

Le Relevé Infrarouge DENIS

Guy Simon, Observatoire de Paris

ARTICLE DE FOND

Guy Simon, après un survol historique des observations, essentiellement spatiales, de l'Univers "infrarouge", (on peut relire les CC n° 27, 34, 43, 44,...) décrit les données techniques sur ce fameux détecteur infrarouge "Denis" (DEep Near Infrared southern sky Survey). Puis il détaille les acquis scientifiques de cet instrument, dans les domaines -des étoiles naines - des géantes rouges - des nuages moléculaires - de l'extinction interstellaire et de l'astronomie intergalactique

L'Univers infrarouge

Les avancées technologiques dans les années 60 ont permis de réaliser des détecteurs infrarouge qui ont ouvert une nouvelle fenêtre dans l'Univers observable. Un premier relevé de l'hémisphère Nord, le Two Micron Sky Survey (TMSS) dans la bande K a permis de dresser un catalogue d'environ 5600 étoiles jusqu'à la magnitude de 3,1 et de révéler toute la richesse du domaine infrarouge. En 1985, le satellite IRAS a réalisé un relevé complet du ciel dans l'infrarouge moyen ($1,6 \cdot 10^5$ sources) qui constitue un catalogue de référence.

La surprise a été grande chez les pionniers de détecter des sources très rouges, constituées principalement d'étoiles froides (naines M et géantes rouges) et d'étoiles entourées d'un halo de poussières : jeunes étoiles et étoiles AGB (de la branche asymptotique des géantes, qui présentent un fort taux de perte de masse). L'instrument DIRBE à bord du satellite COBE (COsmic Background Explorer) lancé en 1989 a par ailleurs révélé des nuages moléculaires très étendus dans certaines régions de la Galaxie.

Une autre particularité de l'infrarouge en rend l'étude particulièrement attractive. En effet, l'extinction interstellaire, provoquée par la diffusion de la lumière par les

poussières, diminue dans les grandes longueurs d'onde, ce qui permet de sonder les régions les plus obscures du ciel : observation des étoiles en formation dans le cœur des nuages moléculaires et des populations stellaires dans les régions obscures de la Voie Lactée, comme le Bulbe Galactique.

Les observations infrarouge

Les observatoires embarqués sur des sondes spatiales constituent un apport indispensable dans ce domaine de longueurs d'onde pour lequel le rayonnement est en général absorbé par l'atmosphère terrestre (principalement la vapeur d'eau). C'est ainsi que la plupart des résultats scientifiques proviennent d'IRAS, de COBE et d'ISO, ce dernier ayant opéré à la fin des années 90. Cependant, quelques "fenêtres" permettent d'effectuer des observations depuis le sol, dans le proche infrarouge. Tous les observatoires mettent à présent des détecteurs infrarouges performants à la disposition des astronomes qui peuvent ainsi améliorer la détermination des paramètres stellaires. Néanmoins, aucun relevé systématique n'était opéré avant que soient décidées deux grandes opérations d'envergure au début des années 90 : le DEep Near Infrared southern

sky Survey (DENIS) par un consortium européen et le Two Micron All Sky Survey (2MASS) par un consortium américain.

	DENIS	2MASS
Principal investigateur	N.Ephtein (OCA), France	M.Skrutskie (UMass), USA
Hémisphères	Sud ($< 2^\circ$)	Nord + Sud
Télescopes	ESO 1m	2 nouveaux 1,3m
Bandes photométriques	I ($0,8\mu\text{m}$), J ($1,25\mu\text{m}$), K_s ($2,15\mu\text{m}$)	J, H ($1,65\mu\text{m}$), K_s
Détecteurs	CCD 1024^2 (I) NICMOS 256^2 (JK)	NICMOS 256^2
Pixel	Pixel 1" (I), 3" (JK)	2"
Temps de pose	8s (I), 9 fois 1s (JK)	6 fois 1,3s
Géométrie de l'observation	$12' \times 30^\circ$	$8' \times 6^\circ$
Epoque du relevé	1996-2001	1997-2000
Coût	3 millions \$	30 millions \$

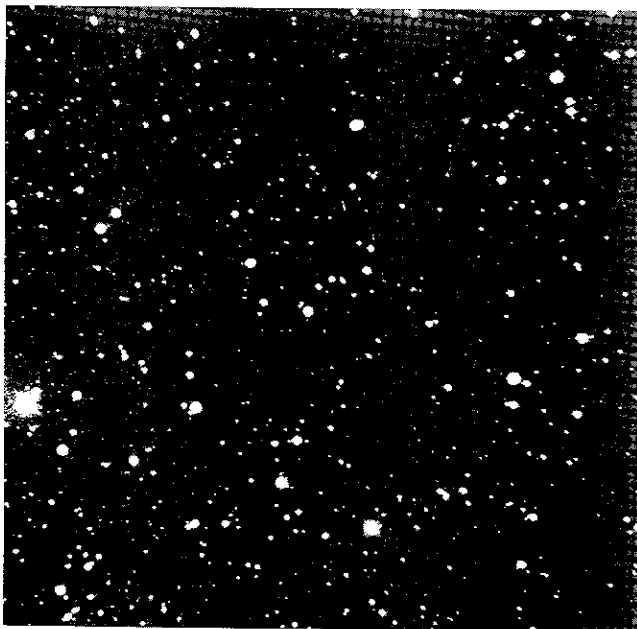


Image I (0,8 μm) du Centre Galactique

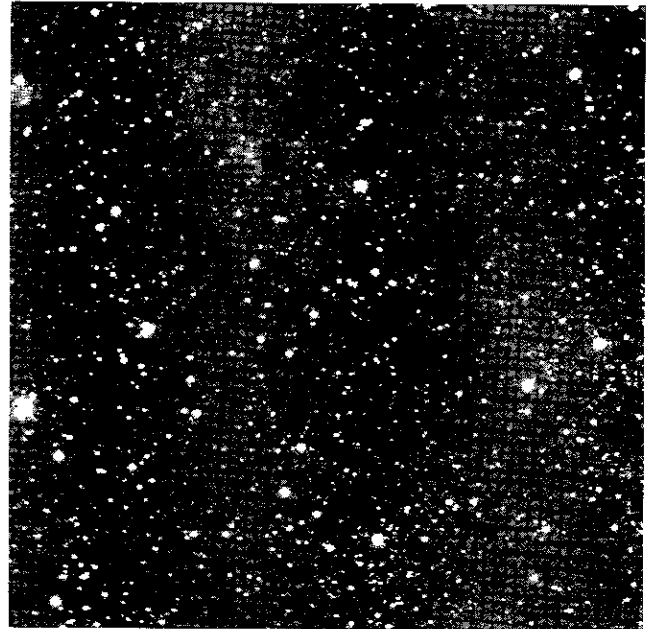


Image J (1,2 μm) du Centre Galactique



Image K (1.4 μm) du Centre Galactique.
La diminution de l'extinction révèle les sources cachées à plus courte longueur d'onde.

Le mode opératoire de DENIS

L'instrument est conçu de telle sorte que le faisceau incident du télescope est divisé en trois voies vers les détecteurs I, J et K. Le pixel des détecteurs J et K ayant une résolution de 3", un miroir déplace le faisceau de 1/3 de pixel dans chaque direction. Les 9 poses de 1s ainsi obtenues sont entrelacées afin d'obtenir des images "haute résolution" équivalentes aux images I dont le pixel a 1" de résolution. Chaque image couvre un champ de 12' x 12'.

L'observation se fait par bande de 30°, au voisinage du méridien afin de minimiser la masse d'air traversée. Le ciel austral est couvert par 5112 bandes. Chaque bande est accompagnée par l'observation d'étoiles "standard" afin de déterminer la mesure des magnitudes hors atmosphère (détermination du point zéro). Les données sont stockées sur disque en temps réel, puis copiées sur DAT après compression pour être envoyées au centre de traitement de Paris. Le volume de données peut atteindre 1,7 gigaoctet/nuit. Le relevé a couvert 97% du ciel austral après 6 années d'observation.

Le traitement

Le Centre de traitement des données de Paris réalise toutes les opérations classiques de traitement des images pour déterminer les paramètres des sources détectées. L'astrométrie est réalisée avec le catalogue USNO-2 pour référence. En fin de chaîne, les informations ponctuelles sont archivées dans une base de données qui permet leur consultation et les images sur une batterie de disques. Les volumes sont respectivement de 300 gigaoctets et de 2,5 teraoctets.

Principaux résultats scientifiques

1. Naines brunes

Ce sont des objets dont la température centrale est insuffisante pour permettre le déclenchement des réactions

nucléaires brûlant l'hydrogène. Leur photosphère est donc très froide et leur masse inférieure à environ 0,07 masse solaire. Le seul test observationnel actuellement valide est la détection du Lithium dans leur photosphère (la température est trop faible pour que l'atome de Lithium se transforme en Hélium par capture d'un proton).

Plusieurs naines brunes ont été détectées grâce à leur couleur $I - J > 3$ et la confirmation de la qualité de naine brune de quelques-unes réalisée par des observations spectrales au télescope de 10m Keck (test du Lithium).

Cette recherche a permis en outre de mettre en évidence une nouvelle classe d'étoiles naines, les naines L, de masse inférieure à 0,3 masse solaire, qui prolonge vers les basses températures la fonction de luminosité connue.

2. Naines M du voisinage solaire

Les populations stellaires du voisinage solaire semblent assez bien connues. On estime que notre inventaire des naines G et K, qui sont relativement brillantes, est complet jusqu'à 25 pc. La situation est différente pour les naines M, plus faibles. C'est ainsi que, par des considérations de couleurs avec DENIS, qui permettent de sélectionner ce type d'étoiles, et par une recherche systématique sur les plaques Schmidt prises voici une vingtaine d'années quand l'identification des objets est très probablement pertinente, on peut mesurer les mouvements propres. On a pu ainsi découvrir plusieurs dizaines de ces objets plus proches de 30 pc, et en particulier une naine M9 à 3,35 pc environ, ce qui la place parmi la dizaine d'étoiles les plus proches.

3. Etoiles AGB

Les populations stellaires du Bulbe Galactique sont très mal connues à cause de l'importante extinction interstellaire dans cette région qui cache la plupart des sources dans le domaine optique. L'infrarouge permet des sondages plus profonds. Les étoiles AGB

(branche asymptotique des géantes rouges) se caractérisent par une importante perte de masse. Elles occupent dans les diagrammes couleur/magnitude (J-K/K) une place bien définie qui permet de faciliter leur identification. Pour l'améliorer, les données DENIS ont été associées à des observations avec la caméra infrarouge du satellite ISO du plan Galactique, à 7 et 15 μ m. On a ainsi pu détecter plusieurs dizaines d'AGB dans le Bulbe.

Plus généralement, les AGB et les géantes rouges sont systématiquement recherchées et introduites dans la base ASTRID qui est développée à l'Université de Montpellier.

4. Nuages Moléculaires

Les nuages moléculaires sont le lieu d'une intense formation stellaire dont les pépinières sont cachées au sein de la poussière interstellaire. Les observations DENIS ont permis de détecter de nombreuses jeunes étoiles, notamment dans le Caméléon et la région d'Orion, et de réaliser une carte de l'extinction.

5. Extinction interstellaire dans le plan Galactique

Les diagrammes couleur/magnitude ont permis de réaliser une carte de l'extinction dans la région centrale du plan Galactique avec une résolution de 2 minutes d'arc. Elle met en évidence son caractère « granuleux » et révèle des régions à très forte extinction ($A_V > 30$).

6. Astronomie extragalactique

Le relevé permet de préciser les paramètres des galaxies et d'en découvrir de nombreuses, notamment au voisinage du plan Galactique. Ces données sont introduites dans la base LEDA, maintenue par l'Observatoire de Lyon. Elles font en outre l'objet d'un suivi radio à l'Observatoire de Nançay et d'un suivi spectroscopique en Australie, pour en déterminer les distances. ■