

# ISEE-3, revenant de l'espace\*

*Yaël Nazé*

---

Il était une fois une sonde spatiale, détournée par un pirate de la mécanique céleste, et qui vogua longtemps, seule, avant de revenir dans nos parages. C'est là qu'une bande de Terriens entreprirent de la ramener à la maison. Elle s'appelait ISEE-3 et voici son histoire.

## 1. Mission première

Au départ, il s'agissait d'une histoire de Soleil. On essayait de comprendre comment le vent solaire, variable au gré des humeurs de notre astre du jour, interagissait avec le champ magnétique terrestre. Ce genre d'études est aujourd'hui devenu très courant, un domaine à part entière appelé « space weather ». À la fin des années 1970, par contre, ces études débutaient... Dans le cadre d'un programme conjoint NASA-ESA, les Américains construisirent alors trois sondes, les ISEE – International Sun Earth Explorer – destinées à mieux comprendre les relations Soleil-Terre.

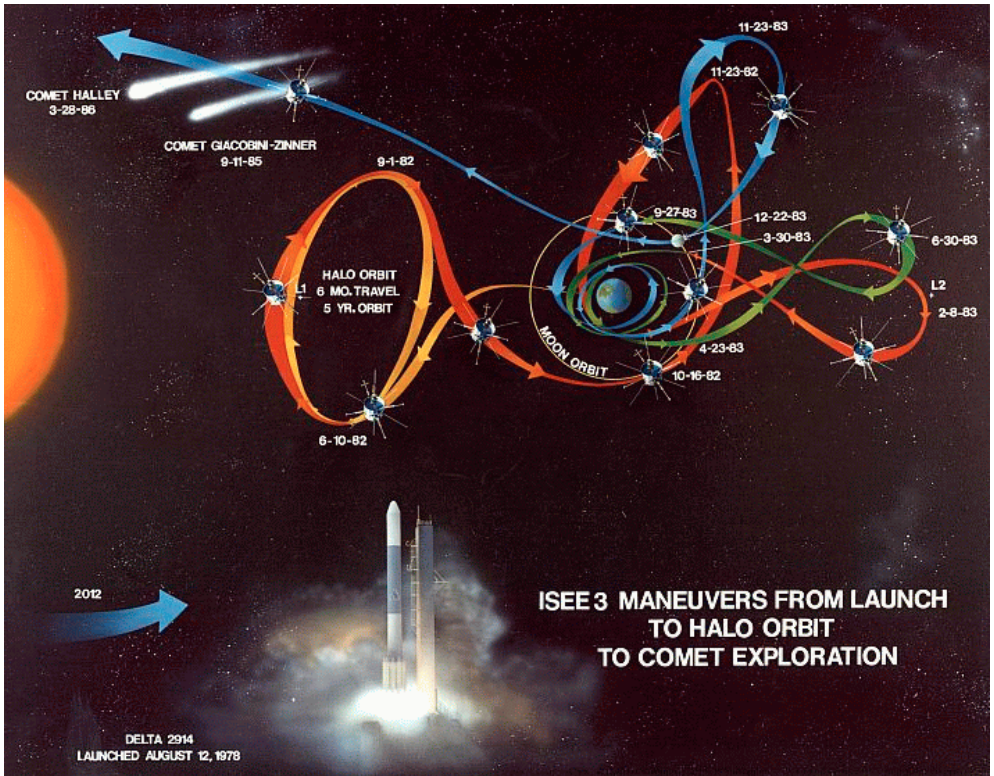
La troisième, aussi appelée Explorer 59, fut lancée en 1978 et rejoignit immédiatement un poste d'observation original : le point de Lagrange L1. Il s'agit d'un des cinq points d'équilibre dans le système Soleil-Terre. Il est situé à 1,5 millions de kilomètres de notre planète, dans la direction du Soleil, et permet d'observer ce dernier en continu. Un endroit privilégié, qu'aucune sonde n'avait investi auparavant. Avec ses 14 instruments, la pionnière ISEE-3 commença l'étude du vent solaire.



*ISEE-3, 390 kg en 2014, est un cylindre de 1,7 m de diamètre pour 1,6 m de hauteur, mais elle atteint une envergure de 91 m une fois les bras du magnétomètre déployés. La sonde est stabilisée par rotation, en tournant presque vingt fois par minute. (NASA Goddard Spaceflight Center)*

---

\* Publié en même temps dans l'*Astronomie* d'avril # 129, pp 18-21 avec l'autorisation de la SAF



**ISEE 3 MANEUVERS FROM LAUNCH TO HALO ORBIT TO COMET EXPLORATION**

*Trajectoire d'ISEE-3.  
(NASA Goddard  
Spaceflight Center)*

Cette brave sonde travaillait tranquillement quand elle vit son destin basculer. Au début des années 1980, on préparait le retour de la comète de Halley avec ferveur. Toutes les agences spatiales désiraient envoyer une sonde près de la comète. Au départ, NASA et ESA devaient travailler ensemble, mais la NASA se retira du projet... L'ESA continua seule, mettant sur pied la sonde Giotto, première sonde européenne interplanétaire. Voyant les préparatifs se poursuivre, tant chez les Européens que les Russes ou les Japonais, il y eut un doute outre-Atlantique : n'aurait-on pas dû envoyer une sonde ? Seulement voilà, il était trop tard : imaginer, construire, et lancer un vaisseau spatial scientifique demande pas mal de temps... et aussi de l'argent, pas vraiment disponible à ce moment-là.

C'est alors que Robert Farquhar, spécialiste de la mécanique céleste, eut une idée. Il avait envoyé une sonde au point de Lagrange L1, une sonde avec beaucoup d'instruments... Bien sûr, elle n'était pas prévue pour cela, elle n'avait pas de carburant pour se lancer dans des manœuvres compliquées. Par contre, elle pouvait utiliser adroitement les conditions gravifiques exceptionnelles des points de Lagrange et les interactions planétaires ou lunaires (effet de fronde gravitationnelle) pour aller rejoindre... deux comètes ! Farquhar exposa son idée et eut le feu vert pour détourner ISEE-3.

Rebaptisée ICE – International Cometary Explorer, la sonde quitta L1 à l'été 1982, survola la Lune en octobre de la même année, puis vogua du côté de L2 (un autre point de Lagrange, symétrique à L1 par rapport à la Terre) et repassa près de la Lune en décembre 1983. Une fois ainsi lancée, elle alla frôler à 7800 km la comète Giacobini-Zinner en septembre 1985, devançant tous les autres projets cométaires. Six mois plus tard, elle passait à 28 millions de kilomètres de la comète de Halley. Elle entama ensuite une mission interplanétaire, mais elle ne faisait plus grand-chose à la mi-1995. La NASA la donna, symboliquement, au Smithsonian Museum, vérifia encore son statut en 1999 et 2008, puis l'oublia...

## 2. Renaissance de la sonde zombie

Farquhar, lui, n'oubliait pas son petit « bébé ». Les scientifiques étudiant le space weather l'avait accusé d'avoir volé leur sonde, mais il avait protesté : il n'avait fait que l'emprunter et se jurait de la leur rendre. Après la mission cométaire, il avait fait subir à la sonde quelques manœuvres de son cru, pour la mettre sur une trajectoire qui l'amènerait près de la Terre en... août 2014. Son idée : dévier une fois encore la sonde, pour la remettre à sa place. Il tiendrait donc sa promesse... après 32 ans quand même ! Ou alors, envoyer la sonde vers une autre comète – il avait déjà fait tous ses calculs pour ce faire.

Du côté de la NASA, on ne partageait pas vraiment l'enthousiasme de cet ancien employé de 80 ans. ISEE-3 était de l'histoire ancienne ; de plus, on n'avait déjà pas d'argent pour les missions en cours, et très peu pour de nouvelles missions, on n'allait pas dépenser des ressources pour un vieux machin. Le 10 avril 2014, la décision est officielle : la NASA ne fera rien pour ISEE-3. Restait un seul espoir : le public. Quatre jours après cette annonce, un groupe de mordus emmenés par Dennis Wingo et Keith Cowing décident en effet de lancer une campagne de levée de fonds (crowdfunding) : en moins d'un mois, on dépasse l'objectif – plus de 160 000\$ sont récoltés grâce à un peu plus de deux mille

donneurs (43% d'entre eux ont donné 10\$ ou moins). Vu le succès, la NASA signe le 21 mai, pour la première fois de son histoire, un Space Agreement Act, un accord permettant à des privés de communiquer et de contrôler une de ses sondes.

Évidemment, les choses ne sont pas simples. La sonde n'a plus de batterie depuis 1981 (elle l'a perdue le jour où Farquhar eut une attaque...) et elle ne peut donc travailler qu'en temps réel. De plus, elle n'emporte aucun ordinateur de bord : elle agit comme une grosse télécommande, obéissante mais peu entreprenante. Wingo & co n'hésitent d'ailleurs pas à dire « votre toaster est plus intelligent » ! Cela implique qu'il faut lui envoyer tous les ordres, et correctement, dans une « langue » que la sonde comprend... sauf qu'entre-temps, les protocoles ont changé, les sondes sont équipées d'ordinateur de bord, et tant le matériel que le savoir-faire artisanal de ce temps-là se sont perdus au gré des mises à la retraite et des évolutions informatiques. Au printemps 2014, il est devenu impossible de communiquer avec ISEE-3 ! Heureusement, la NASA fournit les manuels qu'elle possède encore, permettant petit à petit à l'équipe d'*ISEE-3 reboot* de reconstruire la façon de parler à la sonde, et la façon de comprendre ce qu'elle envoie. Mais le temps presse : plus le temps passe, plus la manœuvre sera difficile et si la sonde n'est pas manœuvrée avant la mi-juillet, on la perd pour de bon. Cela laisse peu de temps pour tout faire...

## 3. Contre la montre

Trois mois... seulement trois mois pour tout connaître de la sonde. L'équipe d'*ISEE-3 reboot* ne baisse pas les bras. Elle s'installe dans un vieux Mc Do installé aux abords de la base NASA d'Ames, à Mountain View (Californie). Première mission : repérer la sonde – enfin, repérer plutôt le signal qu'elle émet. Il s'agit d'un simple « bip », une porteuse comme on dit en langage technique : normalement, les sondes mises à la retraite ne « disent » plus rien mais – coup de bol extraordinaire – on n'a jamais éteint complètement ISEE-3... Et dès le mois de mars 2014, des



***Le Mc Moon, ancien restaurant d'une chaîne bien connue, transformé en centre de contrôle pour ISEE-3.  
(D. Wingo)***

***Dennis Wingo, heureux d'être à Arecibo en train de prendre le contrôle d'ISEE-3.  
(D. Wingo)***



admirateurs d'ISEE-3 avaient enregistré son signal, notamment des amateurs de Bochum (Allemagne). Le signal est donc bien là, reste à le suivre en détail et à tenter de « parler » à ISEE-3, avant de le commander. Outre Bochum, le projet se trouve donc une antenne supplémentaire, de 21 m de diamètre et située à Morehead (Kentucky), sans compter sur d'autres volontaires motivés, comme ceux du Allen Telescope Array du projet SETI.

Mais pour véritablement prendre le contrôle, il faut une antenne d'exception : ce sera le radiotélescope d'Arecibo ! La première et dernière fois qu'on a contrôlé un satellite depuis Arecibo, c'était dans un James Bond... mais ici, on n'est pas dans la fiction. Une petite équipe, emmenée par Wingo, arrive donc à la mi-mai près de l'immense antenne. Deux jours après leur arrivée, le 19 mai, ils détectent le signal de la sonde, mais ils se rendent vite compte qu'il y a un problème : le signal est faible, et décline encore. Après quelques jours de réflexion, ils se rendent compte qu'ils écoutent la sonde « de côté » et non

« de face » : la sonde n'est donc pas à sa place. Après quelques calculs, la panique s'installe : la sonde serait en effet à plus de 250 000 km de là où on l'attendait. Avec cette position, et l'erreur sur celle-ci, il se pourrait que le 10 août, la sonde ne frôle pas la Lune mais s'y écrase ou, pire, qu'elle joue au billard avec des sondes en orbite terrestre. Cette fois, c'est certain : il faut reprendre le contrôle et dévier la trajectoire.

Le 28 mai, un tremblement de Terre frappe Puerto Rico. Heureusement, ni les hommes ni le matériel ne sont touchés et, dès le lendemain, l'équipe d'*ISEE-3 reboot* arrive à parler à la sonde. Ils lui intiment l'ordre de préciser l'état de ses constituants – ce que l'on appelle la télémétrie. On vérifie tout, y compris l'état des instruments scientifiques, qu'un hasard extraordinaire a, là aussi, laissés en attente, prêts à retravailler. Petit à petit, l'espoir gagne du terrain... mais il reste l'incertitude sur la position. Seule façon de vérifier exactement où se trouve la sonde : le *ranging*. Il s'agit d'un code, que la sonde doit renvoyer immédiatement : le temps mis pour l'aller-retour donne la distance de la sonde, et le changement de fréquence, par effet Doppler, indique la vitesse de celle-ci. Après plusieurs ratés<sup>1</sup> et un peu de bidouillage<sup>2</sup>, les antennes du DSN, réseau officiel de communication de la NASA, se mettent en contact avec ISEE-3 les 26 et 27 juin et vérifient où elle se trouve. Heureusement, les nouvelles sont bonnes. La sonde se trouve à 30 000 km seulement de l'endroit prévu. Une bonne nouvelle n'arrivant jamais seule, ISEE-3 effectue, le 1<sup>er</sup> juillet, sa première mesure scientifique depuis presque trois décennies...

Mais il reste encore à effectuer la manœuvre de correction de trajectoire. Le 2 juillet, l'équipe de Wingo réussit à rallumer la propulsion, forçant la sonde à tourner sur elle-même un peu plus vite. C'est une victoire importante : en la faisant tourner à la vitesse prévue dans les manuels, on peut en effet savoir exactement comment commander les moteurs – tout est calibré, ce qui facilite la manœuvre. Le 8 juillet, on commence donc la manœuvre de correction. La première partie se déroule sans problème, mais la deuxième ne donne rien. L'équipe, désespérée, fait appel au public : dans les heures qui suivent, divers responsables propulsions leur répondent. Ils tentent alors diverses séries de commandes, mais rien ne fonctionne. Malgré de nombreuses tentatives, les moteurs ne répondront plus par la suite. Ils découvrent finalement que le problème ne vient pas des réservoirs – il reste de l'hydrazine – mais bien de l'azote, qui fournit la pression nécessaire pour envoyer l'hydrazine vers la chambre de combustion. Où est-il passé ? Mystère, encore non élucidé à ce jour.

Le 24 juillet, l'équipe reconnaît sa défaite. ISEE-3 ne retournera pas en L1, mais le 10 août 2014, elle frôle bien la Lune, quasi sur la trajectoire calculée par Farquhar... ISEE-3 entame alors une nouvelle mission, celle d'observatoire interplanétaire citoyen (<http://spacecraftforall.com/>) : cinq de ses 14 instruments fonctionnent en effet sans problèmes. Toutefois, le 16 septembre, les communications s'interrompent – la sonde est passée en « safe mode », sa manière de crier au secours. L'équipe s'active toujours, à l'heure actuelle, pour relancer son activité. Ce qui est sûr, c'est qu'avec sa nouvelle orbite, proche de celle de la Terre, la sonde recroisera notre planète en 2015 (à 30 millions de kilomètres) puis la frôlera en 2029 – deux occasions de réactiver la sonde-zombie ? Entre-temps, la sonde nous aura fait rêver : la mécanique céleste, ce n'est pas seulement de longs calculs compliqués et peu amènes – c'est aussi une véritable aventure spatiale !

<sup>1</sup> Le protocole initial prévoyait de mettre la sonde dans le mode *ranging* juste avant de se lancer dans les mesures, sinon on repassait en mode « bip » simple (émission de la porteuse)... mais l'équipe l'ignorait, et n'a trouvé l'information qu'après bien des recherches !

<sup>2</sup> Le DSN n'avait plus d'encodeur pour transmettre les informations vers ISEE-3 (ou les recevoir) : l'équipe a donc dû détourner une carte son d'un simple ordinateur pour jouer les entremetteurs...