

# La fin du jig

Joe Hube

*Tchak !*

Là, sur le mur, l'horloge digitale mécanique vient d'avancer d'une minute. C'est le seul bruit qui domine le ronronnement de la climatisation dans la pénombre de la pièce.

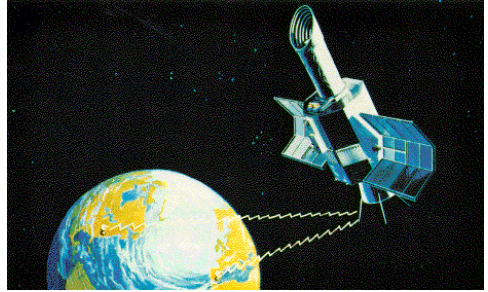
Plusieurs paires d'yeux se posent sur le cadran noir aux chiffres blancs comme pour lui imposer le silence. Ils se remettent ensuite à scruter les écrans en face d'eux. Ce ne devrait plus être long maintenant. Va-t-on enfin pouvoir dire vers où le satellite pointe dans les profondeurs sidérales ?

Une ambiance particulière règne ce jour-là dans la salle de commande de l'observatoire spatial. Un jeune astronome résident et un technicien, l'opérateur du petit télescope embarqué, s'emploient à résoudre une énigme.

Chose inattendue en effet, le champ stellaire initial où devait se trouver l'une des étoiles à observer, n'est apparemment pas celui que le télescope vise. Que s'est-il passé ? Un mauvais ordre a-t-il été envoyé au satellite ? Celui-ci a-t-il mal réagi aux commandes expédiées depuis le sol ? Ce serait une première.

D'autres personnes, visiblement inquiètes du temps qui passe, s'agitent autour des consoles. Deux d'entre elles, qui ne peuvent s'empêcher d'interférer, sont les astronomes visiteurs pour qui les observations sont conduites, ou du moins pour qui elles étaient prévues.

Ont-ils mauvaise conscience ? Ont-ils fourni des coordonnées erronées ?



***Lancement du satellite International Ultraviolet Explorer (IUE) le 28 janvier 1978 par une fusée Delta depuis le Kennedy Space Center en Floride. En haut, vue d'artiste du satellite dans l'espace avec visualisation de ses communications avec ses deux stations d'exploitation au sol : Greenbelt dans le Maryland et Vilspa non loin de Madrid. [Domaine public]***

---

*Repiqué de la chronique Échos des Hauts-Plateaux (<http://www.hautsplateaux.org>) avec l'aimable autorisation de l'auteur et de l'éditeur.*

Celles-ci, ainsi qu'une photographie du champ, ont normalement été vérifiées lors de la phase de préparation des observations.



Ce petit télescope spatial (45 cm) est le premier à fonctionner avec des astronomes visiteurs en temps réel. Mais ceux-ci doivent s'habituer à des procédures plus strictes que celles qui se pratiquaient jusqu'alors avec les instruments au sol.

Ainsi, ces astronomes visiteurs n'ont plus la main sur l'instrument. Ils doivent aussi passer par des filtres d'approbation et de validation de leur liste d'objets à observer, les *cibles*. Ceci est d'une importance opérationnelle critique.

Les cibles ont été approuvées en amont par un comité de sélection des programmes d'observation. Si l'intérêt scientifique est déterminant dans l'attribution du temps d'observation, comptent aussi la faisabilité et la conformité aux capacités de l'instrument.

Les doublons doivent également être évités, vu le temps précieux sur cet engin dont la durée de vie est limitée. S'il y a lieu, des collaborations sont suscitées entre groupes d'observateurs dont les intérêts scientifiques se rejoignent.

Sinon, il faut attendre l'expiration de la période d'exclusivité, fixée à un an, sur les données collectées : des spectres dans le domaine ultraviolet. Cette limite pousse d'ailleurs les observateurs originaux à travailler sans retard sur ces spectres et à publier les résultats de leurs investigations rapidement.

Tout cela favorise la rentabilité du télescope au profit du plus grand nombre, à la fois, d'objets ciblés et d'astronomes qui exploiteront les observations. C'est pourquoi, dans le même esprit, les visiteurs ne peuvent plus piloter eux-mêmes le télescope.

La séquence observationnelle est optimisée par un astronome résident, transmise à l'opérateur du télescope, sous le contrôle d'autres opérateurs supervisant globalement



*Les antennes des stations de poursuite d'un observatoire spatial ne pointent pas vers les objets astronomiques observés, mais vers le satellite hébergeant le télescope. Ci-dessus, les antennes émettrice (en haut) et réceptrice de la station européenne VILSPA. On notera l'environnement bucolique dans une petite vallée du haut-plateau de Castille, protégeant autant que possible les installations des interférences de la civilisation.*  
[© Auteur]

le satellite, le tout intégré dans une chaîne impliquant aussi des équipes gérant les ordinateurs, les antennes, la logistique, etc.

Certains visiteurs doivent se faire préciser que ces antennes ne pointent pas vers les objets observés, comme le ferait par exemple un radiotélescope, mais le satellite. C'est l'orientation dans l'espace du télescope embarqué qui est modifiée pour viser les cibles.

Ceci se fait en agissant sur des gyroscopes, eux-mêmes réagissant dans un système de référence constitué par des roues d'inertie dont il faut maintenir la vitesse de rotation entre certaines limites – en les « chargeant » ou les « déchargeant » – par des jets d'hydrazine, comme on a pu le voir dans la fusée de Tintin vers la Lune, où dans certains films d'expéditions spatiales.

Un *tchak* plus sonore que le précédent provoque un nouvel aller-retour anxieux des paires d'yeux vers l'implacable horloge. Cette fois, c'est une heure pleine qui vient de s'afficher avec le mouvement de tous les chiffres du cadran.

Dehors, il fait plein jour. Aujourd'hui, le ciel est couvert, mais le télescope embarqué n'est pas affecté par la météorologie locale terrestre.

Ses contraintes sont tout autres, bien différentes de ses cousins fonctionnant à partir du sol. Ainsi, les astronomes visiteurs ne retrouvent pas ici le couple d'horloges des observatoires au sol, indiquant le temps universel et le temps sidéral local. Ici, toutes les opérations se déroulent par rapport à un *temps Zoulou*, influence militaro-aéro-spatiale de l'ingénierie oblige<sup>1</sup>.

Quant au temps d'observation lui-même, il est attribué parcimonieusement aux programmes sélectionnés par tranches de huit heures, les *shifts*, parfois par demi-shifts seulement, mais aussi quelquefois sur plusieurs shifts consécutifs, ce qui implique une certaine gymnastique opérationnelle entre les stations au sol.

Car cet observatoire spatial est le résultat de la collaboration entre trois agences : la NASA, l'ESA et le SERC britannique<sup>2</sup>. La station où se déroule notre histoire est européenne. Elle accueille les astronomes relevant de l'ESA et du SERC, à raison d'un shift par 24 heures.



Aujourd'hui donc, la situation est tendue dans la salle pilotant le télescope depuis cette station dénommée Vilspa : le champ stellaire révélé par le satellite n'est pas du tout celui auquel on s'attendait.

Le jeune astronome résident en charge des observations est relativement nouveau dans sa fonction. En termes d'aviation, on dirait qu'il a peu d'heures de vol sur le satellite. Mais il a toute la qualification professionnelle requise. Et il a suivi à la lettre les procédures imposées.

Il a aussi vainement tenté d'identifier le champ mystérieux en se faisant aider par le *jig*<sup>3</sup>, une machine volumineuse, complexe, développée à grands frais par une firme industrielle.

<sup>2</sup> Pour une présentation historique de la *success story* que fut le satellite International Ultraviolet Explorer, voir « IUE : Tranquille faiseur d'histoire », *Le Ciel* 73 (2011) 91-95 en <<http://www.potinsduranie.org/leciel1103.pdf>>.

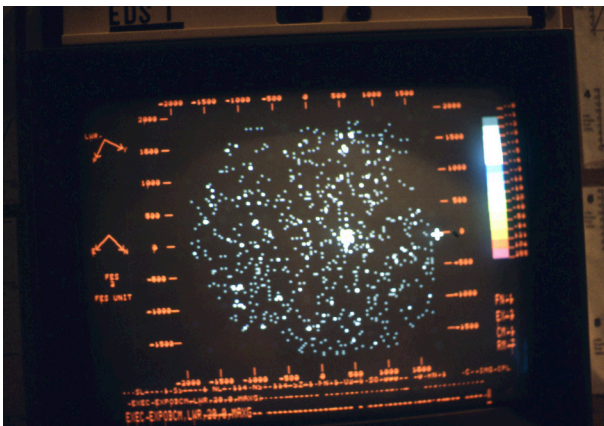
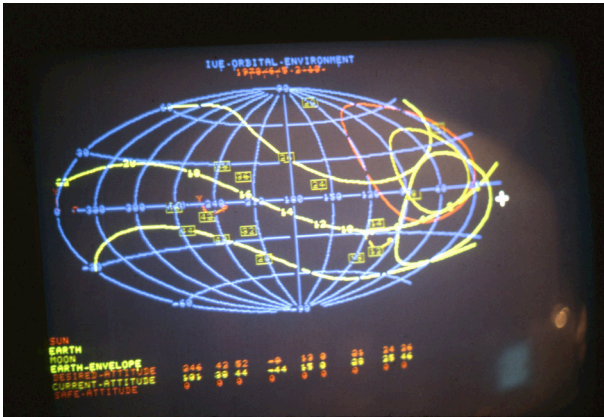
<sup>3</sup> Un *jig* (dans ce contexte) est le nom souvent donné en anglais à un outil fait sur commande et utilisé pour contrôler le positionnement ou le mouvement de pièces ou d'autres outils.

<sup>1</sup> Le temps Zoulou (Zulu en anglais, symbole Z) est équivalent au temps moyen de Greenwich (GMT), pour notre propos assimilable au temps universel coordonné. Le temps sidéral donne l'ascension droite des astres passant au méridien.



En haut, vue générale de la table de commande (ultramoderne à l'époque) du télescope à bord du satellite International Ultraviolet Explorer. Au milieu, une illustration des contraintes d'observation du ciel vu depuis le satellite à environ 36.000 km d'altitude : le grand « cercle » rouge à droite est la zone à éviter autour du Soleil, avec ce jour-là celle de la Lune en son intérieur « cercle » glissant le long des « rails » sinueux au cours de l'orbite du satellite. Le pointage du moment du télescope est aussi indiqué, de même qu'un certain nombre de cibles du programme observationnel du shift. La photo du bas illustre un champ stellaire vu par le télescope. Beaucoup des pixels de faible intensité ne sont rien d'autre que du bruit de fond de la caméra de champ, rendant parfois difficile l'identification d'objets faibles. Quelques étoiles plus brillantes se distinguent facilement, avec la cible à observer au centre de l'écran.

[© Auteur]





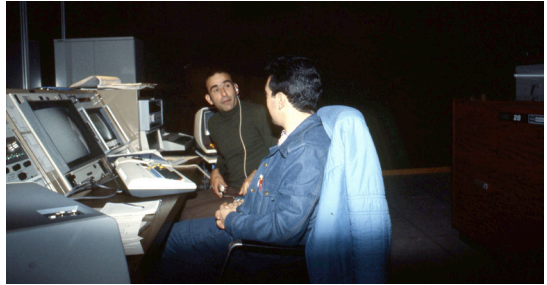
Cet engin, conçu par des non-astronomes, est censé reproduire les mouvements du télescope sur des plaques du POSS, le levé du ciel effectué avec le télescope Schmidt de 48" (122 cm) du Mont Palomar en Californie<sup>4</sup>. Mais toutes les tentatives avec cette machine se révélèrent infructueuses.

Cet échec répété a justifié de rappeler en urgence de chez lui un astronome senior chevronné. C'est lui qui a le plus d'expérience observationnelle, non seulement sur le satellite, mais auparavant avec des télescopes au sol en différents points du globe. Il a accumulé des milliers, peut-être des dizaines de milliers d'identifications de champs stellaires. Réussira-t-il à nouveau là où le jig fut impuissant ?

Car ce n'est pas la première fois qu'on fait appel à lui. Il a fait ses preuves en reprenant en mains des situations où d'autres avaient échoué malgré moult efforts chronophages, ce qui lui a déjà valu quelques bouteilles de champagne.

Les opérateurs du satellite lui font une totale confiance, renforcée par la bonne ambiance de travail qu'il a su développer avec eux, notamment juste après le lancement, lors de la certification du satellite.

Il sera d'ailleurs mis ultérieurement en charge des opérations scientifiques sur le satellite car sa connaissance technique de



*Sur cette photographie prise le 4 mars 1978 dans la salle de commande de l'observatoire IUE à la station européenne Vilsba, un astronome senior résident (André Heck, au premier plan) et un opérateur du télescope (Fernando Tévar Fernández, en arrière sur la gauche) planifient, pendant la collecte d'une image, les opérations suivantes à effectuer sur le satellite. Cette politique d'optimisation en temps réel et l'économie résultante de l'hydrazine nécessitée pour les manœuvres ont largement contribué, non seulement à l'exceptionnelle productivité scientifique du satellite, mais aussi à une impressionnante extension de sa durée d'exploitation : quasi 19 ans contre les 2,5 à 5 ans prévus initialement au cours desquels plus de 100.000 observations spectrographiques de toutes sortes d'objets célestes furent réalisées dans le domaine ultraviolet. Une partie du jig se devine sur la droite de l'illustration.*  
[© Auteur]

<sup>4</sup> Le Palomar Observatory Sky Survey (POSS) est un levé systématique du ciel couvrant les déclinaisons de -34° à 90° par des plaques de 14" (6° de côté) prises dans le bleu et le rouge. Ces 936 paires de plaques furent obtenues entre 1949 et 1958. Elles révèlent des astres jusqu'à la magnitude 22. Le télescope Schmidt fut baptisé en 1986 (donc bien après la complétion du POSS) du nom de Samuel Oschin (1914-2003) après un don de ce philanthrope à l'Observatoire du Mont Palomar.

Ce levé fut complété par un autre de l'hémisphère sud (de -20° à -90°) réalisé conjointement par les télescopes Schmidt de l'ESO à La Silla (Chili) et du SERC à Siding Spring (Australie) au cours des années 1974-1987 – donc encore en cours lors du lancement du projet IUE.

l'engin complète à merveille son instinct et son expérience comme observateur.

Une de ses premières actions est de faire sortir de l'observatoire toutes les personnes inutiles, et en particulier les générateurs de confusion. Les astronomes visiteurs, des latins plutôt exubérants et de plus en plus nerveux, ont pu perturber l'opérateur du télescope.

Ils doivent vider les lieux, à contrecœur, mais l'autorité de l'astronome senior en la matière ne souffre pas de contestation.

Dans le calme enfin rétabli, le travail de celui-ci est aussi de rassurer cet opérateur du télescope, anxieux d'avoir fait une bêtise. Cet homme, un ancien contrôleur aérien réputé pour sa gentillesse, est parfois trop sensible à ce qui se passe autour de lui.

Toujours avec une bonne intention de plaire, s'est-il empressé d'envoyer au satellite des instructions sans les vérifier soigneusement, enchaînant les commandes sans de nécessaires instants de pause à la réflexion de ce qu'il faisait ?

Il faut évidemment commencer par là, s'assurer que la suite des mouvements de pointage fut correctement exécutée. C'est vrai que le champ d'identification est tout petit (à peine 16') par rapport à l'immensité du ciel. Rien qu'un petit décalage aurait pu rendre l'astérisme attendu méconnaissable.

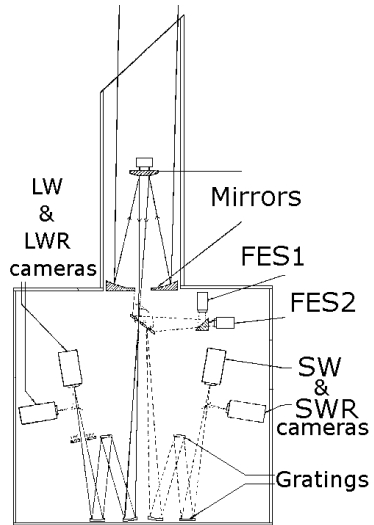
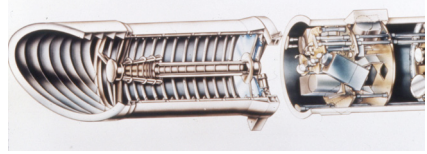
Une dérive due à l'effet du vent solaire sur les panneaux solaires du satellite s'est déjà produite par le passé, mais elle serait corrigée par la surveillance exercée dans la chambre de commande contiguë à l'observatoire. Et le Soleil est actuellement calme, donc normalement sans effet appréciable sur l'engin.

L'astronome résident doit aussi faire confiance à son collègue ayant vérifié la veille le matériel des visiteurs – coordonnées des cibles et petites cartes d'identification – durant la phase de préparation des observations.

Tout cela paraît en effet en ordre. Si le mystère du champ obtenu précédemment reste entier à ce stade, le senior compte bien le résoudre avant la fin du shift afin de transmettre le satellite avec une position connue à la station américaine. Il y va de l'honneur de la station européenne !

Il reprend pas à pas – grâce à une heureuse trace écrite sur l'imprimante du poste – la séquence des commandes envoyées au satellite. Dans sa tête, il en imagine les effets directionnels sur la sphère céleste.

Depuis la position initiale qui était correcte, il visualise dans son esprit, l'un après l'autre, les différents pivotements exécutés par le satellite selon ses trois axes. Tout cela paraît aussi correct, même si, dans sa précipitation bienveillante, l'opérateur a envoyé un ordre parasite qu'il s'est empressé de corriger.



*Vues explosée et schématique de l'instrument scientifique (télescope + spectrographes + caméras) à bord de l'International Ultraviolet Explorer. Le pointage du télescope, c'est-à-dire le positionnement des objets à observer sur les fentes d'entrée des spectrographes se fait à partir des images fournies par les caméras de champ (« FES »). Les spectrographes peuvent fonctionner en basse (6 à 7 Å) ou haute (0,1 à 0,3 Å) résolution, celle-ci étant obtenue par l'insertion d'un réseau (« grating ») sur le trajet des rayons lumineux. Deux domaines de longueurs d'onde peuvent être enregistrés : courtes (SW) et grandes (LW) correspondant respectivement aux zones allant en gros de 1150 à 2000 Å et de 1900 à 3200 Å. Comme de coutume dans les expériences spatiales, tout est doublé (1 & 2, R = redondant).  
[© Domaine public]*

L'astronome répercute toutes ces manœuvres sur le cliché du POSS posé devant lui. Ce n'est pas donné à tout le monde de projeter sur un plan les pivotements sur les trois axes – *roll*, *yaw*, *pitch* – du satellite. Et, en bout de course, 16' ne font pas plus de 14 mm sur les champs palomariens. Une loupe est bien utile.

Tout ceci prend un certain temps. Il est évident que les visiteurs perdront ce shift, mais il leur sera compensé. Il est avant tout critique de « récupérer l'attitude du satellite », en d'autres termes de savoir où il pointe exactement.

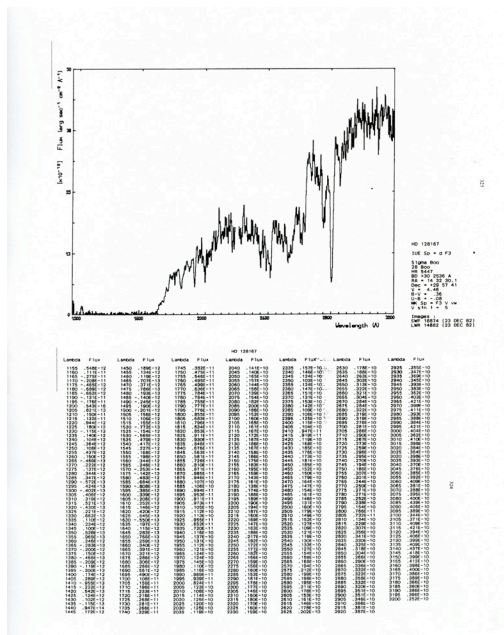
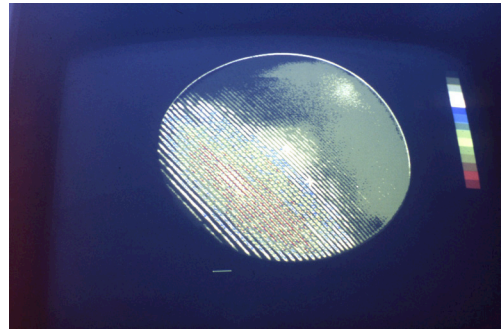
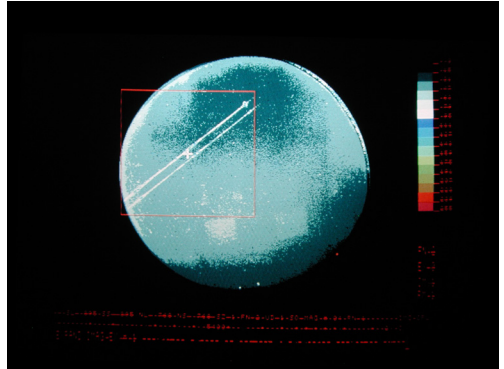


Rien n'est plus hasardeux qu'un engin aveugle, d'autant plus qu'il est équipé d'instruments ultra-sensibles qui pourraient être anéantis par une exposition accidentelle à des astres trop brillants.

L'affaire n'est pas anodine. Les risques d'un dépointage non contrôlé sont bien réels. En dépit de certaines sécurités de protection, des manœuvres au hasard sont à proscrire.

Des objets comme le Soleil, la Lune, la Terre elle-même, aussi Vénus et Sirius, doivent être évités car leur luminosité est trop importante pour certains instruments auxiliaires du télescope.

*Visualisation sur les écrans de contrôle de spectres à basse résolution (en haut) et à haute résolution (au milieu). Ce dernier est du type échelle, les ordres se présentant parallèles sur les caméras d'enregistrement. Après passage par un logiciel de traitement d'images, les spectres peuvent être représentés sous forme graphique et tabulaire comme ci-dessus pour le spectre à basse résolution de HD 128167 (σ Boo).*  
[© Auteur]



Si des obturateurs de protection ont été installés, rien ne garantit qu'ils fonctionneront et, s'ils le font, qu'ils se rouvriront une fois le danger écarté. Il est déjà arrivé que des satellites fonctionnent parfaitement, mais restent inopérants à cause d'un couvercle obstinément clos.

Certes, tous ces mécanismes ont été dûment testés au sol avant le lancement, mais – par prudence – pas encore activés dans l'espace. Et, en cas de panne, aucun moyen ne permet encore d'aller jouer les réparateurs à 36 000 km de la Terre.



La reconstitution des mouvements successifs du satellite se fait donc manœuvre après manœuvre. Notre astronome est de plus en plus sûr de son fait. Le staff compte sur lui et attend le verdict. Face à l'échec du jig, ils n'ont rien à perdre. Le cerveau humain va-t-il triompher là où la mécanique informatique de l'époque – une intelligence artificielle très primitive – a lamentablement échoué ?

L'astronome suggère de décaler le télescope vers un champ voisin identifiable à coup sûr par un groupe d'étoiles plus brillantes que celles proches du bruit de fond dans le champ actuel. Le risque est mesuré car, gardant une trace précise de l'instruction et une photo du champ de départ, il sera toujours possible de revenir exactement en arrière pour une autre tentative.

L'ordre est donné aux gyroscopes. Mouvement lent du satellite agissant sur ses roues d'inertie. Patiente collecte des photons. Suspense durant la transmission du cliché numérisé vers la station au sol et la reconstitution de l'image dans les ordinateurs de l'observatoire. Les minutes s'égrènent. Visualisation sur l'écran de la table de contrôle.

Aucun doute, c'est le champ espéré, à peine excentré. Mise à jour précise de la position. Vérification vers un autre champ aisément identifiable. Pointage correct à

nouveau. Les opérations peuvent donc être relancées.

Retour vers le champ initial car il faut comprendre ce qui s'est passé avec la cible problématique des observateurs latins.

L'astronome expérimenté va à nouveau avoir la bonne intuition. Déjà plus d'une fois, son cerveau s'est montré plus performant que le jig. Il voit ici ce que la machine ne peut voir car cela ne rentre pas dans sa logique : le champ pointé est correct, mais il y manque une étoile, une absence suffisante pour rendre impossible une identification voulue automatique.

Où est cette étoile ? Elle n'est pas identifiée comme un objet variable. Elle devrait donc être bien visible. A-t-elle explosé, victime d'un phénomène cataclysmique ? C'est peu probable.

L'astronome s'interroge alors sur ce qu'il voit exactement. Ce n'est pas le ciel, mais une image du ciel reflétée par un miroir placé au foyer Cassegrain du télescope. Ce miroir n'est pas entièrement réfléchissant. Il est percé des fentes d'accès aux spectrographes de l'instrument astronomique. Il comporte aussi quelques points de sensibilité différente utilisés pour des calibrations photométriques des instruments.

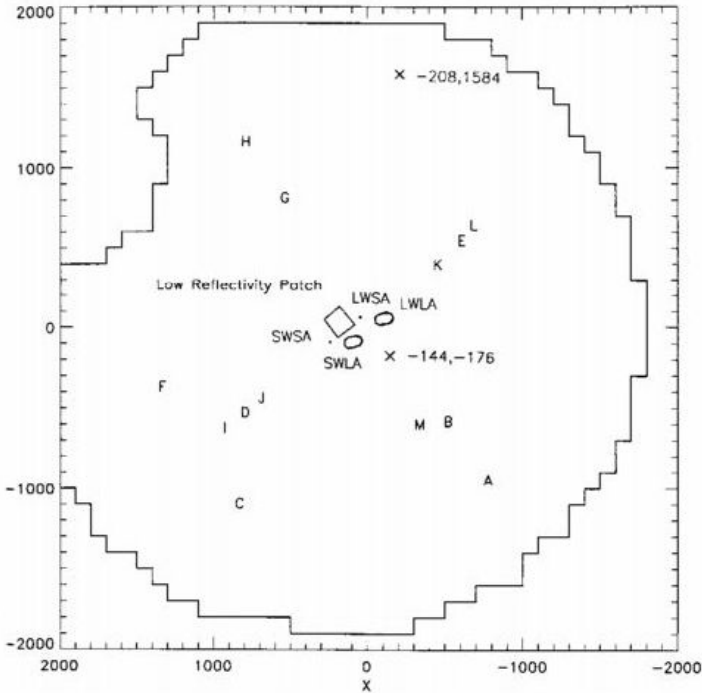
L'étoile absente du champ se serait-elle fichée exactement dans l'une des ouvertures et devenue invisible, défigurant le champ ? C'est ce qui se vérifie avec un micro-déplacement du télescope faisant réapparaître l'étoile. On se souviendra de ce piège possible dans les opérations futures.

Tous les astres attendus sont bien là maintenant. Le pointage est connu avec exactitude. Les grands mouvements du satellite vont pouvoir être repris en toute sécurité.

Mais toutes ces vérifications ont pris du temps. Il va falloir passer la main à l'agence américaine pour sa part d'observations depuis l'autre côté de l'Atlantique. Les astronomes visiteurs recevront une compensation de temps d'observation.







*Schéma du miroir de champ au foyer Cassegrain du télescope avec indication des fentes d'entrée des spectrographes et des marques de calibration. [Domaine public]*

Le plus important est de tirer quelques leçons pertinentes de l'incident, même si un minimum de temps a été « perdu » grâce à l'expérience et au professionnalisme des servants du satellite.

L'astronome senior a négligé le jig qui lui a toujours paru être un engin pataud et inadapté. Travaillant directement sur les clichés du POSS, il a retracé le périple des pointages successifs du télescope.

Pendant ce temps, le jeune astronome résident s'est fait discret. Mais il a enregistré la façon de procéder de son aîné. Il a appris.

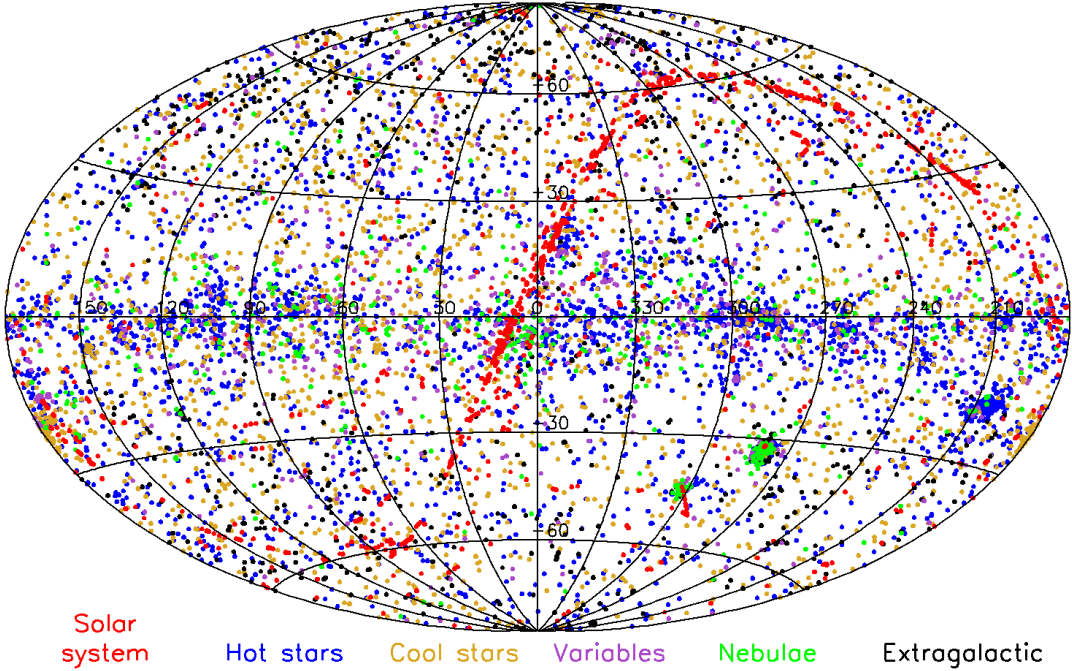
Ce jig sera définitivement mis hors jeu. L'espace libéré sera judicieusement utilisé pour une simple table lumineuse et un espace de travail avec de la documentation utile aux

opérations scientifiques. Le chemin vers une intelligence artificielle digne de ce nom est encore long – et le sera encore très longtemps – au-delà du *buzzword* dont le principe a été affublé.

Le nombre de personnes acceptées dans l'observatoire sera limité. Elles seront tenues de conserver leur calme et de rester à distance des opérateurs. L'astronome résident aura l'autorité d'exclure les fauteurs de troubles.

Quant aux opérateurs du satellite, ils devront garder leur sang-froid en toute circonstance, n'accepter des indications que de l'astronome résident et ne lancer les mouvements satellitaires qu'après due vérification auprès de celui-ci.

### IUE Observations



*Distribution en coordonnées galactiques (0° au centre) des observations réalisées par le satellite International Ultraviolet Explorer d'après le « Final Merged Log of IUE Observations » (NASA-ESA 2000). Ce petit télescope spatial fut le précurseur de nombre de nouvelles techniques et politiques appliquées aujourd'hui à la gestion d'instruments tant au sol qu'en orbite, ainsi qu'aux données collectées. Elles ont été détaillées dans l'article mentionné en note de bas de page n° 2.  
[Graphisme : L. Cambrésy]*