioubov.

— C'est de pire en pire chaque année, c'est clair... dit Mitchell, puis il poursuivit :

— Alors, quand est-ce que vous venez nous voir pour faire un barbecue ? Vous êtes toujours les bienvenus, tu sais !

— Merci John, j'aurais bientôt beaucoup de temps libre, tu sais... La retraite s'approche à grands pas !

— La retraite ? Déjà ?

— Et oui, on nous arrête à 70 ans ici, pour ceux qui ont fait plus de 18 mois en orbite, à croire qu'on vieillit plus vite là-haut ! ricanait Bogolioubov.

— C'est quand même un peu vrai, Serguei...

— Oui, d'accord... Mais je te rassure, je suis encore en pleine forme !

Bogolioubov en vint au cœur du sujet qu'il souhaitait aborder avec Mitchell.

— Je voulais te demander une chose, toi qui es spécialiste des débris spatiaux...

— Oui ? Qu'est ce que tu veux savoir ?

— Est-ce que vous auriez détecté une recrudescence de débris ces derniers temps ? demanda le cinq étoiles.

— Ces derniers temps ? Sur quelle plage de temps ? demanda Mitchell, qui commençait à être intrigué par la demande de son vieil ami.

— Depuis quelques semaines, disons, répliqua l'ancien cosmonaute.

— Vous avez eu un problème récemment ? demanda Mitchell.

— Je ne peux pas tout de dire, mais disons qu'il est possible que nous ayons eu un problème de fragmentation inexpliquée...

John Mitchell fit immédiatement le lien avec les déboires de Skylink et ceux de la JAXA.

— Est-ce que tu pourrais être plus précis sur la date s'il te plaît ? demanda l'ancien astronaute

— Hier.

— Hier ?

— Oui, je ne peux pas te dire de quoi il s'agit, tu peux comprendre pourquoi, mais c'est une entité qui aurait pu avoir plusieurs causes de destruction, si tu vois ce que je veux dire.

— Je crois voir ce que tu veux dire, et je peux te dire que je n'ai entendu aucune information chez nous au sujet d'une action unilatérale, si tu vois ce dont je parle, répondit Mitchell.

— Je m'en doutais bien, évidemment... Ce n'est plus dans l'air du temps...

— Non, et je ne suis même pas sûr que cela l'aurait été... Bon, alors pour te répondre, et bien, ce que tu me dis me rend très perplexe, parce que nous avons une forte augmentation de fragmentations de satellites depuis le 11 juillet !

— C'est il y a quatre semaines... Qu'est-ce qu'il s'est passé ? Tu peux m'en parler ?

— Oui, c'est du civil. On a deux satellites Skylink qui se sont fragmentés, le premier le 11 juillet, suivi du deuxième 3 jours plus tard, et celui-là a été impacté par les débris du premier...

— Non...

— Mais ce n'est pas tout. Tu as peut-être entendu parler de la perte du télescope japonais XRISM le 17 juillet



dernier, et bien tout porte à croire que ce sont les débris de ces deux Skylink qui en sont à l'origine...

— Mon dieu ! chuchota Bogolioubov.

— Et Skylink nous ont annoncé il y a une semaine qu'ils avaient perdu de vue trois autres satellites tout neufs qui venaient d'entrer en service...

Bogolioubov écoutait son interlocuteur en essayant d'intégrer toutes les informations qu'il entendait sans y croire. Il croyait entendre un scénario catastrophe. Mitchell continuait.

— Nous avons effectué des détections de débris sur ces trois autres Skylink et elles se sont révélées positives.

Bogolioubov remercia Mitchell pour lui avoir donné ces informations et mit rapidement fin à la conversation non sans avoir fixé une date pour un futur séjour printanier dans le Maryland.

\*\*\*

Le général Bogolioubov fit appeler le colonel Kromitine. Il était 9h30. Kromitine se présenta cinq minutes plus tard.

— Vous devriez explorer la piste d'un impact de débris spatiaux, lança Bogolioubov avec autorité.

— Oui, mon général. C'est une piste que je comptais suivre, étant donné mes recherches infructueuses sur une action malveillante.

— Il fallait s'en douter... répondit Bogolioubov.

— Mais tout est imaginable, rétorqua Kromitine.

— Mais les américains sont tout de même la cause de notre problème, continua le général.

— C'est-à-dire ?

— Vous devriez chercher du côté des constellations de satellites, du genre Skylink...

— Bien mon général. Est-ce que vous avez d'autres informations qui pourraient m'être utiles ? demanda Kromitine.

— Pas exactement, mais j'ai appris que le télescope que les japonais ont perdu le 17 juillet aurait été impacté par un fragment de satellite Skylink. Je vous invite à fouiller parmi toutes les trajectoires de ces satellites pour voir si notre Lynx aurait pu être victime du même processus.

— Mais il y en a plus de 9000, de ces satellites... répondit Kromitine.

— On fait bien un suivi de tout ce qui est en orbite, non ?

— Oui, oui...

— Allez, vous pouvez disposer.

Kromitine sortit du bureau sans se retourner et alla directement à l'étage où se trouvait le service de surveillance des satellites.

La responsable du service était la lieutenant-colonel Irina Pradinova. Avec son équipe, elle avait construit une base de données qui tentait de répertorier la totalité des satellites actifs et inactifs, avec l'ensemble de leurs paramètres orbitaux. Ils s'étaient historiquement focalisés sur les satellites militaires américains, européens et chinois, mais poursuivaient actuellement leur travail en ajoutant les satellites civils, qui étaient pour leur grande majorité aujourd'hui des satellites de constellations. Ils avaient commencé cette action lorsque Misk avait offert à l'Ukraine un accès facilité à ses premiers satellites Skylink au début de la guerre. La frontière entre satellites civils et militaires étaient alors

devenue très floue. Les satellites des constellations commerciales pouvaient devenir autant d'armes qui pouvaient être utilisées sur le terrain militaire.

— Nous soupçonnons l'existence d'un lien entre la perte de notre Lynx-005 et les satellites Skylink, annonça le colonel Kromitine. Vérifiez toutes les orbites des Skylink, ou des autres constellations, pas seulement américaines.

— Jusqu'à quel niveau de séparation doit-on regarder ? demanda Irina Pradinova.

— A vous de juger, il faut que ce soit une séparation réaliste pour un étalement de débris de quelques semaines.

— Bien, mon colonel. Nous considérerons un étalement moyen sur une durée de trois semaines dans ce cas.

— Très bien. Je veux le rapport dans quatre jours.

— A vos ordres, mon colonel.

Irina plaça l'ordre de Kromitine en action prioritaire et activa les équipes de son service pour répertorier toutes

les trajectoires qui auraient pu impacter celle du Lynx-005 le jour de sa perte.

Lynx-005 se trouvait à une altitude de 360 km sur une orbite inclinée de 30°. La recherche se concentrait sur des altitudes comprises entre 300 et 510 km, avec n'importe quelle inclinaison, du moment qu'un passage à moins de 150 km ait eut lieu le 5 août. Les modélisateurs avaient calculé, grâce aux données acquises lors de la destruction volontaire de Kosmos-1408 en 2021, que l'étalement moyen d'un nuage de débris en trois semaines était d'environ 150 km. Etant donné que le Lynx-005 était à 360 km, il fallait donc scanner les trajectoires jusqu'à une altitude de 510 km. En revanche, il n'était pas nécessaire d'aller voir plus bas que 300 km car à des altitudes aussi basses, les débris avaient une probabilité beaucoup plus grande de s'étaler vers le bas et de brûler dans l'atmosphère.



9 août 2025

Liu Zhang récupérait tous les jours les données de OceanSat. Avec son équipe de l'Institut Océanique de l'université de Shanghai, elle effectuait un suivi quotidien de l'évolution du niveau de la mer en Mer de Chine. Les chercheurs chinois voulaient montrer comment le réchauffement des eaux qui s'accélérait produisait une dilatation des océans et donc une augmentation rapide du niveau de la mer. Le programme faisait partie du Système Chinois d'Observation de la Terre à haute résolution, le EOSDC, qui était coordonné par l'agence spatiale chinoise, la CNSA. L'impact d'une montée du niveau de la mer pouvait être catastrophique à terme pour les nombreuses villes très peuplées de la côte Sud-Est de la Chine. L'Académie des Sciences avait financé ce vaste programme avec la CNSA afin de mieux anticiper les catastrophes à venir et de pouvoir réagir le plus tôt possible. OceanSat avait été conçu en moins de deux ans, puis fabriqué dans les ateliers de la CNSA en un peu

plus d'un an. Le lancement avait été effectué environ cinq ans après la décision politique du lancement du programme visant à renforcer le EOSDC.

Les données arrivaient de manière très régulière à 10h30 tous les matins, mais depuis deux jours, le transfert n'avait pas eu lieu. Lorsque c'était arrivé la première fois, Liu s'était dit qu'il pouvait y avoir eu un défaut de transmission depuis le serveur central, mais ce matin, lorsqu'elle ne vit pas arriver les fichiers sur la station de travail, elle commença à s'inquiéter. Liu appela son interlocuteur à la CNSA.

— Je n'ai pas reçu de données OceanSat depuis deux jours d'affilée, dit Liu.

— Nous sommes au courant, répondit Jiang Cheng. Le satellite est en défaut actuellement.

— En défaut ? Qu'est-ce que ça veut dire ? demanda l'océanographe.

— Nous ne recevons plus aucun signal du satellite... répondit l'ingénieur spatial.

— Ah bon ? Et ça va revenir quand ? demanda Liu.



— Nous ne savons pas. Nous sommes en train d'étudier ce qui se passe. Mais c'est comme si plus rien ne fonctionnait...

— C'est grave, alors ?

— Oui, on peut dire que c'est une situation grave... Nous vous tiendrons au courant de la suite, ponctua l'ingénieur de la CNSA.

Liu ne s'inquiétait pas seulement pour son projet de mesure du niveau de l'océan en Mer de Chine, elle avait également besoin des données de OceanSat pour son doctorant Wen Zuong. Wen, lui, utilisait les données de température de l'eau que mesurait le satellite. Son travail de thèse était consacré aux effets paradoxaux du réchauffement climatique, et plus particulièrement aux bouleversements des courants océaniques comme l'AMOC dans l'Atlantique Nord qui pouvait être à l'origine d'un refroidissement local. L'acronyme signifiait « circulation méridienne de retournement atlantique ». Il s'agissait de la circulation complexe de l'Atlantique Nord qui prenait en compte de multiples courants de surface et profonds, dont le célèbre Gulf Stream.

Wen étudiait comment les eaux chaudes salées se déplaçaient vers le nord-est depuis les Caraïbes dans les couches de surface, et comment les eaux froides revenaient en sens inverse dans les couches profondes. Une perte de chaleur avait lieu vers l'atmosphère aux hautes latitudes, avant le retour de l'eau froide vers le sud. L'AMOC avait pour effet de fournir un climat tempéré en Europe du nord. Mais comme L'AMOC était en partie pilotée par les différences de densité de l'eau, qui étaient susceptibles d'être altérées par le réchauffement global via la fonte massive des glaciers du Groënland, qui injectait de l'eau douce dans l'Atlantique Nord, cette circulation naturelle pouvait fortement ralentir, voire disparaître. La conséquence paradoxale de cet effondrement de l'AMOC était un refroidissement prononcé en Europe de l'Ouest, qui verrait alors des hivers similaires à ceux de la côte est canadienne, mais toujours avec des canicules en été.

Avant le lancement de OceanSat en 2022, les seules mesures de l'évolution de l'AMOC étaient faites sur place en différents points situés en pleine mer par des bateaux océanographiques et des mesures indirectes des courants électriques induits dans les câbles sous-marins.

La dispersion entre les modèles climatiques concernant l'AMOC était très importante, ils ne menaient pas tous à la même conclusion, et le seuil critique était encore mal contraint. Le rapport du GIEC estimait qu'un effondrement de l'AMOC au vingt et unième siècle était très improbable. Mais Liu et Wen avaient montré qu'il existait des biais dans le modèle le plus utilisé, et ces biais allaient tous dans le sens d'une surestimation de la stabilité de l'AMOC, à la fois en raison de l'ajustement des enregistrements climatiques historiques, et aussi d'une mauvaise représentation de la formation d'eau profonde, de la salinité et du ruissellement glaciaire.

La température des eaux de surface n'était bien sûr pas reliée uniquement à l'AMOC. Il existait énormément de mécanismes qui pouvaient la faire varier ; c'était ce que cherchait à éclaircir Wen dans son travail de thèse.

Parmi ces mécanismes, il existait aussi un effet antagoniste, qui pourrait avoir pour conséquence non pas un refroidissement des côtes européennes mais un réchauffement encore plus prononcé que celui prévu lors des étés. Les modèles climatiques montraient que l'Europe se réchauffait plus rapidement que le reste de la planète, mais les récentes canicules avaient été

déclenchées par des conditions météorologiques particulières : des masses d'air chaud et sec s'étaient fixées au-dessus du continent, bloquant toute incursion d'air frais ou humide.

Une piste alternative qui intéressait Wen proposait une chaîne d'événements qui commençait par un afflux d'eau de fonte provenant de la diminution des glaces de l'Arctique, qui finissaient par modifier les courants océaniques massifs mais aussi les schémas régionaux de circulation de l'air. Plusieurs études publiées en 2024 suggéraient que la surveillance de ces schémas, visibles pendant les mois d'hiver, pouvait permettre aux climatologues de prévoir les chaleurs estivales extrêmes des mois, voire des années à l'avance.

La fonte de l'Arctique et du Groenland ajoutait environ 6 000 kilomètres cubes d'eau à l'océan par décennie. Or, les eaux de surface devenaient plus froides que d'habitude pendant les mois d'automne et d'hiver, car elles étaient moins chauffées par le fond de l'océan. Ce phénomène pouvait expliquer ce que l'on appelait le "cold blob", une étendue d'eau dans l'Atlantique Nord qui, selon les modèles de la NASA, était l'un des rares endroits de la planète à se refroidir.

Pour étudier comment l'afflux d'eau douce pouvait influencer sur les conditions météorologiques, Wen et ses collègues avaient besoin de nouvelles mesures de la salinité dans l'Atlantique Nord à partir de OceanSat. Les capteurs sur des bouées et les stations météorologiques n'étaient pas suffisants. Il avait déjà pu constater que les niveaux d'eau douce dans l'Arctique variaient fortement d'un hiver à l'autre, en fonction de l'ampleur de la fonte au cours de l'été précédent.

L'étude des archives de quatre décennies de données océaniques et atmosphériques, permettait des hypothèses sur la manière dont l'eau douce et la masse d'eau froide qui en résultait pouvaient influencer sur les conditions météorologiques en Europe. Les tempêtes de l'Atlantique Nord puisaient leur énergie à la frontière entre le blob et les eaux chaudes situées plus au sud. Les données montraient que lorsque les masses d'eau froide induites par l'eau douce étaient plus intenses, la limite était plus nette. Il en résultait des hivers plus orageux et des vents d'ouest plus puissants.

En raison de l'effet de Coriolis, phénomène lié à la rotation de la Terre, les vents d'ouest plus puissants déplaçaient un flux océanique chaud vers le nord

d'environ 45°N à 60°N. Ce déplacement pouvait persister au cours des étés suivants. Wen cherchait à savoir si ce courant pouvait agir comme une sorte de barrière, qui en remontant et en contournant les îles britanniques pourrait permettre à une masse d'air chaud et sec de rester bloquée au-dessus de l'Europe.

Ce scénario pouvait compliquer l'autre théorie concernant l'eau de fonte de l'Arctique, celle du ralentissement de l'AMOC, en réduisant la quantité d'eau salée qui s'enfonçait dans l'Atlantique Nord et contribuait à alimenter le courant.

Alors que le ralentissement de l'AMOC priverait l'Europe de chaleur et pouvait déclencher des conditions météorologiques extrêmes, comme des vagues de froid mortelles, la fonte de l'Arctique pouvait aussi réchauffer l'Europe, et non la refroidir.

\*\*\*

Le lendemain, la page du serveur de la CNSA où on téléchargeait les données du jour indiquait toujours le 7 août 2025 pour la date des dernières données disponibles. Wen Zuong arriva dans le bureau lumineux

de Liu Zhang qui dominait la baie. Il était à peine dix heures.

— Est-ce qu'on a du nouveau au sujet du satellite ? fit le jeune homme.

— Non, Jiang Cheng ne m'a pas rappelée.

— J'ai appris hier que les japonais venaient de perdre un télescope spatial d'une très grande valeur... J'espère qu'il ne nous est pas arrivé la même chose...

— Ah oui ? Qu'est-ce qu'il leur est arrivé ? demanda Liu.

— C'est un télescope à rayons X pour étudier les trous noirs et les choses comme ça... Apparemment, il a été détruit par un débris spatial qui l'a complètement fragmenté en plusieurs morceaux ! C'était il y a trois semaines.

— Un débris spatial ? Oohh...

— J'ai cherché des informations..., ce télescope était sur une orbite à 550 km d'altitude. Enfin, il l'est toujours... ou du moins ses multiples morceaux...

— OceanSat est à 540 km d'altitude... C'est pas très loin. Mais ils étaient certainement sur des positions et des inclinaisons très différentes, j'imagine.

— En position, oui, mais en inclinaison, on est pas très loin, le télescope japonais est sur une orbite de  $31^\circ$ .

— Et nous on est à  $35^\circ$ ... Ça fait quand même une sacrée différence ! Et tu dis qu'en position, l'écart est encore plus important ?

— Oui, j'ai fait un petit calcul à partir des informations que j'ai trouvées sur XRISM, en considérant qu'ils seraient à la même altitude pour simplifier le calcul. Je trouve que la distance la plus courte qui sépare le télescope de OceanSat est de 589 km.

— C'est loin... Je ne crois pas que les débris de ce télescope aient pu atteindre OceanSat, heureusement, répondit Liu.

— Oui, mais on pourrait penser que le débris qui a détruit le télescope faisait partie d'un nuage de débris qui serait sur une orbite inconnue et qui aurait pu aussi impacter OceanSat, non ? reprit Wen.



— Si on ne connaît pas l'origine du débris qui a détruit le télescope, on peut tout imaginer, c'est sûr. Y compris la même origine pour une éventuelle destruction de OceanSat. Mais ça serait une catastrophe pour nous, je n'ai pas envie d'imaginer ça...

— Oui, bien sûr, je le comprends. Qu'est-ce que je vais faire si je n'ai plus de données actualisées ? répondit Wen.

\*\*\*

La mauvaise nouvelle arriva le lendemain. Jiang Cheng contacta Liu dès qu'elle arriva au laboratoire. Il lui expliqua que les analyses qu'avait effectuées la CSNA étaient formelles, le satellite OceanSat était désormais hors service définitivement. Il avait subi une collision avec un petit objet en orbite qui avait détruit une partie de ses systèmes. Ils avaient détecté un petit nuage de débris autour du télescope d'observation. L'histoire que lui avait raconté Wen sur le télescope japonais venait donc de se répéter avec leur satellite. Liu était dépitée. Il fallait maintenant qu'elle réfléchisse à la meilleure façon de rebondir sur les différents projets de recherche dans lesquels elle était impliquée et qui exploitaient les données de OceanSat. Tout ce qui avait été entrepris

depuis trois ans était presque inexploitable tel quel, car l'objectif des mesures de OceanSat était de faire un suivi sur au moins dix ans, afin de pouvoir déterminer les tendances de l'évolution de l'océan. Les trois premières années de données n'étaient pas du tout suffisantes pour tirer des conclusions robustes. Elle ne savait pas comment faire pour mener la thèse de Wen à son terme. Une solution de facilité serait de transformer le sujet pour le fonder en grande partie sur des simulations numériques à partir d'anciennes données d'observations, mais ça devenait beaucoup moins intéressant du coup. Avait-elle le choix ? Ou bien il faudrait lancer une collaboration avec les européens, mais cela prendrait des années avant d'aboutir.

Liu rentra chez elle plus tôt que d'habitude ce jour là. Son mari Xiao l'attendait, il ne travaillait pas aujourd'hui et il était allé chercher leur fils Fu à l'école. Une bonne odeur de soupe de poulet envahissait l'appartement, la spécialité de Xiao, une merveille.

— C'est affreux ce qui nous arrive au labo... dit Liu en dégustant sa soupe.

— Qu'est ce qui se passe ? demanda Xiao.

— On vient de perdre notre satellite d'observation OceanSat...

— Il ne fonctionne déjà plus ? demanda Xiao.

— C'est pire que ça... il est complètement détruit...

— Comment ça ?

— La CNSA m'a confirmé ce matin qu'ils avaient observé des morceaux autour du satellite, ils disent qu'il aurait été impacté par un petit objet ou une micrométéorite...

— Ça s'est passé quand ? demanda le jeune quadragénaire.

— Les dernières données que nous avons pu télécharger datent du 7 août...

Xiao se taisait. Liu le regardait.

Après quelques secondes de silence, Liu dit à son mari :

— Quoi ?.. Ooh, tu fais ta tête de celui qui n'ose pas me dire quelque chose... Qu'est ce qu'il y a ? Tu le savais déjà ?

— Non, non, je ne le savais pas, tu me l'apprends, c'est une catastrophe pour ton labo...

Xiao semblait hésiter à dire quelque chose à Liu. Elle l'avait bien senti, elle qui le connaissait par cœur depuis qu'ils s'étaient rencontrés sur les bancs du lycée vingt cinq ans plus tôt. Xiao connaissait très bien le milieu de l'industrie spatiale. Il avait rejoint la division spatiale de l'armée populaire en tant que lieutenant dès la fin de ses études d'ingénieur. Il travaillait actuellement à l'unité 61398 qui était spécialisée dans l'espionnage des communications par satellite. Xiao reprit la parole.

— Je ne devrais pas te le dire... Tu ne le répètes à personne, d'accord ? A personne, hein !

— Promis ! répondit Liu. Evidemment ! Mais attends la fin du repas si tu veux, on ne va pas embêter Fu avec nos histoires !

— Oui, tu as raison... répondit Xiao, qui avait très bien compris ce que sous entendait Liu.

\*\*\*

Une fois que Fu fut retourné dans sa chambre à la fin du repas, Xiao se livra à Liu.

— C'est étonnant, la perte de OceanSat par un impact, tu sais, parce que nous venons nous aussi de perdre un

satellite d'écoutes dans les mêmes conditions. Le plus troublant, c'est la date. Tu m'a bien dis que ton satellite, vous l'avez perdu le 7 août ?

— C'est la dernière fois qu'on a reçu des données... le 8, il ne fonctionnait plus...

— Notre satellite a été détruit le 6 août ! La veille ! Ce n'est peut-être pas un hasard !

— Les américains nous attaquent ? fit Liu avec une moue dépitée.

— Je ne sais pas, répondit Xiao.

— Est-ce que des morceaux de ton satellite auraient pu détruire OceanSat ? demanda Liu.

— Il faudrait qu'on vérifie les paramètres orbitaux des deux satellites. Je vais remonter l'information sur OceanSat dès demain à l'état major et on éclaircira ça. Théoriquement, c'est possible, si les deux orbites sont suffisamment proches l'une de l'autre.

— Ça serait une honte nationale ! dit Liu en baissant la voix.

— Oui, mais personne le saurait, je te rassure. Un satellite militaire chinois ne peut pas détruire par erreur un satellite scientifique chinois...

— Mais ça ne serait pas volontaire, de toute façon, reprit Liu. Quelque chose à bien détruit votre satellite en premier, et les débris produits ne sont pas contrôlables. Si c'était le cas, vous n'y êtes pour rien. Le responsable, c'est celui qui a détruit votre satellite !

11 août 2025

Laurie venait de terminer son analyse primaire sur les trois Skylink supplémentaires qui avaient été déclarés perdus par la société texane. Ils étaient tous les trois sur des orbites très différentes, à la fois en altitude et en inclinaison.

Il n'y avait visiblement pas de lien entre ces trois destructions. Elle était très inquiète de la situation, d'autant plus que la NASA venait de leur donner une information confidentielle sur la fragmentation d'un satellite espion russe. Les paramètres orbitaux de ce satellite et de ses fragments n'étaient pas connus avec précision, mais on savait que son orbite passait au dessus de la Mer de Chine et que son altitude était d'environ 400 km. Or deux des trois Skylink détruits les 28 et 29 juillet se trouvaient sur une orbite à 360 km. Et l'un d'eux avait une inclinaison qui le faisait passer aussi au dessus de la Mer de Chine, et pouvait donc être assez proche du satellite russe, même si on ne connaissait pas

sa trajectoire géocentrique exacte. Le troisième Skylink faisait partie de la couche à 550 km comme ceux responsables de la perte de XRISM.

On ne savait vraiment pas grand-chose sur le satellite russe, outre le lieu de sa désintégration : au dessus de la Mer de Chine, et la date où elle avait eu lieu : le 5 août. On ne connaissait même pas l'heure. Officiellement, un membre de la NASA qui devait rester anonyme avait reçu une information confidentielle d'un haut responsable de l'agence russe, qui lui aussi resterait anonyme. La nature de ce satellite était elle aussi inconnue, on savait juste qu'il s'agissait d'un satellite d'observation et de surveillance. Il en existait des dizaines de ce type, de tous les âges. Il était d'ailleurs tout à fait possible que ce soit un satellite épave qui était en attente de rentrer dans l'atmosphère.

On savait en revanche que ce n'était pas un nouveau test antisatellite par tir de missile, ni une destruction volontaire par les chinois.

Laurie demanda à Lars si il pouvait lui donner un coup de main sur l'analyse de ce qui avait pu se passer avec ces trois satellites Skylink. Il arriva promptement dans son



bureau où elle lui avait avancé un fauteuil pour s'installer devant le même écran.

— Statistiquement, le fait que ces trois fragmentations ont eu lieu à un jour d'intervalle, ça implique un lien de cause à effet avec une forte probabilité, répondit Lars à la question que Laurie lui avait posée.

— Mais je ne trouve pas le déclencheur à partir des trajectoires...

— Est-ce que tu as fait varier les paramètres de dispersion des débris de Kosmos-1408 ? lança Lars.

— Non, j'ai utilisé les paramètres du catalogue, répondit Laurie.

— On pourrait essayer de voir ce que ça donnerait en modifiant des paramètres de cet essaim, tu crois pas ?

— Ils seraient mal connus à ce point, depuis quatre ans ? rétorqua Lorie.

— Qui sait ? Ça vaut le coup...

— OK, allons-y. On commence par quoi ? L'élongation en longitude ?

— Si tu veux, on regardera la latitude et l'altitude après, répondit Lars qui regardait à peine la jeune femme dont le parfum l'enivrait.

Ils utilisaient un logiciel qui simulait les mouvements de débris spatiaux au cours du temps, à partir d'hypothèses de départ sur le nombre, la taille, les positions et les vitesses de chaque débris. L'essaim de débris produit lors de la destruction volontaire de Kosmos-1408 s'était déjà fortement dispersé depuis novembre 2021 et une quantité importante avait atteint l'atmosphère, mais il restait environ 600 éléments de plus de 1 cm en plus de ce qui restait du satellite. Une grande partie des morceaux plus petits que 1 cm n'étaient pas catalogués par manque de données de détection fiables. Ces débris subcentimétriques pouvaient néanmoins être très destructeurs sur n'importe quel engin qui croisait leur trajectoire.

Laurie et Lars menaient l'étude paramétrique sur l'essaim particulier des débris de Kosmos-1408 avec une grande précaution, en testant des variations des paramètres les uns après les autres, puis ensuite ensemble.

— Ce qu'on pourrait faire pour avoir plus de précision dans le simulateur, c'est d'importer les toutes dernières données, dit Lars.

— De toutes les tailles, répondit Laurie ?

— On peut mettre les plus de 1 cm pour commencer, après on verra si c'est utile de descendre en dessous.

— OK, on fait ça.

— Alors, pour importer... on fait ça... tu fais « import external data » là... ensuite je vais chercher dans le package SSN Haystack ...

Laurie laissait faire Lars.

— Tu prends tout ou seulement l'essaim de Kosmos-1408 ?

— Ça sert à rien de tout prendre ici, ça ralentirait énormément le simulateur, répondit le jeune homme.

— C'est le nombre total des plus de 1 cm, là ? fit Laurie en pointant son index vers le haut de l'écran où apparaissait un nombre en rouge.

— Ouais, ça c'est le total mis à jour avec les dernières données en date, qui datent de ... ce matin, la date est là. Elles ne sont pas encore cataloguées celles-là... répondit Lars.

— On en est déjà à plus de 760 000 ? J'étais restée à 720 000... c'est possible, ça ?

— Je sais pas, j'avais pas de chiffre en tête, moi.

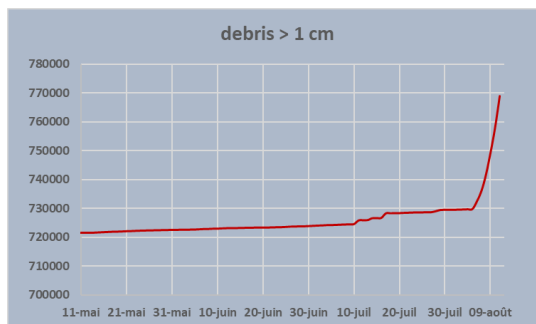
— Tu peux afficher l'évolution en fonction du temps, s'il te plaît ? demanda Laurie.

— Ouais, je fais ça...

Lars pointa sa souris sur le menu en haut de l'application pour aller chercher les fonctionnalités du mode expert qui permettaient d'afficher des graphiques divers et variés sur les paramètres des débris qui se trouvaient dans la base de données des observations récentes.

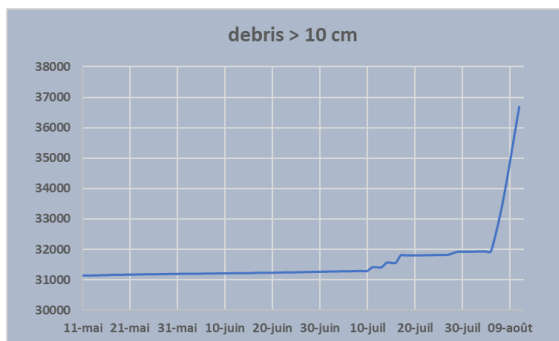
Une courbe de couleur rouge apparut à l'écran. L'axe des abscisses était le temps, qui allait du 11 mai au 11 août et l'axe des ordonnées était le nombre cumulés de débris de plus de 1 cm qui avaient été détectés. La courbe augmentait doucement puis montrait un saut à partir du 11 juillet, qui correspondait à la fragmentation du

Skylink 9-92-008, mais ce qui surprit Laurie et Lars, c'est ce qui se passait à la toute fin du graphe. Les 6 derniers points de la courbe étaient beaucoup plus haut que les jours précédents.



— Il s'est passé quelque chose entre le 5 et le 6 août ! lança Laurie avec une émotion palpable. Affiche les débris de plus de 10 cm !

Lars s'exécuta, il suffisait d'un clic et d'une sélection dans un menu déroulant. La nouvelle courbe s'afficha immédiatement en dessous de la précédente.



— Merde ! Regarde ça ! Ça augmente tous les jours depuis le 5 août ! On en a presque 5000 de plus en six jours ! fit Laurie. Laisse tomber la recherche sur Kosmos-1408. On s'en fout maintenant de savoir qui a déclenché quoi ! On est dans la merde, là... Il va falloir essayer d'anticiper le futur maintenant ! Ça donne quoi jour par jour ? fit Laurie.

Lars tapota sur son clavier pour afficher le nombre de nouveaux débris détectés chaque jour. On vit s'afficher sur l'écran :

Débris > 10 cm

1 août : +0

2 août : +2

3 août : +3

4 août : +2

5 août : +1

6 août : +540

7 août : +670

8 août : +790

9 août : +897

10 août : +923

11 août : +934

— Il faut tout de suite prévenir O'Rourke ! Tu viens avec moi ? lança Laurie.

— Ouais, bien sûr ! Tu préviens pas Wemba ?

— Pas le temps, c'est la merde, là... t'as compris ce que ça veut dire ? fit Laurie en se levant promptement.

— Kessler...

— Ouais, Kessler !

— On pourra sans doute rien faire... répondit Lars.

— Je sais pas, je sais pas...

Laurie marchait d'un pas rapide dans le couloir sombre. Lars avait presque du mal à la suivre. Ils arrivèrent au niveau du bureau du colonel O'Rourke mais Laurie frappa à la porte précédente qui était celle de l'assistante personnelle du colonel.

— Bonjour Margot, est-ce qu'on peut voir le colonel O'Rourke tout de suite s'il te plaît ? C'est un cas d'urgence absolue concernant la surveillance de débris.

— Je l'appelle, fit l'assistante d'une voix douce en souriant.

Une fois le téléphone raccroché, l'assistante les invita à entrer dans le bureau du chef du SSN.

— Bonjour Mon Colonel, Lars et moi, nous venons de découvrir qu'il s'est passé quelque chose entre le 5 et le 6 août, on observe une brutale augmentation du nombre global de débris, quelque soit leur taille. Et le nombre de nouveaux débris est en augmentation chaque jour depuis cette date.

— Une augmentation continue ? fit O'Rourke

— Oui, ce n'est pas juste un pic correspondant à une fragmentation unique, il y a des centaines de nouveaux débris tous les jours depuis cette date, répondit Lars. Je peux vous montrer, ajouta le jeune ingénieur.

— Montrez-moi ça ! dit le colonel en se reculant pour laisser le clavier à Lars.

Pendant que Lars se connectait sur la base de données qui répertoriait les données les plus récentes en



provenance de Haystack, Laurie rappelait à O'Rourke comment ils étaient tombés sur cette évolution journalière des débris, en cherchant à améliorer une analyse à partir des dernières données actualisées, pour faire varier les paramètres des débris de Kosmos-1408 dans l'analyse de la perte des trois Skylinks de fin juillet.

— Alors, voilà ce que donne la liste des débris de plus de 10 cm depuis le 1<sup>er</sup> août, lança Lars en pointant son index vers l'écran.

O'Rourke regardait attentivement.

— On a environ 900 nouveaux débris de plus de 10 cm tous les jours depuis quelques jours ?! fit le colonel.

— Oui, c'est ça. Vous voyez que ça a commencé le 6 août... dit Lars.

— Pourquoi on ne l'a pas vu avant aujourd'hui ? demanda O'Rourke.

— Ce sont les toutes dernières données qui sont remontées, elles ne sont pas encore cataloguées, et il n'y a pas d'alerte automatique sur ces données là, mon colonel, répondit Laurie.

— Les données sont cataloguées après sept jours, et c'est à ce moment là qu'une alerte automatique est générée, poursuit Lars. On n'a jamais vu une telle évolution du nombre de débris...

— Effectivement ! C'est affreux ! répondit O'Rourke. Et ça semble continuer en s'accroissant... J'imagine que vous avez compris ce que cela signifie, demanda O'Rourke.

— Oui, mon colonel, répondit Laurie. Un syndrome de Kessler...

— C'est la pire chose qu'on pouvait attendre, répondit O'Rourke. La pire...

\*\*\*

Irina Pradinova était tiraillée. Les gars de son équipe n'avaient trouvé aucune causalité possible entre la trajectoire du Lynx-005 et celle d'un satellite de constellation qui aurait produit des débris. En revanche, ils avaient trouvé une autre corrélation, certes faible mais bien réelle, et c'était avec les débris de Kosmos-1408, le satellite d'écoutes électroniques des années 1980 qui avait été détruit le 15 novembre 2021 par un tir

de missile A-235 depuis le cosmodrome de Plesetsk, là même où ce satellite avait été lancé 39 ans plus tôt.

Les analystes étaient formels, la plus grande probabilité d'une rencontre de débris par Lynx-005 au moment et à l'endroit où il se trouvait était avec des débris de l'essaim résiduel de K-1408. Aucun autre satellite parmi les plus de 10000 répertoriés dans les données du ministère des forces aérospatiales russes ne pouvait être associé à la fragmentation du Lynx-005. Irina ne savait pas comment elle allait présenter les choses au colonel Kromitine. Elle savait qu'il avait été partie prenante dans le test de destruction satellitaire de 2021. C'était lui qui avait choisi la cible, ce vieux tromblon qui restait inactif en orbite depuis 1984 aux environs de 650 km d'altitude. Il fallait maintenant lui annoncer qu'il venait de perdre un bijou de technologie de plus de dix milliards de roubles à cause de ce test antisatellite qu'il avait laissé faire et même encouragé. Elle ne pouvait pas mentir à son supérieur, en lui disant par exemple qu'ils n'avaient rien trouvé, c'était facile, il suffisait de maquiller un peu les chiffres. Mais si elle lui disait la vérité, elle avait peur que sa réaction se retourne contre elle. Il ne pourrait qu'être fortement vexé, elle en était sûre. D'un autre côté, elle n'obéissait qu'aux ordres,

mais elle ne voulait pas que Kromitine mette son rapport directement à la poubelle sans en parler plus haut. L'information qu'ils avaient trouvée était importante pour la haute hiérarchie. Irina se disait que c'était trop important. Elle décida finalement d'en parler directement au général Bogolioubov avant de donner son rapport au colonel Kromitine, le général lui dirait quoi faire, pensait-elle.

— Je souhaitais vous voir au sujet de l'étude sur l'origine de la perte du Lynx-005, mon général. Nous avons trouvé son origine probable, et cette information est sensible...

— Avez-vous transmis votre rapport au colonel Kromitine ?

— Pas encore, mon général. Il se trouve que le colonel Kromitine pourrait avoir un conflit d'intérêt par rapport à ce que dit notre rapport... C'est la raison pour laquelle j'ai sollicité cette réunion avec vous.

— De quoi s'agit-il ? Comment le colonel Kromitine pourrait-il avoir un lien avec cette perte de Lynx-005 ?

— Le test de destruction de Kosmos-1408, mon général, répondit Irina.

— Expliquez-vous, fit le général.

— Et bien, tous nos calculs montrent que ce sont des débris de Kosmos-1408 qui auraient impacté et fractionné Lynx-005. Et comme vous le savez, le choix de ce vieux satellite pour le test a été fait par le colonel Kromitine.

— Vous êtes donc en train de me dire que nous venons de perdre un satellite de surveillance à cause de notre propre test anti-satellite ? Vous êtes sûre de vos calculs ?

— Oui, mon général. Tous les détails sont dans le rapport.

Bogolioubov se pencha en arrière sur son fauteuil en soufflant bruyamment. Irina sentit la vodka de son haleine fétide. Après s'être frotté les yeux, le vieux général se redressa en tendant le bras vers la lieutenant-colonel.

— Donnez-moi votre rapport d'étude. Et je vais vous demander de faire une chose : vous allez simplement remettre une copie de ce rapport au colonel Kromitine

comme il vous l'a ordonné, mais sans lui dire que vous êtes venue m'en parler.

— Bien, mon général !

— Merci. Bon ce n'est pas tous les jours qu'on subit un tir ami... Ce sont des choses qui peuvent arriver hélas... Mais il est vrai que c'est particulièrement désastreux pour nous...

\*\*\*

Le colonel Kromitine assistait à la remise de médailles qui avait lieu sur la Place Rouge en présence des familles des cosmonautes. Il faisait une chaleur écrasante alors qu'il n'était que onze heures du matin.

Les valeureux cosmonautes qui avaient séjourné au moins deux jours en orbite durant les deux dernières années étaient décorés par le général Bogolioubov en personne pour leur dévouement sans faille pour l'exploration de l'espace. Ils étaient quatre à recevoir le titre honorifique de Pilote-cosmonaute de la Fédération de Russie.

Depuis le début des années 1990, cette distinction officielle était attribuée par le président de la Fédération

de Russie aux cosmonautes qui avaient participé au programme spatial russe. Les cosmonautes recevaient un certificat d'attribution du titre, ainsi que l'insigne des mains du général, qui l'arborait lui-même fièrement sur le côté droit de sa poitrine aux côtés d'une dizaine d'autres. La médaille en forme de pentagone montrait le dessin d'un globe et une fusée qui décollait depuis le sol russe.

À la fin de la courte cérémonie, le général Bogolioubov se rapprocha du colonel Kromitine et lui demanda : « Alors Kromitine, ce rapport sur la destruction du Lynx, vous en êtes où ? ».

Des gouttes de sueur perlaient de la casquette du colonel.

— Je vais vous transmettre les résultats de nos analystes. Le rapport fournit une conclusion surprenante, mais je viens de recevoir une autre information de notre département du contrôle des satellites qui donne une autre version que cette conclusion. Je vous présenterai ces deux résultats cet après-midi si vous êtes disponible.

— Très bien ! Venez me voir à 15 heures !

— Entendu, mon général.

\*\*\*

Les deux gradés se retrouvèrent dans le vaste bureau du général à l'heure dite.

— La conclusion de notre service d'analyse, comme vous le verrez dans ce rapport, dit que la destruction de Lynx-005 serait due à un impact d'un débris de Kosmos-1408 suite au test antisatellite que nous avons effectué en novembre 2021...

— Le test que vous avez chaudement recommandé, n'est-ce pas ? fit Bogolioubov.

— L'état-major a pris la décision de ce test, mon général. Je n'ai été qu'un petit maillon de la chaîne...

— Certes... Pour ma part, je n'ai jamais été partisan de ce test... Continuez...

— Je dois préciser que cette conclusion repose sur des calculs probabilistes, et qu'il subsiste une incertitude non négligeable. Comme vous le verrez, une telle collision avec un débris de K-1408 est considérée comme probable à 98,5%. Cela est dû à la difficulté



d'estimer la dispersion de ces débris en trois ans et demi, poursuivi Kromitine.

— Donc, vous me dites que nous venons de perdre un de nos meilleurs satellites de surveillance à cause de notre propre test anti-satellite ... Je ne sais pas comment pourra réagir le président quand on lui dira ça...

— Et bien, justement, il est tout à fait possible que ce ne soit pas cette solution qui soit la bonne...

— Dites-moi ce que vous avez trouvé... répondit Bogolioubov.

— Le service de contrôle des satellites m'a fait parvenir la totalité de la télémétrie qui a été reçue en provenance de Lynx-005 jusqu'à la perte du signal. Et ce qu'on voit à la toute fin, avant qu'il n'y ait plus rien, c'est le signal X. Le signal X, c'est le code pour l'autodestruction.

— L'autodestruction... marmonna Bogolioubov.

— Il n'existe que deux configurations pour l'autodestruction dans les Lynx : la première c'est une défaillance du lanceur soit durant le décollage soit à la mise en orbite, si l'insertion est ratée. Et la deuxième,

c'est la détection de mouvements anormaux qui signent une capture par un ennemi.

— Où voulez-vous en venir, Kromitine ?

— Je pense que Lynx-005 a subi une tentative de capture par les américains avec leur X-37B et s'est autodétruit à ce moment là, répondit Kromitine sans sourciller.

— Est-ce que ça veut dire que le X-37B aurait été détruit en même temps dans la manœuvre dans ce cas ?

— L'explosion produite par le système d'autodestruction des Lynx a été conçue pour être suffisamment puissante pour engendrer des dommages importants sur le vaisseau ennemi, mon général.

— Pour avoir la preuve de ce que vous dites, il suffirait de savoir si le X-37B est toujours entier, n'est-ce pas ? Peut-on avoir cette information avant d'incriminer les américains ? demanda Bogolioubov.

— Nous savons que la navette américaine était en orbite le 5 août, mais nous ne connaissons pas son orbite précise.... répondit Kromitine, qui voyait que Bogolioubov commençait à mordre à l'hameçon.

— Et si c'étaient les chinois ? lança le général.

— Les chinois ? Mais pourquoi feraient-ils ça ? répliqua Kromitine.

— Le lynx-005 n'était-il pas en train de surveiller la mer de Chine et le détroit de Taïwan ?

— Oui, c'est vrai, mais une action aussi belliqueuse venant des chinois me paraît très improbable, répondit le colonel.

— Vous savez, avec les chinois, il faut se méfier. Il disent rarement ce qu'ils font et ils ne font pas toujours ce qu'ils disent... répondit Bogolioubov. Nos satellites Lynx ont certainement plus d'intérêt pour les ingénieurs chinois que pour les ingénieurs américains... N'est-ce pas nous qui avons copié les plans d'un satellite espion américain pour concevoir certains éléments du Lynx ? On peut penser que les chinois se soient intéressés à la copie plutôt qu'à l'original, afin de brouiller les pistes, non ?

— Peut-être, répondit Kromitine.

— Ou bien, se sont juste des débris de Kosmos-1408, tout simplement. L'impact aurait aussi pu faire déclencher le système d'autodestruction, après tout ?

— Oui, c'est possible aussi, mon général, répondit Kromitine en baissant la voix.

— Je crois que nous allons rester sur cette version qui est plausible à plus de 98%, malgré la honte nationale qu'elle peut provoquer. Les autres versions me paraissent très spéculatives sans nouvelle preuve convaincante.

— A vos ordres, mon général, répondit Kromitine. Je vais tout de même chercher des informations sur l'intégrité du X-37B.

— Faites donc.

13 août 2025

Laurent Briard avait développé un algorithme super-performant avec son équipe de l'Observatoire de Paris. C'était aujourd'hui l'algorithme de référence qui était utilisé sur les images du télescope synoptique de l'Observatoire Vera Rubin. C'était ce qu'on appelait un traitement de tri et rejet.

L'Observatoire Vera Rubin avait vu sa première lumière en avril. Il suivait l'évolution du ciel avec un très grand champ de vue, ce qui produisait des images en si grandes quantités que les données correspondantes se comptaient en dizaines de Petaoctets. Mais l'observatoire Vera Rubin avait été imaginé bien avant l'essor brutal des constellations de satellites proposant un accès à l'internet sur l'ensemble du globe au début des années 2020. Les astrophysiciens et ingénieurs n'avaient initialement pas prévu le nombre considérable de satellites qui parcourraient la voûte céleste à chaque instant. Et comme ces satellites reflétaient la lumière du

Soleil dans tout le spectre électromagnétique, et pas uniquement dans le domaine visible accessible aux yeux des gens sans instruments, ils étaient très bien détectés dans les images du télescope Vera Rubin, comme dans d'autres télescopes terrestres. Comme les télescopes produisaient des images en faisant des pauses de plusieurs secondes, voire plusieurs minutes pour capter un maximum de photons en provenance de sources astrophysiques lointaines, le passage d'un satellite ou d'un train de satellites brillants dans le champ de vue du télescope produisait une ou plusieurs trainées lumineuses qui barraient l'image, la rendant la plupart du temps inexploitable.

Laurent suivait un indicateur sur le logiciel de traitement qui donnait le pourcentage d'images qui étaient à mettre à la poubelle à cause des trainées de satellites et donc rejetées par l'algorithme. Ce taux de rejet était variable au cours de la nuit, du fait du passage des satellites dans l'ombre de la Terre en milieu de nuit. Il était maximum au crépuscule et à l'aube et minimal durant le tiers central de la nuit, avec des valeurs qui atteignaient désormais 42% le soir, 41% le matin et 13% en milieu de nuit. Globalement, les passages de satellites

provoquaient la perte de 32% de toutes les images produites par l'observatoire Vera Rubin.

Les astronomes professionnels avaient commencé à saisir l'ampleur de l'impact des constellations de satellites de communication en 2020. Pour essayer de quantifier concrètement l'impact sur les programmes scientifiques, la National Science Foundation et l'American Astronomical Society avaient organisé une rencontre regroupant près de 250 professionnels, astrophysiciens et ingénieurs de sociétés spatiales à laquelle Laurent avait participé. Ils avaient rédigé un rapport volumineux exposant les faits observés à l'époque, ainsi que des prédictions, tout en explorant des solutions de mitigation des effets désastreux qu'auraient des dizaines de milliers de satellites. Les effets des constellations de satellites étaient bien catastrophiques pour la science. Le rapport disait que les outils d'observation les plus touchés seraient les télescopes optiques à grand champ qui étaient dédiés à imager tout le ciel en continu à la recherche d'événements transitoires, comme le Vera Rubin Observatory et son grand télescope de 8,4 m.

Les domaines touchés étaient très nombreux, allant de l'étude des populations d'étoiles dans notre galaxie et les galaxies proches à la recherche d'astéroïdes géocroiseurs, en passant par l'identification de sources d'ondes gravitationnelles par leur contrepartie optique ou encore la recherche et l'étude d'exoplanètes ou de supernovas. Des simulations de visibilité avaient été effectuées par les chercheurs pour la réunion, en prenant en compte 30000 satellites de seconde génération de Skylink situés à moins de 614 km d'altitude et 48000 satellites de ThreeWeb positionnés à 1200 km. Les résultats indiquaient que pour toutes les altitudes, leur visibilité restait constante durant toute la durée du crépuscule (jusqu'à ce que le Soleil soit à  $18^\circ$  sous l'horizon). Mais il y avait une différence cruciale entre les satellites positionnés à 600 km et à 1200 km. Les satellites les plus hauts étaient visibles non seulement en début et en fin de nuit, mais aussi durant toute la nuit en été, n'entrant jamais dans l'ombre de la Terre... Et il n'y avait pas que les traînées lumineuses qui apparaissaient lors des longues poses. Un éclat sporadique ou périodique important pouvait aussi induire des artefacts non corrigéables sur les imageurs des télescopes. Avant 2020, des discussions avaient déjà



eu lieu entre les scientifiques et des sociétés comme GalactiX, qui avait à l'époque déjà mis en orbite près de 600 satellites Skylink en 9 lancements.

GalactiX et sa filiale Skylink avaient montré qu'il était possible de réduire l'albédo de ces satellites en les orientant différemment, en ajoutant un écran ou bien en les peignant en noir, mais ces solutions étaient bien loin d'être parfaites. La peinture noire produisant un échauffement du satellite néfaste pour son électronique, celle-ci n'avait finalement pas été retenue par Skylink. Le rapport disait que les constructeurs pourraient aussi fournir aux observatoires les trajectoires très détaillées, de manière à ce qu'elles soient connues à l'avance et que les observations astronomiques soient adaptées en conséquence. Mais cela n'enlèverait pas le fait qu'un temps d'observation conséquent serait perdu à jamais. Ironie du sort, c'est durant la rédaction du rapport à l'été 2020 que le concurrent américain de Leon Misk, le milliardaire Joe Bezeff, avait reçu l'approbation du premier gouvernement Trump pour lancer les 3236 premiers satellites de sa constellation Oort...

*Le rapport Impact of Satellite Constellations on optical astronomy and recommendations towards mitigations*

fournissait non seulement une série de résultats scientifiques parmi les plus aboutis techniquement sur le problème, mais il donnait aussi dix recommandations : trois pour les observatoires, quatre pour les sociétés spatiales et trois pour les deux acteurs ensemble. Pour les observatoires, on y lisait :

1 - Développer des logiciels de traitement d'image permettant d'identifier, modéliser, soustraire et masquer des trainées des satellites.

2 - Développer des logiciels de planification via la prédiction des heures de passage et des trajectoires des satellites.

3- Développer des simulations des effets sur l'analyse de données du masquage des trainées de satellites pour déterminer un seuil de tolérance.

Pour les sociétés spatiales, les recommandations négociées étaient bien tièdes :

1 - Faire systématiquement des mesures de réflectance poussées (bi-directionnelles) lors du design des satellites, en plus de simulations.

2 – Faire en sorte que la lumière solaire réfléchié varie lentement avec la variation de la phase orbitale telle qu'elle est vue par un télescope à grande ouverture et grande étendue (surface x champ de vue).

3 – Faire en sorte de ne pas créer des réflexions spéculaires (sursauts de luminosité) dans la direction des observatoires, ou bien avoir un moyen de prédiction et de prévention à envoyer aux observateurs.

4 – Regrouper le plus possible les trains de satellites après le lancement permettant un passage rapide à travers une zone de pointage de télescope, et ajuster leur orientation pour minimiser la lumière réfléchié.

Enfin, parmi les dernières recommandations qui étaient destinées aux observatoires et aux sociétés spatiales ensemble, on pouvait lire :

1 – Développer rapidement un effort coordonné d'observation des unités constituant les constellations afin de les caractériser avec la plus grande précision.

2 – Déterminer la qualité des informations de position, télémétrie, etc, afin d'améliorer substantiellement les données de position de chaque satellite (un facteur 10 en

précision était nécessaire), informations devant être disponibles pour le public.

3- Adopter un nouveau format standardisé pour ces données de position, incluant les erreurs statistiques.

Il ne s'agissait que d'une liste de recommandations, sans aucun critère contraignant. Concrètement, Skylink, Threeweb et les autres sociétés qui se battaient sur ce nouveau marché se souciaient de la recherche astronomique comme de la première couche culotte de leur patron milliardaire. Ils n'avaient rien respecté depuis les cinq années qui s'étaient écoulées depuis la parution du rapport.

La plupart des astrophysiciens du monde entier s'accordaient pour dire que la seule façon de supprimer l'impact des constellations de satellites sur les télescopes optiques et infra-rouge, c'était de ne pas en lancer du tout. Cinq ans plus tard, Laurent comme d'autres estimaient qu'il aurait été plus utile de commencer par là dans les recommandations, sans devoir accepter le fait accompli imposé par une poignée de capitalistes acharnés qui profitaient de l'absence de régulation nationale ou internationale sur la luminosité maximale des satellites...

Laurent avait remarqué que l'augmentation du taux de rejet était en augmentation significative depuis une semaine environ. Le taux de rejet global augmentait naturellement compte tenu du nombre toujours croissant des satellites, qui étaient lancés chaque semaine. Cette augmentation était à peu près constante depuis 2022.

Laurent avait écrit un petit logiciel de contrôle des résultats de l'algorithme de tri qui donnait la courbe du taux de rejet en fonction du temps. Pour les périodes du crépuscule et de l'aube, cette courbe était une droite dont la pente était légèrement croissante. Sa dérivée par rapport au temps était donc positive et quasi constante. Pour la période du milieu de nuit, l'évolution était un peu différente : la pente était certes croissante et monotone elle aussi mais beaucoup moins marquée. Cela était dû au fait que les satellites qui étaient visibles en milieu de nuit étaient ceux qui se trouvaient à des altitudes plus élevées, à plus de 1000 km. Or, il n'y avait que la constellation Oort qui envoyait des satellites sur ces orbites à la limite de ce qu'on appelait l'orbite basse. Et la société de Bezeff faisait dix fois moins de lancements que celle de Misk. Le nombre de satellites

visibles en milieu de nuit croissait ainsi dix fois moins vite que celui des satellites visibles le soir et le matin.

Dans son programme python, Laurent affichait non seulement le taux de rejet que produisait l'algorithme principal, mais aussi la dérivée de ce taux de rejet par rapport au temps, qu'il appelait alpha, et la dérivée de cette dérivée, c'est-à-dire la dérivée seconde du taux de rejet, qu'il appelait bêta. La valeur de cette variation de l'augmentation du taux de rejet oscillait habituellement autour de zéro : l'augmentation du taux de rejet était constante, sur les trois périodes de la nuit. Cela s'expliquait par le rythme de croisière qu'avaient atteint les lancements de satellites depuis trois ans, toutes sociétés confondues, dont Skylink faisait la grande majorité.

Mais ce que Laurent voyait sur son écran lui semblait être une anomalie. Depuis trois jours, le facteur bêta, qui était la pente de la courbe du facteur alpha, était systématiquement positive.

Il demanda à Yasmina Krikeb, la doctorante du groupe qui partageait son bureau et qui travaillait sur les images de l'Observatoire Vera Rubin, si elle avait constaté quelque chose d'anormal depuis quelques temps dans

les données qui arrivaient en flux continu depuis le Chili.

— Non, j'ai rien remarqué de particulier, répondit la jeune femme. Y'a quelque chose qui cloche ?

— On dirait... J'ai la dérivée du taux de rejet qui augmente sensiblement depuis quelques jours, et ça apparaît dans toutes les périodes de la nuit en même temps.

— C'est pas les Perséides, quand-même ? demanda Yasmina.

— Non, les météores sont noyés dans les Skylink... Ça peut pas être dû à ça. Je vais regarder à quoi ressemblent ces images rejetées, on verra bien, rétorqua Laurent.

Même si elles étaient considérées comme inutiles pour être exploitées, les images rejetées par l'algorithme de tri, même si elles occupaient une taille de stockage conséquente, n'étaient pas toutes mises à la poubelle de l'histoire des sciences. Un échantillon aléatoire était conservé à des fins de contrôle, et c'est dans cet échantillon enregistré depuis la début du mois d'août que Laurent alla piocher.

La première image qu'il ouvrit montrait une portion du ciel qui était traversée par une trainée typique de Skylink. Laurent avait créé un petit logiciel quelques mois plus tôt qui permettait de déterminer si la trace visible était celle d'un satellite de constellation répertorié dans la base de donnée globale, il donnait même le nom du ou des opérateurs de satellites responsable de la perte de l'image. Il y avait parfois plusieurs trainées qui provenaient de satellites d'opérateurs différents. Mais la très grande majorité des résultats donnait le nom de Skylink.

Sans surprise, la réponse de la moulinette sur cette première image fut le nom de la société de Misk. Laurent avait vu juste, il parvenait maintenant à reconnaître à l'œil la nature des trainées lumineuses dans les images. Il ouvrit une deuxième image. On y voyait trois trainées parallèles qui traversaient tout le champ. Laurent comprit tout de suite que c'étaient là encore des Skylink, ce que lui confirma son logiciel. La troisième image que Laurent ouvrit le surprit. On y voyait plusieurs trainées, six en tout, mais qui n'étaient pas parallèles entre elles, provenant plutôt d'un point commun, ressemblant plus à une pluie d'étoiles filantes, mais beaucoup plus brillantes, comme six bolides simultanément. Cela



n'arrivait jamais avec des météores, même dans les années les plus fastes pour les Perséides ou les Géminides. Il lança tout de même sa moulinette python sur cette image et sans surprise, elle ne lui donna aucune réponse sur l'origine de ses trainées lumineuses.

— Yasmina, regarde un peu ça ! lança Laurent à sa doctorante.

La jeune femme s'approcha de l'écran.

— Qu'est-ce que c'est que ça ?

— C'est ça qui augmente le rejet depuis plusieurs jours...

— C'est pas des satellites, ça ! reprit Yasmina.

— Non, clairement, c'est autre chose, répondit Laurent.

— Ça ressemble beaucoup à des météores, mais six gros comme ça dans la même image de quelques secondes de pose...

— Oui, je me suis dit la même chose... c'est impossible, ça n'existe pas...

— Et si c'étaient des débris de XRISM qui retombent ? lança Yasmina.

— Des débris qui retombent ?

— Je me dis que ça pourrait ressembler à ça ... Si ils sont suffisamment gros... En brûlant pendant leur rentrée atmosphérique, ça pourrait produire des traces de bolides comme ça...

— Oui mais XRISM a été fragmenté mi-juillet, je ne pense pas que ses débris puissent redescendre en seulement un mois...

— Il faudrait demander à des spécialistes, répondit Yasmina.

— Oui, ça serait plus pertinent. Mais tu te rends compte si c'était ça ? Ca voudrait dire qu'avec cet indicateur de rejet, on pourrait suivre le nombre de satellites qui sont fragmentés !

\*\*\*

Alors qu'elle était dans le métro pour retrouver son copain pour une soirée théâtre, Yasmina se remit à penser à ce qu'elle avait vu dans l'après-midi. Les images que Laurent lui avait montrées et qui étaient responsables de l'augmentation du nombre d'images inexploitable du télescope Vera Rubin étaient très

similaires. Quand Laurent était parti faire une réunion en début d'après-midi, Yasmina avait réouvert le répertoire spécial où étaient stockés les échantillons d'images rejetées les plus récentes. Lorsqu'il n'y avait pas de fines traînées caractéristiques des satellites Skylink ou d'autres constellations équivalentes, ce qu'on voyait ressemblait à des gros météores dont le point d'origine semblait complètement aléatoire.

Yasmina était quasi certaine qu'il s'agissait d'un phénomène atmosphérique et non d'une réflexion solaire sur la surface de satellites. Ce qu'on appelait une étoile filante était produit par un grain de poussière cométaire typiquement d'une taille inférieure au millimètre et qui se volatilisait entièrement en une fraction de seconde à des altitudes supérieures à 100 km. Quand la Terre traversait un nuage de poussières au cours de son évolution autour du Soleil, il se produisait un essaim de météores.

Ce qu'on appelait un bolide, en revanche, était issu d'un météoroïde ayant un diamètre qui pouvait être de l'ordre du centimètre et jusqu'à quelques décimètres avant d'entrer dans l'atmosphère. Dans ces cas, le petit caillou pouvait ne pas se volatiliser complètement et finir par

laisser tomber un petit grain sur Terre. Et les objets les plus gros pouvaient se fragmenter au cours de leur entrée atmosphérique en arrivant vers 70 ou 50 km d'altitude. A partir de 30 km d'altitude, les fragments résiduels ne produisaient normalement plus de phénomène lumineux et ils tombaient en chute libre.

Yasmina avait rendez-vous avec Erwan sur la place de l'Opéra pour aller au théâtre. Elle avait repéré une pièce qui était jouée dans un petit théâtre et qui parlait de l'enfance d'Albert Einstein. Cette pièce avait reçu de nombreuses critiques positives et Yasmina pensait qu'elle lui plairait.

En arrivant sur les marches de l'Opéra, Yasmina ne vit pas Erwan, elle était un peu en avance comme toujours. Elle pensait encore à ces grosses trainées dans les images de Vera Rubin. Et puis elle se rappela soudain qu'il existait un programme de recherche qui était dédié uniquement à la détection de bolides, dans le but de récupérer des météorites pour les étudier. Elle ne se souvenait plus du nom exact de ce programme, elle se rappelait juste que c'était un acronyme un peu amusant. Normalement, si le Vera Rubin commençait à voir une nette augmentation de météores de type bolides, le

programme d'observation dédié, qui était sensible aux plus lumineux d'entre eux, devrait également en observer une recrudescence. Il fallait qu'elle les contacte au plus vite. En attendant Erwan, Yasmina sorti son téléphone et rechercha le nom de cette collaboration. Elle se souvenait que c'était un projet qui associait des amateurs non scientifiques, pour la recherche des météorites une fois que la trajectoire avait pu être déterminée à l'aide des images de multiples caméras installées un peu partout sur le territoire français. De la science participative.

Yasmina retrouva assez vite le nom de ce programme : FRIPON (Fireball Recovery and Inter Planetary Observation Network), c'était une collaboration entre plusieurs équipes de plusieurs universités françaises et le Muséum National d'Histoire Naturelle, qui existait depuis maintenant 12 ans et qui fonctionnait toujours.

FRIPON était un réseau qui visait à retracer l'origine des flux de matières extraterrestres tombant sur Terre. Il surveillait le ciel H24 à partir d'une centaine de caméras et de récepteurs radios répartis aux quatre coins de l'hexagone, qui en comportait plus que quatre.

Le calcul de la trajectoire 3D d'un météore nécessitait la prise en compte d'au moins deux images provenant de deux stations. L'origine du météoroïde causant le bolide, et donc la météorite, pouvait ainsi être déterminée grâce au calcul de son orbite héliocentrique qui était dérivée du début de sa trajectoire dans l'atmosphère.

Le réseau optique de FRIPON permettait d'observer chaque bolide depuis plusieurs endroits de manière à pouvoir réaliser une triangulation pour déterminer précisément son orbite et le lieu de chute. Chacun des sites d'observation était composé d'une caméra fish-eye pour imager le ciel à 360°. Un tel réseau dense de caméras était suffisant pour avoir une précision kilométrique dans le calcul de l'ellipse de chute. Ne restait alors plus qu'aux scientifiques à fournir la zone de recherche aux citoyens pour qu'ils trouvent rapidement la météorite fraîchement tombée.

Mais le réseau de caméras n'était pas suffisant pour calculer précisément les orbites et l'origine des objets entrant dans l'atmosphère. Le réseau FRIPON s'était ainsi amélioré au fil des années par l'ajout du radar GRAVES pour mieux estimer la vitesse des bolides. GRAVES était un radar de l'armée française qui était

dédié à la surveillance des satellites et des débris spatiaux. L'émetteur à 143 MHz était situé près de Dijon et le réseau FRIPON était composé de vingt récepteurs dispatchés sur une grande zone qui captaient les échos radar des traces d'ionisation laissées dans l'atmosphère par les bolides...

— Tu m'attends depuis longtemps ?

Yasmina sursauta. C'était Erwan.

— Oh ! Salut ! Euh, non, non. Je viens juste d'arriver.

— On y va ?

— Allez ! C'est par là, fit Yasmina en rangeant son téléphone dans sa poche d'une main et pointant son doigt vers les grands boulevards.

Il faisait une chaleur torride, même encore à 21 heures. Les rues de Paris le 13 août étaient impressionnantes de vides. Très peu de voiture et de vélos, très peu de piétons également. En entendrait presque des oiseaux.

Yasmina savait que c'était la semaine de l'année qui était la plus désertée aussi dans les laboratoires de recherche et la plupart des observatoires. Il n'y avait guère que les

doctorants qui étaient encore à leur poste de travail et quelques enseignants-chercheurs comme Laurent qui essayaient de profiter à plein des vacances universitaires pour avancer au maximum sur leur activité de recherche. Ils savaient qu'à partir du mois de septembre et au moins jusqu'en janvier, ils seraient accaparés par les enseignements sur plusieurs campus et les multiples tâches administratives que l'université leur imposait d'effectuer. Le mois d'août était un mois béni pour eux.

La jeune doctorante espérait pouvoir trouver un responsable du programme FRIPON qui aurait le même dévouement que Laurent dans cette torpeur estivale. La collaboration semblait assez vaste, entre le Muséum National d'Histoire Naturelle, l'université de Paris-Saclay et celle d'Aix-Marseille. Yasmina se disait qu'elle trouverait bien un enseignant-chercheur futé qui pourrait lui confirmer qu'ils observaient une recrudescence de bolides depuis quelques jours.

— On dirait que t'es ailleurs, à quoi tu penses ? demanda Erwan

— Oh, à rien, au boulot !...

— Tu as des soucis ?



— Non, pas directement, mais ça pourrait...

— C'est quoi ?

— Oh, on vient de trouver des trucs pas très cools dans nos images... Je t'avais déjà parlé des trainées des satellites, hein ? Ce qui fait qu'on doit mettre plein d'images à la poubelle parce qu'on peut pas les utiliser...

— Ouais...

— Et bien, on vient de voir que le nombre d'images foutues est en train d'augmenter et que ça ne serait pas à cause des Skylink...

— Ça serait à cause de quoi ?

— Je sais pas encore, mais j'ai une petite idée... répondit Yasmina.

Les deux jeunes gens marchaient main dans la main dans la direction du théâtre qui n'était plus très loin.

— Ce qu'on voit dans les images rejetées, c'est des grosses traînées qui ressemblent fortement à des gros météores, ce qu'on appelle des bolides, tu sais, des rentrées atmosphériques de petites météorites qui

brûlent dans l'atmosphère et qui parfois arrivent jusqu'au sol.

— Tu dis qu'il y en a de plus en plus ? C'est pas normal, ça, nan ?

— Pas très normal... Parce qu'en ce moment c'est les Perséides, tu vois, mais l'essaim des Perséides, ça produit pas des gros bolides comme ça, et il n'y a pas de raison que ça augmente fortement.

— Ça serait quoi, pour toi ?

— Je pense que ça pourrait être les rentrées atmosphériques de débris de satellites...

— Des débris de satellites ?

— Ouais, en fait, il y a eu une destruction accidentelle de satellite il y a à peu près un mois. Un télescope spatial japonais a été percuté par des débris, ce qui a provoqué sa fragmentation partielle. Ça pourrait être des morceaux issus de cet impact qui commencent à retomber dans l'atmosphère. Mais c'est juste mon idée pour l'instant. Il faudrait déjà qu'on ait d'autres sources qui puissent nous confirmer que ce qu'on voit c'est bien des bolides atmosphériques et pas autre chose.

\*\*\*

Dès son arrivée au bureau déserté, Laurent n'étant pas là aujourd'hui, Yasmina récupéra les adresses mail d'un maximum de chercheurs impliqués dans la collaboration FRIPON. C'était aujourd'hui ou jamais. Le lendemain était un vendredi et c'était le 15 août, autant dire le néant.

Elle décida d'envoyer son mail à toute la liste en copie afin que tout le monde soit mis au courant en même temps. Elle y expliquait ce que Laurent et elle avaient vu dans les images rejetées de l'Observatoire Vera Rubin. Elle disait que cela ressemblait à des gros météores de type bolides et assurément pas à des traînées de satellites comme ils avaient malheureusement l'habitude d'en voir. Et elle leur demandait, en s'excusant patement du dérangement, si ils avaient observé avec le réseau FRIPON une augmentation du nombre de bolides depuis plusieurs jours. Yasmina hésita un instant avant d'insérer en pièce jointe une image caractéristique des images rejetées pour illustrer son propos. Elle ne savait pas si Laurent aurait été d'accord, mais Yasmina était persuadée qu'avec un

exemple éloquent, elle obtiendrait plus facilement une réponse rapide.

Elle envoya son mail à 10h43.

Aurélié Mondrian, qui était astronome au Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, et qui faisait partie de la collaboration FRIPON, était parmi les destinataires. Ce jeudi 14 août, elle participait à un congrès de planétologie qui se tenait depuis le début de la semaine sur le campus marseillais de Luminy, dans l'écrin des calanques. Alors que le congrès se terminait sur une dernière présentation consacrée au volcanisme de Io, le satellite suractif de Jupiter, Aurélié lut la notification sur son téléphone à l'abri des regards de ses collègues. Elle lut le mail et ouvrit la pièce jointe.

— La vache !...

Aurélié fit tout de suite le lien avec ce que lui avait dit la veille son contact du radar GRAVES qui traçait les traînées des bolides pour FRIPON.

Aurélié avait planifié de partir en congés directement après la fin du congrès, aux environs de 13 heures, après avoir salué comme il se devait ses anciens et futurs

collaborateurs et collaboratrices, avec qui elle avait passé une si sympathique semaine à discuter de géologie et de tectonique sur d'autres planètes, non seulement dans la salle de conférence mais aussi en arpentant le soir venu les chemins rocaillieux des calanques de Sugiton qui dominaient la Méditerranée. En tant que régionale de l'étape, Aurélie faisait partie de l'équipe d'organisation du congrès et elle ne pouvait pas décemment s'éclipser plus tôt.

Le numéro de téléphone de la doctorante de l'Observatoire de Paris était indiqué dans la signature de son mail. En se dirigeant vers le grand portail de l'entrée du campus, Aurélie composa son numéro, il était 13h26. Quand Yasmina décrocha, Aurélie s'assit à l'ombre sur un banc qui lui tendait les bras.

— Bonjour, je suis Aurélie Mondrian, du LAM à Marseille, et de la collaboration FRIPON. J'ai lu ton mail il y a quelques minutes.

— Bonjour ! Merci beaucoup de me rappeler. J'avais peur de ne trouver personne à ce moment de l'année...

— Nous ne sommes pas encore tous en vacances, même si ça se rapproche fortement... Alors... j'ai une

information importante à te donner pour ce qui concerne les bolides...

Yasmina écoutait son interlocutrice avec une attention exacerbée.

— Je n'ai pas les dernières données de FRIPON des derniers jours, généralement, on se met en pause au mois d'août, surtout pendant les Perséides. Donc je ne peux pas te dire si nous voyons effectivement plus de bolides qu'en temps normal, mais je peux aller vérifier les dernières remontées si besoin. En revanche, il faut savoir que dans FRIPON, nous travaillons avec des militaires qui exploitent un radar pour détecter les signaux électromagnétiques des rentrées atmosphériques. Et ce radar est aussi notamment utilisé pour détecter les débris orbitaux. Les gens qui travaillent sur cette surveillance en France sont en liens étroits avec leurs homologues américains... Et il se trouve que c'est moi qui fait le lien entre la collaboration FRIPON et le commandement du radar GRAVES...

Yasmina souriait devant son téléphone.

Aurélie poursuivait :

— Ce que je voulais te dire, c'est que mon interlocutrice m'a dit pas plus tard qu'hier qu'il y avait une très forte augmentation de débris spatiaux depuis le 6 août. Les américains et les français observent la même chose. Ils ne savent pas quelle en serait l'origine, mais le nombre de débris semble augmenter de façon continue... Donc, il n'est pas impossible qu'une semaine plus tard on commence à voir certains débris rentrer dans l'atmosphère...

— C'est possible que ce soit lié à la destruction du télescope japonais XRISM ?

— C'était en juillet... Je ne pourrais pas l'affirmer... Ce qui est sûr, c'est que mon interlocutrice de GRAVES semblait très préoccupée par la situation, parce qu'ils n'ont jamais vu ça... Surtout le fait que ce ne soit pas une simple augmentation ponctuelle, mais une augmentation qui se poursuit....

— Ça veut dire que c'est comme si il y avait un satellite qui était fragmenté tous les jours depuis une semaine, c'est ça ?

— Pas forcément un nouveau satellite tous les jours, mais des débris qui produisent un plus grand nombre de débris...

— Je suis persuadée que c'est ça qu'on voit dans nos images. Mon directeur de thèse m'a montré que le taux de rejet de nos images polluées est justement en augmentation depuis une semaine...

— Je crois que le télescope du Vera Rubin est suffisamment sensible pour enregistrer des rentrées atmosphériques qui ne seraient pas considérées comme des bolides par FRIPON. Il est donc probable que FRIPON ne voit pas d'augmentation à ce stade mais que ce que vous voyez serait bien lié à ce nombre de débris en augmentation continue.

— OK, merci !

— Pour en savoir plus, je peux te conseiller de t'adresser au centre de surveillance des débris de l'armée de l'air et de l'espace, ou bien directement à leurs homologues américains à la NASA ou au Space Surveillance Network qui ont signalé cette recrudescence au même moment. Je vais t'envoyer mes contacts par mail.



- Merci beaucoup, c'est très gentil !
- De rien ! Je vais pouvoir partir en vacances maintenant, répondit Aurélie.
- Euh... j'avais juste une dernière question...
- Oui ?
- Vous disiez que le nombre de déchets augmentait tous les jours... Mais est-ce que ça veut dire que ça ne va pas s'arrêter ? fit Yasmina.
- Je ne sais pas, je ne peux pas te dire. Il faut espérer que ça s'arrête vite, mais ça, ce sont les spécialistes de la surveillance qui pourront te le dire.
- OK, je leur demanderai plus d'explications sur le phénomène, merci encore de m'avoir contactée, je vous souhaite bonnes vacances, alors !
- Merci ! Bon courage pour la suite de ta thèse !
- Merci !



14 août 2025

Yasmina était très intriguée par ce que lui avait dit Aurélie Mondrian. Il y avait donc bien une augmentation importante de débris spatiaux. Ce qu'elle ignorait cependant, c'était ce que signifiait le terme « important » ici. Ça voulait dire combien ?

La planétologue marseillaise lui avait envoyé des adresses de contact en France et aux Etats-Unis concernant les systèmes de surveillance des débris spatiaux. Le contact français était une capitaine de l'armée de l'air et de l'espace, et aux Etats-Unis, il y avait un nom à la NASA et un autre nom au Space Surveillance Network, une entité de l'armée américaine.

Yasmina se dit qu'elle n'aurait aucune chance d'obtenir des informations du côté français ou du côté militaire en général. Elle tenta donc la NASA, en se disant que si elle se présentait comme une membre de la collaboration Vera Rubin et en expliquant ce qu'ils avaient vu avec Laurent, cela pourrait susciter l'intérêt de ce John

Mitchell qui semblait être le responsable de tout ce qui avait trait aux débris spatiaux à la NASA.

Comme Laurent ne revenait au labo que lundi, et que le 15 août n'était pas férié aux Etats-Unis, Yasmina écrivit sans attendre à John Mitchell à l'adresse que lui avait fournie Aurélie. Elle se présentait comme une membre du consortium de l'Observatoire Vera Rubin. Elle joignit la même image représentative qu'elle avait envoyée aux chercheurs de la collaboration FRIPON, en expliquant que Laurent avait détecté via le taux de rejet des images qu'il y avait probablement une augmentation des rentrées atmosphérique depuis au moins une semaine, et qu'elle avait appris par FRIPON qu'une forte augmentation de débris avait eu lieu récemment. Elle demandait si il pouvait y avoir un lien de causalité, en mentionnant le cas de XRISM dont elle avait appris les déboires. Elle précisait bien sûr les dates, et elle demandait à Mitchell quelle était l'ampleur de cette augmentation de débris pour savoir notamment quel pourrait être l'impact sur les activités du télescope Vera Rubin. Elle proposait en conclusion d'exploiter le logiciel de Laurent pour suivre en temps réel l'évolution de ces débris indirectement, via les plus gros qui rentraient dans l'atmosphère.

Il était déjà 16h15 à Paris, ce qui faisait 10h15 sur la côte Est des Etats-Unis. Yasmina voulait à tout prix savoir ce qui se passait en orbite avant ce weekend de trois jours, où elle avait prévu de partir avec Erwan au pays basque. Six heures de décalage, en espérant que l'interlocuteur de la NASA lise son mail et ait l'envie de lui répondre. Si sa journée s'arrêtait à 19 heures, il fallait qu'elle attende au plus tard jusqu'à une heure du matin. Elle pouvait le faire, ça ne serait pas la première fois.

\*\*\*

Yasmina était rentrée chez elle à Alfortville aux alentours de 19h ce jour là. Elle avait été la dernière à quitter le bâtiment de l'Observatoire. Le weekend du 15 août était sacré, la majorité des gens qui travaillaient encore là cette semaine, même les enseignants-chercheurs qui avaient mis de côté temporairement leur casquette d'enseignant, essayaient tout de même de gagner une heure sur ce pont estival. Erwan en avait fait de même. Il travaillait non loin d'Alfortville, de l'autre côté de la Seine, à Vitry-sur Seine. Depuis deux ans, il était ingénieur dans une société multinationale dont la filiale française fabriquait des systèmes de contrôle de fret par rayons X. Il avait été embauché juste après sa

soutenance de thèse, au cours de laquelle il avait développé des techniques d'interrogation photonique pour la caractérisation de déchets radioactifs avec des faisceaux de rayons X de haute énergie. Jones Ltd avait repéré Erwan lors d'une conférence à laquelle il avait participé quand il était en dernière année de thèse, et tout s'était très vite passé ensuite. Jones Ltd développait des méthodes très similaires à celle sur laquelle avait travaillé Erwan. Le principe consistait à utiliser trois énergies de faisceau suffisamment différentes pour faire une tomographie de l'objet dont on voulait connaître la composition chimique des parties internes. En déconvoluant les trois tomogrammes, on pouvait reconstruire très précisément les contributions respectives des trois effets des photons sur la matière : l'effet photoélectrique, l'effet Compton et l'effet de création de paires électron-positron. Comme chacun des effets possédait une dépendance différente en fonction du numéro atomique de la matière traversée par les photons de haute énergie, on pouvait produire une cartographie en 3D du numéro atomique dans l'objet inspecté.

L'ambiance chez Jones était très différente de celle du labo du CEA où il avait travaillé pendant trois ans, et

Erwan regrettait parfois de n'avoir pas poursuivi dans la voie académique en partant faire un postdoc quelque part en Europe ou ailleurs.

Ils avaient trouvé cet appartement à Alfortville qui était idéalement placé pour lui, et un peu moins pour Yasmina qui avait trois quart d'heures de transport en commun. Erwan allait au travail en vélo en passant sur le pont du Port à l'Anglais. Il lui fallait moins d'un quart d'heure porte à porte pour rentrer. Yasmina l'avait prévenu qu'elle rentrerait tard et qu'elle devrait probablement rester connectée à son mail de l'Obs toute la soirée. C'était une urgence. Erwan commençait à connaître Yasmina par cœur. Ça devait être vraiment urgent, même si ça n'était pas forcément important. Ça l'était pour elle en tous cas et il n'allait rien y redire.

Elle arriva un peu plus d'une heure après lui. Elle eut la surprise de voir que la valise était déjà prête. Biarritz, le 15 août... Elle se demandait parfois si ce choix était judicieux, mais c'était fait, on n'allait pas annuler la veille de partir. Et puis les billets de train n'étaient pas remboursables de toute façon.

— Tu as eu la réponse que tu attendais des Etats-Unis ? demanda Erwan.

Yasmina était en train de poser son portable sur le canapé.

— Et non ! Pas encore... Mais j'ai pas regardé depuis que je sui partie de l'Obs. Peut-être qu'entre temps il m'a répondu...

— C'est à qui que tu as demandé un truc ?

— Quelqu'un de la NASA qui s'occupe des débris spatiaux...

— C'est encore pour ton problème d'images rejetées ?

— Ouais, parce que j'ai appris que...

Yasmina hésita une seconde avant de finir sa phrase. Elle se demandait si ce qu'elle avait appris de la bouche d'Auréli Mondrian était plus ou moins classifié, étant donné que ça venait de l'armée de l'air et de l'espace.

— J'ai appris qu'il y a certainement un gros problème qui a lieu en orbite basse, parce que le nombre de débris a fortement augmenté depuis quelques jours. Et ça pourrait coller avec ce qu'on voit dans les images de Rubin...

— Merde !... Ça craint... fit Erwan.



Yasmina était en train de taper son mot de passe pour ouvrir le webmail de l'Obs.

— Ah ! Ça y est ! Il m'a répondu !

— Alors, ça dit quoi ?

— Attends...

Yasmina lisait le message de John Mitchell à voix basse en anglais.

— Putain... ça fait déjà plus d'une semaine... C'est sûr que c'est ça !...

— C'est quoi ? demanda Erwan, en éteignant la télé.

— En résumé, il s'est passé quelque chose de très anormal aux environs du 6 août. Depuis cette date, les mecs qui surveillent les débris spatiaux voient une augmentation du nombre de gros débris de plusieurs centaines par jour, et beaucoup plus de petits débris. Le truc très anormal, c'est que c'est pas seulement une augmentation un jour donné, mais ça continue tous les jours et ça augmente même tous les jours...

— Attends, tu veux dire que ça augmente de manière continue ? Ça veut dire quoi ?

— Si je comprends bien, ça veut dire que de plus en plus de satellites sont en train d'être détruits et font de plus en plus de débris, ou bien que les débris produisent eux-mêmes d'autres débris...

— Tu te rappelles de Gravity, avec Sandra Bullock ? dit Erwan. Quand des débris bousillent tout ?

— Ouais, ouais... pfff !

— C'est ça qui est en train de se passer, tu crois ? fit Erwan.

— J'en sais rien, le type de la NASA ne dit pas ça, mais il dit bien que la situation est très anormale et inquiétante.

— Qu'est-ce qui s'est passé le 6 août ? Tu m'avais parlé de la destruction d'un télescope japonais mais c'était avant, non ?

— Ouais, c'était en juillet, le télescope XRISM... répondit Yasmina.

— Ça aurait commencé avant et on aurait dépassé une sorte de seuil le 6 août, qui aurait produit une réaction en chaîne qui ne s'arrête plus ?

— Je ne sais pas Erwan, je ne sais pas...

— On fait quoi, maintenant ? Qu'est-ce qu'on fait ?

— On peut rien faire...

— Si, on peut au moins faire quelque chose ! On peut prévenir un maximum de personnes ! Il faut donner l'information sur les réseaux sociaux, il faut partager pour que tout le monde soit au courant ! lança Erwan.

— Attends !! Je sais pas si j'ai le droit de divulguer les infos que j'ai eues.

— On s'en fout, c'est trop grave, il faut prévenir tout le monde !

— Il te faut une preuve, tu peux pas dire simplement sur les réseaux que les satellites sont en train d'être détruits. Ça n'aurait aucun impact. Mon mail de la NASA n'est pas suffisant.

— Et pourquoi pas ?

— Le NASA saurait tout de suite que c'est moi qui suis à l'origine de la fuite...

— Tu as peur de quelles conséquences ?

— Je sais pas, je me dis juste que si c'est une information qui n'est pas encore officialisée, c'est peut-être pour une bonne raison...

— Peut-être que c'est officiel, depuis que le mec de la NASA t'a répondu, t'as vérifié ? fit Erwan.

— On va regarder. Si c'est le cas, OK, pas de problème pour inonder ton vaste réseau !

Yasmina prit son portable et tapota les mots-clés qui allaient bien.

— Regarde ce que j'ai trouvé ! fit la jeune femme. C'est le site d'une organisation qui regroupe toutes les agences spatiales, ça s'appelle l'IADC, ça veut dire Inter-Agency Space Debris Coordination Committee, et regarde ce qu'ils mettent sur leur page d'accueil en gros !

Erwan se rapprocha de Yasmina.

— Putain ! C'est ça ! Tu vois que t'avais pas un vrai scoop finalement ! Il faut se dépêcher de lancer l'alerte, parce que je suis sûr que personne connaît ce site ! Et les différentes agences membres, elles disent la même chose sur leur site respectif ?

— Là, c'est focalisé spécifiquement sur l'étude des débris, tu vois..., regarde. C'est un comité d'experts inter-agences. Ils viennent tout juste de balancer ça j'ai l'impression... Ça expliquerait pourquoi le gars de la NASA m'a répondu sans confidentialité... Putain... Qu'est-ce qu'on va faire ?..

Le comité d'expert qui regroupait les principales agences spatiales, depuis la NASA jusqu'à l'agence spatiale indienne, l'ISRO, ou l'agence coréenne, la KARI, en passant par la JAXA, ROSCOSMOS, l'ESA et les agences nationales européennes, annonçait sur son site l'apparition d'une situation très anormale en orbite basse avec une recrudescence inédite de débris spatiaux depuis le 6 août 2025, qui montrait une augmentation continuelle préoccupante. C'étaient les termes employés.

Erwan se précipita sur son ordi et ouvrit TW pour commencer.

— On va toujours à Biarritz ? lança Yasmina.

— T'en a toujours envie, toi ? répondit Erwan.

— Je sais plus, je stresse, là...

Erwan avait un peu plus de 80000 followers sur TW, un bon millier sur Mastodon, et sa chaîne de vidéos sur Sioux-hub comptabilisait déjà près de 500 000 abonnés. Il l'avait nommée « Etonnante Science » et y parlait de différentes avancées scientifiques, avec une préférence avouée pour la physique dans laquelle il baignait depuis le lycée. En l'espace de cinq ans, il s'était fait une petite renommée dans la population des vulgarisateurs scientifiques francophones.

C'est d'ailleurs grâce à sa chaîne que Yasmina l'avait rencontré, au cours d'un événement à l'observatoire de Paris. C'était « une nuit des étoiles », au cours de laquelle l'Observatoire avait eut l'idée d'inviter Erwan pour qu'il fasse un live depuis le toit de l'observatoire.

Erwan prit soin des formules qu'il allait utiliser pour prévenir sa communauté de la catastrophe qui était en train de se passer en orbite. Il fallait être le plus crédible possible, ne pas en faire trop ni en faire trop peu, c'était trop important. Et il avait maintenant une réputation à conserver.

18 août 2025

La lettre officielle qu'avait reçue Dennis Majorana, datée du samedi 16 août, était inquiète et inquiétante. Le directeur de la communication de Skylink, Amir Khan, annonçait une augmentation inédite de la perte de satellites en cours d'opération sur des orbites stables. En plus des cinq perdus les 11 et 14 juillet puis les 28 et 29 juillet, Khan mentionnait la disparition de quatre nouveaux satellites dans la première semaine d'août, puis de cinq la semaine suivante et de huit la troisième semaine d'août, qui n'était même pas complète. Toutes les coordonnées orbitales et physiques des satellites perdus étaient fournies jusqu'à leurs moindres détails de fabrication.

La teneur du texte faisait penser à un appel à l'aide, mais l'autorité de contrôle des activités spatiales que dirigeait Majorana ne pouvait rien faire d'autre que d'interdire les lancements depuis le sol états-unien. Ce n'était probablement pas ce que souhaitaient les dirigeants de

Skylink. Dennis Majorana comprenait surtout qu'il se passait clairement quelque chose d'anormal en orbite basse. Un aussi grand nombre de satellites qui subissaient des impacts de débris de manière accrue au fil du temps faisait penser au pire des scénarios envisageables, un syndrome de Kessler, une série de destructions en chaîne de satellites qui devient exponentielle et incontrôlable, les débris des uns provoquant de plus en plus de destructions d'autres satellites proches ou moins proches, plus le temps passant et les débris se dispersant de leur lieu de production.

En regardant les chiffres mentionnés dans le courrier de Skylink et en ajoutant la perte d'un satellite russe que lui avait communiqué Mitchell de la NASA, et en découpant par semaines en partant de la deuxième semaine de juillet, Majorana gribouilla un petit tableau sur une feuille de papier :

S1 : 2

S2 : 3

S3 : 4



S4 : 5

S5 : 8

Il y avait clairement une tendance exponentielle : le nombre de satellites fragmentés augmentait d'un facteur deux toutes les deux semaines. Majorana appela immédiatement John Mitchell. Il dit à sa secrétaire qu'il devait lui parler de toute urgence.

— Je viens de recevoir un courrier officiel de Skylink annonçant une série de nouvelles pertes de satellites ces trois dernières semaines. Le nombre est en constante augmentation, et on peut même déjà voir le début d'une tendance exponentielle !

— Depuis le début du mois d'août ? En plus des trois de la fin du mois de juillet ? C'est pas vrai ! C'est pas vrai !... Il faut que je te dise que je viens d'avoir une information de l'agence chinoise, la CNSA : ils ont eux aussi perdu un satellite, le satellite océanographique OceanSat, c'était le 7 août ! ... et le SSN nous a informé d'une augmentation significative de débris centimétriques et décimétriques depuis le 6 août qui continue à augmenter tous les jours. On est en train de surveiller ça... Mais c'est pas bon...

— Oh non ... souffla Majorana.

— Est-ce que Skylink fournit les données orbitales de ces satellites perdus ? demanda Mitchell.

— Oui, ils donnent tout... On dirait qu'ils sont conscients que quelque chose de très anormal est en train de se passer. Leur courrier montre qu'ils sont très fébriles... Donc, il faut ajouter ce satellite chinois à la liste... Je te donne les chiffres, John : Si on prend comme début la semaine de la perte du télescope japonais, on en a 3 la première semaine, à nouveau 3 la semaine suivante, 4 en semaine 3, 6 en semaine 4 et 8 en semaine 5, c'est-à-dire la semaine dernière !

— Ils en ont perdu huit la semaine dernière ? répliqua John Mitchell visiblement interloqué.

— Oui, huit... Les débris décimétriques, c'est quelle genre d'augmentation ?

— Entre le 5 août et le 12 août, c'est environ 6000 en plus... avec une croissance chaque jour et une dérivée de la croissance positive ! Pour les satellites, il faut savoir que ce n'est que ceux dont a connaissance ! Il est tout à

fait possible qu'il y ait d'autres satellites russes ou indiens qui ont subi le même sort...

— 6000 gros débris en une semaine... J'imagine que les petits débris suivent la même tendance ? demanda Majorana.

— Oui, c'est du même genre... avec un ratio qui reste à peu près constant de 1 pour 23... répondit Mitchell.

— Pour les débris décimétriques, on a quelle augmentation journalière ?

— Le chiffre d'hier pour les plus de 10 cm, c'est +1087, et avant-hier, on avait +1059, voilà où nous en sommes, Dennis...

— Et le total ?

— Les données d'hier, ça nous fait, toujours pour les décimétriques, un total de 45074...

— Déjà plus de 45000 !

— Oui, ça va très vite... Pour rappel, on était à 32000 le 5 août... répondit Mitchell.

— Les pertes de satellites sont très probablement liées à cette très forte augmentation de débris, que ce soit des sources ou des cibles...

— Ça me paraît évident... On est dans une situation critique maintenant.

— Rien qu'avec les pertes de satellites de cette liste, on voit un taux de doublement de deux semaines ! Et je parierai qu'on voit la même évolution exponentielle pour les débris...

— Si on projette l'évolution du nombre de débris qui s'ajoutent quotidiennement, j'ai fait le petit calcul... on arriverait à 64000 débris décimétriques, donc un doublement par rapport au 5 août, le 2 septembre.

— En mois d'un mois...

— Oui, et ça pourrait être bien pire encore... parce que ça peut être un facteur multiplicatif qui augmente lui-même... Bon, il faut absolument surveiller ce qui se passe cette semaine du côté de Skylink, ou ailleurs, en parallèle de notre suivi de l'évolution du nombre de débris. Comme Skylnk est le principal lanceur aujourd'hui, leur situation devrait donner une bonne

idée de la situation globale finalement. Les autres constellations et autres satellites devraient être marginaux par rapport à la flotte Skylink.

— Tout à fait. De mon côté, je vais prononcer une interdiction temporaire des lancements tant qu'on n'en sait pas plus sur l'évolution de l'orbite basse, répondit Dennis Majorana.

— Oui, ça me semble raisonnable. Du côté de la NASA, ça n'aura pas d'impact immédiat, nous n'avons pas de lancements importants prévus dans les deux prochains mois. En revanche, dans deux mois, nous aurons un ravitaillement de l'ISS.

— Très bien. Merci de me préciser cela. Je vais déclencher la procédure d'urgence pour l'interdiction des lancements jusqu'à nouvel ordre.

— Je te précise que nous avons transmis dès le 14 les informations du SSN à l'Inter-Agency Space Debris Coordination Committee, pour que toutes les agences soient en phase.

— Très bien, c'est ce qu'il fallait faire, répondit Majorana.

L'IADC avait été institué en 1993, pour que la plupart des grandes agences spatiales collaborent à la surveillance, à l'étude et à la gestion des débris spatiaux. En l'absence d'un droit international, les membres de l'IADC avaient établi en 2007 un recueil de règles à suivre pour la réduction des débris spatiaux. Ces règles incluaient notamment la mise en œuvre d'une désorbitation rapide des étages supérieurs des lanceurs, la rentrée dans l'atmosphère des satellites en orbite basse au bout de 25 ans, ou encore le déplacement des satellites géostationnaires sur une orbite « cimetière » au-delà de 36 000 km d'altitude. Les États-Unis, le Japon et la France étaient les pays les plus impliqués dans l'IADC et la France était même le seul pays qui disposait déjà d'une réglementation portant sur la limitation des débris spatiaux et la prévention des risques de collision. Dès 2008, elle avait voté une loi dans ce sens, relative aux opérations spatiales.

Mitchell, comme Majorana, n'avait qu'un nom en tête, celui de Kessler. Donald Kessler était l'ingénieur américain qui avait théorisé et prédit en 1978 ce qui était visiblement en train de se passer en orbite basse aujourd'hui, et qui avait beaucoup œuvré pour la mise en place de l'IADC.

Dans un article publié dans le volume 83 du *Journal of Geophysical Research*, Donald Kessler et son collaborateur Burton Cour-Palais décrivaient un scénario dans lequel la densité d'objets en orbite basse serait suffisamment importante pour que les collisions entre objets puissent provoquer une cascade dans laquelle chaque collision générerait des débris qui augmenteraient la probabilité de nouvelles collisions. L'article s'intitulait "*Collision Frequency of Artificial Satellites: The Creation of a Debris Belt*". Kessler et Cour-Palais prenaient en exemple le processus contrôlant l'évolution des astéroïdes et impliquant de multiples collisions. Ils montraient qu'un processus de collision similaire devrait apparaître en LEO en quelques décennies plutôt qu'en plusieurs milliards d'années pour le cas des astéroïdes. Dans leur article, les deux ingénieurs du Johnson Space Center de Houston travaillaient à l'époque avec une population globale de seulement 3866 satellites entre 150 km et 4000 km d'altitude et concluaient à un taux de collision de 0,013/an. Il y avait actuellement quatre fois plus de satellites en orbite, ce qui signifiait un taux de collision multiplié par seize, puisqu'il variait comme le carré du nombre de satellites. En extrapolant le chiffre de Kessler

de 1978, on arrivait à un taux de collision d'environ 0,2/an. Mais c'était sans compter la présence des milliers de débris provoqués par les tests antisatellites américains, chinois et russes, que Kessler et Cour-Palais étaient loin d'imaginer en 1978.

C'est à John Gabbard, du NORAD, l'organisme de surveillance américain de l'époque, que l'on devait en 1981 l'invention de l'expression « syndrome de Kessler » pour décrire le scénario catastrophe qui découlait de l'effet des cascades de collisions que démontraient Kessler et Cour-Palais dans leur étude de 1978. Gabbard avait inventé le terme « syndrome de Kessler » pour désigner l'accumulation de débris. L'expression s'était ensuite très largement répandue dans le grand public après son apparition dans un article du numéro de juillet 1982 de *Popular Science* par Jim Schefter, qu'il avait intitulé « *The growing peril of space debris* ». Schefter avait remporté le prix national de journalisme de l'Aviation-Space Writers Association la même année. L'article était illustré par un dessin impressionnant en pleine page où on voyait un satellite qui subissait une collision frontale avec des débris filant à vive allure.



John Gabbard avait été sensibilisé au sujet dès les années 1960, ayant construit la première base de donnée des satellites et débris existant en orbite du fait d'explosions soudaines de réservoirs et autres batteries. Gabbard avait même développé une technique infallible pour prédire les trajectoires orbitales des débris, et ce qu'on appelait les diagrammes de Gabbard étaient toujours utilisés cinquante ans plus tard.

Dans les années 1960, on estimait que le freinage atmosphérique désorbiterait les débris plus rapidement qu'ils n'étaient créés. Mais, Gabbard pensait que le nombre et le type d'objets en orbite basse étaient largement sous-représentés dans les données du NORAD.

C'est en 1979, suite à l'article de Kessler et Cour-Palais, que la NASA avait lancé son programme d'études des débris spatiaux, sous l'impulsion de Robert Frosch, l'administrateur de l'agence américaine de l'époque. En octobre 1979, la NASA avait alors fourni à Kessler un financement pour effectuer des études plus approfondies. Il avait utilisé plusieurs approches mais la méthode la plus efficace était l'utilisation conjointe de télescopes optiques et de radars à courte longueur

d'onde pour mesurer le nombre et la taille des débris spatiaux.

En 1981, Kessler montrait dans un nouvel article intitulé « *Sources of Orbital Debris and the Projected Environment for Future Spacecraft* », publié dans *Journal of Spacecraft*, que 42% des débris catalogués étaient le résultat de seulement 19 événements, essentiellement des explosions d'étages de fusées, en particulier les fusées Delta américaines. À partir de 1986, la NASA avait élargi son programme pour inclure d'autres agences internationales, la première étant l'Agence Spatiale Européenne.

La poursuite des études de Donald Kessler avaient permis de démontrer en 1991 que le décompte des populations cataloguées précédemment était au moins 50% trop faible. Il fallait dire que certains satellites militaires américains étaient volontairement absents dans la liste du NORAD, et que d'autres objets n'avaient pas non plus été inclus parce que considérés comme sans importance. Et à l'époque, le catalogue ne pouvait pas prendre en compte les objets mesurant moins de 20 cm. Kessler avait cette fois publié son étude dans *Advances in Space Research*, un article qu'il avait intitulé

*"Collisional Cascading: The Limits of Population Growth in Low Earth Orbit".*

La création du comité de coordination inter-agences, l'IADC, pour laquelle Donald Kessler avait fortement milité pendant des années, avait coïncidé avec une prise de conscience du côté des européens de l'importance, si ce n'est de l'urgence, d'étudier de près les effets des débris spatiaux. C'est ainsi que l'ESA, appuyée par les agences nationales française, allemande, italienne et britannique avait créé la première conférence scientifique qui était consacrée entièrement aux débris spatiaux. La première édition eut lieu à Darmstadt en avril 1993 et avait réuni 251 experts mondiaux de 17 pays, dont la Chine, l'Inde, le Japon, la Russie et les États-Unis.

Donald Kessler ne l'aurait ratée pour rien au monde. Il avait participé, en tant qu'auteur principal ou co-auteur, à trois études présentées dans cette conférence. L'événement fut un tel succès que l'ESA décida d'en organiser une édition ensuite périodiquement tous les quatre ans.

Lors de la troisième édition de L'European Conference on Space Debris, qui avait à nouveau lieu à Darmstadt,

en 2001, Donald Kessler avait battu un record en étant l'auteur ou co-auteur de pas moins de cinq articles présentés devant ses pairs.

Kessler prit sa retraite en 2005, même si il avait déjà quitté officiellement la NASA en 1996. Entre-temps, il avait continué à travailler sur les débris en tant que consultant pour Lockheed.

En 2017, alors qu'il était âgé de 77 ans, l'ESA et la NASA lui firent l'honneur de l'inviter à faire un séminaire lors de la 7<sup>ème</sup> European Conference on Space Debris qui avait encore lieu à Darmstadt. Donald Kessler avait fini par aimer cette ville et ce pays d'où étaient originaires ses ancêtres.

\*\*\*

Cela faisait exactement une semaine que Laurie Cortez avait alerté les chefs du SSN sur l'augmentation soudaine et continue du nombre de débris centimétriques et décimétriques. Une semaine pendant laquelle le nombre de débris avait continué à augmenter chaque jour. La situation était en train de dégénérer et personne ne semblait pouvoir agir. L'interdiction de tout lancement jusqu'à nouvel ordre pourrait

éventuellement réduire l'effet qui semblait s'être déclenché mais c'était sans doute déjà trop tard.

Le 19 août, la direction de la NASA reçut un mémo du Jet Propulsion Laboratory à Pasadena qui annonçait l'apparition d'un défaut majeur du télescope Hubble. Le vénérable télescope spatial venait de se mettre en safe mode quelques jours plus tôt à cause d'un défaut sur la production des images. Après analyse des équipes d'ingénieurs et chercheurs, ils étaient arrivés à la conclusion que c'était le miroir principal du télescope qui s'était brisé, ou plutôt qui avait été brisé, probablement par l'impact d'un débris subcentimétrique à grande vitesse. La hantise de tous les astronomes du monde venait de se concrétiser sur le plus beau télescope spatial dédié aux longueurs d'ondes visibles et ultra-violettes : le miroir primaire était brisé.

Le télescope Hubble avait été mis en orbite en avril 1990 par la navette spatiale Discovery. Son miroir de 2,40 m de diamètre lui permettait de produire des images avec une résolution angulaire inférieure à 0,1 seconde d'arc, avec une capacité inédite de ses imageurs et spectroscopes entre l'infrarouge proche et l'ultraviolet. Mais il n'avait pu être exploité qu'à partir de 1993, car

une grave aberration optique avait été découverte très peu de temps après sa mise en orbite à 600 km d'altitude. Heureusement, il avait été conçu pour permettre des opérations de maintenance par des missions de navettes spatiales. Cinq missions de maintenance avaient été effectuées entre 1993 et 2009, ce qui avait permis de corriger l'erreur originelle et de moderniser ses cinq instruments scientifiques.

Durant plus de 30 ans, le télescope Hubble avait surclassé les instruments au sol les plus puissants, handicapés par la présence de l'atmosphère terrestre. Au cours de ces décennies, les données collectées par le télescope Hubble avaient contribué à des découvertes de grande portée dans le domaine de l'astrophysique, telles que la mesure du taux d'expansion de l'Univers, la confirmation de la présence de trous noirs supermassifs au centre des galaxies, ou l'existence de la matière noire et de l'énergie noire.

Le télescope Hubble était l'un des instruments scientifiques les plus productifs jamais conçus. Les plus de 1,5 million d'observations qu'il avait effectuées avaient donné lieu à la publication de plus de 20 000

articles scientifiques, qui eux-mêmes avaient été cités environ 1 100 000 fois.

L'une des mesures les plus importantes qu'avait permise le télescope spatial était sans doute la mesure du taux d'expansion de l'univers, un paramètre cosmologique qui portait le même nom, non sans hasard. Les astrophysiciens avaient utilisé les capacités extraordinaires du télescope spatial pour mesurer le taux d'expansion avec une précision d'un peu plus de 1 %, ce qui était une valeur environ huit fois plus précise que ce qui était connu initialement. Cette valeur de la constante de Hubble-Lemaître permettait d'affiner l'âge de l'univers à environ 13,8 milliards d'années. Mais en 1998, des observations effectuées avec le télescope Hubble, associées à celles d'observatoires au sol, avaient apporté une petite révolution dans la communauté scientifique. Plusieurs équipes de chercheurs arrivaient à la conclusion que non seulement l'univers était en expansion, mais que cette expansion s'accélérait. L'origine physique de cette expansion était toujours âprement débattue même si on s'était accordé sur l'existence d'une constante cosmologique dans les équations de la relativité générale qui décrivait la structure de l'espace-temps en expansion.

Durant trois décennies, le HST, comme l'appelaient les astrophysiciens, avait surtout produit des milliers d'images qui étaient devenues iconiques et qui illuminaient toujours les fonds d'écrans de millions d'ordinateurs dans le monde.

Le télescope le plus célèbre du monde, encore devant le télescope Webb qui était entré en service en 2022 et qui, lui, ne risquait rien là où il était, n'était plus. Trente-cinq années de découvertes majeures se terminaient dans un fracas qui participerait à d'autres fracas dans les semaines ou les mois qui allaient suivre.

Toute la communauté astronomique apprit la nouvelle très rapidement par divers canaux sans que la direction de la NASA n'ait besoin de communiquer dessus.



20 août 2025

La mer était d'un bleu magnifique. La couleur rose du sable était exactement comme sur les photos et comme l'avaient décrit ses amis qui y étaient venus. Nicolas Testet voulait visiter la Crète depuis longtemps déjà, et c'est Jeanne qui lui avait proposé cette escapade estivale, malgré la foule de touristes à cette saison. Ils étaient allongés sous un grand parasol sur cette plage idyllique de Elafonisi quand Nicolas entendit son téléphone vibrer. Il n'y fit pas attention.

Nicolas Testet était astronaute à l'ESA depuis 2009. Il avait déjà fait deux séjours de six mois à bord de l'ISS. Et il n'avait qu'un seul rêve depuis qu'il était enfant : marcher sur la Lune. Il avait tout sacrifié pour ce rêve, y compris sa vie de famille.

Lorsque l'Agence spatiale européenne avait lancé une campagne de recrutement d'astronautes en 2008, Nicolas avait immédiatement candidaté pour faire partie du corps européen des astronautes. Il avait été

sélectionné l'année suivante parmi les 8 413 postulants. Il n'avait alors que trente et un ans et était le plus jeune des spationautes recrutés par l'Agence Spatiale Européenne.

Après cinq années d'entraînements divers et variés et de sport intensif, l'ESA avait finalement décidé d'envoyer Nicolas vers l'ISS pour une durée de six mois. Mais il fallait qu'il s'entraîne encore pendant deux ans. Il avait décollé le 17 novembre 2016 à bord d'un vaisseau Soyouz depuis Baïkonour sous les yeux embués de Jeanne.

Il s'était alors fait connaître du grand public en utilisant les réseaux sociaux depuis l'espace pour poster des photos et des anecdotes sur la vie en apesanteur. A son retour, les gens l'adoraient. Il n'avait pourtant rien fait de significatif dans la station spatiale, si ce n'était dérouler des travaux pratiques de biologie et de physico-chimie de niveau première année universitaire.

Et puis en 2019, l'agence spatiale européenne avait à nouveau proposé son nom à la NASA pour faire partie d'un équipage américain envoyé vers l'ISS dans un vaisseau de GalactiX, à qui la NASA avait confié le

transport de ses astronautes. Il s'était à nouveau arraché à la gravité terrestre le 23 avril 2021.

C'était vers la fin de cette seconde mission que Nicolas s'était passablement ridiculisé aux yeux des scientifiques, des vrais. Comme lors de la première mission, il avait passé l'essentiel de son temps en orbite à prendre des photos de la Terre et surtout de sa pollution lumineuse en s'extasiant de cette beauté superflue. Il twittait encore plus que quatre ans auparavant. Ce qui avait porté le ridicule à son paroxysme, c'était quand, seulement trois jours avant de quitter la station spatiale, Nicolas avait fait un tweet où il s'enthousiasmait du fait qu'en regardant dans le hublot situé à l'opposé de celui qu'il squattait toujours, on pouvait apercevoir des milliers d'étoiles et même la Voie Lactée. Après deux séjours en orbite et presque 400 jours en tout au dessus de l'atmosphère terrestre, il découvrait la possibilité de regarder les étoiles, alors qu'il devait se préparer au retour...

Cette seconde mission avait duré presque deux cent jours, qui était la durée maximale désormais autorisée pour les astronautes américains et européens pour leur éviter des graves problèmes de santé.

La NASA connaissait le phénomène depuis le début des années 2000 : les séjours de longue durée dans l'espace affectaient durablement la vision des astronautes. 80% des astronautes ayant séjourné plus de 6 mois en orbite avaient des problèmes de vision une fois rentrés, des problèmes qui ne disparaissaient pas.

En 2005, l'astronaute américain John Philips avait séjourné 6 mois dans la station spatiale. Au milieu de son séjour, lors d'une pause, il regardait la Terre par le hublot, mais elle lui apparaissait floue. Il lui était impossible de faire le point. Cela lui avait paru vraiment étrange car il avait toujours eu une vision parfaite de 10/10 à chaque œil. Il pensait que ce n'était que passerager et que ça allait passer. Mais ce ne fut pas le cas. Lors des analyses médicales post-mission, les médecins de la NASA avaient trouvé que sa vision était passée de 10/10 à 2/10 en l'espace de 6 mois.

Des tests approfondis avaient alors suivis : IRM, scan de la rétine, tests neurologiques, et même une ponction lombaire. Les résultats montrèrent que c'étaient ses yeux qui avait changés : le fond de ses globes oculaires s'étaient aplatis, repoussant la rétine en avant, et ses nerfs optiques étaient enflammés.

Le cas John Philips fut le premier à être reconnu de ce mystérieux syndrome qui affectait une écrasante majorité des astronautes effectuant des longs séjours en apesanteur.

En 2009, Michael Barratt était astronaute sur une mission de six mois dans l'ISS et lui aussi s'aperçut que sa vision s'était détériorée. Or, lui et son collègue Bob Thirsk, autre membre de l'équipage, avaient tous les deux une formation de médecine et ils avaient décidé de s'examiner mutuellement. Ils trouvèrent sur chacun d'entre eux des indices de nerf optique enflé. Après avoir reçu du matériel plus spécifique envoyé par la NASA, le syndrome de Philips avait été retrouvé pour l'un comme pour l'autre, avec un aplatissement des globes oculaires.

La cause de ces problèmes oculaires n'était pas complètement élucidée. La théorie la plus aboutie pour expliquer le phénomène fut nommée le syndrome de déficience visuelle par pression intracrânienne (syndrome VIIP, *visual impairment intracranial pressure*). Sur Terre, la gravité produisait une circulation des fluides corporels vers le bas du corps. Dans l'espace, les astronautes étaient en apesanteur et les fluides du corps n'avaient plus de circulation privilégiée due à la

gravitation. Les chercheurs pensaient qu'un surplus de liquide dans la boîte crânienne y produisait une forte augmentation de la pression, une pression qui se retrouvait à l'arrière des globes oculaires et pouvait alors produire un écrasement du nerf optique.

La NASA prenait désormais très au sérieux le syndrome VIIP qui était reconnu comme étant un problème important à résoudre dans l'objectif de missions habitées de longue durée, vers la Lune ou Mars par exemple.

Le concept de surpression intracrânienne n'avait jamais pu être testé expérimentalement en orbite, la seule méthode étant une méthode invasive consistant à effectuer une ponction lombaire ou une opération chirurgicale pour percer le crâne du patient...

Les médecins de la NASA ne pouvaient que faire des comparaisons sur les astronautes entre avant leur décollage et après leur retour sur Terre. Le syndrome VIIP était étudié dans divers instituts qui cherchaient à mettre au point des moyens non invasifs pour tester la pression intracrânienne sans réels succès pour le moment.

Michael Barratt, qui était devenu entre temps le directeur des vols habités de la NASA, estimait qu'il faudrait étudier la pression intracrânienne dans l'espace par une technique invasive, comme par exemple la pose d'une sonde implantée dans le crâne d'un astronaute pour mesurer la pression, à l'image de ce qui avait été fait plusieurs années auparavant pour étudier la pression sanguine dans le cœur, étude pour laquelle des astronautes s'étaient vu posé des cathéters au niveau du cœur lors d'une mission dans les années 1990.

La NASA estimait que le syndrome de déficience visuelle par pression intracrânienne était le problème n°2 pour les vols habités de longue durée, le premier restant bien sûr l'irradiation par le rayonnement cosmique.

L'agence spatiale américaine estimait qu'avant le premier voyage vers Mars, qui devrait durer de 6 à 9 mois, le syndrome VIIP devait être beaucoup mieux compris, et selon Michael Barratt, il se pouvait que ce ne soit que le sommet d'un iceberg. Il pensait que les manifestations ophtalmiques de ce phénomène cachaient quelque chose de plus global.

Richard Williams, directeur de la santé à la NASA s'accordait à dire que c'était l'ignorance sur le syndrome

VIIP qui posait le plus grand risque pour les vols de longue durée. Six mois après son retour sur Terre, la vision de John Philips s'était un peu améliorée, passant de 2/10 à 4/10, mais n'avait plus bougé depuis.

Nicolas avait remarqué qu'il avait de plus en plus de mal à lire des petits caractères depuis son retour de sa deuxième mission. Il se demandait si c'était dû au syndrome VIIP ou plus simplement à la presbytie qui affectait presque tous les quinquagénaires du monde occidental.

Nicolas avait été aussi beaucoup irradié au cours de ses missions dans l'ISS. La première s'était déroulée sur la fin du cycle solaire 24 et la seconde dans le creux d'activité, alors que le cycle 25 peinait à démarrer. Le fait que l'activité magnétique du Soleil soit très faible à ce moment là induisait que le flux de rayons cosmiques galactiques, des noyaux d'atomes ultra-énergétiques, était peu atténué ou défléchi par le champ magnétique et le vent solaires. Les astronautes en orbite basse autour de la Terre subissaient de plein fouet ces particules ionisantes. Paradoxalement, il était préférable d'effectuer un séjour à bord de l'ISS durant les maximums d'activité solaire, comme par exemple



autour de 2003, 2014, ou en ce moment, même si le Soleil pouvait produire des éruptions et des particules énergétiques sporadiques. Il valait mieux ça qu'un flux continu de rayons cosmiques galactiques.

Durant son premier séjour en orbite, Nicolas avait reçu une dose de 0,6 mSv par jour en moyenne, ce qui faisait 117 mSv cumulé, et durant son deuxième séjour, le niveau avait augmenté à 0,8 mSv par jour, ce qui faisait 159 mSv. Ses deux missions l'avaient irradié avec une dose équivalente de 276 mSv.

Nicolas connaissait parfaitement la problématique des rayons cosmiques, étant pilote de ligne avant d'avoir intégré le corps des astronautes. Il avait l'habitude de toujours porter sur lui un dosimètre pour enregistrer la dose reçue au cours de ses vols long-courrier. Ses deux séjours dans l'ISS étaient équivalents à 4600 vols Paris-New-York en termes de dose reçue. Il n'en avait fait qu'une vingtaine avant de quitter Air France.

Nicolas savait aussi que sur le sol lunaire, la dose reçue était tout sauf négligeable, mais malgré ça, son rêve restait intact. Il se disait qu'il avait déjà atteint un point de non retour et que quelques dizaines de millisieverts de plus ne changerait pas la forme de son futur cancer.

57  $\mu\text{Sv/h}$ , soit 1,37 mSv/jour, c'était la dose moyenne qu'avait mesuré l'atterrisseur chinois Chang'E 4 à la surface de la Lune où il s'était posé en janvier 2019 sur la face cachée, en plein dans le minimum d'activité solaire. Cette dose de rayonnement journalière était environ deux fois plus élevée que celle reçue par les astronautes à bord de l'ISS, et elle était 200 fois plus élevée que la dose de la radioactivité naturelle terrestre.

Les chinois s'intéressaient de près aux conditions que devraient rencontrer leurs futurs explorateurs lunaires en quête de précieux minerais. La sonde Chang'E 4 qu'ils avaient envoyée était munie d'un petit détecteur de particules développé par des chercheurs allemands de l'Université de Kiel. Il avait été conçu spécifiquement pour mesurer la dose de rayonnement induite par le rayonnement cosmique, les GCR, ainsi que par les rayonnements secondaires (neutrons et photons gamma) qui étaient produits dans la roche lunaire par des interactions de GCR. Ce dosimètre opérationnel nommé LND (*Lunar Lander Neutron and Dosimetry*) avait permis pour la première fois de mesurer de façon instantanée le débit d'équivalent de dose et de le suivre dans le temps durant plusieurs jours. Dans le passé, les astronautes des missions Apollo avaient été munis de

dosimètres individuels, mais il ne s'agissait que de détecteurs à intégration assez rudimentaires qui fournissaient la dose totale, intégrée sur toute la durée du voyage aller-retour vers la Lune.

Durant les deux premiers jours lunaires (deux fois 14 jours terrestres) qui avaient suivi l'alunissage de Chang'E 4, entre le 3 janvier 2019 et le 15 février 2019, le dosimètre avait mesuré le débit de dose une dizaine de fois par jour terrestre. Ce débit de dose était assez stable dans le temps, ce qui démontrait une origine exclusivement due aux rayons cosmiques galactiques et non à l'autre composante des rayonnements spatiaux que sont les événements de particules solaires sporadiques, des protons énergétiques provenant du Soleil et arrivant par bouffées lors d'éruptions ou autres éjections de masse coronale, très aléatoires.

Les chercheurs chinois et allemands avaient montré qu'aux 1,37 mSv/jour, il fallait ajouter 23% de dose induite par les rayonnements secondaires du sol lunaire.

Le 2 février 2019, alors que le dosimètre de Chang'E 4 était en cours de fonctionnement, la sonde américaine *Lunar Reconnaissance Orbiter* (LRO) était passée juste au-

dessus de la position de la sonde chinoise. Et LRO était munie elle aussi d'un instrument de mesure des rayonnements, appelé *Cosmic Ray Telescope for the Effects of Radiation* (CRaTER), qui était en fonction ce jour-là. Les deux instruments voyaient donc exactement les mêmes conditions héliosphériques. Les débits de dose bruts dans le silicium, avant toute conversion, qui étaient mesurés respectivement par le dosimètre germano-chinois LND sur la surface lunaire et CRaTER en orbite étaient de 10,2  $\mu\text{Gy/h}$  et 10,0  $\mu\text{Gy/h}$ , des valeurs quasi identiques, qui rendaient ces mesures extrêmement robustes.

Nicolas pensait aux rayons cosmiques en somnolant sous le parasol.

Les doses de rayonnement ionisant reçues en orbite et sur la Lune étaient sans commune mesure avec la radioactivité naturelle ou artificielle sur Terre. Le débit d'équivalent de dose reçue du fait de la radioactivité naturelle à la surface de la mer était d'environ 6,6  $\mu\text{Sv/jour}$  dont 0,8  $\mu\text{Sv/jour}$  issus des rayons cosmiques, le restant provenant de la radioactivité des roches, du radon et des divers éléments radioactifs absorbés et qui formaient le corps humain. S'ajoutaient

à ces rayonnements naturels tous les rayonnements artificiels, produits par la médecine principalement : radiographies, scanners à rayons X, scintigraphies, et radiothérapies, ce qui nous amenait à 3,5 mSv/an en moyenne par personne.

Le travailleur de la centrale de Fukushima accidentée en 2011 qui avait été le plus exposé à l'époque avait reçu une dose de 679 mSv, à peine 2,5 fois plus que la dose de Nicolas. Quatorze ans après l'accident nucléaire japonais, les zones qui étaient encore interdites à la population étaient celles qui produisaient un surplus de dose annuel supérieur à 20 mSv (équivalent à 28 jours dans l'ISS), les zones "vertes" qui montraient une dose annuelle entre 1 mSv et 20 mSv (équivalent à entre 1,5 jours et 28 jours dans l'ISS) devaient être décontaminées et les habitants pouvaient y travailler mais ne pouvaient pas y passer la nuit.

La NASA, pour son programme ARTEMIS auquel Nicolas rêvait depuis des années, prévoyait des missions lunaires d'une semaine pour les toutes premières, mais qui devaient augmenter en durée pour atteindre 1 à 2 mois par la suite. Ce n'étaient pas que quelques millisieverts que Nicolas envisageait, mais

probablement encore plusieurs centaines, car il ne voulait pas se contenter de seulement quelques jours sur la surface grise.

Des mesures de débits d'équivalent de dose avaient aussi été effectuées lors d'un voyage vers Mars par la sonde *Mars Science Laboratory* de la NASA qui emportait le rover *Curiosity*, ainsi que sur la surface de la planète rouge. Des valeurs assez proches des valeurs lunaires et de l'ISS avaient été mesurées : 1,8 mSv/jour durant le voyage puis 0,64 mSv/jour sur la surface.

L'exposition chronique aux GCR et sporadique aux SEP n'induisait pas chez l'Homme seulement des cancers, mais elle pouvait aussi causer d'autres maladies fortement handicapantes, allant de la cataracte jusqu'aux maladies dégénératives du cerveau, en passant par des effets aigus sur d'autres organes vitaux comme le cœur. Nicolas connaissait tous les risques, et il s'en foutait, il n'aurait jamais d'enfants.

— On y retourne ? lança Nicolas à Jeanne.

— Ton téléphone a vibré... répondit sa femme.

— M'en fous ! Moi j'y retourne, elle est trop bonne !

— J'irai un peu plus tard, je termine mon chapitre...

Nicolas se leva d'un bond et trottina vers le bord de l'eau turquoise, alors que des enfants trop blonds criaient autour d'eux.

Jeanne lisait un essai sur l'agroécologie. Elle avait du mal à décrocher du travail même en plein mois d'août sur la plus belle plage de Crète et sans doute d'Europe. Elle avait tout sacrifié pour permettre à Nicolas de devenir ce qu'il était devenu. Elle avait accepté de renoncer à fonder une famille comme elle l'avait pourtant tant désiré étant plus jeune. Quand elle était élève ingénieur à l'Agro à la fin des années 1990, elle n'imaginait pas la vie autrement que d'être une mère d'au moins trois enfants.

Puis elle avait rencontré Nicolas quand il n'était encore que pilote de ligne chez Air France. Elle avait dû faire le choix crucial au tournant de leur trentaine. Au moment où Nicolas avait souhaité candidater pour être astronaute, en 2008, ils avaient discuté pendant une nuit entière sur tout ce que ça pouvait impliquer pour eux deux si il était retenu. Elle avait cédé.

Dix minutes plus tard, Nicolas revint, toujours en trotinant, et se pencha vers Jeanne sous le parasol. Il faisait tomber des gouttes sur ses jambes blanches.

— Alors, tu viens ? Elle est super chaude ! C'est dingue !

— Ton téléphone a encore vibré...

— C'est quoi encore ? fit Nicolas en cherchant son portable dans le sac.

— Merde, c'est l'ESA... qu'est-ce qu'ils veulent ?..

Nicolas écouta sa messagerie. Jeanne le regardait et voyait son visage changer de physionomie. Le sourire qu'il arborait en sortant de l'eau avait brutalement disparu pour laisser place à une expression dure.

— Qu'est-ce qui se passe ? fit Jeanne.

Nicolas raccrocha et laissa tomber son portable dans le sac de plage en regardant dans le vide, blême.

— Qu'est-ce qu'il y a ?

— Ils évacuent l'ISS en urgence... fit Nicolas.

— C'est-à-dire ?



— Il y a des débris un peu partout, la station a été touchée, le télescope Hubble aussi, il y a trop de risques... Ils abandonnent l'ISS, ils se barrent...

— Comment ça ? Qu'est-ce que ça veut dire ? demanda Jeanne.

— La NASA évacue la station, et on ne pourra plus y aller avant longtemps. Les lancements sont interdits jusqu'à nouvel ordre.... Ils sont partis en urgence avec le Soyouz et le Dragon.

— Tu veux dire que....

— Que c'est fini.... Tout est fini...

— Attends... Ça veut dire que...

— Il y a trop de débris au niveau de la station, il y a quelque chose qui s'est passé, je sais pas quoi mais il y a trop de débris et les lancements sont interdits depuis les Etats-Unis. Mais si il y a des débris, ça veut dire qu'ils ne vont pas disparaître comme ça du jour au lendemain. Ça veut dire que les lancements resteront interdits... C'est fini, je te dis... c'est fini...

Le message de l'EAC prévenait Nicolas Testet que les activités des astronautes européens allaient probablement être très perturbées à partir de maintenant du fait de l'évacuation en urgence de l'ISS et de l'interdiction des lancements jusqu'à nouvel ordre. Le patron des astronautes l'incitait à rentrer à Cologne au plus tôt et d'écourter ses vacances.

— Il faut que je rentre à Cologne...

— Oh non.... On vient juste d'arriver.... fit Jeanne.

— Tu peux rester, toi... Profites !

— Je vais pas rester toute seule ici !...

— De toute façon, dis toi bien qu'on sera bientôt très souvent ensemble. Si l'activité spatiale s'arrête comme je le pressens, je serais tout simplement au chômage technique...

— Dis pas de bêtises !

— Je suis sérieux. A quoi je servais si on ne peut plus aller en orbite, hein ? A rien ! Tout ça pour rien !... Tous ces sacrifices pour que dalle...

Nicolas commençait à s'énerver. Jeanne ne l'avait jamais vu comme ça.

— Non, mais tu te rends compte ? On a fait tout ça pour rien, putain ! Pour rien ! J'irai jamais sur la Lune, c'est fini...

Des enfants courraient sur le sable fin en criant et en s'arrosant avec une sorte de gros pistolet à eau rose.

Nicolas reprit son téléphone et rappela Stephano Grossi. Il mit le haut parleur.

— Qu'est ce qui se passe au juste ? demanda Nicolas sur un ton énervé comme si son interlocuteur était responsable de quelque chose.

— Comme je le disais dans mon message, la NASA a pris la décision d'évacuer. Un panneau latéral a été touché par un impact et juste avant, c'est le télescope Hubble qui a été endommagé. On observe une très forte recrudescence de débris dans les orbites entre 400 et 600 km.

— Ils sont déjà rentrés ?

— Oui, ce matin, le Dragon d'abord avec les trois américains et ensuite le Soyouz avec les deux russes...

— Donc, y'a plus personne ?

— Non...

— Plus personne en orbite ?...

— Dans l'ISS non... mais il y a encore deux chinois dans Tiangong...

— Et ils évacuent pas, eux ? fit Nicolas.

— On ne sais pas encore ce qu'ils vont faire. La NASA a fortement incité la CNSA à faire comme nous.

— Et l'ESA était d'accord avec la NASA sur cette décision ?

— Tu sais, Nicolas, même si on avait été en désaccord...

— Ouais, bien sûr...

— Les Russes ont suivi, tu vois, alors...

— Ça m'étonne presque... Ça veut dire que c'est vraiment grave, rétorqua Nicolas.

— Tu imagines ? On parle d'un impact réel sur un panneau latéral, là.

— Ouais...

— Tu peux aller voir ce que dit la NASA, ils ont fait un communiqué et une conférence de presse. Tu auras quelques détails. J'ai appelé tous les astronautes européens pour les prévenir de la situation.

— Comment tu vois les choses pour la suite ? demanda Nicolas.

— Ça serait bien que tu rentres à Cologne pour souder l'équipe et reconforter les recrues, répondit Stephano.

— Oui, bien sûr, c'est ce que je voulais faire, reprit Nicolas.

— Tu pourrais être là dans combien de temps ?

— Je suis pas loin, on est en Crète... Je serai à Cologne demain après-midi.

— Très bien, c'est très bien. Merci Nicolas, répondit le directeur du Centre Européen des Astronautes.

Nicolas semblait s'être calmé, mais il bouillait à l'intérieur. Il avait compris que les chinois resteraient en orbite, alors que c'était terminé pour les autres.

— Je viens avec toi, dit Jeanne. On reviendra ici une autre fois.

21 août 2025

Keiko s'était assise à sa place favorite dans le train qui l'emmenait à Sagamihara depuis Yokohama. Comme tous les matins, elle regardait les informations de 7h. On voyait une jolie image de la station spatiale internationale. Keiko avait du mal à croire ce qu'elle venait d'entendre. La présentatrice disait que la NASA avait donné l'ordre d'évacuer immédiatement l'ISS. Il y avait à son bord trois astronautes américains et deux cosmonautes russes. La raison de cette décision était qu'il y avait trop de risques de collisions avec des débris spatiaux. La présentatrice parlait également de la destruction partielle du télescope Hubble par un débris quelques jours avant, mais Keiko ne comprenait pas si il y avait un lien entre les deux. Elle avait ensuite parlé d'un morceau de panneau solaire de la station spatiale qui aurait été vu par l'un des astronautes à bord, flottant à proximité d'un des modules d'habitation de la grande station. Keiko zappa et trouva rapidement la conférence

de presse qu'avait organisée la NASA la veille au soir en grande hâte.

Un certain John Mitchell, qui était un haut responsable de l'agence spatiale américaine, annonçait que la situation actuelle concernant les débris spatiaux était devenue soudainement très dangereuse pour les missions en orbite basse et qu'il était préférable d'évacuer la station temporairement. Par ailleurs, tous les lancements quels qu'ils soient, avaient également été interdits par l'autorité de contrôle des activités spatiales jusqu'à nouvel ordre.

Par chance, il y avait deux vaisseaux amarrés à l'ISS actuellement, un Dragon américain qui pouvait ramener les trois astronautes et un Soyouz russe qui pourrait transporter les deux cosmonautes. La procédure avait déjà été mise en œuvre quelques heures plus tôt, et c'est la capsule Dragon qui s'était détachée la première de la station. Techniquement, les deux derniers habitants de l'ISS auront été Dimitri Ditchenko et Vassili Grouchev. Le vaisseau Soyouz s'était détaché de la station spatiale le 19 août à 19h19 UT.

Mitchell était également revenu sur une information provenant du Jet Propulsion Laboratory et de Caltech



qui géraient ensemble le télescope spatial Hubble. Ils annonçaient que le télescope s'était mis en safe mode une semaine avant et que les analyses des scientifiques indiquaient que le miroir avait été brisé par l'impact d'un petit objet qui était entré dans le tube alors que le télescope était en train d'effectuer une observation. Il était définitivement hors service.

Keiko avait du mal à saisir l'ampleur des informations qu'elle entendait. En seulement quelques semaines, la JAXA avait perdu son télescope spatial phare et aujourd'hui, c'était le grand télescope Hubble qui subissait le même sort ! Et l'ISS avait été touchée et était maintenant désertée en urgence, une situation qui n'était jamais arrivée depuis la création de la station spatiale en 2000.

Il n'y avait plus d'hommes en orbite aujourd'hui, pensait Keiko. Mais au moment même où elle avait cette pensée, sur son écran, Mitchell parla de la station spatiale chinoise en disant qu'il espérait que la CNSA prendrait une décision similaire à celle de la NASA. Il y avait donc encore deux astronautes en orbite, ils étaient chinois.

Keiko se demandait ce qu'allait devenir la station spatiale internationale sans personne à bord. Si elle

avait été impactée par un débris qui avait pu détacher un morceau de panneau solaire, cela signifiait que d'autres débris pouvaient à nouveau l'atteindre à chaque révolution, toutes les 90 minutes environ à cette altitude. Les débris étaient rarement isolés et se trouvaient souvent par groupes, ce qui était arrivé à XRISM en était un bon exemple.

Elle savait que l'ISS perdait constamment de l'altitude à cause du freinage atmosphérique. Elle était incollable sur le sujet. L'ISS perdait entre 25 et 50 mètres d'altitude chaque jour. Ce chiffre variait notamment en fonction de l'activité solaire, entraînant une dilatation plus ou moins grande de l'atmosphère. Ce mouvement d'usure de l'orbite ne pouvait que s'accélérer si on le laissait agir, car l'atmosphère devenait plus dense à mesure que l'altitude diminuait. L'ISS devait effectuer des manœuvres de rehaussement d'orbite tous les un à deux mois environ, en utilisant soit les moteurs du module de service du segment russe Zvezda, soit les moteurs des modules de ravitaillement automatiques amarrés à la station, les cargos russes Progress ou les cargos américains Cygnus lorsqu'ils venaient apporter des vivres et du matériel, et exfiltrer les déchets des astronautes qui brûleraient ensuite en rentrant dans

l'atmosphère. Les modules de ravitaillement étaient prévus pour donner une accélération supplémentaire de façon à regagner jusqu'à un kilomètre d'altitude. Sans plus personne à bord, il était probable qu'aucun module de ravitaillement ne soit envoyé prochainement, ce qui signifiait que l'ISS perdrait plus d'altitude que prévu. Une fois qu'elle serait trop basse, la remonter serait sans doute encore plus difficile, nécessitant de multiplier les coups de boost.

Keiko se souvint soudainement de ce film catastrophe américain que son ami Shoei lui avait conseillé de voir. C'était un film qui avait remporté de nombreux oscars dix ans plus tôt et qui retraçait des événements qui ressemblaient étonnamment à ce qui était en train de se passer, mais en beaucoup plus violent évidemment. Deux astronautes se retrouvaient coincés seuls dans l'espace après la destruction de la station spatiale internationale et du télescope Hubble par des débris spatiaux. Seule l'héroïne parvenait à s'en sortir d'une manière rocambolesque en rejoignant la station spatiale chinoise grâce à la propulsion d'un extincteur...

C'étaient donc aujourd'hui deux astronautes chinois qui se retrouvaient seuls dans leur station. Et l'ISS comme le

télescope Hubble commençaient à être impactés par des débris. Le scénario catastrophe devenait réalité.

\*\*\*

C'était l'une des informations les plus secrètes du département aérospatial de l'armée populaire de Chine. L'information était remontée au président Xi Jinping en moins de trois heures par la voie hiérarchique la plus rapide. Le lieutenant Guo l'avait transmise au commandant Ma qui l'avait transmise au colonel Feng, qui s'était empressé de la transmettre au général deux étoiles Xuo, qui l'avait à son tour donnée au général trois étoiles Zheng, qui l'avait transmise après quelques hésitations au général et chef d'état major Peng, qui l'avait donnée en main propre au président de la République Populaire sans passer par le ministre de la défense : la navette spatiale secrète Shenlong avait été entièrement détruite le 5 août, alors qu'elle venait d'entamer son quatrième vol de longue durée depuis trois mois. L'origine en était officiellement inconnue.

Tous les scénarios belliqueux possibles avaient été imaginés, l'état major avait également rappelé au président la perte d'un satellite d'écoute le lendemain même de celle de la navette militaire, ainsi que celle d'un

satellite scientifique deux jours plus tard. Les coïncidences étaient troublantes. L'avion spatial, comme l'appelaient les dirigeants chinois avait initialement été nommé Chongfu Shiyong Shiyang Hangtian Qi (CSSHQ), puis avait rapidement été renommé Shenlong. Il avait fait son premier vol en 2020, lancé depuis la base de Jiuquan, dans la province de Gansu, propulsé par un lanceur Chang Zheng 2F/T. Cette navette de plus de 8 tonnes avait été développée dans le plus grand secret à partir du moment où les responsables militaires chinois du département aérospatial avaient mis la main sur les plans du X-37B américain fin 2008, deux ans avant que la navette secrète conçue par Boeing effectue son premier vol loin des regards. Il avait fallu onze ans aux ingénieurs chinois pour concevoir, fabriquer, tester, et valider tous les composants de leur avion spatial, dont la ressemblance avec le X-37B ne laissait aucun doute. Il était prévu pour mettre en orbite des satellites, mais aussi pour en récupérer, et pas forcément des satellites chinois. C'était du reste le même objectif que celui des américains avec leur X-37B. C'était Xi Jinping qui avait décidé du lancement de ce programme stratégique, avec l'objectif affiché de dominer le domaine du spatial

militaire pour affirmer la grandeur de la Chine dans ce domaine. L'agence spatiale, la CSNA, et l'armée populaire marchaient main dans la main dans le programme Shenlong.

Lorsque les responsables chinois entendirent la conférence de presse alarmiste de la NASA annonçant l'évacuation immédiate de la station spatiale internationale qui se doublait d'une interdiction de tout lancement depuis le sol américain jusqu'à nouvel ordre, le chef d'état major de l'armée de l'air et de l'espace comprit que la situation était grave. Il proposa au président Xi Jinping de révéler la perte de la navette Shenlong deux semaines plus tôt.

La navette chinoise avait probablement été elle aussi victime d'impacts de débris imprévisibles comme l'avaient été d'autres satellites américains depuis quelques semaines, notamment le télescope Hubble. Il fallait aussi décider quoi faire avec la station Tiangong qui orbitait à une altitude similaire à celle de Shenlong, aux environs de 360 km. Deux taïkonautes y séjournaient encore. Avec le départ précipité des trois américains et des deux russes de l'ISS, Li Tang et Guo

Chang étaient les deux seuls humains qui restaient encore en orbite.

Si l'ISS avait été touchée par un débris qui n'avait pas pu être détecté à temps, cela signifiait que la même chose pouvait arriver à la station chinoise à tout moment. Il fallait faire vite.

Xi Jinping convoqua les généraux Zheng et Peng ainsi que le directeur de la CNSA au sujet de la situation nouvelle de l'orbite basse, de la perte de la navette et des risques encourus par les deux taïokonautes à bord de Tiangong.

— Nous ne pouvons pas abandonner Tiangong comme les américains viennent de le faire avec l'ISS, lança le général Zheng. Ce serait une trop grande perte. Que va-t-il arriver à l'ISS abandonnée, à votre avis ?

— Si ils n'y retournent jamais, ça me paraît clair qu'elle finira par être désorbitée, répondit le directeur de la CNSA. Mais je ne sais pas si ils ont encore un moyen de modification de l'orbite, étant donné qu'ils ont évacué avec les deux capsules qui leur restaient. Mais pour éviter qu'elle ne produise trop de débris suite à des

collisions multiples, il serait pertinent de la désorbiter le plus vite possible.

— Vous connaissez le montant de l'investissement que cela a représenté ? demanda Xi Jinping.

— En tout, ça se monte en centaines de milliards de dollars depuis presque trente ans, répondit l'ingénieur en chef.

Xi Jinping opina. Il connaissait le budget qui avait déjà été alloué au programme de station spatiale chinoise.

— Le risque pour nos hommes est très grand, répliqua le général Peng. Nous ne pouvons pas laisser nos deux valeureux taïkonautes prendre un aussi grand risque.

— Si on abandonne Tiangong, son sort sera le même que celui de l'ISS, dit le général Zheng.

— Que pourrait-on faire pour sauver en même temps la station et nos hommes ? demanda le président.

— Il y aurait bien une solution... lança le chef de la CNSA, que fixaient maintenant les trois hauts dirigeants.



— Nous avons un vaisseau Shenzhou arrimé à Tiangong actuellement, qui doit permettre au colonel Li Tang et au commandant Guo Chang de rentrer. Nous pourrions utiliser le moteur de ce vaisseau de transport pour déplacer Tiangong vers une orbite beaucoup plus élevée...

— Avec les taïkonautes à bord donc ? demanda le général Peng.

— Oui, on pourrait amener Tiangong à la limite haute de l'orbite basse, parce que tous les problèmes de débris spatiaux se trouvent dans l'orbite basse, entre 300 et 1000 km d'altitude. Donc, on pourrait remonter Tiangong jusqu'à 1200 km par exemple...

— Cela prendrait combien de temps ? demanda le général Peng.

— Quelques heures, pas plus... répondit le directeur de l'agence spatiale.

— Ça me paraît être une très bonne idée, dit le général Zheng.

— Mais cela signifie que nos deux taïkonautes vont devoir traverser toute la zone de l'orbite basse deux

fois ? Une fois en montant et une seconde fois en redescendant... Le risque pour eux est démultiplié..., dit le général Peng. Ne serait-ce pas plus prudent de les ramener sur Terre tout de suite, sans avoir à traverser toute la zone dangereuse ? demanda le général Peng.

— C'est vrai... Il faudrait aller le plus vite possible, répondit l'ingénieur en chef. Et il y aurait quelques manœuvres subtiles à effectuer avec le Shenzhou . Mais si on les ramène tout de suite, nous n'aurons plus aucun moyen de remonter l'orbite de Tiangong. Le prochain Shenzhou qui était prévu ne sera prêt que dans six mois. Ou bien il faudrait accélérer fortement la phase de validation et de tests. Mais on ne pourrait gagner que un à deux mois... Vu ce qui se passe en ce moment dans l'orbite basse, je ne pense pas que l'on puisse laisser Tiangong là où elle est pendant quatre mois.

— Je trouve que cette idée de remonter Tiangong très haut est une très bonne idée, lança le général Zheng.

— Quels genres de manœuvres subtiles devraient être effectuées avec le Shenzhou , demanda Peng.

— Et bien, quand il est amarré à la station, le module de transport ne peut que accélérer avec son moteur

principal et faire une rotation avec ses moteurs latéraux. On ne pourrait pas faire une forte décélération avec les moteurs d'appoints puisque ça endommagerait la structure de Tiangong. Et pour remonter l'orbite jusqu'à 1200 km, on aurait besoin d'accélérer fortement et une fois arrivé là on le souhaite, il faut décélérer, et pour ça, il faudra retourner l'ensemble de 180° avec les moteurs latéraux de Shenzhou , puis réaccélérer avec le moteur principal jusqu'à la stabilisation sur la nouvelle orbite.

Xi Jinping écoutait attentivement les explications du directeur de la CNSA.

— Le Shenzhou n'a pas été prévu pour ce type de manœuvre, n'est-ce pas ? demanda le général Peng.

— Non, et avant d'effectuer ces actions, nous devons calculer précisément la trajectoire et les manœuvres à faire.

— Cela prendrait combien de temps ? demanda le général Peng.

— Sans doute une demi-journée, pour être sûrs de nos calculs, répondit le directeur de la CNSA.

— Donc une demi-journée de perdue pour nos taïkonautes, rétorqua le général Peng. D'ailleurs, est-ce que la quantité de carburant du Shenzhou est suffisante pour effectuer toutes les manœuvres que vous mentionnez et ensuite ramener nos hommes ?

— Normalement ça devrait être suffisant, répondit l'ingénieur. Cela fait partie des calculs qui doivent être faits. Dans le pire des cas, l'accélération produite sera moins forte pour consommer moins de carburant, ce qui induirait une durée plus longue, à la fois dans le sens de la montée et dans le sens de la descente.

— Donc plus de risques pour le colonel Li Tang et le commandant Guo Chang, répliqua le général Peng.

— Il faut voir le ratio bénéfices/risques, répondit le général Zheng. Il existe certes un risque accru pour nos hommes, mais nous aurons un très grand bénéfice dans le futur à conserver une station spatiale intacte, surtout si la station américano-russe doit disparaître prématurément. Je pense que ce ratio bénéfices/risques va clairement en faveur de cette idée que propose la CNSA.

Xi Jinping fit un mouvement sur son fauteuil en cuir noir et les deux généraux et l'ingénieur spatial se tournèrent vers leur Président.

— Très bien. Nous allons faire ça. Remontez notre station spatiale en dehors de la zone dangereuse et ramenez nos hommes le plus vite possible. Ce sont de valeureux militaires, ils savent ce qu'est un risque, surtout un risque mortel.

Les trois hommes s'inclinèrent légèrement en signe d'approbation de la décision présidentielle. Puis le général Zheng reprit la parole.

— Nous devons évoquer la question de Shenlong ... Il me semble que ce serait le bon moment pour annoncer ce qui est arrivé...

— Est-on certain que cette destruction est accidentelle ? demanda Xi Jinping.

— Oui, monsieur le président, répondit le général. Notre avion spatial ne transportait rien qui puisse provoquer une explosion capable de le détruire en de nombreux fragments comme ce qui a pu être observé. De toute évidence, Shenlong a connu le même sort que le

télescope Hubble et d'autres satellites ces dernières semaines.

— Et une action ennemie ? rétorqua le président.

— Cette hypothèse a bien sûr été étudiée depuis que nous avons eu connaissance de la perte de Shenlong mais aucun indice ne peut laisser supposer cela, fit Zheng avec un ton très assuré.

— En dévoilant cette triste perte, nous nous positionnons en tant que victimes de ce qui se passe là-haut, ajouta le général Peng. Cela pourrait adoucir vis-à-vis des américains et de la communauté internationale notre décision parallèle de laisser nos taïkonautes un peu plus longtemps en orbite...

Xi Jinping se pencha.

— Bien. Je vous laisse annoncer la perte de notre avion spatial, mais en revanche, ne communiquez pas au sujet de notre satellite d'observation.

— C'est entendu, Monsieur le Président, répondit le général Zheng.

22 août 2025

— Kessler avait raison depuis le début !.. dit Laurie. Tu sais, quand la fille de la JAXA m'avait contactée pour essayer de comprendre l'origine de la fragmentation de leur télescope, je lui avais parlé du syndrome de Kessler pour lui expliquer ce qui avait pu se passer avec les deux Skylink et leur télescope. J'y croyais pas vraiment à ce moment là... Mais en fait, on y est, maintenant ! On y est ! Ça continue à augmenter... Ça ne va pas s'arrêter !

— J'ai vu les chiffres de ce matin, répondit Lars. C'est pas joli, joli... Je me demande ce que va faire Misk maintenant...

— Tout ça c'est de sa faute ! S'il avait pas décidé de mettre des milliers de trucs en orbite basse, les autres compagnies n'auraient pas emboité le pas, et on n'aurait pas eu cette course insensée à celui qui aurait la plus grosse constellation...

— Tu sais, cette réaction en chaîne, ça me rappelle la réaction en chaîne de la fission nucléaire. C'est très similaire, dit Lars.

Le jeune ingénieur avait étudié la physique nucléaire à Penn State University avant de se tourner vers l'informatique.

— Pour la fission de l'uranium, il existe un seuil pour que ça devienne critique. Si tu n'a pas assez de masse, ça ne marche pas, mais dès que tu as juste suffisamment de masse, c'est parti et ça ne s'arrête plus...

— Ah ouais ? fit Laurie.

— A chaque fission d'un noyau d'uranium, on libère deux ou trois neutrons, et chacun d'eux peut induire une nouvelle fission dans un autre noyau voisin, tu vois... Mais il faut que les noyaux voisins soient suffisamment nombreux, sinon, le neutron peut s'échapper et ne pas faire de nouvelle fission. Tu vois, j'ai l'impression qu'on a juste dépassé un seuil dans le nombre de satellites en orbite basse, comme la masse critique d'uranium. Il a suffi d'une seule fragmentation quelque part, un neutron incident à la bonne énergie pour continuer mon analogie, et boum, c'est parti...



— Ça serait la fragmentation du Skylink du 11 juillet, ton allumette ? dit Laurie avec une voix triste.

— Peut-être... ou plutôt un autre gros impact le 5 août, fit Lars. Moi je me demande ce que pense Donald Kessler de tout ça...

— Tu crois qu'il est au courant ? Il est vieux maintenant, non ? demanda Laurie.

— Il doit avoir dans les 85 ans, je pense...

— En tous cas, il est sûrement déjà au courant, il a dû garder pleins de contacts à la NASA, j'imagine.

— Tu crois ? Vingt ans après sa retraite ?

— Oui, certainement., dit Laurie.

— Ça doit être terrible pour lui, imagine... Il avait alerté sur ça depuis tellement longtemps. Il me semble qu'il avait été le premier, avant 2010, à dire que les constellations de satellites de communications étaient une folie...

— Je repense à ta comparaison avec la fission de l'uranium... Y'a quand même une énorme différence...

— Quoi ?

— Bah ouais, dans l'uranium, les neutrons qui sont produits lors de la fission du noyau, ils finissent par disparaître, si ils ne sont pas absorbés par un autre noyau, ils sortent du matériau, quoi. Mais nous, les débris, ils peuvent rester très longtemps avant de rentrer dans l'atmosphère, et donc ils s'accumulent en orbite, et ils peuvent toujours produire de nouvelles fragmentations, même plusieurs années après leur création... Ça change tout, ça...

— Tu as raison Laurie... Mon analogie n'est sans doute pas bonne. Mais pour l'effet de seuil, ça semble quand même un peu pareil. D'ailleurs je me demande si Kessler n'avait pas parlé de seuil dans un de ces papiers. Peut-être pas celui de 1978, mais un autre, je crois.

— On peut regarder, si tu veux...

— Oh, c'est un détail... ne perd pas de temps avec ça, de toute façon c'est pas le fait de savoir si il y a un seuil ou pas qui va nous permettre d'arrêter ce truc, répondit Lars.

— Sauf si on arrivait à repasser en dessous du seuil ? On en était à combien ce matin, pour les débris décimétriques ? demanda Laurie. Je n'ose plus regarder, maintenant...

— C'était +1209, pour un total de 48624, répondit Lars.

— Putain... Je serais curieuse de savoir combien ils ont perdu de Skylink depuis le 5 août...

— Vu comment ça augmente et que ça à l'air exponentiel, parce que l'incrément quotidien augmente toujours lui aussi, ça doit certainement ce compter en plusieurs par jour, j'imagine... et ça ne pourra qu'augmenter dans les jours et les semaines qui viennent. Jusqu'à ce qu'il n'y en ait plus un seul !

— C'est ça le pire, c'est que ça va tout bousiller, pas seulement les Skylink, mais tous les autres satellites dans l'orbite basse, fit Laurie.

— Et ce que tu crois qu'on pourrait modéliser cette catastrophe pour essayer de voir jusqu'où elle peut s'étendre en altitude ?

— Quels sont les satellites qui pourraient y échapper, tu veux dire ?

— Oui, ça intéresse forcément les opérateurs, qui doivent avoir le trouillomètre à zéro en ce moment.

— Le « trouillomètre à zéro » ? sourit Laurie. Je n'avais plus entendu cette expression depuis au moins quinze ans...

Lars rougit.

— Excuse-moi, j'utilise parfois des vieilles expressions... Mais tu as compris ce que je veux dire, hein ?

— T'excuse pas, elle est marrante cette expression, d'ailleurs, je crois que les opérateurs de satellites ne sont pas les seuls à avoir peur de l'avenir en ce moment... Bon, effectivement, ça peut être intéressant de savoir jusqu'où ça pourrait s'étendre.

— Je pensais aussi à la station chinoise...

— Ah oui... Il l'ont remontée à combien déjà ?

— Ils l'ont annoncé hier mais je ne sais pas si ils l'ont déjà fait. Ils ont parlé de 1200 km, répondit Lars.

— 1200... ça risque d'être un peu limite, tu crois pas ? demanda Laurie.

— Je ne sais pas... c'est quand même assez loin de l'orbite d'Envisat et de la plupart des Skylink, alors...

— Et leur navette militaire, on sait à quelle altitude elle était ? Ils ne l'ont pas précisé dans leur annonce d'hier, il me semble...

— Non, ils ne l'ont pas dit, répondit Lars, je te le confirme. Eh, ils n'allaient tout de même pas dire ça ! Déjà, le fait qu'ils annoncent au monde entier qu'ils ont perdu leur bijou très secret, je pense qu'ils ont dû y réfléchir à deux fois. Je suis pas certain que nous on le dirait !

— Elle devait être forcément à moins de 1200 km, sinon, ils n'auraient pas décidé d'envoyer leur station à cette altitude, ils auraient pensé que c'est une orbite dangereuse, fit Laurie.

— Ouais, sans doute. Tu penses que l'événement déclencheur du 5 août, ça serait cette navette ? demanda Lars.

— Je me disais que c'est quand même un très gros engin... Si elle est aussi grosse que le X-37B, elle devrait faire dans les 8 tonnes, et si elle a été fortement

fragmentée, ça pourrait faire les plus de 500 débris décimétriques qu'on a vu le 5 août...

— Tu penses à une collision frontale avec un autre satellite, du coup ? Du genre Iridium-33/Kosmos-2251 ?

— Qui sait ? Mais si on voulait savoir ça, il faudrait connaître exactement quelle était la trajectoire de cette navette. Ça, on le saura jamais, j'en ai peur, dit Laurie.

\*\*\*

Les manœuvres de la station Tiangong avaient débuté dès l'annonce officielle de la CNSA. Les deux taïkonautes avaient dû prendre place dans le module orbital du Shenzhou. Avant d'effectuer la poussée, les chinois devaient séparer le module de ravitaillement Tianzhou qui était encore arrimé à la station, même si ce dernier n'avait pas ses réservoirs d'hydrazine complètement vides. Il ne pouvait pas être utilisé pour accompagner la poussée malheureusement et il était préférable de réduire la masse totale de l'ensemble.

Ce n'est qu'après une séparation de plusieurs centaines de mètres que la puissante poussée vers le haut pu débiter.

Li Tang observait l'éloignement du module Tianzhou par le hublot du module orbital.

— Qu'est-ce que c'est que ça ? s'écria Tang. Viens voir ça ! lança-t-il à son compagnon.

Guo Chang se rapprocha du hublot.

— Des débris ! fit Chang.

On pouvait apercevoir une sorte de trainée lumineuse qui partait de la partie basse du Tianzhou et qui partait vers le haut.

— C'est le réservoir ? lança Tang, qui n'avait jamais vu une chose pareille.

— Etant donné la forme de ces débris, je ne crois pas que ce soit une explosion du réservoir. Ça serait à peu près sphérique... Regarde, on dirait que ça se développe que dans un sens, uniquement vers le haut, et pas vers le bas...

— Oui, c'est très étonnant !

— Appelons le centre de contrôle, dit calmement Guo Chang.

Le nuage de débris qui apparaissait formait un faisceau de forme rectiligne dans la direction orthogonale à leur ligne de visée. Tianzhou se trouvait à environ deux kilomètres de distance. Le commandant Chang avait compris qu'ils venaient d'échapper au pire.

— Tianzhou a dû subir un impact d'un petit objet venant du bas à grande vitesse, un nuage de débris de forme cônique maintenant se développe autour de Tianzhou.... annonça Chang dans le micro.

Les deux taïkonautes avaient été mis au courant dès le départ de ce qui était en train de se dérouler dans la zone de l'orbite basse. Ils savaient qu'ils prenaient un risque très élevé pour sauver la station spatiale. Ils étaient fiers de servir leur patrie, et quoi qu'il arrive, tous les deux savaient qu'ils seraient considérés comme des héros de l'exploration spatiale chinoise.

Les débris produits par la fragmentation partielle du Tianzhou portaient tous dans la même direction, qui était quasi orthogonale à la direction actuelle de Tiangong propulsée par Shenzhou. Ils ne risquaient pas d'être impactés par un de ces morceaux du module de ravitaillement. Mais il faudrait calculer une nouvelle



trajectoire pour la phase du retour afin de ne pas croiser ce nouvel essaim de débris.

Li Tang et Guo Chang reçurent l'ordre du centre de contrôle d'enfiler leur combinaison pressurisée et leur casque, et d'enclencher la procédure d'urgence. Le colonel Tang devait s'installer dans le module de rentrée jusqu'à la fin de la manœuvre de retour, tandis que le commandant Chang devait surveiller l'environnement de la station et du Shenzhou en visuel à travers le hublot. Au moindre soupçon d'apparition d'un débris à proximité des engins spatiaux, ou de la perception d'un choc ou d'une vibration anormaux, Chang devait rejoindre au plus vite Tang dans le module de rentrée et déclencher simultanément le désarrimage du Shenzhou de la station, et la séparation du module de rentrée du Shenzhou.

C'était une mauvaise nouvelle pour les deux taïkonautes parce qu'il restait encore près de deux heures de poussée avant d'atteindre l'orbite objectif puis effectuer la manœuvre permettant de remettre le Shenzhou sur le chemin du retour et de pouvoir séparer de façon nominale les modules du Shenzhou et d'amorcer la rentrée atmosphérique. La phase de vol dans le module

de rentrée exigü, même s'ils n'étaient que deux pour trois places, durerait moins d'une heure en temps normal. Tang devrait rester attaché à son siège de retour pendant au moins quatre heures sans pouvoir bouger et serait désormais aveugle sur la situation extérieure puisque le module de rentrée, contrairement au module orbital, était une capsule entourée d'un épais bouclier thermique qui n'avait pas de hublot vers l'extérieur. Il ne devait compter que sur les indications de Chang qui se trouvait un mètre cinquante au dessus de lui.

Ils avaient convenu que si Chang ne voyait rien ou ne ressentait rien d'anormal, il donnait le signal « OK » toutes les cinq minutes. Dans le cas contraire, il devait crier « débris ! » et sauter dans le sas du module de rentrée tandis que Tang fermait tout et désarrimait.

Les deux taïkonautes devaient aussi se tenir prêts à se désarrimer de Tiangong au signal du centre de contrôle et à séparer à tout moment les trois modules de Tianzhou pour libérer la capsule de rentrée à la demande du directeur de vol.

Le plan de vol était toujours d'atteindre l'orbite 1200 km et d'effectuer un retournement à 180° suivi d'une petite poussée avant le désarrimage et le retour.

\*\*\*

Tiangong avait débuté sa poussée à 360 km d'altitude. Cela faisait maintenant 1h50 que Chang scrutait l'extérieur dans la crainte d'apercevoir un débris. L'altitude était maintenant de 1170 km. Ils arrivaient à l'objectif. Cette zone était théoriquement beaucoup moins dangereuse que la zone comprise entre 300 et 600 km. Chang et Tang étaient heureux d'avoir réussi cette mission particulière et d'avoir emmené la station Tiangong intacte en sécurité. La manœuvre de retournement allait commencer, de manière à ralentir la station et à fixer son nouveau mouvement orbital.

Avant de rejoindre Tang dans la capsule de rentrée, Li Chang jeta un œil vers la droite du hublot. Il n'avait jamais vu la Terre d'aussi loin. Il songea soudain qu'aucun astronaute autre que ceux des missions Apollo n'avait été aussi loin de la Terre. Il regardait la fine atmosphère qui semblait si fragile face à cette immensité. Il savait aussi qu'ils étaient les deux derniers hommes en orbite, et il était probablement le dernier avant très longtemps à pouvoir admirer la Terre vue de l'espace. Il en profita encore quelques minutes puis se glissa dans le sas de la capsule de rentrée.

C'est le colonel Tang qui effectuait la manœuvre de retournement en manuel. Les paramètres de mouvement avaient été fournis par le directeur de vol. On ne cherchait pas une très grande précision sur l'altitude, il fallait surtout s'assurer que la vitesse correspondait à la forme de l'orbite qui avait été calculée. C'était presque un jeu d'enfant pour Tang qui en avait vu d'autres au cours des entraînements.

Une fois les paramètres souhaités atteints, Li Chang et Guo Tang prononcèrent la phrase rituelle d'adieu à la station spatiale, et Tang appuya sur le bouton de désarrimage. Le Tianzhou commença à s'éloigner sans que les deux taïkonautes puissent assister au spectacle par le hublot. Les panneaux solaires de la grande station était illuminés par le Soleil dans un silence assourdissant.

Pour la phase de retour, le centre de contrôle voulait minimiser les risques de collision avec un débris. Pour cela, le vaisseau devait être de la plus petite taille possible. Chang et Tang devaient séparer les trois modules du Tianzhou à l'altitude de 1000 km et effectuer les dernières centaines de kilomètres dans la capsule de rentrée. Ils produiraient ainsi deux nouveaux

débris de grande taille sur une orbite élevée inhabituelle pour des modules de service et orbitaux de Soyouz ou de Tianzhou, dont il était une copie quasi à l'identique, mais c'était le prix à payer pour avoir une plus grande probabilité de ramener les deux taïkonautes sains et saufs.

Il ne leur restait maintenant plus qu'une heure avant de marcher à nouveau sur le sol de la République Populaire, et laisser l'espace vide d'habitants pour une durée indéfinie, si ce n'est infinie.



25 août 2025

Les américains et les russes avaient été surpris par la décision de l'agence chinoise. Mais ils se disaient surtout que les chinois avaient probablement pris la bonne décision pour le futur, même si plus personne ne pourrait retourner dans l'espace avant très longtemps. Au moins, les chinois auraient toujours une station spatiale disponible dans deux siècles ou trois.

Les responsables de la NASA réunirent leurs homologues russes et européens pour décider des mesures à prendre avec l'ISS. Il n'y avait que trois scénarios possibles : ne rien faire, ce qui pouvait impliquer une destruction progressive par de multiples collisions et la production de très nombreux débris supplémentaires qui s'ajouteraient à la déjà trop grande population de petits corps destructeurs. Ce scénario n'était privilégié par personne. Le deuxième était de tout simplement désorbiter le plus vite possible l'ISS afin qu'elle ne devienne pas cette nouvelle source de débris

de grande taille. Et le dernier scénario était calqué sur la décision chinoise : envoyer l'ISS le plus haut possible pour essayer de la conserver dans un état exploitable. Ce dernier scénario était de loin le plus aléatoire de tous. En ne faisant rien, les ingénieurs étaient à peu près sûrs de ce qui allait se passer, mais en essayant de modifier drastiquement son orbite, une collision violente pouvait arriver sur le trajet, qui aurait finalement la même conséquence, mais avec des débris qui mettraient beaucoup plus de temps à se retrouver un jour dans la haute atmosphère pour y brûler.

Le fait que le module Shenzhou soit parvenu à ramener sains et saufs les deux taïokautes après avoir traversé toute l'orbite basse deux fois incita les dirigeants des agences américaine, russe et européenne à effectuer une manœuvre du même type. Le scénario ayant le plus d'aléa. Les américains avaient initialement pensé à désorbiter la station pour éviter de produire encore plus de débris, mais le fait de savoir que les chinois avaient sauvé leur station pour un temps les piqua au vif. Ils avaient pensé initialement qu'eux aussi abandonneraient Tiangong à son triste sort. Les américains ne pouvaient pas se résoudre à laisser les chinois seuls à posséder une station spatiale désormais,



surtout que les russes qui étaient en train de concevoir leur propre station spatiale de nouvelle génération de leur côté étaient maintenant hors course, comme les européens. La NASA avait donc changé son fusil d'épaule et avait argumenté en faveur de la sauvegarde de l'ISS sur une altitude plus élevée, fut-ce en prenant le risque d'une catastrophe lors du transfert. Au moins elle était vide, et aucune vie humaine n'était en jeu comme ç'avait été le cas avec les taïkonautes chinois.

Le plan qui avait été élaboré rapidement par les hauts responsables de la NASA, et imposé tout aussi rapidement à leurs partenaires, reposait sur l'utilisation du module de ravitaillement automatique Dream Chaser, la nouvelle petite navette de la société SNC, que la NASA avait approuvé seulement quelques années auparavant et qui n'avait fait qu'un seul vol de démonstration l'année précédente. Le Dream Chaser était un vaisseau cargo réutilisable qui revenait sur Terre en planant, comme les navettes X-37B et Shenlong. Il pouvait emporter 5,5 tonnes de fret. Il était placé en orbite par un lanceur Vulcain à partir de Cape Canaveral. Son premier ravitaillement de l'ISS était initialement prévu pour le mois d'octobre mais il était tout à fait possible d'avancer le calendrier. Et puisqu'il

n'y avait plus personne à ravitailler là-haut, l'idée qu'avait eu Chris Matteo, du département des vols habités, était de bourrer la soute du Dream Chaser de carburant pour augmenter son autonomie de boost orbital afin de remonter l'ISS le plus haut possible, au moins jusqu'à 2000 km. Sur une telle orbite, l'ISS ne risquait presque plus rien, contrairement à la station chinoise qui n'était pas à l'abri de débris de l'orbite basse qui pourraient déborder jusqu'à un peu plus de 1000 km d'altitude. Ça s'était vu avec une petite portion des débris de Kosmos-1408.

La NASA avait demandé une dérogation à l'autorité de contrôle des activités spatiales pour effectuer ce lancement dans le but de sauver la grande station spatiale. L'autorité de contrôle n'avait pas donné sa réponse immédiatement. Les experts avaient pesé le pour et le contre pendant près d'une semaine, et c'était finalement le 25 août que ce lancement exceptionnel avait été autorisé. Il y avait deux conditions : le Dream Chaser devait utiliser la totalité du carburant qu'il emporterait, afin d'éviter toute explosion qui pourrait augmenter encore la quantité de débris, et il devait absolument revenir sur Terre comme prévu, suite à la réhausse de l'altitude de l'ISS.

Il n'y avait pas une minute à perdre pour les responsables de la NASA qui savaient que chaque jour qui passait produisait plus de 1500 débris décimétriques supplémentaires. Les opérations de lancement avaient été anticipées avant même que l'ACAS rende sa décision, ce qui avait permis de gagner quelques jours. Le lancement du Dream Chaser fut programmé pour le 6 septembre.

\*\*\*

C'est véritablement le surlendemain de la conférence de presse de la NASA que les habitants du monde entier qui n'utilisaient pas les réseaux sociaux avaient appris ce qui était en train de se passer 500 km au dessus de leurs têtes, sans forcément prendre pleinement conscience des impacts sur leur vie quotidienne. Malgré la torpeur estivale, les médias à grand tirage ou à forte visibilité titraient maintenant tous sur les destructions de satellites qui s'enchaînaient à un rythme croissant. L'astronome français Laurent Briard prit l'initiative de réunir une très grande liste de scientifiques de tous les domaines, pas uniquement de la communauté astrophysique, pour écrire une tribune simultanément dans des grands journaux du monde entier : Le Monde,

The New York Times, The Guardian, ou encore le Süddeutsche Zeitung et le Yomiuri Shinbun. Les scientifiques y expliquaient tout d'abord dans le détail quelle était la situation actuelle et quelles en étaient les causes, puis ils annonçaient les conséquences prévisibles et enfin décrivaient les actions qui selon eux devaient être engagées immédiatement afin d'atténuer un peu les conséquences de la catastrophe qui semblait inéluctable. Parmi les premiers signataires du texte, Laurent Briard avait réussi à écrire le nom de Donald Kessler.

Les chercheurs décrivaient le phénomène irréversible qui était en train de se dérouler et qui avait été prédit quarante-sept ans plus tôt par Kessler et Cour-Palais. De plus en plus de satellites de tous types situés entre 300 km et 1000 km d'altitude subissaient des collisions avec des débris, produisant toujours plus de débris qui produisaient à leur tour d'autres fragmentations. L'expression « réaction en chaîne » était utilisée, une expression bien comprise par le grand public. Parmi les conséquences que mentionnaient Briard et ses coauteurs, il y avait tout d'abord les conséquences à très court terme, avec la perte de nombreux satellites qui étaient très utiles pour l'observation de la Terre et

l'étude de l'évolution du climat terrestre. Sans ces satellites scientifiques, l'évaluation des changements induits par l'effet de serre galopant, à la fois sur les océans et sur les divers compartiments atmosphériques et cryosphériques deviendrait impossible. L'humanité deviendrait quasi aveugle sur les effets globaux du bouleversement climatique en cours, et c'était une très mauvaise nouvelle.

Une autre conséquence était la disparition rapide également de très nombreux satellites de communication, qui impacterait les transmissions d'informations transcontinentale. Bien sûr, il restait les câbles sous-marins, mais une partie importante des transmissions de données, par exemple de télévision, serait directement affectée. Les systèmes de positionnement globaux seraient en revanche épargnés comme les satellites météorologiques qui se trouvaient sur l'orbite géostationnaire à 36000 km, mais en fin de vie dans quelques années, ils ne pourraient jamais être remplacés. Ce n'était qu'un sursis avant le blackout météorologique et de géolocalisation.

Les chercheurs mentionnaient également un effet à court terme qui pouvait sembler anecdotique au

premier abord mais qui pouvait avoir des conséquences géopolitiques non négligeables. La destruction à terme de quasi tous les satellites en orbite basse signifiait aussi la disparition de tous les satellites militaires espions de tous les pays en possédant. L'impact était difficile à estimer mais il était certainement à prendre en considération. Les états deviendraient sourds et aveugles du jour au lendemain sur les activités étrangères qu'ils avaient pris l'habitude de surveiller depuis des années.

Le tableau présenté était implacable et affreux. Concernant l'utilisation des satellites pour la science, Briard et ses cosignataires, dont un certain nombre étaient astrophysiciens, rappelaient que plusieurs télescopes spatiaux avaient déjà été mis hors d'usage du fait des débris depuis quelques semaines et que cela allait s'accroître. Ils rappelaient néanmoins que certains grands instruments se trouvaient sur des orbites où le risque était totalement absent, et s'en réjouissaient. Ils citaient notamment les télescopes qui avaient été positionnés aux points de Lagrange, comme le télescope Webb ou le télescope Gaia.

A moyen terme, les chercheurs évoquaient un effet secondaire étonnant de cette ceinture de débris qui ne faisait que s'épaissir. C'était un effet qui avait déjà commencé et qui avait été remarqué par Laurent Briard le premier avec le télescope Vera Rubin. Comme le nombre de débris s'accumulait toujours dans la zone de l'orbite basse, le nombre de débris millimétriques ou submillimétriques qui finissaient par rentrer dans l'atmosphère augmentait lui aussi considérablement. La conséquence était l'équivalent d'une pluie d'étoiles filantes continue. Jour et nuit, des particules d'aluminium ou d'autres matériaux brûlaient dans l'atmosphère, créant des traînées semblables à ce qu'on pouvait admirer en été avec les Perséides ou en hiver avec les Géménides. Mais ces traînées étaient produites par des débris de plus grosse taille que les grains de poussière de comètes responsables des belles pluies d'étoiles filantes. Et elles ne s'arrêteraient pas avant plusieurs siècles...

Cela pouvait être un spectacle au début pour le grand public, mais les chercheurs pensaient que les gens s'en lasseraient très vite. Pour les astrophysiciens qui utilisaient des télescopes au sol, en revanche, c'était une catastrophe. L'apparition incessante de météores de

façon aléatoire sur toute la voûte céleste et durant toute la nuit rendrait inexploitable la plupart des grands observatoires astronomiques du monde entier. Ce serait la fin annoncée de la plus ancienne des sciences. Une fois que les télescopes spatiaux qui étaient à l'abri comme le télescope Webb arriveraient en fin de vie, les astrophysiciens n'auraient plus aucun moyen d'observation photonique efficaces. L'avenir de l'astronomie décrit par Briard était sombre.

A plus long terme, quelques années tout au plus, les chercheurs expliquaient que la conséquence de ce qui était en train de se passer était l'impossibilité pure et simple d'accéder à l'espace. L'orbite basse étant devenue une sorte de ceinture de particules d'aluminium et d'autres matériaux de diverses tailles qui continuaient à se fragmenter en particules de taille toujours inférieure au gré des collisions successives, aucun lanceur ne pourrait plus jamais évoluer dans un tel environnement sans être immédiatement impacté et détruit sur le champ, s'ajoutant à la longue liste des débris. Les signataires de la tribune rappelaient également que cela interdisait donc aussi tout lancement d'hypothétiques systèmes de nettoyage des débris orbitaux. On ne pouvait littéralement rien faire face à ce fléau. Les



chercheurs prévoyaient que le nettoyage naturel de l'orbite entre 300 et 600 km, qui verrait la quasi-totalité des particules de débris finir par rentrer dans l'atmosphère et y brûler prendrait trois à cinq siècles. Tandis que les débris qui auraient migré entre 600 et 1000 km, voire au dessus, seraient encore présents en nombre en 2800. Tel Icare qui avait voulu s'approcher trop près du Soleil, l'Humanité s'était brûlé les ailes en voulant s'accaparer l'espace autour de la Terre.

Les rêves d'un retour de l'Homme sur la Lune ne pourraient jamais s'accomplir, et encore moins ceux, plus fous encore, visant la planète rouge. Non seulement l'exploration spatiale humaine semblait définitivement compromise, mais c'était aussi toute forme d'exploration qui était désormais rendue impossible. On n'enverrait plus jamais de sondes spatiales vers Mars ou ailleurs. Une fois les sondes actuelles arrivées à la fin de leur mission, plus aucune nouvelles données ne seraient disponibles pour produire de nouvelles connaissances. La science astronomiques s'arrêterait là, dans la première moitié du vingt-et-unième siècle. Les conséquences du syndrome de Kessler à grande échelle qui se déroulait étaient considérables pour l'avenir de l'Humanité.

Les chercheurs concluaient leur tribune, sans grand espoir, sur la seule solution qui restait selon eux aujourd'hui pour tenter de réduire l'effet et retarder un peu l'échéance funeste de la production d'une ceinture de dizaines de millions de débris. Ils demandaient expressément aux états d'imposer aux opérateurs de satellites de désorbiter le plus vite possible tous les satellites qu'ils contrôlaient encore. De cette manière, en réduisant la masse globale en orbite basse, on pouvait espérer une réduction de l'effet de la réaction en chaîne. Ils avaient utilisé les images de la réaction nucléaire en chaîne qui s'arrêtait naturellement faute de matière à fissionner, ainsi que celle de la propagation du virus SARS-COV2 qui était encore bien présent dans les mémoires cinq ans après. Mais cela ne produirait au mieux qu'un ralentissement de la catastrophe.

\*\*\*

La nouvelle s'était répandue sur tous les continents, mais la plupart des gens ne comprenaient pas encore vraiment ce qui était en train de se tramer. Les GPS fonctionneraient toujours, ainsi que les retransmissions intercontinentales d'émissions de télévision, alors ? Ce qui semblait difficile à saisir était la temporalité de

l'impact. Certes, les satellites de positionnements globaux et les satellites de retransmission étaient en sécurité sur des orbites géostationnaires à 36000 km, mais comme tout objet fabriqué par l'Homme, ils n'étaient pas éternels, si ce n'était que leur obsolescence ne fut pas déjà programmée. Or, puisque l'apparition d'une véritable ceinture de débris de plus en plus dense entre 300 et 600 kilomètres d'altitude rendrait désormais l'accès à l'espace totalement impossible, lorsque les satellites des systèmes GPS et tous les autres satellites qui étaient actuellement en sécurité en GEO arriveraient eux aussi en fin de vie, ils ne pourraient jamais être remplacés.

Les journalistes parlaient rarement de cela quand ils évoquaient la catastrophe orbitale en cours. Les GPS fonctionneraient encore pendant quelques années mais au fur et à mesure de l'arrêt des satellites de ces constellations en fin de vie, le service deviendrait de moins en moins performant, jusqu'à ne plus fonctionner du tout. C'était vrai également pour les prévisions météorologiques qui fonctionneraient encore dans les quelques années suivantes mais probablement plus quinze ans plus tard.

Bientôt plus rien ne fonctionnerait : plus de géolocalisation, plus de météo, plus de transmissions intercontinentales, plus de surveillance de la Terre. L'impact était difficilement appréhendable quelques mois ou années avant son apparition. On avait tellement pris l'habitude de connaître le temps qu'il ferait le lendemain ou une semaine plus tard.

Il faudrait réapprendre à vivre comme avant 1957, avant l'ère des satellites artificiels. Et il faudrait apprendre à ne plus rêver d'un échappement interplanétaire ou interstellaire si improbable. La littérature ou le cinéma de science fiction survivraient à la catastrophe, mais ce ne serait que pour produire une forme d'immense frustration chez le lecteur ou le spectateur qui ne pourrait dorénavant plus se projeter dans ces voyages spatiaux devenus totalement illusoires.

Les gens prenaient le plus souvent connaissance de la situation inédite au retour de leurs congés, en cette fin août caniculaire comme les étés précédents, après deux semaines de déconnexion du monde et des chaînes d'information en continu.

Les informations en continu ne parlaient évidemment que de ça, mais sans la projection nécessaire à moyen

terme qui décrirait la situation lorsque les satellites épargnés à court terme arriveraient en fin de vie. Dix ans était un horizon bien trop lointain pour ces pseudo-journalistes.

Avant même que les derniers satellites de positionnement global n'arrivent en fin de vie, les gens devraient réapprendre à utiliser des cartes routières pour aller d'un point A à un point B, ne connaissant pas avec exactitude leur position au temps  $t$ . Le secteur de la livraison serait également bouleversé. On pouvait penser qu'il reposerait au départ sur des cartes numériques archivées pour connaître la localisation des points de livraison, mais en cours de trajet, la carte en papier deviendrait l'outil incontournable. Cela produirait immanquablement des délais plus longs et le besoin de nouvelles compétences.

Un autre impact majeur de la perte de la localisation itinérante apparaîtrait dans le secteur du trafic maritime. La localisation et la vitesse précises des porte-conteneurs qui parcouraient tous les océans pour transporter leurs marchandises d'un continent à un autre était un élément majeur de prévision des coûts de transport à appliquer pour les armateurs et leurs

donneurs d'ordre. Les marins devraient réapprendre à calculer leur position au milieu d'un océan et à utiliser toutes les possibilités offertes par les ondes radio pour communiquer, quitte à passer de longues journées sans aucun contact.

8 septembre 2025

Quand le général Bogolioubov entendit la déclaration de l'agence spatiale chinoise annonçant la perte de leur navette Shenlong suite à un impact de débris le 5 août, il comprit immédiatement que la théorie du colonel Kromitine était la bonne, et que ce n'étaient bien sûr pas les américains qui avaient tenté d'enlever le satellite espion, mais bien les chinois. Il était très probable que les chinois ne connaissaient pas l'existence du système d'auto-destruction du Lynx, sinon, ils auraient dû se douter que les militaires russes comprendraient ce qui s'était passé. Ils devaient réellement croire que leur Shenlong avait subi un impact avec un débris, de Kosmos-1408 ou d'une autre origine. Et s'il l'avaient su, ils n'auraient certainement pas tenté cette manœuvre d'enlèvement.

Serguei Bogolioubov utilisa son téléphone anonymisé depuis sa datcha pour appeler son ami John Mitchell et

lui dire ce qu'il avait compris de l'incident du 5 août. Ils avaient désormais un ennemi commun.

\*\*\*

C'est après deux jours de météo défavorable, le 8 septembre, qu'eut finalement lieu le lancement du Dream Chaser sur le site de Cape Canaveral. Ce jour voyait le nombre de débris décimétriques recensés par le SSN dépasser le nombre de 73000, exactement le double du nombre enregistré le 11 août. Un taux de doublement de 28 jours. Et les débris centimétriques venaient quant à eux de dépasser les 1,5 millions. Le SSN avait été missionné pour suivre en temps réel l'évolution des manœuvres du cargo de ravitaillement et de l'ISS, depuis le lancement jusqu'au retour du module sur Terre.

La quasi-totalité des stations radars du réseau de surveillance avaient été grée de manière à détecter le moindre objet centimétrique anormal qui serait présent à proximité de l'ISS durant toute la durée du transfert vers l'orbite moyenne. Laurie et Lars faisaient partie de l'équipe qui devait contrôler les multiples sources d'informations provenant des différentes stations. A côté des radars, le réseau de télescopes optiques avait



également été activé, de manière à apporter des confirmations en cas de doutes sur les interprétations des images.

Le Dream Chaser arriva en orbite à la minute prévue dans le planning de vol. Le docking sur la station spatiale était prévu à 21h46m30s temps universel, quatre heures de moins à Bedford.

Laurie scrutait en temps réel les données qui remontaient du radar de l'observatoire Haystack qui était géré par le MIT. Le radar de Haystack était devenu un capteur essentiel du réseau américain de surveillance spatiale en 1979. Et depuis 2014, grâce à une capacité radar en bande W qui avait été ajoutée à la bande X historique, ce système bi-bande faisait de Haystack le radar d'imagerie de satellites à large bande qui offrait la plus haute résolution au monde.

La capacité de l'antenne à générer simultanément des images en bandes X et W lui permettait de fournir des données inégalées sur la taille, la forme, l'orientation et le mouvement des objets en orbite tout autour de la Terre. Le radar de Haystack pouvait caractériser les composants individuels d'objets grands et complexes comme l'ISS et en même temps distinguer les petits

objets les uns des autres, dont la taille pouvait être inférieure à 1 cm.

Pour atteindre la capacité du *Haystack Ultrawideband Satellite Imaging Radar* en bande W, il avait fallu développer et construire une toute nouvelle antenne de 36 mètres de diamètre et concevoir un système de contrôle pour la pointer et pouvoir suivre un satellite avec une précision de 0,0005 degrés.

Laurie voyait très nettement sur son écran la forme du Dream Chaser qui venait de s'arrimer automatiquement sur le module de service de l'ISS. Il était un peu plus de 18h, Laurie et toute l'équipe de surveillance du SSN attendaient le début de la poussée qui devait théoriquement avoir lieu trente-cinq minutes après le docking.

Il restait encore vingt minutes avant l'ascension qui devait durer près de cinq heures. Les opérations étaient suivies de près simultanément par la NASA et son Orbital Debris Program Office qui avait défini la meilleure fenêtre temporelle pour la manœuvre de poussée, qui devait emmener la station spatiale internationale 1500 km plus haut en évitant les débris recensés le plus récemment.

Laurie reçut un message provenant du colonel O'Rourke :

« D'après une source confidentielle russe, la destruction de leur satellite espion le 5 août est directement liée à la perte de la navette chinoise Shenlong. Cette information peut être considérée comme fiable et doit rester confidentielle. »

Laurie, en voyant ce message, appela Lars.

— Tu as vu le message de O'Rourke ? C'est dingue ! C'est ça, ton neutron allumette ! Une collision entre un satellite espion et la navette secrète chinoise !

— C'est peut-être pas une collision frontale, en fait, répondit Lars.

— Oui, pas nécessairement frontale... mais une collision qui peut générer plusieurs milliers de débris décimétriques, répondit Laurie.

— Ou bien une capture qui s'est mal passée ! fit Lars

— Une capture ?

— Ouais, la Shenlong, elle est faite pour récupérer des satellites, et pas forcément des satellites chinois. Elle

peut capturer d'autres satellites. Et pourquoi pas un satellite espion russe ? On peut imaginer que la navette s'est approchée du satellite mais que la manœuvre a été mal effectuée et aurait mené à une collision.

— Mais attend ! Pour produire les plus de 500 débris du 5 août, il faudrait une très grande vitesse relative entre les deux objets, t'es d'accord ? dit Laurie. Comment t'expliques ça dans le cadre d'une approche pour faire une capture ? Ça colle pas.

— Ouais, pas faux, ça colle pas trop... répondit Lars. C'est peut-être une collision à forte vitesse alors, effectivement.

— Bon, de toute façon, ça ne change rien à nos calculs, hein...

Laurie repensait aux simulations qu'ils avaient effectuées avec Lars. Ils s'étaient lancés dans des estimations de l'étendue possible des destructions de satellites par les débris en terme d'altitude. Depuis de nombreuses années, un satellite en particulier avait attiré l'attention des spécialistes des débris spatiaux. Il s'agissait du satellite européen Envisat. Ce satellite d'observation de la Terre avait été conçu entre 1987 et

1990, une époque où les débris spatiaux n'étaient pas encore considérés comme un problème sérieux malgré les alertes de Donald Kessler. Ce n'est que pendant sa phase opérationnelle que l'orbite d'Envisat à une altitude de 780 km était devenue un environnement de débris à risque, notamment après le test de missile antisatellite chinois en 2007 et la collision entre les satellites Iridium 33 et Kosmos 2251 en 2009. Le problème d'Envisat, c'était qu'on ne pouvait pas l'abaisser sur une orbite vers 600 km qui permettrait une rentrée atmosphérique dans un délai de 25 ans, simplement parce qu'il n'avait pas été conçu pour cela, comme la grande majorité des satellites de l'époque. Il avait notamment une quantité très limitée de carburant.

Les opérateurs européens avaient tout de même décidé en 2010 d'utiliser une partie de son carburant restant pour abaisser légèrement le satellite sur une orbite moins encombrée, à 768 km, tout en gardant suffisamment de réserves pour pouvoir effectuer des manœuvres d'évitement pendant plusieurs années.

Au cours de sa durée de vie opérationnelle de 10 ans, Envisat avait fourni des données cruciales d'observation de la Terre non seulement aux scientifiques, qui avaient

produit plus de 2500 publications scientifiques avec ses données sur l'environnement, les océans et l'atmosphère, mais également à de nombreux services opérationnels, tels que la surveillance des inondations et des marées noires. Ses données avaient aidé les autorités de protection civile à gérer des catastrophes naturelles et d'origine humaine. Mais en avril 2012, le contact avec Envisat avait été soudainement perdu, empêchant l'ESA de contrôler le satellite. C'était donc depuis cette date officiellement le plus gros débris spatial, et qui en plus contenait encore du carburant pouvant produire une explosion.

Envisat était un monstre, pour effectuer une surveillance des océans terrestres, des observations climatiques et des études sur la structure et la dynamique de la croûte terrestre, le satellite embarquait 10 instruments scientifiques, comme un radar, un radiomètre et plusieurs spectromètres. Il était donc très massif : 8 140 kg, et ses dimensions étaient imposantes, notamment à cause de ses grands panneaux solaires de 26 mètres d'envergure. Il faisait 10 m de haut. Envisat s'inscrivait dans la lignée des précédents satellites d'observation ERS, et avait été suivi par les satellites de la famille des Sentinel, un peu moins imposants.

Les calculs de Laurie et de Lars montraient que cela ne faisait aucun doute que les altitudes entre 750 et 800 km seraient impactées comme celles comprises entre 300 et 600 km. Ils avaient calculé que Envisat subirait probablement plusieurs fragmentations successives étant données ses dimensions. Et comme il était très massif, ces impacts devraient à eux seuls produire plusieurs centaines de débris décimétriques. Envisat évoluait sur une orbite quasi polaire, avec une inclinaison de 98,5°, donc rétrograde, et les simulations montraient que les nuages de débris produits par Envisat se disperseraient rapidement vers les plus hautes altitudes, ainsi que les plus basses.

Laurie et Lars avaient trouvé que c'était Envisat qui serait la principale source de débris qui allait polluer les altitudes allant jusqu'à 1200 km. La réaction en chaîne allait s'étendre au-delà de la limite théorique de l'orbite basse. Cela signifiait aussi que la station chinoise n'était pas en sécurité là où elle avait été repositionnée.

\*\*\*

Laurie scrutait son écran. La poussée du Dream Chaser venait de débiter. Tout était nominal.

Elle resta concentrée pendant au moins une demi-heure sur son écran à la recherche d'un objet anormal à proximité de la station qui signerait un impact. Ce n'était pas l'impacteur qui serait visible, du fait de sa grande vitesse, mais éventuellement un débris produit par un impact, mais ce débris ne resterait que très peu de temps à proximité de l'ISS étant donnée sa vitesse verticale qui était maintenant très importante. Si il devait y avoir un impact produisant des débris, ceux-ci seraient visibles très furtivement sur l'image de suivi de l'ISS que regardait Laurie. D'autres collègues étaient postés à la surveillance de la zone arrière de la trajectoire de la poussée, de manière à observer ces éventuels débris laissés derrière la station et le Dream Chaser.

Après avoir fait une courte pause pour aller remplir sa gourde, Laurie se réinstalla devant son écran qu'elle avait confié à Pete, et à peine quelques minutes plus tard, elle aperçut ce que tout le monde craignait depuis quelques jours. Une multitude de points brillants se mirent à entourer la partie basse de la station, près du Dream Chaser puis disparurent de l'écran en une seconde à peine.



— Débris multiples à proximité du cargo ! lança Laurie dans son micro.

La salle se mit à s'agiter frénétiquement, plusieurs collègues venaient regarder l'écran de la zone arrière. D'autres communiquaient avec le centre de contrôle de la NASA.

Après un silence de quelques secondes, le responsable de la surveillance annonça à l'ensemble des personnels rassemblés dans le grande salle que la poussée du Dream Chaser se poursuivait de manière nominale.

Le cargo de ravitaillement avait dû éviter le pire et c'était la station qui avait due être endommagée à nouveau, ce qui n'était pas très étonnant étant donné ses dimensions bien supérieures à celle du cargo. La décision de poursuivre la poussée avait été rapidement prise par la NASA. Ce scénario avait été envisagé par la cellule de crise qui rassemblait les agences responsables de la station spatiale internationale. Il avait été décidé que même si une destruction partielle avait lieu au cours du transfert vers la nouvelle orbite, si le transfert était encore opérationnel, alors il devait être mené à son terme. Il valait mieux disposer à l'avenir d'une station

spatiale partiellement endommagée que plus de station du tout.

\*\*\*

La nouvelle orbite de l'ISS fut atteinte à l'heure prévue. 2000 km, soit 4 fois plus haut que son altitude initiale. Les astronautes qui suivaient les opérations, comme Nicolas Testet et les autres spationautes français de l'ESA réunis au Centre Européen à Cologne, essayaient d'imaginer à quoi pourrait ressembler la Terre vue de quatre fois plus loin.

Le Dream Chaser avait été détaché et sa phase de retour avait déjà commencé. Il fallait maintenant qu'il revienne sans encombre pour effectuer son vol plané en rentrant dans l'atmosphère. Il était surveillé de près par les équipes du SSN. Si un impact même minime était détecté, cela pouvait avoir créé un défaut dans le bouclier thermique de la mini-navette. Un tel défaut pourrait être complètement destructif lors de la rentrée, à l'image de ce qui était arrivé à la navette Columbia le 1<sup>er</sup> février 2003 avec ses sept astronautes à bord. Mais heureusement, il n'y avait personne à bord du Dream Chaser.

Il avait été un temps imaginé de le laisser amarré à l'ISS une fois la nouvelle orbite atteinte et stabilisée, mais SNC voulait impérativement récupérer son cargo planant. Ç'avait été pour eux la condition sine qua non pour accepter une participation à l'opération de sauvetage de la station spatiale. L'opération de boost orbital sur 1500 km était totalement hors contrat, puisque le contrat initial qui liait SNC à l'Agence spatiale américaine était un simple contrat de ravitaillement et de récupération de déchets. Ils avaient pu imposer leurs conditions, qui n'étaient pas que financières.



15 septembre 2025

Le général Zheng n'avait pas dit toute la vérité à Xi Jinping quand il l'avait incité à révéler la perte de la navette Shenlong. Le 5 août, au moment de la perte de l'engin de haute technologie, ce dernier était en train d'effectuer une opération d'enlèvement d'un satellite espion russe de la classe Lynx de dernière génération. Le général Zheng qui dirigeait les forces spatiales avait décidé de mener cette opération avec deux idées en tête. La première était bien sûr de récupérer ce satellite pour que les ingénieurs militaires chinois puissent le décortiquer et recréer un modèle ayant au moins les mêmes performances de détection, ce qui était encore loin d'être le cas pour les satellites chinois.

La deuxième idée du général Zheng, plus fourbe, était de semer le doute dans la tête des militaires russes qui accuseraient les américains, il en était sûr, d'avoir subtilisé leur satellite. Il était toujours intéressant de

semer une certaine confusion entre ses ennemis déclarés et non déclarés.

Les ingénieurs militaires chinois avaient perdu le contact avec Shenlong alors que son bras robotique avait déjà agrippé le Lynx et était en train de le rapprocher de la soute de la navette. Jusque là, toutes les manœuvres s'étaient déroulées nominalement. Rien ne pouvait laisser penser à un accident lors de la capture, en ce sens Zheng n'avait pas menti à Xi, peut-être juste par omission. L'hypothèse d'un impact de débris était tout à fait possible et le fait qu'au moment de l'impact la navette et le satellite espion étaient liés solidairement augmentait la probabilité de fragmentation mais aussi sa gravité. Dans une telle configuration, on pouvait s'attendre à la production de plus de débris que s'il s'était agit que de la navette ou du satellite seuls.

Mais il existait aussi un autre scénario. On pouvait penser que les ingénieurs russes avaient prévu le cas de figure d'une capture orbitale et auraient conçu un système d'autodestruction du satellite espion dès que des mouvements non prévus auraient été détectés. C'était tout à fait envisageable puisque les chinois eux-

mêmes y avaient songé à un moment, mais n'avaient finalement jamais mis en œuvre un tel système.

C'était la première chose à laquelle avait pensé le général Zheng. Mais quand il apprit que plusieurs fragmentations avaient eu lieu peu de temps auparavant et aussi juste quelques jours plus tard, l'idée des débris était devenue la plus convaincante et serait de toute façon plus acceptable pour tout le monde, y compris le président de la République Populaire.

Zheng avait caché l'opération de récupération du satellite russe à Xi Jinping parce que l'idée venait de lui en personne. Il ne pouvait pas prendre le risque d'être responsable de la perte de la navette aux yeux du Président, dans le cas où il y aurait bien eu une explosion volontaire du satellite.

Il fallait maintenant qu'il fasse en sorte que cette information ne parvienne jamais aux oreilles du dictateur chinois. Un grand nombre d'officiers et de sous-officiers avaient été impliqués dans l'opération. Mais très peu d'entre eux pouvaient imaginer que le satellite russe puisse s'être autodétruit, et avec lui la navette. Il fallait tout d'abord ancrer profondément dans les têtes que c'étaient des débris qui étaient responsables

de la perte de la navette. Ensuite, il fallait faire oublier l'action qu'elle était en train de réaliser au moment de sa destruction. Plus simplement, on pouvait facilement brouiller l'information sur la nature du satellite que la navette avait approché. Il suffisait de sous entendre qu'il s'agissait d'un satellite chinois qui avait besoin d'être récupéré.

Zheng donna ses ordres à ses subalternes qui avaient eu connaissance de la réalité, en expliquant que l'ordre de désinformation venait de plus haut que lui, de tout en haut. C'était un nouveau mensonge, mais cela impressionnerait facilement les généraux qui feraient descendre l'information vers les colonels concernés. Par bonheur, tous les documents écrits qui évoquaient l'opération utilisaient un nom de code pour nommer le satellite de surveillance russe. Les sous-fifres qui avaient pu lire ces documents classés secret-défense ne pouvaient pas savoir précisément quelle charge la navette devait attraper ce jour-là.

Le général Zheng n'était pas serein. Au fond de lui, il pensait que le scénario de l'explosion autodestructive du Lynx était tout à fait possible. Lorsque les russes avaient développé cette nouvelle génération de



satellites d'observation hors pair, ils avaient mis le paquet sur toutes les technologies les plus à la pointe. C'était d'ailleurs pour cela que l'armée chinoise voulait développer ses talents de rétro-ingénierie dessus. Il paraissait évident que les ingénieurs russes aient voulu préserver le secret de leurs technologies, et comme ils connaissaient les possibilités de capture de la navette américaine depuis le début des années 2010, les Lynx ayant été conçus postérieurement, ils devaient être munis d'un système empêchant une telle capture.

Le général Zheng voulut en avoir le cœur net et ne pas rester à cogiter dans le flou. Il contacta le service de renseignement des technologies spatiales qui était basé à Shanghai.

— Je souhaite savoir si les russes possèdent des satellites militaires munis d'un système d'autodestruction qui peut être déclenché une fois en orbite...

— Très bien, mon général, nous pouvons trouver cette information, répondit le général deux étoiles Do qui dirigeait le service de renseignement dédié aux activités spatiales étrangères.

— Vous pouvez avoir cette information dans combien de temps ? demanda Zheng.

— J'ai besoin d'une journée, je pense, fit Do.

— Très bien, faites pour le mieux, répondit le général Zheng. Et il me faudrait quelques détails sur les types de satellites qui sont concernés.

— Oui, bien sûr, mon général, sans problème.

Ce n'était pas du tout urgent pour Zheng d'avoir cette information, mais le plus tôt serait le mieux. Il saurait enfin ce qui s'était réellement passé avec Shenlong.

\*\*\*

Le général Do transmet le résultat des recherches sur les satellites russes avant même le lendemain. C'était une information classifiée qui était stockée depuis quelques mois et qui avait été obtenue directement par les agents infiltrés au sein de l'industrie spatiale russe.

Il existait semblait-il deux types de satellites russes qui étaient munis de système d'autodestruction déclenché volontairement depuis le sol ou bien de façon

automatique. Il s'agissait de la famille des Kosmos-23xx et de celle des Lynx.

Le général Zheng s'en voulait de ne pas avoir pensé à cela plus tôt, au moment où ils avaient planifié l'enlèvement du satellite espion. C'était donc ça qui était à l'origine de la perte de Shenlong, ça ne faisait aucun doute... La coïncidence était troublante, même si l'hypothèse des débris était toujours plausible. Il fallait vraiment que cette opération n'arrive jamais aux oreilles de Xi. Sa vie était en jeu.

Zheng pensa soudain qu'il avait peut-être fait une énorme erreur en proposant à Xi de révéler la destruction de Shenlong. Si les russes arrivaient à connaître l'origine de la destruction de leur satellite, via un signal particulier signant l'autodestruction suite à une manœuvre non prévue, ils pourraient faire le lien entre la destruction de ce satellite et la destruction de Shenlong qui avait eu lieu exactement le même jour. Et si les russes savaient, ils pourraient en parler au plus haut niveau aux dirigeants chinois. S'en serait fini de lui. Il fallait maintenant non seulement qu'il verrouille les informations sur l'opération, qui pourraient remonter du bas des échelons, mais aussi les

informations qui viendraient des russes eux-mêmes si ils venaient à se plaindre de l'enlèvement de leur satellite auprès des hauts dirigeants chinois. Pour se rassurer, le général Zheng se disait que dans ce cas, les russes savaient qu'ils avaient détruit la navette Shenlong, et que ça devrait amplement les satisfaire, sans qu'ils aient besoin de se manifester. Il se mettait à leur place et c'est comme ça qu'il raisonnerait.

4 octobre 2025

— J'ai encore perdu la connexion ! Putain, ça m'énerve, ce réseau de merde !

Hans avait acheté une Edison uniquement pour bénéficier de la connexion satellitaire de Skylink partout où il se trouvait. La marque de véhicules électriques qu'avait lancée Misk vingt ans auparavant, et qui était toujours vantée comme étant post-moderne, proposait désormais en série une antenne Skylink intégrée, ce qui permettait de visionner des films sur Netfreeze pendant que la voiture rechargeait sur une aire d'autoroute. Cela valait bien une cinquantaine de milliers d'euros.

Hans devait aller dans le sud de la France depuis Hanovre. Il s'était arrêté sur une aire dans les environs de Karlsruhe pour recharger son Edison. Jusqu'ici, la connexion Skylink fonctionnait parfaitement, il n'y avait rien à redire, mais depuis quelques jours, ça n'arrêtait pas de se déconnecter de manière aléatoire.

Que ce soit à Hanovre ou ailleurs, c'était pareil. Hans rôlait comme un français.

Les opérateurs de Skylink étaient submergés par les appels d'utilisateurs qui se plaignaient de la mauvaise qualité de la connexion satellitaire. Les employés de Skylink avaient reçu des éléments de langage qui évitaient toute mention à la catastrophe qui était en cours. Pourtant la presse du monde entier s'était déjà emparée du sujet depuis l'annonce de la NASA de l'évacuation de l'ISS, la mise hors service prématurée du télescope Hubble et la tribune qui était parue dans les grands journaux et qui avait été reprise fin août par de nombreux journaux papier et en ligne. Le grand public curieux et friand de technologies savait maintenant parfaitement ce qu'était le syndrome de Kessler et Gravity était à nouveau disponible sur toutes les plateformes de streaming, dont les données de flux passaient par des câbles trans-océaniques. Les exploits de Ryan Stone et Matt Kowalski avaient propulsé le film en tête des films à voir sur Netfreeze et ailleurs.

Le 4 octobre, Skylink avait déjà perdu 1440 satellites. La physique et les mathématiques étaient implacables. Les ingénieurs de la société texane avaient évalué comment

avaient lieu les pertes de satellites au cours du temps. Ils trouvaient une courbe exponentielle parfaite avec un taux de doublement de 8 jours qui restait constant depuis plusieurs semaines. Ils en avaient déjà perdu près de 1500, ils en auront perdu 3000 huit jours plus tard, 6000 seize jours plus tard, et il n'y en aurait plus un seul vingt quatre jours plus tard. Ce jour funeste serait le 28 octobre d'après leurs calculs.

Les marchés financiers et ceux qui les animaient, contrairement aux responsables politiques et aux journalistes, savaient manier les fonctions exponentielles et ils avaient réagi très vite. L'empire de Leon Misk s'était effondré dès la mi septembre. C'était évidemment la filiale Skylink qui fut la première touchée, avec une première chute brutale de sa valorisation dès la parution de la tribune des scientifiques dans les grands journaux. Puis l'incendie se propagea rapidement à la maison mère GalactiX, dont la cotation de l'action sur le NASDAQ plongea en une seule journée en perdant plusieurs dizaines de pourcents. L'orbite basse devenant a priori inaccessible désormais, l'industrie spatiale n'avait soudainement plus aucun sens et plus aucun avenir. Se fut alors le tour des autres sociétés du domaine qui s'étaient

pompeusement baptisées le *NewSpace* quelques années auparavant, à commencer par celle de Joe Bezeff, le concurrent le plus sérieux de Leon Misk sur ce territoire. Mais, dans les premières minutes où l'action GalactiX avait commencé à dévisser à la bourse de Francfort puis à celle New York, Misk avait cherché à enrayer la chute en injectant massivement des liquidités à partir de ses autres sociétés, à commencer par le constructeur automobile Edison et le réseau social TW, que Misk avait racheté une fortune cinq ans auparavant et qui ne valait déjà plus grand-chose, avant même la première fragmentation de satellite. En faisant cette manœuvre financière à haut risque, Misk provoqua la chute de l'action Edison en seulement quelques jours, entraînée par la brutale dépréciation de GalactiX. Mais comme Misk était reconnu un peu partout comme le seul responsable de ce qui était en train de se passer, plus aucun investisseur ne faisait désormais confiance à l'ex-milliardaire dans le domaine des nouvelles technologies, quelles qu'elles soient.

En seulement quelques jours, le patrimoine financier de Leon Misk avait été divisé par plus de 10000. De multimilliardaire, il n'était désormais plus que millionnaire, mais face aux dettes gigantesques que ses



sociétés ne pourraient jamais payer, les quelques millions de patrimoine immobilier que Misk possédait encore allaient disparaître très vite pour honorer ces créanciers.

La crise orbitale était la première crise engendrée par le système capitaliste qui n'avait aucune solution offerte par ledit capitalisme. Les nombreuses crises financières passées s'étaient toujours résolues provisoirement par l'intervention du système bancaire international, ou l'intervention des états. Même la crise climatique engendrée par la surconsommation de combustibles fossiles pour le développement du capitalisme partout dans le monde était aujourd'hui accaparée par le capitalisme qui s'y était engouffré. La crise de l'effondrement du vivant, la sixième extinction des espèces, elle aussi causée par le système capitaliste, était un peu à part, et même tellement à part que personne ne s'en souciait, en oubliant que Homo Sapiens était une espèce de vertébré comme les autres espèces qui s'éteignaient lentement mais sûrement.

En ne proposant rien pour réduire drastiquement la consommation de charbon et de pétrole, la seule solution pour espérer limiter la hausse inéluctable de la

température des océans et de l'atmosphère, la crise climatique était vite devenue une simple opportunité de développement d'une offre de solutions technologiques, qui allaient des nombreuses solutions de pur blanchiment écologique jusqu'aux solutions de terraformations pour modifier artificiellement le climat, en passant par des solutions technologiques de capture de CO<sub>2</sub> ultra-énergivores ou des solutions d'adaptation aux climats extrêmes, et surtout des propositions de compensation qui ne compensaient rien du tout. En revanche, concernant la catastrophe orbitale en cours, il n'existait aucune solution technologique potentielle pour la stopper. Le capitalisme voyait là sa perte sans pouvoir en profiter.

\*\*\*

La Chine possédait déjà un quasi monopôle sur certains matériaux critiques comme les terres rares, qui étaient massivement utilisées dans les composants électroniques de très nombreux produits manufacturés. Mais les chinois voyaient plus grand encore. Ils avaient compris que la Lune était une ressource minière fabuleuse car sans aucune restriction possible de qui que

ce soit et sans contrainte environnementale. Le premier arrivé serait le premier servi.

Les scientifiques chinois s'étaient focalisés sur une région du pôle sud lunaire qui semblait prometteuse à leurs yeux. Elle se trouvait sur la face cachée. Le programme lunaire chinois était en gestation parmi les scientifiques et les militaires depuis le début des années 2000 et il avançait méticuleusement par étapes successives, sans aucun accroc jusque là,

La première sonde Chang'e 1, avait été mise en orbite lunaire le 5 novembre 2007. La sonde était équipée de 8 instruments scientifiques, comme une caméra stéréoscopique à haute résolution, un altimètre laser, un spectromètre à rayon X ou un détecteur de vent solaire. Elle avait permis de dresser une carte inédite de la surface lunaire en 3 dimensions, ainsi que bien sûr d'étudier la distribution des éléments chimiques à sa surface.

La sonde suivante, Chang'e 2, qui était la doublure de la première, était arrivée en orbite lunaire le 5 octobre 2010, et après de nombreuses analyses du sol durant neuf mois, les chinois effectuèrent une manœuvre inédite pour ce type d'orbiteur lunaire : ils la firent

quitter la Lune en juin 2011 pour rejoindre le point de Lagrange L2 du système Terre-Soleil, là où se trouvait dorénavant le télescope Webb. Mais les ingénieurs de la CNSA ne s'étaient pas arrêtés à cette manœuvre, ils avaient à nouveau modifié la trajectoire de Chang'e 2 en avril 2012 pour lui faire survoler l'astéroïde (4179) Toutatis, le 13 décembre 2012.

Et c'est presque exactement deux ans plus tard que les chinois se posèrent pour la première fois sur la Lune, le 14 décembre 2013. L'atterrisseur Chang'e 3 emportait avec lui un petit rover et s'était posé en douceur au nord-ouest de la Mer des Pluies. Un peu plus d'un mois après l'alunissage, le petit rover Yutu avait cessé d'émettre pour des raisons inexpliquées après avoir parcouru une distance de 114 mètres dans la poussière de régolithe.

Comme toutes les missions avaient leur réplique, la suivante, Chang'e 4, était le *fac simile* de Chang'e 3, avec elle aussi son rover automatique, identique au précédent, avec son générateur thermoélectrique au plutonium 238. Mais la grosse différence était que cette fois, les chinois s'étaient posés sur la face cachée de la Lune, ce que personne n'avait réussi avant eux.

L'atterrisseur emportait des caméras, un spectromètre infrarouge pour mesurer la composition du sol et un radar pour étudier la structure du sous-sol ainsi qu'un spectromètre radio pour analyser les éruptions solaires. Chang'e 4 s'était posée le 3 janvier 2019 dans le cratère Von Kármán. Et comme on ne pouvait pas communiquer directement depuis la Terre avec cette zone de la face cachée de la Lune, les chinois avaient lancé au préalable un satellite de communication sur le point de Lagrange L2 lunaire, qu'ils avaient nommé Queqiao, pour servir de relais vers la Terre. Le rover avait parcouru plus de 1500 m avant de s'éteindre paisiblement.

Mais les analyses *in situ* n'étaient pas suffisantes pour les scientifiques et les militaires chinois, il fallait pouvoir effectuer des analyses très approfondies sur la nature du sol lunaire et pour cela, seuls des échantillons rapportés sur Terre pouvaient le permettre. C'était l'objectif des deux missions suivantes : Chang'e 5 et 6, la première des deux devant explorer la face visible et la seconde la face cachée, dans la zone tant convoitée du pôle sud.

Pour cela, contrairement aux sondes soviétiques de retour d'échantillons du programme Luna des années

1970, les ingénieurs chinois avaient choisi la méthode plus complexe du rendez-vous en orbite lunaire, de façon très similaire à celle du programme Apollo, et également très similaire à celle du programme chinois suivant qui visait à envoyer des hommes sur la Lune dans les années 2030. En plus de sa foreuse, l'atterrisseur était muni de trois instruments scientifiques : une caméra panoramique, un radar à pénétration de sol et un spectromètre visible/infrarouge. Chang'e 5 avait aluni le 1<sup>er</sup> décembre 2020 au nord de l'Océan des Tempêtes dans la région du Mons Rümker qui était inexplorée jusque là.

Officiellement, l'étude des échantillons prélevés devait permettre de mieux comprendre la géologie lunaire, sa chronologie ainsi que les événements volcaniques qui pouvaient avoir eu lieu à sa surface. Après avoir mis en œuvre la foreuse capable de creuser jusqu'à deux mètres de profondeur, l'échantillon avait été placé rapidement dans le module de remontée puis lancé vers l'orbiteur qui l'avait récupéré le 5 décembre. Le rendez-vous spatial et l'amarrage s'étaient déroulés dans des conditions parfaites. Le 13 décembre 2020, l'orbiteur avait effectué ses manœuvres pour quitter l'orbite lunaire en direction de la Terre. Après son largage trois jours

plus tard puis sa rentrée atmosphérique, la capsule s'était posée avec succès en Mongolie-Intérieure avec 1731 grammes de précieux échantillons.

La Chine était devenue avec Chang'e 5 la troisième puissance après les États-Unis et l'Union Soviétique à ramener des échantillons lunaires sur Terre. La précédente mission de ce type était la sonde soviétique Luna 24 qui avait officié en 1976, une éternité.

Moins de quatre ans plus tard, ce fut une nouvelle première mondiale pour les chinois, puisque cette fois, ils allaient rapporter des échantillons du sol lunaire de la face cachée. Et de la zone du pôle sud. Chang'e 6 avait été lancée le 3 mai 2024 en direction du Bassin Aitken. Le premier échantillon lunaire de la face cachée avait été récupéré dans les mêmes conditions que le précédent fin juin 2024 et était composé de 1854 g de roches aux caractéristiques étonnantes.

Et il n'y avait pas que la Lune. Les astéroïdes proches de la Terre représentaient aussi une source de métaux rares qui se comptait en milliards de tonnes. Depuis le début des années 2010, plusieurs projets avaient vus le jour dans le but de s'accaparer ce nouvel eldorado. L'empire américain avait bien compris les enjeux et la position de

l'empire chinois, bien au-delà de la nouvelle course à la marche sur la Lune.

D'après les meilleures estimations, l'astéroïde Psyché, qui faisait près de 200 km de diamètre, contenait environ 50% de métal, une quantité totale équivalente à des millions d'années de production annuelle mondiale de fer et de nickel. Et d'autres astéroïdes étaient aussi connus pour être riches en éléments rares sur Terre comme le platine, l'iridium, le palladium ou l'osmium, utilisés dans la plupart des composants électroniques.

Les américains avaient trouvé une faille dans les traités internationaux régissant l'exploitation de l'espace, dans laquelle s'étaient engouffrés les chinois et d'autres pays comme le Luxembourg ou les Emirats Arabes Unis. A l'instar des eaux internationales qui n'appartenaient à personne, mais où tout le monde pouvait pêcher, les américains avaient voté en 2015 sous Obama le Space Act, qui stipulait que les entreprises américaines pouvaient exploiter et posséder les ressources qui seraient extraites des corps célestes sans pour autant revendiquer la possession de ces corps célestes eux-mêmes.



Le traité de l'espace de 1967 interdisait pourtant toute appropriation des corps célestes par une puissance étatique, mais les américains avaient joués sur le fait que la frontière entre appropriation et exploitation était très fine. Selon de nombreux observateurs, les Etats-Unis avaient créé un cadre juridique qui violait le traité de l'espace de 1967. Mais en avril 2020, l'administration Trump avait enfoncé le clou en publiant le décret exécutif qui soutenait l'exploitation minière sur la Lune et les astéroïdes. A peine quelques semaines plus tard, la NASA dévoilait ses accords d'Artémis, qui comprenaient notamment le développement de zones de sécurité entourant les futures bases lunaires. L'objectif affiché était d'éviter que des incidents ne se déclenchent entre les différents acteurs opérant à proximité dans la même zone. Un début d'appropriation...

La crise orbitale et ses conséquences immédiates sur l'accès à l'espace avait marqué un violent coup d'arrêt à l'ambitieux programme de conquête chinois et au foisonnement de start-ups qui avaient misé sur le minage d'astéroïdes et l'exploitation du sol lunaire. Des dizaines de milliers d'ingénieurs et chercheurs chinois qui travaillaient d'arrache-pied depuis plus de vingt ans

sur les programmes spatiaux avaient vu tous leurs efforts réduits à néant en l'espace de quelques jours.

Il ne faudrait maintenant plus compter que sur les ressources minières terrestres de plus en plus difficiles d'accès, et de moins en moins riche en teneur.

8 octobre 2025

Victoria et Saima allaient souvent voir les grands miroirs quand elles emmenaient les bêtes jusqu'au lac. Les deux cousines vivaient à Göllschau dans la ferme familiale que leurs pères avaient reprise vingt ans plus tôt. C'était au moment où les grands miroirs avaient été installés à quelques kilomètres de là. Au début des années 2000, la Namibie avait accueillie pour la première fois un grand instrument scientifique. Il s'agissait d'un télescope un peu particulier. Il était constitué en fait cinq miroirs : un grand qui faisait 28 mètres de diamètre et quatre plus petits de 12 mètres qui l'entouraient en formant un carré.

Le système de télescopes appelé *High Energy Stereoscopic System* avait été installé par des astrophysiciens formant une collaboration en grande partie allemande. A l'école, Victoria et Saima avait appris que les miroirs étaient utilisés pour l'observation des phénomènes les plus violents et extrêmes de l'Univers. Ils permettaient de

détecter des rayons gamma de très haute énergie de façon indirecte, via les cascades de particules secondaires que ces rayons gamma produisaient dans l'atmosphère.

HESS II était le plus grand télescope Cherenkov jamais construit. Il était exploité par des physiciens des astroparticules, qu'on pouvait aussi appeler des astrophysiciens des particules, pour étudier les sites de production des rayons cosmiques, qui avaient le bon goût de produire des photons gamma très énergétiques : trous noirs supermassifs, pulsars, supernovas... Les miroirs de HESS II détectaient la lumière Cherenkov que produisaient les gerbes de particules dans le ciel namibien quand leur vitesse était supérieure à la vitesse de la lumière dans l'air. L'astrophysique des particules était l'une des rares branches de l'astrophysique qui se retrouvait quelque peu épargnée par la catastrophe en cours.

Victoria adorait regarder pivoter le gigantesque miroir central avec ce léger grincement si particulier. Il était grand comme deux terrains de tennis. Elle pensait avec sa cousine que les télescopes servaient aussi à observer les étoiles filantes qu'on voyait de plus en plus souvent

dès le soir venu. Mais la réalité était autre, et heureusement. La chance de HESS II était qu'il n'était sensible qu'à une lumière bien particulière, à la longueur d'onde Cherenkov de la molécule de diazote, et les traces des rentrées atmosphériques de particules de débris n'était donc pas détectées.

D'autres grands instruments dédiés à l'astrophysique des particules, ceux qui étaient installés au sol, étaient également épargnés, ce qui n'était pas le cas des gros détecteurs de particules et antiparticules qui étaient encore en orbite. Il y avait les détecteurs de rayons cosmiques HAWC au Mexique et LHASSO en Chine, AUGER en Argentine, mais aussi tous les grands détecteurs de neutrinos, qu'il soient installés dans la mer comme KM3NET ou dans la glace antarctique comme IceCube, ou bien dans des sites souterrains comme HyperKamiokande au Japon, DUNE aux Etats-Unis ou JUNO en Chine. Et d'autres types d'expériences de recherche d'astroparticules qui étaient installées elles aussi dans des laboratoires souterrains, pour rechercher notamment des particules exotiques de matière noire, gardaient leur potentiel de découvertes sans être impactées par la nouvelle ceinture de débris et les rentrées atmosphériques associées. La fenêtre non-

photonique de l'astrophysique semblait ainsi pouvoir survivre à la catastrophe. C'était également le cas pour les études des ondes gravitationnelles au sol. Mais, en revanche, le projet qui avait déjà reçu des financements pour élaborer un gigantesque interféromètre laser spatial qui avait pour objectif de détecter des fusions de trous noirs supermassifs via leur ondes gravitationnelles à basse fréquence devrait être avorté très vite faute d'accès à l'orbite. Le tableau de l'astrophysique n'était pas complètement noir même si ce qui restait opérationnel, toutes branches confondues, était toutefois très limité.

A 1200 km plus au sud, dans la brousse du désert de Karoo en Afrique du Sud, les radioastronomes qui utilisaient les 64 antennes du réseau MeerKAT ne se plaignaient pas non plus de la catastrophe orbitale. Depuis quelques années, ils ne voyaient qu'une dégradation continue dans les signaux qu'ils détectaient en provenance de sources extragalactiques. Ces signaux parasites venaient directement des retransmissions vers le sol des satellites des constellations. Le réseau venait tout juste d'atteindre sa pleine performance quand Skylink avait commencé son déploiement monstrueux. MeerKAT écoutait le ciel dans trois bandes de

fréquences : 0,58 – 1,015 GHz, 0,9 – 1,67 GHz et 8 – 14,5 GHz. C'était cette dernière bande, la plus intéressante, qui était gravement polluée par les signaux descendants des Skylink avec leur bande entre 10,7 et 12,7 GHz. Mais depuis quelques semaines, une très nette amélioration avait été constatée par les radioastronomes sud-africains et leurs collaborateurs dans cette bande à haute fréquence. Tout simplement grâce à la disparition progressive des émetteurs orbitaux. Le silence radio revenait miraculeusement.

En rentrant à la ferme à la nuit tombante, Victoria et Saima regardaient les étoiles filantes qui ne s'arrêtaient plus. Elles cherchaient celle qui serait la plus brillante et qui ferait la plus longue trace dans le ciel. Il y en avait de couleurs différentes, certaines étaient presque rouges comme les supports métalliques des grands miroirs des scientifiques, et d'autres étaient presque bleues.

— Tu voudrais faire quoi, toi quand tu seras grande, demanda Victoria à sa cousine.

— Moi ? Je voudrais être une scientifique !

— Une scientifique ? Comme les gens qui travaillent avec les grands miroirs ?

— Oui ! J'aimerais trop découvrir plein de choses !

— Comme par exemple pourquoi il y a des étoiles filantes de plusieurs couleurs différentes ?

— Oui, pourquoi pas ? Il doit bien y avoir une raison... répondit Saima.

— Oui, c'est vrai, le feu est toujours orange, alors pourquoi il y a des étoiles filantes de plusieurs couleurs ?

— Et je pourrais aussi découvrir pourquoi on en voit de plus en plus souvent... A la fin de l'hiver, on n'en voyait jamais, tu te rappelles ?

— Oui, c'est bizarre, en fait, dit Victoria.

— Et toi, tu voudrais faire quoi ? demanda Saima.

— Je ne sais pas encore... mais scientifique, ça peut être très intéressant, tu as raison ! Il faut être forte en maths, en tous cas. Bon, moi ça va, je suis forte dans toutes les matières.

— Et moi aussi ! fit Saima en riant.

— Ça serait drôle qu'on fasse toutes les deux les mêmes études...



— Tu crois que nos parents seraient d'accord qu'on abandonne la ferme ?

— Ça, je ne sais pas...



14 octobre 2025

Il restait encore quelques Skylinks dans le ciel, mais c'était une question de jours avant que la constellation Miskienne soit définitivement disparue à jamais. Ce jour marquait surtout la disparition d'un important satellite d'observation de la Terre. MethSat venait d'être détruit comme beaucoup d'autres évoluant à moins de 700 km d'altitude. Ce satellite unique en son genre avait été lancé en 2024 pour cartographier à très haute résolution les quantités de méthane qui étaient émises dans l'atmosphère par les installations d'extraction de gaz et de pétrole partout dans le monde. En moins d'un an, il avait déjà permis de récolter de nombreuses données sur les installations industrielles responsables des principales émissions de méthane aux Etats-Unis.

Les images qu'il avait produites révélaient que non seulement les gros puits de pétrole et de gaz produisaient de gigantesques fuites, mais c'était aussi le cas de la multitude de petits puits qui avaient été creusés

dans le sous-sol états-unien depuis une vingtaine d'années pour fracturer le roche de schiste et libérer le gaz du même nom. Cette récupération se révélait désastreuse puisqu'une fraction de plusieurs pourcents se retrouvait directement dans l'atmosphère. La puissance de l'effet de serre produit par le méthane était plusieurs dizaines de fois supérieure à celle du dioxyde de carbone. Jusqu'à la publication des cartes de MethSat, l'ampleur de cette injection de méthane fossile dans l'atmosphère avait été ignorée par les climatologues, la totalité du méthane injecté étant attribuée soit à l'agriculture via la production naturelle du bétail, ou soit au dégel du permafrost sibérien et canadien. MethSat n'était pas le dernier satellite scientifique d'observation en orbite, il y en avait un certain nombre sur des orbites élevées, voire en orbite géostationnaire, mais les deux satellites européens Sentinel 1 (A et B) avaient déjà subi le même sort funeste que MethSat quelques jours plus tôt.

Depuis une quinzaine d'années, l'Europe avait produit un gros effort pour l'observation de la Terre et de son climat, avec ses différentes familles de satellites d'observation qui avaient été conçus pour remplacer le gros Envisat. Il y avait d'abord eu les Sentinel-1 A et B

qui produisaient des images en tout temps et même de nuit, qui avaient été utilisés pour le suivi des banquises et de l'environnement arctique et pour la cartographie des forêts, ainsi que des ressources en eau et des sols. Ils se trouvaient à 693 km d'altitude et n'étaient aujourd'hui plus que deux nuages de dizaines de débris.

Puis s'étaient ajoutés les Sentinel-2 A et B positionnés à 786 km d'altitude et qui produisaient une imagerie optique à haute résolution pour l'observation des sols, de la végétation, et plus spécifiquement des fleuves et des zones côtières. Depuis la fragmentation des deux premiers Sentinel, les ingénieurs et les chercheurs n'avaient plus d'espoir de pouvoir les exploiter encore longtemps. Il s'attendaient à leur fragmentation d'un jour à l'autre.

Les Sentinel-3 A et B étaient des satellites océanographiques très similaires au satellite chinois OceanSat. Ils mesuraient en particulier des grandeurs caractérisant les processus dynamiques des océans : la hauteur des vagues, la vitesse des vents, la température de l'eau et sa couleur, reflet du processus de photosynthèse. Ils naviguaient beaucoup plus haut que

le satellite chinois, à 814 km d'altitude. Ils étaient encore intacts, mais jusqu'à quand ?

Sentinel-4 n'était pas un satellite à proprement parler, c'était une suite d'instruments embarqués comme charge utile sur les satellites météorologiques géostationnaires Météosat de Troisième Génération. La suite Sentinel-4 fournissait des données sur la composition de l'atmosphère, en mesurant les concentrations de gaz à l'état de trace et des aérosols présents à l'échelle globale. L'orbite géostationnaire les protégeait de la fragmentation en chaîne mais leur durée de vie théorique n'était que de huit ans, et ils ne pourraient jamais être remplacés au terme de leur mission.

Sentinel-5A venait de rejoindre l'orbite lui aussi à bord d'un satellite météorologique polaire qui était nommé MetOp au début de l'année 2025. Il fournissait également des données sur la composition de l'atmosphère à basse résolution. Il évoluait à la même altitude que les Sentinel-3, à 817 km, avec une durée de vie de la mission qui était de seulement 7 ans. Les espoirs étaient les mêmes que ceux pour Sentinel-3 : ils étaient maigres.

Et puis Sentinel-6A faisait de l'altimétrie océanographique depuis une orbite de 1336 km sur une inclinaison de 66°. Un deuxième Sentinel-6 aurait dû être lancé en 2026 mais resterait désormais stocké indéfiniment dans son hangar.

Tous les satellites scientifiques d'observation de la Terre n'étaient pas exposés de la même manière à la ceinture de débris en formation, mais ceux qui étaient épargnés ne bénéficiaient que d'un délai de grâce. Ils finiraient par arriver en fin de vie moins de dix ans plus tard et ne pourraient jamais être remplacés du fait de l'inaccessibilité à l'orbite pour les lanceurs. Sans satellites d'observation directe, l'humanité serait désormais aveugle vis-à-vis des preuves irréfutables que ces satellites pouvaient apporter sur le bouleversement anthropique en cours. Les producteurs de gaz et de pétrole devaient probablement se réjouir de la catastrophe orbitale qui leur offrait un répit inattendu pour aller pomper jusqu'à la dernière goutte d'or noir sans être inquiétés. Plus de preuves, plus de coupables.

\*\*\*

Plusieurs spécimens des troupes d'éléphants du désert de Namibie étaient suivis par satellite depuis de

très nombreuses années, d'abord grâce à des balises Argos miniatures puis à des émetteurs GPS qui leur avait été attachés sur une cuisse. Pour de nombreuses espèces qui étaient menacées par les activités humaines, les déplacements des individus ou des groupes d'individus étaient très importants à tracer afin de comprendre comment évoluaient les populations globales. Ces suivis étaient effectués sur de nombreuses espèces animales allant de certains oiseaux migrateurs jusqu'à des chauves-souris, en passant par des gros pachydermes.

Les éléphants du désert qui vivaient dans le Nord-Ouest de la Namibie, à quelques centaines de kilomètres des télescopes de HESS II, étaient une sous-population spécifique qui avait trouvé refuge dans des zones plus désertiques que l'habitat de la plupart des éléphants de brousse. La région de Kunene était une zone composée principalement de désert de sable, de montagnes rocheuses et de plaines pierreuses. Les éléphants y étaient au nombre de 3000 au début du 20<sup>ème</sup> siècle. Dans les années 1980, leur nombre avait été divisé par 100, mais des mesures de conservation avaient été mises en place et leur nombre était remonté à 600 en 2013. Les scientifiques qui avaient équipé quelques femelles de balises du système Argos avaient pu montrer que grâce



à de bonnes pluies en 1995-1996, les éléphants avaient étendu leur aire de répartition vers le sud jusqu'à la rivière Ugab.

Un éléphant mâle adulte solitaire avait même été enregistré voyageant entre le parc national de Skeleton Coast et le parc national d'Etosha en quelques mois. Les groupes familiaux qui se composaient généralement d'une femelle éléphant et de sa progéniture, ou de deux sœurs et de leurs petits, avaient tendance à rester près des rivières éphémères où il y avait une plus grande disponibilité de nourriture. Un seul groupe restait en permanence près de la rivière Hoanib tandis que d'autres groupes se déplaçaient sur une distance d'environ 70 kilomètres. Ils se déplaçaient généralement en une seule nuit, lorsque la température était plus fraîche.

Les trois satellites en orbite polaire du système Argos, qu'avaient conçus ensemble la NASA, le CNES et la NOAA étaient déjà hors service, et les GPS étaient en sursis de quelques années, reposant sur des satellites à l'abri de collisions, mais bientôt irremplaçables.

Les populations d'éléphants du désert ne pourraient plus être suivies en temps réel, de même que les

populations de manchots empereur, de faucons, de phoques, ou celles de baleines grises. Le suivi des populations animales par satellite ainsi que l'évolution de leurs habitats vis-à-vis de l'artificialisation des sols fournissaient des données précieuses aux membres de l'UICN pour mettre à jour leurs listes des espèces menacées, en danger d'extinction ou en danger critique d'extinction. Ce ne serait bientôt plus possible.

L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature était beaucoup plus ancienne que le GIEC, elle avait été créée en 1948, rassemblant de nombreux gouvernements et la société civile dans l'objectif d'encourager la coopération internationale et de fournir des connaissances et des outils scientifiques pour guider la conservation de la diversité du vivant sur Terre.

Dès les années 1960, l'UICN avait consacré ses travaux à la protection des espèces et de leurs habitats. En 1964, l'UICN avait établi la première liste rouge des espèces menacées, qui était depuis devenue la source de données la plus complète au monde sur le risque d'extinction global.

En 1980, l'UICN, le Programme des Nations Unies pour l'environnement et le Fonds Mondial pour la Nature

avaient publié la Stratégie Mondiale de la Conservation qui avait contribué à définir le concept de « développement durable ». Une nouvelle version de la stratégie, intitulée « Prendre soin de la Terre », avait été publiée par les trois organisations à l'approche du Sommet de la Terre de 1992. Elle avait servi de base à la politique environnementale internationale et avait guidé la création des Conventions de Rio sur la biodiversité, du GIEC et de la Convention sur la désertification.

En 1999, alors que les questions environnementales continuaient de gagner en importance sur la scène internationale, l'Assemblée générale des Nations Unies avait accordé à l'UICN le statut d'observateur officiel. En 2025, avec 1 400 organisations membres et plus de 16 000 experts internationaux, l'UICN était le réseau environnemental le plus vaste et le plus diversifié au monde.

C'était en 2021, suite au déclin de la population sur plusieurs décennies en raison du braconnage intensif pour l'ivoire et de la perte de son habitat, que l'éléphant de forêt d'Afrique (*Loxodonta cyclotis*) avait été répertorié comme étant en danger critique d'extinction,

et que l'éléphant de savane d'Afrique (*Loxodonta africana*) avait lui été classé comme étant en voie de disparition dans la Liste Rouge de l'UICN des espèces menacées. Avant cette mise à jour, les éléphants d'Afrique étaient traités comme une seule espèce, qui était classée comme vulnérable.

Le nombre d'éléphants de forêt d'Afrique avait diminué de plus de 86% sur une période de seulement 31 ans, tandis que la population d'éléphants de savane avait diminué d'au moins 60% au cours des 50 dernières années, selon les évaluations.

Les deux espèces avaient subi un fort déclin depuis 2008 en raison d'une augmentation significative du braconnage, qui avait culminé en 2011 mais continuait de menacer les populations. La conversion continue de leurs habitats, principalement à des fins agricoles et pour d'autres utilisations des terres, comme la construction de routes, constituait une autre menace importante. Le rapport de l'UICN sur la situation de l'éléphant d'Afrique fournissait une estimation fiable de la population continentale des deux espèces combinées, elle donnait le chiffre d'environ 415 000 individus. Malgré la tendance globale au déclin des deux espèces

d'éléphants d'Afrique, les évaluations mettaient également en évidence l'impact des efforts de conservation qui avaient réussi. Les mesures anti-braconnage sur le terrain, associées à une législation plus favorable et à un aménagement du territoire visant à favoriser la coexistence entre l'homme et la faune, comme en Namibie, au Congo et au Gabon, avaient été essentielles au succès de la conservation des éléphants.

Les éléphants de forêt étaient surtout présents dans les forêts tropicales d'Afrique centrale et dans divers habitats d'Afrique de l'Ouest. Ils chevauchaient rarement l'aire de répartition de l'éléphant de savane, qui se trouvait dans divers habitats d'Afrique subsaharienne, notamment les prairies et les déserts. On estimait que l'éléphant de forêt, dont la répartition naturelle était plus restreinte, n'occupait aujourd'hui plus qu'un quart de son aire de répartition historique.

Certaines sous-populations d'éléphants parvenaient à prospérer là où l'Homme ne construisait rien. L'artificialisation des sols des forêts et de la savane était suivie par les spécialistes grâce à l'imagerie satellitaire. Elle permettait de prévoir l'impact des activités

humaines à moyen terme sur les populations d'animaux.

\*\*\*

Un autre impact indirect de la disparition annoncée des satellites d'observation et à terme des satellites GPS allait toucher la ressource halieutique des océans. Une très grande majorité des bateaux de pêche, le plus souvent originaires du sud-est asiatique, naviguaient dans les eaux internationales, et parfois dans les eaux des zones exclusives, sans s'identifier dans le système AIS en activant leur géolocalisation. Ils échappaient ainsi facilement aux contrôles des états. Il y avait des bateaux de toutes tailles, depuis de véritables bateaux usines jusqu'à de frêles embarcations. Ils vidaient les océans de leur vie animale sans vergogne.

L'AIS (système d'identification automatique) permettait de recevoir et de transmettre la position des navires. A l'origine, c'était un système de sécurité qui utilisait le GPS et la VHF. Le GPS fournissait la position du bateau et un canal dédié de la VHF la transmettait à toutes les stations pouvant la capter aux alentours.

Les données AIS donnaient des renseignements à trois niveaux : les données dynamiques : position, vitesse, cap, les données statiques : nom du bateau, son numéro MMSI et ses caractéristiques, et enfin les données du voyage : cargaison, destination. Depuis le 31 mai 2014, l'ensemble des navires de plus de 15 mètres de longueur de l'Union européenne devaient être équipés de l'AIS de classe A dont la portée était généralement de 20 à 25 milles.

Aux États-Unis, depuis 1er mars 2016, tous les navires américains de pêche de plus de 65 pieds de longueur devaient en faire de même. Mais aucune directive n'imposait cette contrainte sur la flotte chinoise.

Les satellites d'observation étaient utilisés pour localiser les plus gros bateaux. Seuls ceux de plus de vingt mètres pouvaient être repérés. On ne pouvait bien sûr pas déterminer s'il s'agissait bien de chalutiers et encore moins si ils utilisaient des chaluts à filets dérivants qui ramassaient tout sur leur passage, mais leur présence dans les zones poissonneuses ne laissaient que peu de doutes sur leur nature. Si un tel bateau était repéré sans qu'aucune localisation officielle ne soit confirmée à cette position, il s'agissait d'un bateau hors la loi,

pratiquant la pêche illégale. Ils étaient très nombreux. Le nombre de bateaux de pêche qui ne s'identifiaient pas auprès de l'Organisation Maritime Internationale était estimé à 75%. La disparition des satellites d'observation allait probablement faire exploser l'activité de braconnage halieutique, avec des bateaux usine de plus en plus gros qui ne pourraient plus jamais être repérés une fois quitté leur port d'attache.

Et une fois que les derniers satellites de positionnement global auraient rendu l'âme, le système AIS ne fonctionnerait tout simplement plus et plus aucune localisation ne serait possible sur l'ensemble des océans, laissant la porte grande ouverte à tous les braconniers des mers qui n'auraient même plus besoin de se cacher.



16 Octobre 2025

Le 16 octobre marqua la destruction d'un satellite emblématique pour les américains : le plus vieux satellite qui était encore en orbite. Vanguard 1 était le premier satellite artificiel dont le lancement avait été réussi par les États-Unis, quelques mois après le succès du lancement de Spoutnik par les soviétiques. Vanguard 1 était un petit satellite de moins de deux kilogrammes, qui avait été placé en orbite le 17 mars 1958. Il avait été conçu pour étudier les effets de l'environnement spatial sur un satellite et ses systèmes. Il devait également étudier la haute atmosphère et obtenir des données géodésiques sur le globe terrestre. C'est pour cela qu'il avait été positionné, contrairement à Spoutnik, sur une orbite très elliptique, qui s'étalait entre 654 km et 3 969 km, avec une inclinaison de 34,5°. Les ingénieurs américains de l'époque avaient calculé qu'il devait rester en orbite pendant 2000 ans, puis au vu des données enregistrées sur le freinage atmosphérique, cette durée avait été revue fortement à la baisse pour atteindre 240

ans. Le dernier signal radio de Vanguard 1 avait été capté en 1964, mais il était toujours suivi de près depuis lors par les radars du NORAD puis du SSN. Avec sa fragmentation, il était probable que son résidu finisse par retomber un peu plus tôt que prévu, mais ça se comptait toujours en dizaines d'années. Lorsqu'il brûlerait finalement dans l'atmosphère, comme tous les autres satellites un jour où l'autre, il injecterait les composants toxiques de ses batteries dans l'atmosphère terrestre. Celles-ci étaient composées de mercure. Vanguard 1 était aussi célèbre pour avoir été muni des premières cellules photovoltaïques au silicium pour recharger sa batterie.

La multitude de fragments qui étaient en train de s'accumuler dans l'orbite n'étaient pas seulement composés d'aluminium, de résidus de carburant, de comburants, ou d'éléments toxiques de batteries, il y avait également des éléments radioactifs.

Ce fut seulement quelques années après les premiers lancements de satellites que furent mis en orbite les premiers spécimens munis de générateurs thermoélectriques au plutonium, en 1961. Le premier du genre qui avait fini par se désintégrer dans

l'atmosphère fut le satellite américain Transit 5 BN-3, le 21 avril 1964. Son générateur SNAP-9A au plutonium-238 se désintégra dans l'atmosphère au dessus de l'océan Indien, au nord de Madagascar. L'éparpillement du générateur accrut de 4 % la quantité totale en isotopes du plutonium sur Terre, qui provenaient alors principalement des essais d'armes nucléaires atmosphériques. Mais plusieurs satellites de la classe des Transit, tous munis de générateurs thermoélectriques au plutonium, étaient toujours en orbite soixante ans après leur lancement. Le plutonium qu'ils contenaient avait une demi-vie radioactive de 87 ans, son activité n'avait donc pas encore été divisée par deux depuis l'époque.

Malgré plusieurs échecs retentissants, les américains avaient néanmoins poursuivi dans l'utilisation des générateurs au plutonium-238 avec les satellites météorologique Nimbus. Nimbus 3 avait fonctionné pendant trois ans pour s'arrêter en 1972, mais naviguait toujours sur une orbite quasi polaire à 1100 km d'altitude avec son générateur SNAP-19 comportant 15 kg de plutonium-238. Le plutonium de Nimbus 3 avait vécu quelques péripéties : il avait déjà fait un petit tour dans le fond de l'océan Pacifique, suite à l'échec au

lancement du précédent satellite Nimbus 1B. Le générateur isotopique avait pu être récupéré quasi intact au fond de l'eau puis recyclé pour être réutilisé. Les américains avaient utilisé par la suite massivement les générateurs au plutonium pour alimenter diverses sondes spatiales qui ne pouvaient pas exploiter l'énergie solaire, comme les sondes martiennes Vikings, les Pioneer ou encore les Voyager, Cassini ou New Horizons. A chaque lancement de ces sondes, le risque de dispersion du plutonium était réel en cas de défaillance du lanceur.

Mais les américains avaient fait encore plus risqué. Le 3 avril 1965, ils avaient lancé le satellite Snapshot, qu'on appelait aussi SNAP-10A, depuis la base militaire de Vandenberg avec une fusée Atlas-Agena D. Ce satellite avait été placé avec succès à environ 1300 km d'altitude sur une orbite polaire légèrement rétrograde.

Sa source d'énergie électrique n'était ni plus ni moins qu'un mini réacteur nucléaire à fission, générant 35 kW d'énergie thermique qui permettait de produire 500 W d'énergie électrique pendant un an. Il était composé d'uranium fortement enrichi - à 93% - en uranium-235. Mais 43 jours après son lancement, un régulateur de

tension du satellite était tombé en panne, ce qui avait entraîné l'arrêt prématuré du cœur du réacteur. Il avait néanmoins eu le temps de produire des fissions nucléaires en quantité, avec les produits de fission radioactifs qui y étaient associés.

Suite à l'avarie, les militaires américains avaient décidé de laisser Snaophot sur son orbite à 1300 km d'altitude, là où ils avaient calculé qu'il devrait rester pendant 4000 ans. Mais en novembre 1979, une soixantaine de débris furent repérés autour du satellite, probablement déjà produits par une collision avec un petit corps. Des matières radioactives s'étaient peut-être déjà dispersées malgré une apparente intégrité du corps principal du satellite.

Les soviétiques des années 1960 n'avaient pas été en reste. Eux aussi avaient rapidement déployé des générateurs isotopiques, tout d'abord à base de sources radioactives puissantes, puis d'un émetteur alpha intense comme le plutonium-238 qui avait le gros avantage de produire de la chaleur en continu sur une longue durée.

Et ils avaient même largement dépassé les américains dans le concept de l'énergie nucléaire spatiale. Depuis la

fin des années 1960 et jusqu'à la fin des années 1980, les soviétiques avaient officiellement lancé trente quatre satellites munis de petits réacteurs nucléaires à fission fonctionnant à l'uranium fortement enrichi.

Les soviétiques avaient opté comme les américains pour des réacteurs à neutrons rapides pour des raisons d'espace et de poids car les matériaux d'un modérateur neutronique augmentaient considérablement le volume et la masse de l'ensemble. Le premier réacteur qu'ils avaient développé spécialement, qu'ils avaient nommé BES-5, nécessitait un uranium enrichi à 95 % en uranium-235 pour compenser le taux de fission plus faible induit par les neutrons non ralentis. Les 5% d'uranium-238 pouvaient également produire du plutonium-239 par capture neutronique au cours du fonctionnement normal du réacteur et ce plutonium-239 était lui aussi fissile avec des neutrons énergétiques.

Le cœur du réacteur qui avait un diamètre de 24 cm et une longueur de 67 cm, comportait environ 35 kg d'uranium enrichi. Il générait 100 kW thermiques, ce qui produisait 3 kW de puissance électrique, bien plus efficace que les générateurs thermoélectriques au plutonium-238.

Ces satellites militaires de la famille des RORSAT étaient placés sur des orbites très basses, à moins de 300 km, et avaient une durée de vie de seulement quelques mois. Peu de temps avant la fin de leur mission, le compartiment réacteur était propulsé vers une orbite plus élevée, vers 1000 km, pour éviter qu'il ne rentre dans l'atmosphère immédiatement, mais ne le fasse que 600 ans plus tard. Il existait donc un cimetière de réacteurs nucléaires usés aux environs de 1000 km d'altitude à différentes inclinaisons orbitales, qui étaient offerts en cadeau empoisonné aux générations futures. Le délai des retombées initialement calculé de plusieurs siècles était désormais probablement surestimé du fait de la ceinture de débris en cours d'accumulation qui pourrait s'étendre jusqu'à 1000 km.

Parmi les trente quatre satellites nucléaires lancés, il n'en restait plus que trente deux en orbite. Deux d'entre eux avaient subi des avaries et étaient rentrés dans l'atmosphère prématurément avec leur réacteur nucléaire. Kosmos-954 était retombé le 24 janvier 1978 dans le Nord-Ouest canadien, provoquant une contamination radioactive d'une zone de 124000 mètres carrés. Et Kosmos-1402 était rentré également

dans l'atmosphère, le 7 février 1983, mais avait brûlé au dessus de l'océan Atlantique loin des zones peuplées.

Mais parmi les trente satellites soviétiques munis du réacteur BES-5 qui restaient en orbite, l'un d'entre eux n'avait pas atteint son orbite cimetièrre à cause d'une défaillance : aux dernières nouvelles, Kosmos-1900 et son réacteur évoluait toujours entre 685 et 748 km sur une inclinaison de 66,1°.

Lars Anderson était un civil comme Laurie. Ils étaient tous les deux sous le commandement d'une lieutenant de la Space Force qui était beaucoup moins commode que ne pouvait l'être le grand patron, le colonel O'Rourke. C'était la lieutenant Wemba qui avait confié un an auparavant à Lars le suivi spécifique des objets nucléaires en orbite. Elle l'avait choisi pour cette tâche au vu de son CV et des études qu'il avait suivies à Penn State. Lars connaissait bien la physique nucléaire. Il avait longtemps hésité à la fin de son master entre suivre une spécialité dans les données nucléaires qui étaient utilisées par les codes de simulations neutroniques pour la conception des réacteurs innovants, ou bien une spécialité dans les big data. Il avait finalement opté pour



la seconde, qui offrait plus d'opportunités, étant applicable à de nombreux domaines.

Depuis qu'il suivait le flotte qui comportait des BES-5, Lars s'était abondamment documenté sur ce petit réacteur à l'uranium hautement enrichi. Il en connaissait à peu près tous les détails que les services de renseignement avaient pu lui fournir, en plus des données qui étaient maintenant publiques.

En plus des trente BES-5, il y avait également deux autres réacteurs russes à l'uranium fortement enrichi, un peu différents, mais fonctionnant aussi avec des neutrons rapides : les réacteurs TOPAZ. Ils avaient été intégrés sur les satellites espions Kosmos-1818 et Kosmos-1867, tous les deux lancés en 1987. Le système de conversion thermoionique pour générer de l'électricité à partir de la chaleur produite par le réacteur nucléaire était mieux connu par les américains que celui du BES-5, puisque c'étaient eux qui avaient eu cette idée de conversion de chaleur dès la fin des années 1950 et avaient collaboré avec les russes au début.

Ces deux satellites nucléaires avaient connu une avarie similaire un peu plus de dix ans après leur mise en orbite. Le 4 juillet 2008, le SSN avait repéré une

trentaine de débris entourant Kosmos-1818, qui ressemblaient à des billes métalliques, ce qui avait été interprété comme une fuite de caloporteur, un mélange de sodium et de potassium liquides, qui devait être pollué par des éléments radioactifs étant donné que le caloporteur était en contact direct avec les éléments combustibles. Kosmos-1818 se trouvait sur une orbite à 780 km et 65° d'inclinaison. Et la même mésaventure était visiblement arrivée à son jumeau Kosmos-1867 en avril 2014, quand au moins 24 débris furent détectés autour du satellite espion positionné sur la même inclinaison que Kosmos-1818 mais 20 km plus haut. On ne pouvait absolument pas suspecter une quelconque action malveillante envers ces deux satellites puisque leur durée de fonctionnement initiale n'était que de 6 mois. Ils étaient déjà des déchets depuis plus de vingt ans au moment de leur fragmentation partielle.

Dans sa liste de suivi, Lars avait aussi les 10 RTG américains au plutonium-238 qui étaient toujours en orbite dans la famille des Transit et des Nimbus des années soixante, et les deux RTG russes au polonium-210, les satellites Kosmos-84 et Kosmos-90 qui dataient de 1965. Contrairement au plutonium-238 dont la demi-vie était de 87 ans, le polonium-210 avait une

de demi-vie de seulement 138 jours, autant dire que depuis soixante ans, il ne restait plus aucun atome de polonium radioactif dans ces deux tromblons. Ils s'étaient transformés en plomb-206, inactif certes, mais au moins aussi toxique chimiquement que le mercure des batteries.

Le plutonium-238, lui, se désintégrait en uranium-234 qui était aussi radioactif, mais avec une demi-vie de 245 000 ans ; c'était beaucoup plus court que celle de l'uranium-235 des réacteurs BES-5 et TOPAZ, qui était de 700 millions d'années.

Les petits cœurs des réacteurs russes étaient donc encore quasi intacts, juste pollués par une petite quantité de produits de fission et de plutonium, essentiellement du plutonium fissile, le 239, qui était produit par capture neutronique sur les 5% d'uranium-238 restant. Le plus ancien d'entre eux datait de 1967 et le dernier de 1988. C'était Mikhaïl Gorbatchev en personne qui avait mis fin définitivement au programme, deux ans après la catastrophe de Tchernobyl.

Peu après avoir appris l'existence de la navette secrète X-37B, Lars s'était demandé si son objectif caché n'était

pas d'aller récupérer au moins une partie de ces petits réacteurs, dans le but louable de dépolluer l'espace. Mais, même sans avoir accès au programme de la navette cargo secrète, il avait pu constater que la totalité des satellites nucléaires étaient toujours là. Son objectif devait être autre.

\*\*\*

Lars se faisait du soucis concernant les trois objets nucléarisés qui évoluaient sur les orbites les plus basses : en premier lieu Kosmos-1900 aux environs de 700 km et puis les deux Kosmos équipés de TOPAZ qui n'étaient qu'à 780 km environ. Tous les autres satellites de sa liste de suivi se situaient aux environs de 1000 km et étaient beaucoup moins concernés pour le moment. La question pour eux se poserait sans doute un peu plus tard.

Les deux satellites d'observation Sentinel 1 étaient à 693 km d'altitude au moment où ils avaient été impactés. Seulement 7 km en dessous de Kosmos-1900. Les calculs que Lars avait faits avec Laurie pour voir jusqu'où la ceinture de débris allait se développer en altitude avaient montré que le plus gros déchet en orbite, le satellite Envisat qui se trouvait à 780 km,

pouvait être impacté rapidement et produire des débris peuplant les orbites supérieures. C'était la même altitude que celle de Kosmos-1818 et 1867.

Il y avait donc trois réacteurs à l'uranium fortement enrichi qui étaient exposés à une fragmentation par les débris nouvellement formé par la réaction en chaîne orbitale. Le jeune ingénieur savait que les générateurs isotopiques au plutonium avaient été conçus pour résister à une rentrée atmosphérique. Mais ce n'était pas le cas du réacteur BES-5 ou du TOPAZ. D'ailleurs, dans le cas d'une fragmentation partielle de ces réacteurs nucléaires, le risque était plutôt une dissémination de particules de combustible irradié, qui finiraient par retomber sur Terre sous la forme d'une pluie radioactive. L'avenir semblait radieux.



17 octobre 2025

L'ambiance était morose dans les bureaux de l'Etat-major des armées françaises. Un rapport alarmant était arrivé sur le bureau du général Brochu de la Renardière. Il s'intitulait : « Inaccessibilité à long terme de l'orbite basse, implications pour la dissuasion française ». Le rapport détaillait la situation de la ceinture de débris en cours de constitution et se focalisait très vite sur son impact sur l'utilisation des missiles balistiques de la force stratégique océanique. La saturation de l'orbite basse par des milliers de débris empêchait dorénavant de lancer des missiles nucléaires balistiques à longue portée. Le missile balistique français M51 qui était transporté par les quatre sous-marins lanceurs d'engins de la classe Triomphant, et qui pouvait atteindre n'importe quelle cible située jusqu'à 10000 km de distance, était le cœur de la dissuasion nucléaire française. Comme tous les autres missiles balistiques à longue portée, ceux des américains, des russes et des chinois, il devait avoir une trajectoire balistique dans

l'espace pour atteindre sa cible. Ces missiles étaient donc programmés pour acquérir une trajectoire elliptique dont l'apogée pouvait aller de 500 km à 1000 km d'altitude. Mais le nombre considérable de débris de fragmentations qui peuplaient désormais l'orbite basse entre 300 et 800 km d'altitude impliquait que la probabilité de perte d'un tel missile lors de sa trajectoire était déjà très proche de 100%, et elle ne pourrait que s'accroître dans les années à venir. La dissuasion nucléaire française n'existait tout simplement plus. Les vecteurs aéroportés étaient très insuffisants seuls pour dissuader un pays d'anéantir la France, le général et l'Elysée le savaient. Les centaines de milliards d'euros qu'avait investis la France depuis la fin des années 1950 venaient de partir en fumée.

Les autres pays qui avaient développé une dissuasion nucléaire à longue portée étaient impactés de la même façon, mais à l'inverse de la France, les Etats-Unis, la Russie et la Chine avaient aussi misé sur des missiles tactiques à plus courte portée, allant jusqu'à 2000 km de portée, qui n'obligeaient pas à une trajectoire orbitale. Les grandes capitales, Beijing, Washington ou Moscou étaient néanmoins désormais assurées de ne jamais être vitrifiées par le feu nucléaire ennemi.



Le général Brochu de la Renardière était blême en lisant la conclusion du rapport. La stratégie de dissuasion nucléaire de la France était devenue totalement inopérante. Pour conserver la position singulière du pays dans le monde et rester une grande puissance, cela impliquait de s'aligner dorénavant avec les autres puissances nucléaires et se lancer dans la conception d'armes à courte et moyenne portée. Mais la France n'était pas en capacité de frapper des puissances nucléaires ennemies à une distance inférieure à 2000 km, que ce soit depuis son sol, depuis l'océan ou l'un de ses nombreux territoires ultra-marins. Atteindre le cœur de la Russie impliquerait nécessairement de disposer de dispositifs de lancement terrestres situés dans l'est de l'Europe, atteindre le cœur de la Chine nécessiterait des moyens installés en Corée du Sud ou au Japon. La France n'avait jamais collaboré avec ces pays dans le domaine de la Défense. Et pour atteindre Washington ou New York, si les Etats-Unis passaient du côté ennemi, c'était encore théoriquement possible en utilisant le petit territoire de moins en moins glacé de Saint Pierre-et-Miquelon comme base de lancement, à l'image de ce qu'avait imaginé Khrouchtchev au début des années 60 pour ses premiers missiles nucléaires

avec Cuba. Ou bien il faudrait construire de tous nouveaux sous-marins. Le jeu en valait-il la chandelle ?

La soudaine inutilité des sous-marins lanceurs d'engins qui ne pouvaient plus lancer leurs engins de mort avait aussi un impact sur la nouvelle génération de SNLE, dont la construction du premier exemplaire venait tout juste de débuter dans les chantiers navals de Cherbourg. Ce premier exemplaire de la troisième génération de sous-marins lanceurs d'engins français avait été mis en chantier l'année précédente, avec l'objectif de se diluer dans l'océan pour la première fois en 2035. Il devait être équipé d'une version améliorée du missile M51, avec une portée un peu plus longue. Sans plus aucun intérêt désormais. Plusieurs milliards d'euros avaient déjà été mis sur la table pour ce programme, même si le montant officiel était bien sûr classé secret-défense.

Ces très mauvaises nouvelles s'ajoutaient à celles de la perte de la plupart des satellites de surveillance que la France exploitait depuis de nombreuses années et qui étaient améliorés en continu pour suivre l'avancée de la technologie et rester au niveau des autres puissances spatiales. Ce 17 octobre, il n'en restait plus que deux en orbite mais le général Brochu de la Renardière avait

compris que leur perte était inéluctable. Il se rassurait en se disant que les autres puissances vivaient le même drame.

La stratégie militaire allait devoir être revue de fond en comble. On n'aurait désormais plus accès aux renseignements par satellite, que ce soit en temps de paix ou en temps de guerre. Cela changeait tout, les conflits modernes reposant énormément sur le renseignement via les caméras ultra-sensibles des satellites en orbite basse.

\*\*\*

Le général Brochu de la Renardière se leva d'un bond lorsque l'huissier lui annonça que le président était là et qu'il pouvait entrer. Le chef d'Etat major avait demandé à s'entretenir en urgence avec le président Moncrane au sujet des conséquences de la catastrophe orbitale.

François Moncrane accueillit le chef d'Etat Major des armées avec le rictus qu'il arborait souvent lorsqu'il rencontrait des personnalités importantes, et que les français détestaient tant. Brochu de la Renardière savait que ce sourire de façade disparaîtrait très vite lorsqu'il lui annoncerait la mauvaise nouvelle.

— Alors, Général, que me vaut votre visite seulement une semaine après notre dernier conseil de Défense ?

— Et bien, Monsieur le Président, je dois vous informer d'une information très importante que je viens de recevoir concernant la dissuasion.

— Vous ne vouliez pas me parler encore des satellites et de ce qui se passe là-haut ? fit Moncrane.

Le précédent conseil de Défense qui s'était tenu la semaine précédente avait été consacré entièrement à la perte des satellites de renseignement français. Il avait été conclu que ce n'était pas si grave puisque tous les autres états se retrouvaient dans la même situation. On gardait une certaine symétrie dans le renseignement. Mais cela impliquait de profonds bouleversements dans les méthodes des Services extérieurs comme intérieurs. C'était suite à ça que Brochu de Renardière avait eut l'idée de commander un rapport sur l'impact de la crise orbitale, comme elle était nommée, sur les vecteurs balistiques de la force océanique.

— Si, justement, c'est lié, Monsieur le Président.

— Dites-moi.

— Comme vous le savez, la crise orbitale en cours est très grave car elle a détruit la plupart de nos moyens de renseignement et empêchera dorénavant de lancer de nouveaux satellites.

— Oui, nous en avons parlé la semaine dernière...

— Et bien, cela empêche également de lancer nos missiles M51, Monsieur le Président.

Moncrane avait perdu son sourire, comme l'avait prévu le général.

— Continuez, je vous en prie, fit le président.

— Les vecteurs M51 se déplacent en orbite basse avant d'atteindre leur cible sur une trajectoire balistique. Il se trouve que le M51 atteint une altitude de 700 km à son apogée. Bref, nos analyses montrent que la probabilité qu'un M51 lancé aujourd'hui soit détruit avant sa redescente est quasi de 100%. Les débris spatiaux qui se sont accumulés, et qui continuent de le faire chaque jour, et qui se déplacent à très grande vitesse dans tous les sens détruiront tous les vecteurs balistiques.

— C'est-à-dire les missiles à longue portée, c'est ça ?

— Oui monsieur le président. C'est bien sûr vrai pour notre M51, mais aussi pour les missiles balistiques américains, russes et chinois... Notre analyse est que la doctrine de dissuasion française est à terre, si je peux me permettre cette expression.

— Quel est notre plan B ?, demanda Moncrane.

Le général Brochu de la Renardière avait remarqué que le postiche que portait François Moncrane était légèrement de travers, ce qui laissait entrevoir le haut de sa tempe gauche.

— Comme vous le savez, la dissuasion française repose exclusivement sur notre force océanique. Nos sous-marins lanceurs d'engins sont les piliers de la dissuasion nucléaire. Si les M51 sont inutiles, nos SNLE sont tout autant inutiles... Nous n'avons pas de plan B aujourd'hui, Monsieur le Président.

— Vous oubliez la force aéroportée, reprit Moncrane.

— Les vecteurs aéroportés ne sont qu'une force d'appoint tactique, Monsieur le Président. Ce n'est pas avec des bombardiers que l'on exerce une dissuasion efficace. Un avion se descend, contrairement à un M51.

Moncrane se grattait la tête et Brochu de la Renardière voyait nettement la moumoute du président qui semblait glisser sur le côté. Depuis qu'il avait été réélu face à l'extrême-droite, qu'il avait fortement promue au cours de son premier quinquennat afin de se retrouver face à elle et pouvoir gagner facilement, Moncrane avait perdu de sa fougue et de sa superbe, en plus de sa majorité absolue au parlement. Au début de son deuxième mandat, il avait tout de même réussi à imposer à son peuple qu'il méprisait et qui le lui rendait bien, les pires des réformes antisociales vues depuis la Libération. Mais la dissuasion nucléaire était son domaine ultra-réservé. La Constitution de la cinquième République lui donnait le pouvoir discrétionnaire de faire ce qu'il voulait avec l'arme absolue. C'était son jouet, et ça, personne ne pourrait jamais lui contester dans la rue ou dans l'hémicycle.

— Alors, on n'a vraiment pas de plan B ?

— Disons que si nous voulions conserver une dissuasion nucléaire...

— Oui ?

— Et bien, il faudrait s'aligner sur les autres grandes puissances et développer des armes à courte et moyenne portée, Monsieur le Président. Mais ce n'est pas sans poser quelques problèmes...

— Quels genres de problèmes ? demanda le président.

Le général Brochu de la Renardière était de la vieille école, il pensait que seule la menace à longue portée était une solution de dissuasion efficace face aux autres grandes puissances.

— Les missiles à courte ou moyenne portée qui n'ont pas besoin d'aller dans l'espace pour leur trajectoire ont une portée de 2000 km au maximum. Menacer un ennemi potentiel signifie avoir un lanceur positionné en continu à 2000 km des centres vitaux de cet ennemi. Le point sur le territoire français qui est à la plus courte distance de Moscou, c'est la pointe Nord-Est de l'Alsace, elle se trouve à 2100 km de Moscou... Il ne resterait donc plus que l'utilisation de sous-marins adaptés à un vecteur de courte portée, très différent du M51, donc un autre type de SNLE. Cela nécessiterait une présence en continu dans la mer Baltique au large des pays Baltes et de la Finlande. Je crains qu'on n'arrive pas à diluer facilement un sous-marin dans cette zone, Monsieur le Président.



Cette zone est beaucoup trop petite et trop densément peuplée en bâtiments russes.

— Je vois... répondit Moncrane.

— Pour la Chine, c'est un peu pareil, il faudrait stationner en continu dans la mer de Chine orientale, ou au large de la Corée du Sud... ou de la Corée du Nord... Cette zone est un peu la chasse gardée des chinois, et il paraît tout autant difficile de s'y diluer. Et pour les Etats-Unis, c'est un peu plus facile, évidemment, la côte atlantique étant bien plus vaste, il serait même possible d'utiliser les îles de Saint Pierre et Miquelon qui sont à 1900 km de Washington...

— Vous êtes sérieux, là ? fit Moncrane sur le ton cassant qu'on lui connaissait. Vous avez imaginé une dissuasion face aux américains ?

— Il faut être prêts à toute éventualité, c'est le sens de la dissuasion nucléaire, n'est-ce pas ?

Le général semblait avoir touché une corde sensible qu'il ne connaissait pas chez le président Moncrane depuis qu'il avait été nommé chef d'Etat Major six mois plus tôt. Il avait visiblement fait une boulette.

Moncrane semblait soudain hors de lui. Sa moumoute était de plus en plus de travers et il devait s'en être rendu compte. Il cherchait à mettre fin à leur entrevue.

— Et pour la Russie, si nous installions des missiles dans les pays Baltes ou en Pologne, demanda brusquement Moncrane.

Le général Brochu de la Renardière fut pris de court.

— Euh, Monsieur le Président...

— Ne serait-ce pas plus simple ? En Pologne, ou dans les pays Baltes, on est à quoi ? Moins de 1000 km de Moscou, non ? Même peut-être 500 km...

— Monsieur le Président...

— Pour la Chine, il faudrait voir si on ne pourrait pas collaborer avec Séoul...

— Monsieur le Président, je ne suis pas sûr qu'il serait aisé de déployer des armes nucléaires tactiques françaises sur le sol européen, même si il s'agit de pays de l'Union européenne ou de membres de l'OTAN, et encore moins dans des pays du sud-est asiatique avec qui nous n'avons aucune coopération militaire... Par

ailleurs, vous devez savoir que le principe de la dissuasion repose sur l'invulnérabilité du vecteur. Les missiles terrestres ont été remplacés par la force océanique pour cette raison.

— Il faut bien trouver une solution à ce problème, fit Moncrane en se penchant en arrière tout en repositionnant discrètement la touffe artificielle qui surplombait son crâne.

— La bonne nouvelle dans cette très mauvaise nouvelle, c'est que tout le monde est à la même enseigne, poursuit le général. Cela signifie que le risque global est légèrement réduit du fait de l'impossibilité d'une frappe à longue portée.

— Mouais... Bon, je vais y réfléchir et j'organiserai bientôt un conseil de Défense pour parler de cette question, et exclusivement de cette question. Merci Général de m'avoir transmis cette information capitale pour notre pays.

Le général Brochu de la Renardière se leva puis salua François Moncrane avant de se diriger vers la porte cernée de dorures du vaste bureau, droit comme un I.

Dès que l'huissier eut fermé la porte, Moncrane appela le secrétaire général de l'Elysée, Hubert Collaro, son acolyte de toujours.

— Hubert, y'a Renard qui vient de m'en apprendre une bien bonne... Notre dissuasion nucléaire ne marche plus à cause du problème des satellites, tout ça... Faut qu'on trouve un plan B rapidement.

— Plus du tout ?

— Non, parce que les missiles vont dans l'espace et ça veut dire qu'ils se retrouvent détruits avant d'atteindre leur cible, tu vois, et c'est vrai pour tous les autres qui ont des missiles de ce genre. La différence, c'est que nous on n'a que des missiles à longue portée, alors que les autres ils ont aussi des missiles à courte portée qui n'ont pas besoin d'aller dans l'espace et qui ne craignent rien...

— Ah... Et les avions ne suffisent pas, évidemment...

— Evidemment...

— Il faudrait développer des missiles à courte portée, dans ce cas, c'est ça ? Des missiles tactiques.... Mais on ne peut pas faire une dissuasion efficace avec des missiles terrestres, François... Il faut des SNLE.

— Nos SNLE ne lancent que des M51 balistiques, il me semble, d'après ce que j'ai compris de Renard... fit Moncrane avec une moue que personne ne voyait.

— Oui, tout à fait, ils ne sont pas adaptés à d'autres vecteurs. Ça voudrait donc dire qu'il faudrait construire des nouveaux SNLE, et arrêter tout de suite celui qui vient de commencer...

— Merde, je l'avais oublié celui-là. Renard m'en a même pas parlé. Le plus simple, ça serait de réorienter tout de suite la conception de cette nouvelle génération, non ?

— Une autre solution, ça serait de ne rien faire, tout en laissant croire qu'on fait quelque chose. Ça permettrait d'économiser quelques milliards ou dizaines de milliards d'ici la fin du quinquennat. Tu refiles la patate chaude à ton successeur...

— Je ne crois pas que ce soit une bonne solution, Hubert répondit sèchement le président.

François Moncrane n'en avait parlé à personne d'autre qu'à Gisèle, sa femme, qui était autant détestée des français que lui. Il avait élaboré un plan digne de Machiavel. Il voulait faire mieux que François

Mitterrand, il voulait rester à l'Elysée plus de quatorze ans. La Constitution de la cinquième République interdisait d'effectuer plus de deux mandats consécutifs depuis sa révision en 2008. Contrairement à ses prédécesseurs Stéphane Kaposi et Jacques Edam, François Moncrane avait réussi à se faire réélire grâce à sa fourberie. Et il avait un plan pour rester en place à l'issue de son deuxième et théoriquement dernier mandat, sans avoir besoin d'une nouvelle modification de la Constitution qu'il savait ne pas pouvoir obtenir du parlement. Il existait une faille juridique dans le texte de l'article 6 qui avait été modifié dans la Constitution pour limiter le nombre de mandats à deux. La phrase disait « Nul ne peut exercer plus de deux mandats consécutifs ». Moncrane avait discrètement fait poser la question à plusieurs constitutionnalistes. La réponse était claire. Il suffisait de jouer sur le mot « consécutifs ». Si Moncrane démissionnait deux semaines avant le terme de son deuxième mandat et décidait de se représenter illico lors des nouvelles élections, il ne se représenterait pas à sa propre succession mais à celle du président du Sénat qui serait devenu entre-temps président de la République par intérim. Si il était réélu, il n'aurait pas exercé plus de deux mandats consécutifs, en

conformité avec la Constitution, puisque le nouveau mandat ne serait pas officiellement successif aux deux précédents.

Il pouvait le faire, et donc avoir l'opportunité de rempiler pour au moins dix ans. C'était son plan. Pour parvenir à se faire réélire, il utiliserait à nouveau la menace de prise de pouvoir par l'extrême-droite et se présenterait comme l'ultime rempart de la démocratie qu'il avait pourtant tellement éborgnée depuis son arrivée à l'Elysée. Il suffirait d'organiser un appel grandiloquant de nombreuses personnalités peu après sa démission pour qu'il revienne sur sa décision et se représente à nouveau, pour cette fois en finir définitivement avec l'extrême droite, dirait-il, tout en reprenant notamment l'essentiel de ces idées abjectes. L'autre partie du plan était de provoquer de la division au sein du parti d'extrême-droite traditionnel, en promouvant tous les partis nationalistes et fachoïdes qui grouillaient autour, par le biais d'un accès facilité aux médias, comme il l'avait déjà fait pour la campagne de 2022, mais en plus massif encore. Il fallait s'assurer l'accès au second tour. Après, c'était du quitte ou triple.

Quand Hubert Collaro évoquait la fin du quinquennat comme la fin d'un règne, cela rendait Moncrane furieux intérieurement. Il savait qu'il aurait besoin de changer tout son entourage à partir de 2027 de toute façon. Il allait disrupter comme lorsqu'il avait trahi Jacques Edam avec fracas pour se lancer dans la course à sa succession.

C'était un pari audacieux, il le savait, mais en tant qu'ancien banquier d'affaires qui avait fait fortune lors de deals de fusions-acquisitions à plusieurs milliards avec commission de 1%, une fortune qu'il avait soigneusement cachée dans un trust à Jersey grâce à son employeur de l'époque, Moncrane aimait les prises de risques. Il n'avait de toute façon pas grand-chose à perdre, si ce n'est l'estime des derniers français retraités qui formaient encore son socle électoral, et il avait tout à gagner. Si ça ne marchait pas, il profiterait de son magot à Dubaï ou ailleurs, en compagnie de son ami et ex-locataire de l'Élysée Stéphane Kaposi, qui était parti en cavale depuis peu.



18 octobre 2025

Le moment était venu pour Xi Jinping. Cela faisait des décennies qu'il rêvait de cet instant. Il inscrirait définitivement son nom dans la grande histoire de la République Populaire comme étant celui qui aurait réuni la Chine. Les experts militaires lui avaient dit qu'il n'y avait plus de risque américain puisqu'il n'y avait plus aucun satellite d'observation en service en orbite basse, ni américain, ni russe, ni taiwanais, ni chinois, du reste. Le risque de riposte nucléaire était également fortement réduit. Ils avaient plusieurs jours d'avance avant que les américains ne réagissent.

Xi donna l'ordre à son chef d'état major. La flotte était prête depuis plusieurs années déjà. Le plan était simple : débarquement par surprise à la fois par les airs et les mers par tous les côtés de l'île simultanément. L'objectif était bien sûr de faire le moins de destructions possibles surtout dans les usines de semiconducteurs, qui était l'un des buts de guerre inavoués du dirigeant

autocratique. Sans satellites, les américains ne pourraient pas se rendre compte de l'ampleur du déploiement naval et aérien engagé. Des mouvements seraient probablement repérés par des observateurs locaux, mais cela ressemblerait aux nombreuses manœuvres de test qui avaient été menées par le passé.

Il fallait être opportuniste. La reprise de Taïwan avait initialement été planifiée par Xi pour le début des années 2030, mais la brutale disparition de tous les systèmes de surveillance en orbite avait changé drastiquement la donne en l'espace de quelques semaines. L'invasion pouvait avoir lieu dès maintenant, même si le nombre de navires n'était pas tout à fait celui qui avait été prévu dans les stratégies de l'état-major chinois. Le plus tôt était le mieux pour Xi, dont la santé n'était plus au top quoiqu'en disaient les médias chinois.

\*\*\*

Leon Misk regardait au loin à travers la baie vitrée de son bureau, vers le pas de tir où se dressait sous la pluie son lanceur Skyship depuis le mois d'août. Un écran de télé était allumé sans le son dans le coin du bureau.

Le lanceur géant avait été monté pour un 24<sup>ème</sup> essai en vol, et était resté en place à 2 km de là. On distinguait très bien sa forme phallique. Amir Khan entra.

— Leon, j'ai quelque chose à t'annoncer...

Misk ne se retourna pas.

— Tu sais Amir, je viens d'avoir une idée géniale ! On va nettoyer cette foutue orbite basse ! On va proposer une nouvelle technologie qui n'a encore jamais été essayée, j'ai pensé à un truc génial !

— Leon...

— On va fabriquer un bras articulé pour faire descendre les débris dans l'atmosphère, qui sera accroché à un grand réservoir pour les aspirer. On associe ça avec un filet métallique de plusieurs centaines de mètres de long pour ralentir la vitesse des gros débris, grâce à l'effet électromagnétique obtenu par son balancement dans le champ magnétique de la Terre...

— Leon...

— On va utiliser le Skyship pour emporter plusieurs gros aspirateurs à débris en un seul lancement, on va tout nettoyer en quelques années...

— Leon ! Redescend sur Terre ! On a tout perdu ! TU as tout perdu ! Regarde tout ça ! Ça ne vaut plus rien ! A peine le prix de la matière première, et encore ! Tu es ruiné, Leon ! GalactiX et Skylink ne valent plus rien, et on n'a plus personne ici ! L'action vaut 0,05 dollars, Leon ! L'économie mondiale a plongé à cause de la perte de tous les satellites en orbite basse et de l'impossibilité de lancer quoi que ce soit maintenant ! Plus aucun investisseur ne te fera confiance, Leon. C'est fini... La catastrophe est de notre faute, Leon ! Je suis venu te dire que c'est terminé pour moi aussi. Je pars, Leon...

Misk se retourna.

— Tu pars ?

— Oui, Leon, je n'ai plus rien à faire ici. Je ne peux plus mentir par omission, ou simplement mentir aux gens. Nous ne sommes pas des victimes de ce qui se passe, c'est bien nous les seuls responsables...

— Responsables ?

— Cette idée folle de dizaines de milliers de satellites... On n'en serait pas arrivés là si tu n'avais pas lancé cette folie !

— De quoi tu me parles, Amir ?

— Tu sais très bien que si tu n'avais pas voulu faire Skylink, tout ça ne serait jamais arrivé !

— Non, mais tu crois quoi, Amir ? Si on n'avait pas fait Skylink, les autres l'auraient fait !

— Les autres nous ont juste suivi, Leon... Tu étais considéré comme un visionnaire. Ils t'ont suivi parce qu'ils pensaient à tort que tu étais dans le bon chemin... Mais c'était une folie de lancer autant de satellites... une folie...

— Tu n'es pas fait pour ce job, en fait, à ce que je vois, fit Misk sur un ton cassant.

Amir Khan soupira en secouant la tête et sortit du bureau sans se retourner. Misk le regardait partir avec un sourire narquois.

— Quel bouffon, ce mec... marmonna-t-il.

Derrière lui, l'écran de télé montrait des explosions et des soldats asiatiques qui couraient en provenance d'un grand bâtiment d'où émanait une épaisse fumée noirâtre.



Donald Kessler l'avait prédit dès 1978. En cet été 2025, le nombre de satellites en orbite avait atteint une limite au-delà de laquelle l'impact d'un débris spatial provoquant une fragmentation pouvait avoir une conséquence catastrophique, déclenchant une réaction en chaîne qui allait tout emporter.

En seulement trois mois, le monde allait connaître un bouleversement sans précédent dans l'histoire des technologies. Après presque soixante dix ans d'avancées dans la conquête spatiale, le syndrome de Kessler tant redouté par les plus avertis avait bel et bien démarré, menant à une catastrophe orbitale aux multiples conséquences. Il faudrait désormais apprendre à vivre dans un nouveau monde.

**Impact** est le sixième roman scientifique de Eric SIMON, après Soixante nanosecondes (2013), Meurtre au Gran Sasso (2015), La dernière supernova (2017), Trous noirs en eaux profondes (2019) et CP 1919 (2022).

A télécharger gratuitement sur [www.ca-se-passe-la-haut.fr](http://www.ca-se-passe-la-haut.fr)