

## LES POTINS D'URANIE

AL NATH

La très sérieuse revue "La Recherche" annonçait dans son numéro de janvier 1984 que le satellite IRAS allait cesser ses opérations le 7 du même mois. En réalité, l'engin s'était éteint le 21 novembre 1983 et "La Recherche", victime de ses délais d'impression, rétablit les choses dans son numéro de février.

IRAS (pour Infra-Red Astronomical Satellite) avait été lancé depuis la base de Vandenberg en Californie le 26 janvier 1983 (v. Potins d'Uranie d'avril 1983, p. 83) et était le fruit d'une collaboration entre les Etats-Unis, les Pays-Bas et le Royaume-Uni. Travaillant dans le domaine infrarouge (IR), il a, en quelques mois, donné une nouvelle vision spectaculaire de notre environnement cosmique. Aux côtés de TDI, Telescope, IUE (pour l'ultraviolet), Uhuru, Einstein, EXOSAT (rayon X), COS-B (rayons gamma) et bien d'autres, IRAS est ainsi à placer dans la grande galerie historique des observatoires spatiaux. S'affranchissant de la barrière atmosphérique, ces satellites ont donné une image de l'univers dans des domaines de longueurs d'onde autrement inaccessibles.

Bien que toutes les données collectées par IRAS n'aient pas encore été dépouillées et qu'il faudra encore longtemps avant qu'elles ne soient complètement exploitées, on peut déjà dresser un premier tableau des apports remarquables de ce satellite particulièrement bien adapté pour percer les nuages de poussières interstellaires et étudier les astres froids tels que les berceaux d'étoiles naissantes, les étoiles moribondes, les comètes, les astéroïdes, etc.

\* \* \*

IRAS était un engin de 3,6m de longueur et de 2,2m de largeur qui pesait 1073 kg (v. figure 1). Son orbite quasi-circulaire (périgée : 896 km - apogée : 913 km) et quasi-polaire (99° d'inclinaison sur l'équateur) avait une période de 103 minutes. Au bout de ses 14 révolutions quotidiennes, IRAS avait précessé d'environ 1°, ce qui lui permettait de rester en permanence au-dessus du terminateur terrestre et de balayer tout le ciel en six mois (v. figure 2).

Le télescope d'IRAS, ouvert à  $f/9,6$ , avait un miroir en béryllium de 57cm de diamètre à l'arrière duquel se trouvaient une série de détecteurs permettant de représenter le ciel en quatre couleurs centrées sur les longueurs d'onde de 12, 25, 60 et 100 microns ( $\mu$ ), et couvrant au total l'intervalle de 8 à 120  $\mu$  avec une résolution spatiale de  $1 \times 4$  arc min<sup>2</sup>. Des petites régions pouvaient être analysées avec une sensibilité et une résolution angulaire plus grandes. Par ailleurs, un spectromètre à basse résolution pour la gamme de 8 à 23  $\mu$  et un photomètre à deux canaux (41-63  $\mu$  et 84-114  $\mu$ ) venaient compléter l'instrumentation auxiliaire.

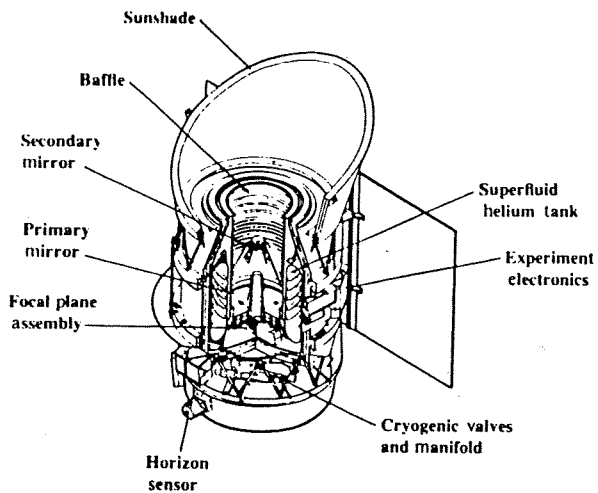


Fig. 1. Schéma du satellite IRAS. Le système optique est refroidi à moins de 10°K par de l'hélium superfluide, et protégé des radiations du Soleil et de la Terre par un système élaboré de déflecteurs (d'après Nature, 26 May 1983, p. 287).

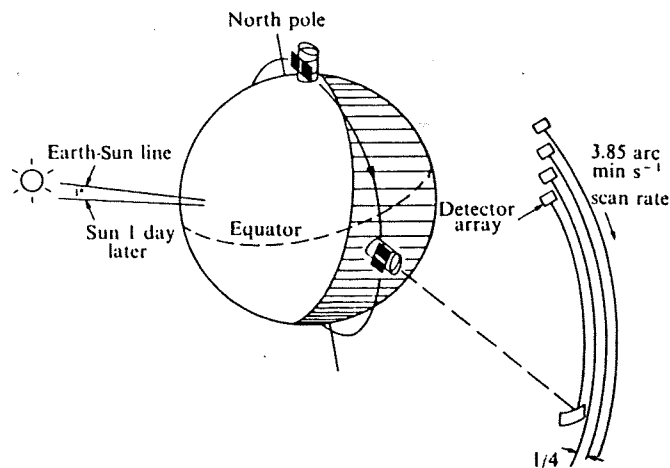


Fig. 2. Schéma de l'orbite d'IRAS passant par les pôles terrestres et telle que le satellite balaye un cercle perpendiculaire à la direction du Soleil. La précession décale cette orbite d'environ un degré par jour (d'après Nature, 26 May 1983, p. 289).

Pour supprimer la radiation IR parasite qui aurait pu provenir du satellite lui-même, l'ensemble optique a dû être refroidi à une température proche du zéro absolu : 2,5°K (environ

-270°C) pour le plan focal et 10°K (-263°C) pour le télescope, et cela par un système cryogénique utilisant de l'hélium superfluide. C'était la première fois qu'un tel procédé était utilisé dans l'espace et que des températures aussi basses y étaient atteintes.

C'est l'épuisement de l'hélium (prévu pour durer jusqu'au début de janvier 1984) qui a mis fin aux opérations sur IRAS en novembre dernier, après dix mois d'activité au cours desquels l'optique, l'électronique et les détecteurs ont fonctionné sans faille.

\* \* \*

Conçu, a-t-on dit, pour repérer une lampe de 20 W à la distance de Pluton, IRAS a balayé au cours de sa mission 95% du ciel, donnant aux hommes la première carte de l'univers dans l'IR lointain. On estime entre 200.000 et 250.000 le nombre de sources IR qui seront répertoriées dans le catalogue qui sera publié dans quelques mois. IRAS était sensible à tout rayonnement correspondant à une température de 30°K (liquéfaction de l'hydrogène) à 250°K (environ -20°C). Il en est résulté de spectaculaires photographies hautes en couleurs (digitalisées) qu'il est malheureusement impossible de reproduire dans cette revue.

Le grand public entendit parler d'IRAS pour la première fois à l'occasion de sa participation à la découverte de la comète 1983d (IRAS - Araki - Alcock) que nous avons pu voir à l'oeil nu au printemps de l'an dernier. Quatre autres comètes furent aussi détectées par IRAS (1983f, 1983j, 1983k et 1983o), ainsi que, peut-être, une comète éteinte. L'objet 1983 TB, dont le périhélie se trouve à l'intérieur de l'orbite de Mercure, serait en effet la première du genre. On l'a associée aux Geminides, météores de décembre.

Les observations d'IRAS suggèrent que le système solaire contient beaucoup plus de comètes peu lumineuses dans les radiations visibles et que les comètes en général contiennent nettement plus de poussières que ce que l'on pensait jusqu'à présent. Une part substantielle de ces poussières se trouvent dans les queues et sont seulement observables dans l'IR.

Toujours dans le système solaire, IRAS a détecté une espèce de tore de poussières entre 2,2 et 3,2 unités astronomiques (UA), associé à la ceinture d'astéroïdes orbitant entre Mars et Jupiter. La masse totale de ces poussières, dont la température varie entre 165 et 200°K, équivaldrait à celle d'un astéroïde d'un kilomètre de diamètre. L'hypothèse la plus plausible attribue l'origine de ces poussières à des collisions continues entre astéroïdes.

En observant Véga, IRAS a trouvé la première preuve de matière solide en orbite autour d'une autre étoile que le Soleil. Il pourrait même s'agir d'un système planétaire dans un état primitif de formation. Le nuage détecté a 95°K environ de température, un rayon de 80 UA et se compose de particules d'un millimètre de diamètre environ. De plus gros éléments existent peut-être, mais n'auraient pu être vus par IRAS. D'autres étoiles propices

(environ 450) ont été étudiées dans l'espoir de découvrir un nuage similaire. De celles-ci, 50 candidates sérieuses ont été retenues, mais rien n'a été confirmé jusqu'à présent.

Autre révélation spectaculaire d'IRAS, ce que l'on a appelé les "cirrus infrarouges" sont des nuages de poussières très froides de graphite (environ 35°K) répartis dans toutes les directions, y compris vers les pôles galactiques. Certains astronomes pensent qu'ils pourraient appartenir au nuage d'Oort, cette réserve de comètes aux confins du système solaire (50.000 à 100.000 UA) dont on n'a jamais pu démontrer l'existence. La mise en évidence d'un effet de parallaxe dans les observations d'IRAS à six mois d'intervalle pourrait confirmer cette hypothèse. Dans le cas contraire, ces cirrus seraient une composante importante du milieu interstellaire de notre Galaxie et rempliraient une large fraction du volume de celle-ci. Cette masse insoupçonnée auparavant pourrait être aussi, du moins en partie, la masse "manquante" cherchée depuis longtemps par les astronomes dans notre Galaxie. Par ailleurs, l'absorption qui résulte de cette matière dans toutes les directions pourrait inciter à une révision de l'échelle des distances dans l'univers.

Les étoiles se forment dans des nuages denses de gaz et de poussières interstellaires, et leurs premières étapes évolutives ne peuvent être observées en lumière visible. Presque toute l'énergie émise alors se concentre dans le domaine des radiations IR qui peuvent, elles, pénétrer cette matière obscure. C'est dire si IRAS a pu apporter de précieuses informations sur ces phases peu connues. IRAS a décelé de véritables pépinières d'étoiles au cœur de certaines nébuleuses obscures comme dans Caméléon I (70 sources!), dans Barnard 5 situé à 1000 années-lumière (4 proto-étoiles ou étoiles récemment formées et deux sources compactes), dans Lynds 1551 (plusieurs sources dont une aurait un âge de moins de 24.000 ans !), dans Lynds 1642 (deux sources dont une aurait environ dix millions d'années, soit 0,02% de l'âge du Soleil), etc. Il en résulte que, non seulement l'IR est, comme on s'y attendait, un moyen puissant pour observer les mécanismes de formation des étoiles, mais que aussi le taux de formation de celles-ci est beaucoup plus important que ce que l'on croyait jusqu'à présent.

A l'autre bout de la vie des astres, IRAS a aussi apporté quelques éléments qui amélioreront notre compréhension des états avancés de leur évolution. Plusieurs sources OH se sont révélées nettement plus froides que ce que les observations au sol (radio) avaient indiqué. Par ailleurs, plusieurs nébuleuses planétaires ont été étudiées spectrographiquement dans l'IR et leurs abondances d'argon, de néon et de soufre ont été trouvées beaucoup plus élevées que ce qui était estimé auparavant. La raison de cet écart doit encore être établie.

Au niveau des galaxies, IRAS a permis d'obtenir des premières vues d'ensemble en IR, révélant de nombreux détails inconnus, spécialement loin des noyaux. Il a ainsi fourni les premières cartes IR des Nuages de Magellan (où de nombreuses sources IR sont apparues) et de la Grande Galaxie d'Andromède M31. Les galaxies se sont montrées beaucoup plus diverses en luminosité dans l'IR que ce qu'elles sont en lumière visible. Cet effet est attribué à deux facteurs : les étoiles se formeraient à des rythmes

très différents d'une galaxie à l'autre, et la quantité de poussières interstellaires varierait aussi très fort de l'une à l'autre.

IRAS a également montré que 10 à 25% des galaxies émettant en IR étaient des paires en interaction, ce qui impliquerait que les interactions entre galaxies sont responsables de flambées de formations d'étoiles, sources d'une intense émission IR. Par contre, dans notre voisine M31 (Andromède), la formation d'étoiles a lieu à un rythme peu élevé. Parmi les différentes galaxies étudiées plus en détail, aucune des elliptiques et seulement 25% des lenticulaires transparentes dans l'IR, ce qui est en accord avec leur pauvreté en poussières interstellaires et l'absence de formation récente d'étoiles en leur sein. Les galaxies spirales sont, quant à elles, particulièrement riches en gaz et chauffées par de nombreuses étoiles jeunes et brillantes. Les chiffres avancés voudraient qu'une galaxie spirale typique convertisse en moyenne dix masses solaires de gaz en étoiles chaque année, dont 10% en étoiles O. Dans les galaxies spirales barrées, le taux serait légèrement plus élevé.

\* \* \*

La liste précédente n'est évidemment pas exhaustive. Il faut ajouter que nombreuses sources ponctuelles détectées n'ont pas encore été identifiées : sont-ce des planètes distantes ? des étoiles fortement évoluées, entourées d'épaisses couches de poussières ? des objets extragalactiques ? des quasars ? des proto-galaxies ? des objets d'un type nouveau ? Les études en cours devraient bientôt répondre à ces questions et les articles scientifiques qui en résulteront sont attendus avec impatience.

Environ 60% du temps d'observation d'IRAS ont été consacrés au balayage du ciel, le reste étant réservé à des analyses plus spécifiques. Les objets les plus intéressants ont été examinés de façon plus approfondie et en priorité, car on savait qu'IRAS avait une durée de vie très limitée. Les dix mois d'exploitation n'ont évidemment pas suffi pour éclaircir tous les problèmes soulevés, ni même à mettre pleinement à profit l'expérience progressivement acquise.

Et maintenant ? Quel sera le pas suivant dans l'instrumentation spatiale IR ? Comme nous l'évoquions dans les Potins d'Uranie d'avril 1983 (p. 81), l'avenir de l'astronomie spatiale n'est pas des plus florissants, dans la mesure où peu de projets sont en voie de concrétisation.

Pourtant l'Europe, par l'intermédiaire de l'Agence Spatiale Européenne (ESA), a décidé fin mars 1983 d'entreprendre la construction d'un nouveau satellite pour des études dans l'IR : ISO (pour Infrared Space Observatory). Les performances d'ISO par rapport à IRAS peuvent être appréciées sur la figure 3 donnant en abscisse les différents domaines de fréquences et en ordonnée, le pouvoir de pénétration de différents instruments : ceux-ci peuvent détecter des sources d'autant plus faibles que les traits gras qui leur correspondent se trouvent vers le bas du diagramme. Ainsi, en IR, ISO pourrait observer des sources grosso modo mille fois plus faibles qu'IRAS.

ISO contiendra un télescope de 60cm de diamètre à l'arrière duquel se trouveront différents appareils pour la photométrie et la spectroscopie IR (v. figure 4). Le tout sera refroidi à  $-260^{\circ}\text{C}$  par de l'hélium et de l'hydrogène liquides. Le satellite sera placé sur une orbite géosynchrone de 12 heures adaptée à une utilisation très souple en temps réel (et non pré-programmée) sur le style du satellite IUE. La durée de vie envisagée est d'au moins 18 mois. Le lancement n'étant pas prévu avant 1990, nous aurons très certainement l'occasion de revenir sur ce projet.

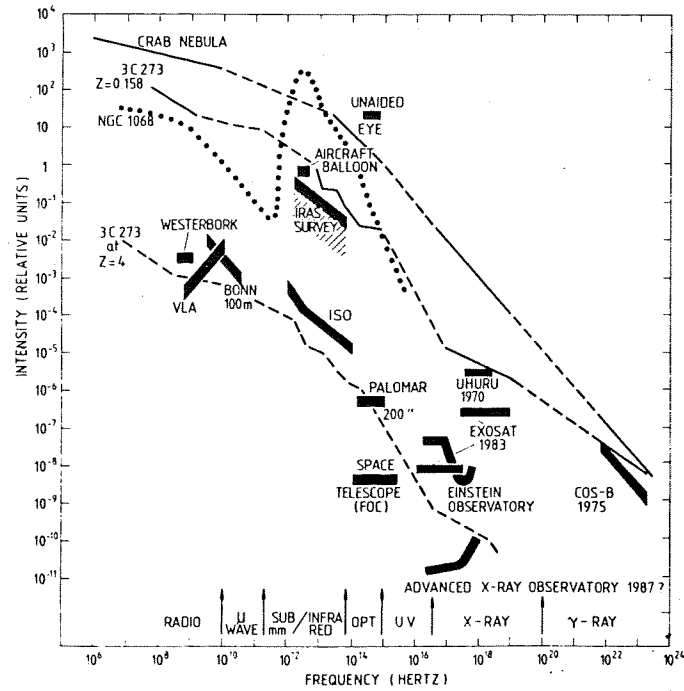


Fig. 3. Les traits gras indiquent les limites de sensibilité de quelques instruments astronomiques dans différents domaines de longueurs d'onde. Les spectres de quelques sources typiques sont également représentés (d'après ESA SCI(82)6, p. 1).

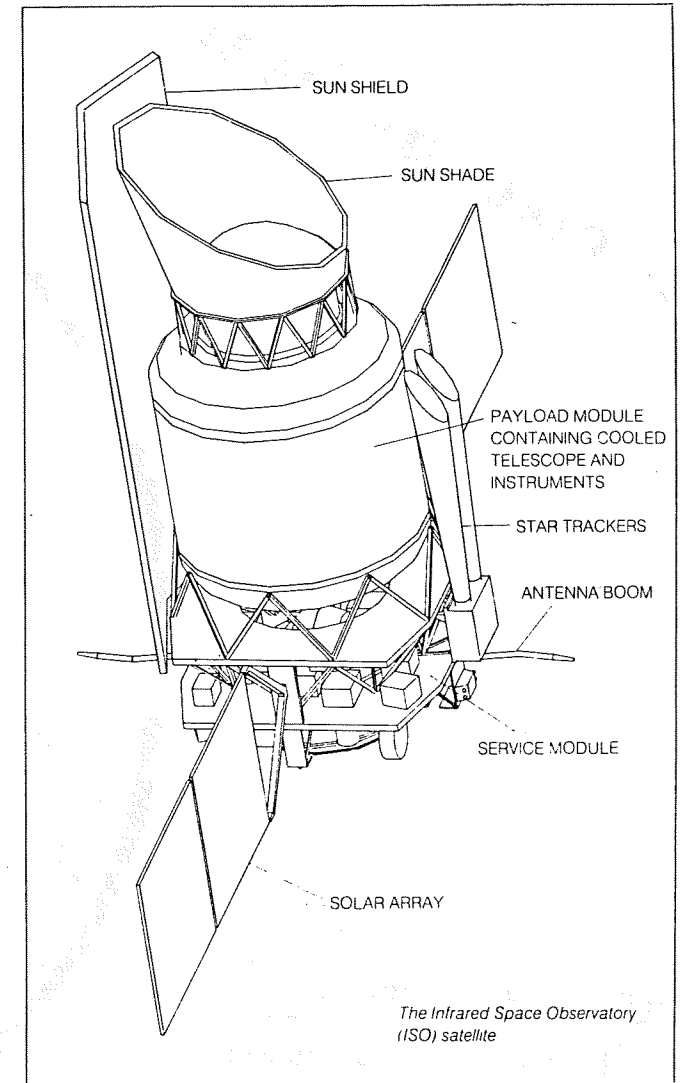


Fig. 4. Schéma du satellite ISO adopté par l'ESA en mars 1983 comme prochain programme scientifique (d'après ESA Bulletin 34, p. 67).