

de refroidissement devait être de 18 mois, mais les astronomes ont eu la bonne surprise de voir le satellite fonctionner pendant 29 mois.

Le satellite était sur une orbite très elliptique, avec un périégée de 1 000 kilomètres et un apogée de 70 500 kilomètres. La période de révolution était de 24 heures, mais les instruments ne fonctionnaient que 16 heures sur 24, les mesures étant impossibles durant la traversée des ceintures de Van Allen, zones où le champ magnétique terrestre canalise des particules solaires très énergiques, qui perturbent les détecteurs.

Le télescope collecteur a un diamètre de 60 centimètres, identique à celui du satellite *IRAS*. Quatre instruments se partageaient le plan focal : deux spectromètres, un multi-photomètre (*ISOPHOT*) et une caméra nommée *ISOCAM*. Ainsi, *ISO* a mesuré les rayonnements électromagnétiques de longueurs d'onde comprises entre 2,5 et 240 micromètres, la plus petite résolution angulaire accessible étant égale à quelques secondes d'angle avec la caméra *ISOCAM*.

Si les opérations sur le satellite sont définitivement arrêtées (faute d'hélium pour refroidir le télescope), les mesures sont encore en cours de dépouillement. Déjà les premiers résultats modifient notre vision de

L'Univers : *ISO* a étudié les constituants du milieu interstellaire et éclairé l'histoire de la formation des étoiles dans l'Univers. Nous examinerons ici ces deux aspects.

Le milieu interstellaire

Lorsque l'on regarde l'Univers dans le domaine visible, le seul que les astronomes ont longtemps étudié, on voit essentiellement des étoiles. À la fin de leur vie, celles-ci éjectent, souvent violemment, leurs constituants dans l'espace interstellaire : ainsi se constitue la matière interstellaire. Cette matière s'organise ensuite jusqu'à former de nouvelles étoiles, qui brillent, qui meurent et qui, à nouveau, éjectent leurs constituants dans l'espace. Les astrophysiciens explorent l'ensemble de ce cycle de la matière interstellaire.

Sous quelle forme la matière interstellaire se trouve-t-elle ? Une partie est gazeuse et une partie est constituée de poussières. Ces dernières ont été découvertes par les astronomes parce qu'elles leur cachaient les étoiles (voir la figure 1) : c'est le phénomène d'extinction.

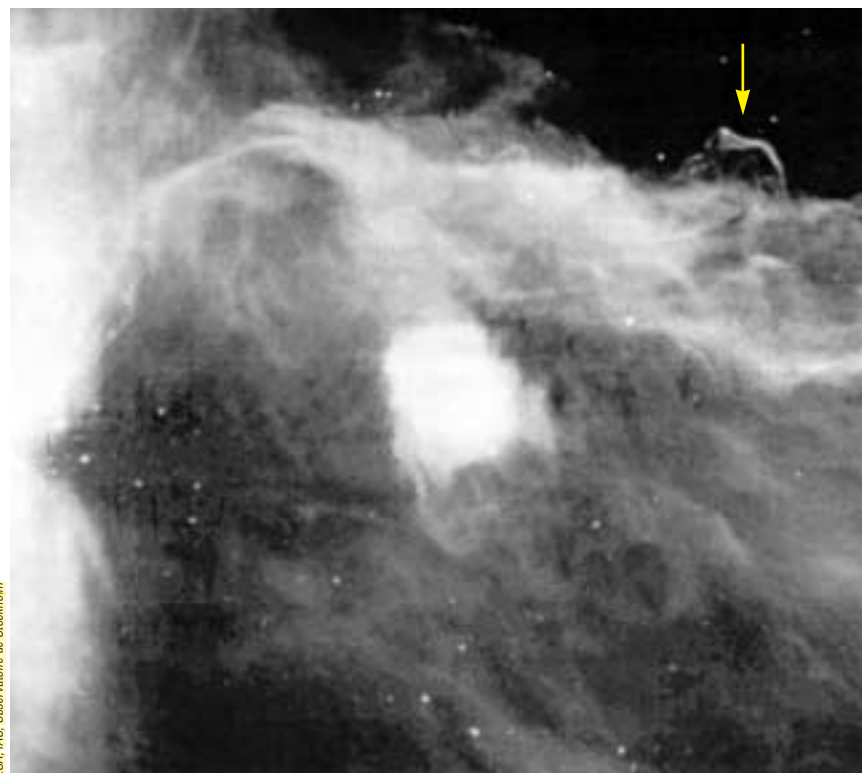
Les poussières interstellaires absorbent le rayonnement visible émis par les étoiles (l'absorption dépend fortement de la longueur d'onde). Les

astronomes étudient les poussières en mesurant le rayonnement des étoiles qui traverse les vastes nuages de poussières.

En dispersant le rayonnement mesuré (à la manière de prismes dans le domaine visible), des systèmes optiques fabriquent ensuite des spectres. Ces spectres contiennent des pics d'absorption : l'intensité reçue devient très faible à certaines longueurs d'onde. Ces pics d'absorption sont dus aux vibrations de liaisons chimiques présentes dans les molécules qui composent les poussières.

Dans les années 1970, les premières mesures de l'émission infrarouge des poussières ont mis en évidence des pics d'absorption élargis, caractéristiques de liaisons chimiques entre des atomes d'oxygène et de silicium. Un pic à une longueur d'onde égale à 9,7 micromètres a révélé la vibration de la liaison entre un atome de silicium et un atome d'oxygène, tandis qu'un pic à une longueur d'onde de 18 micromètres correspondait à la modification de l'angle formé par un atome d'oxygène central lié à deux atomes de silicium.

Ces pics indiquaient la présence de silicates, c'est-à-dire des combinaisons d'oxydes métalliques et de silice. Par analogie avec les spectres obtenus en laboratoire pour divers



ESA, IAS, Observatoire de Stockholm

1. LES POUSSIÈRES INTERSTELLAIRES apparaissent dans le visible comme de vastes nuages sombres qui absorbent le rayonnement émis par les étoiles situées derrière elles (à gauche). En revanche, ces poussières brillent sur l'image infrarouge prise par le satellite *ISO* (l'image de droite représente un champ qui correspond au cadre jaune). Les points lumineux sur l'image dans l'infrarouge correspondent à des étoiles qui sont enfouies dans le complexe ou situées à l'extérieur. Au cœur du nuage sombre, des poussières sont fortement chauffées par une étoile enfouie très brillante, formant la nébuleuse NGC2023 (tache blanche au centre du cadre). Le rayonnement émis par une étoile brillante qui n'apparaît pas dans le champ représenté ici (cette étoile, Sigma de la constellation d'Orion, se trouve au-dessus) dissocie le gaz interstellaire et perturbe les poussières le long du bord supérieur du nuage sombre. La nébuleuse dite Tête de cheval, dont on voit la forme caractéristique sur l'image en lumière visible, est une accumulation de matière située au bord du nuage. Sur l'image infrarouge prise par *ISO*, le nuage sombre est maintenant brillant : les poussières absorbent le rayonnement ultraviolet des étoiles et réémettent un rayonnement infrarouge. La nébuleuse de la Tête de cheval n'est plus visible en extinction ; on ne voit que sa « crinière » (flèche), due à l'émission des poussières fortement illuminées par l'étoile Sigma de la constellation d'Orion.