

**Astrophysique, rayon
X et infra-rouge**

G. Serra



DRTBT 1992-20



DEUXIEME ECOLE D'AUTOMNE
LA LONDE LES MAURES
CNRS
21-26 Septembre 1992

DETECTION DE RAYONNEMENTS
A TRES BASSE TEMPERATURE

UTILISATION DE DETECTEURS REFROIDIS EN ASTROPHYSIQUE

- Guy SERRA -

CESR-CNRS/UPS Toulouse

- I - QUELS MOYENS D'INVESTIGATION
EN ASTROPHYSIQUE
- II - LE RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE ET
SA DETECTION EN ASTROPHYSIQUE
- III - DES EXEMPLES D'APPLICATION DE DISPOSITIFS
CRYOGENIQUES EN ASTROPHYSIQUE
- IV - LES EVOLUTIONS FUTURES

I - QUELS MOYENS D'INVESTIGATION EN ASTROPHYSIQUE ?

- **Objet d'étude** : l'Univers
("extra-terrestre"/extra-système solaire")
- **Diversité** :
 - des objets
 - des conditions physiques
 - . densité
 - . températures
 - . dimensions/masses
 - des échelles de distance
- **Une constante** : la distance exclut les mesures "in-situ"
(sauf exception)
- **Les informations disponibles** :
 - 1) Des échantillons de matériaux cosmiques
 - 2) Les ondes gravitationnelles
 - 3) Les "rayons cosmiques" et les neutrinos
 - 4) Les rayonnements électromagnétiques : porteurs privilégiés d'informations (sur la source et sur le milieu traversé).

La progression des connaissances :
un élément central = la mesure de plus en plus performante.

II - LE RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE ET SA DETECTION EN ASTROPHYSIQUE

- Le R.E.M. :
 - vaste étendue spectrale
 - fenêtres atmosphériques
 - et véhicules spatiaux

- Le schéma d'un système de mesure du R.E.M.
(prélèvement et conversion)

- La détection \approx conversion de l'énergie contenue dans la
portion élevée du R.E.M. en signal électrique.

- Le signal électrique produit a trois composantes
résultant :
 - C_1 , du R.E.M. incident, à mesurer
 - C_2 , d'un R.E.M. parasite (produit localement ou pas)
 - C_3 , d'un bruit propre du système de détection (dont
une part provient du composant "détecteur").

- Quelques ordres de grandeur

- Pourquoi la cryogénie en Astrophysique ?
 - . Pour diminuer C_2 et C_3 .

*Remarque : Diversité des situations en fonction du domaine
spectral.*

III - DES EXEMPLES D'APPLICATION DE DISPOSITIFS CRYOGENIQUES EN ASTROPHYSIQUE

<i>Non considérés :</i>	1 - <i>Le domaine V et proche UV</i>
	2 - <i>La spectrométrie X</i>
	3 - <i>La détection de "matière noire"</i>

III.1. La mesure de l'effet Sunyaev-Zeldovitch

- Phénomènes astrophysiques
- Stratégie de mesure
- Exemples d'instruments

III.2. La spectrométrie gamma haute résolution

- Sources émettrices et informations recherchées
- Exemples d'instruments

III.3. L'infrarouge et les études du Milieu Interstellaire

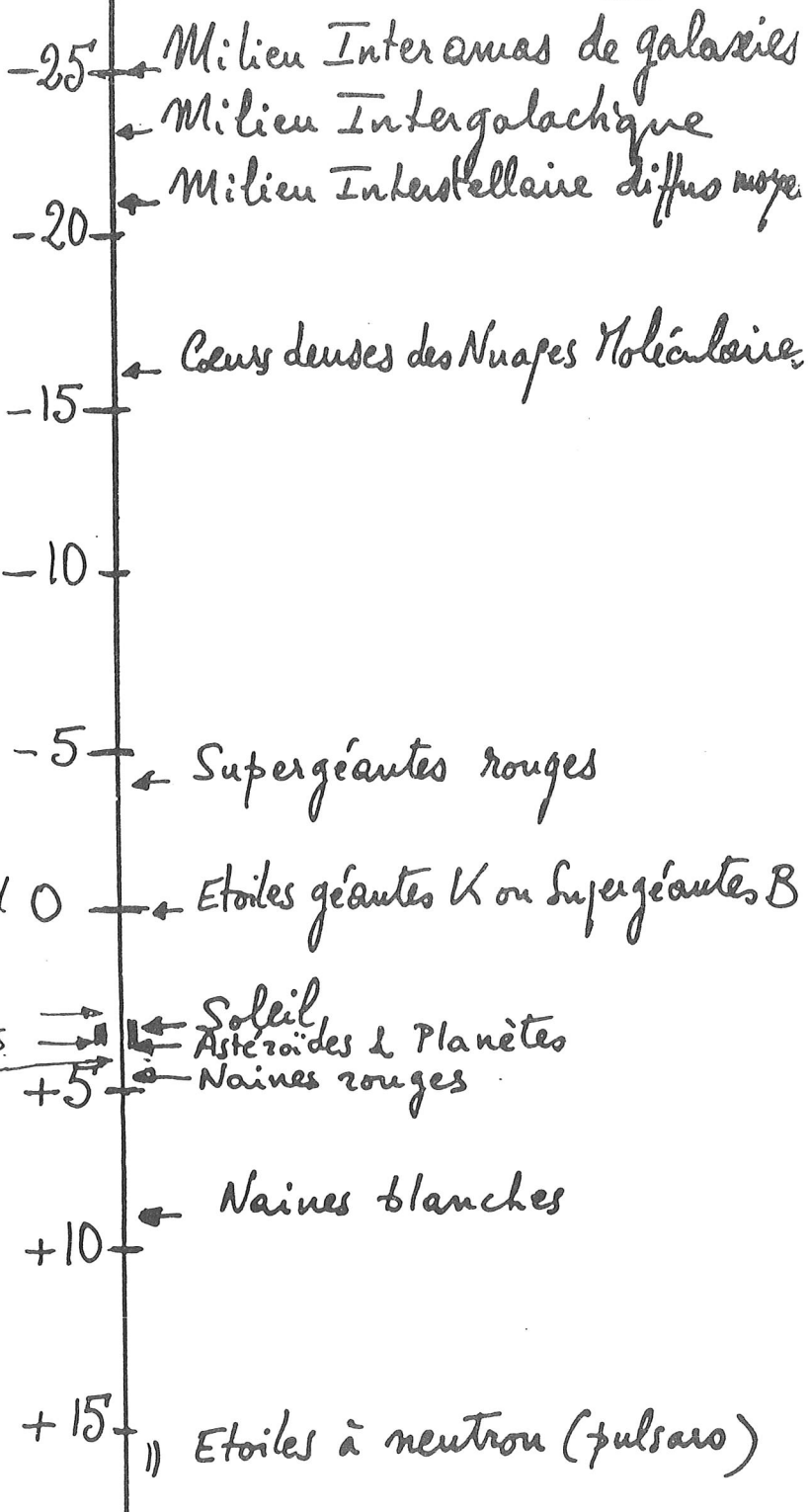
- Composition du MIS
- Historique de la détection de ses émissions IR
- Exemples d'instruments et perspectives

LES ECHELLES MACROSCOPQUES DE DENSITE (MASSE VOLUMIQUE): ρ

Sur TERRE

$\log(\rho / \text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$ Dans le Cosmos

Ultra-vide



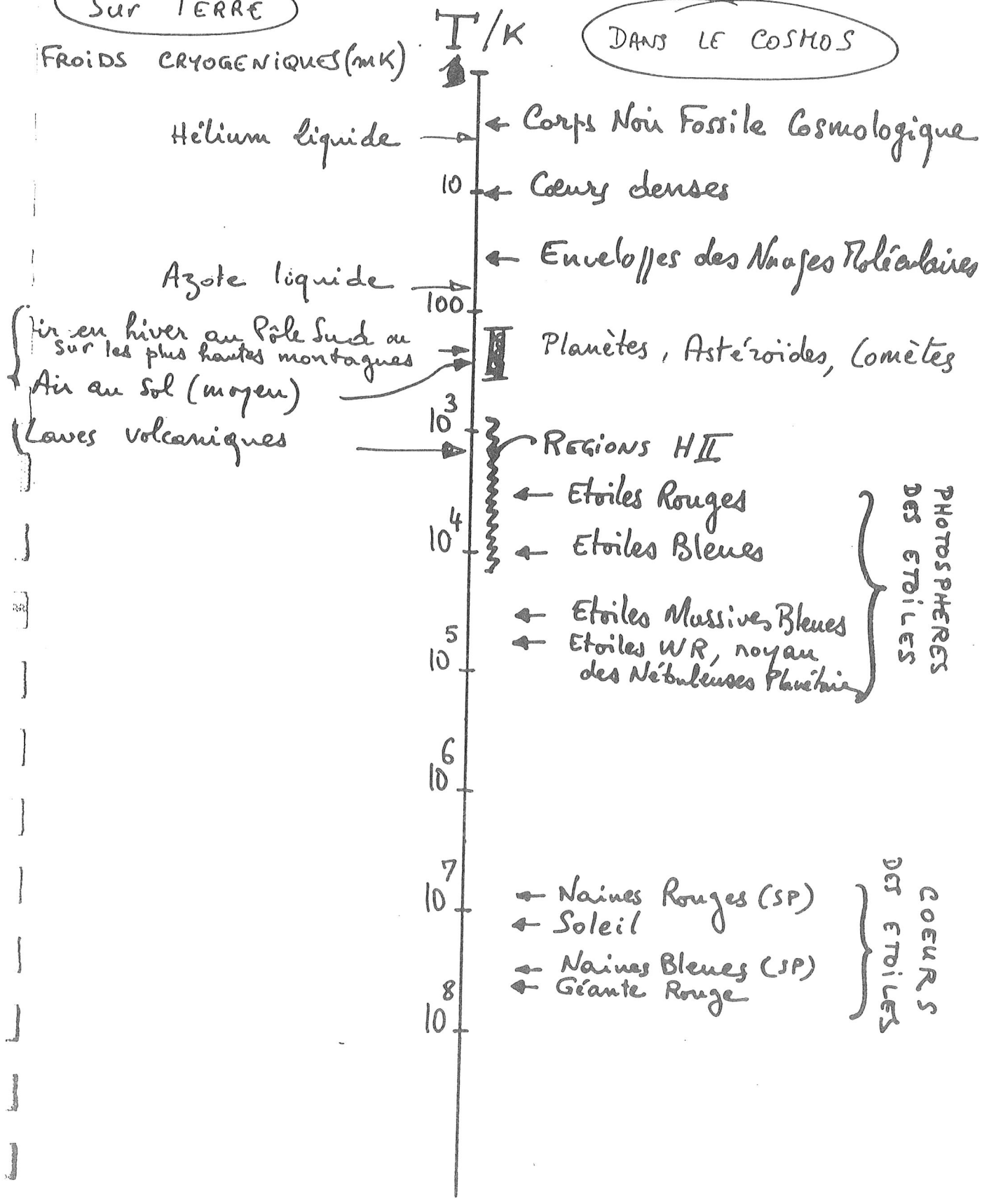
Air à 1 atmosphère Standard 0

Eau liquide
Roches et minéraux terrestres
URANIUM +5

LES ECHELLES DE TEMPERATURE

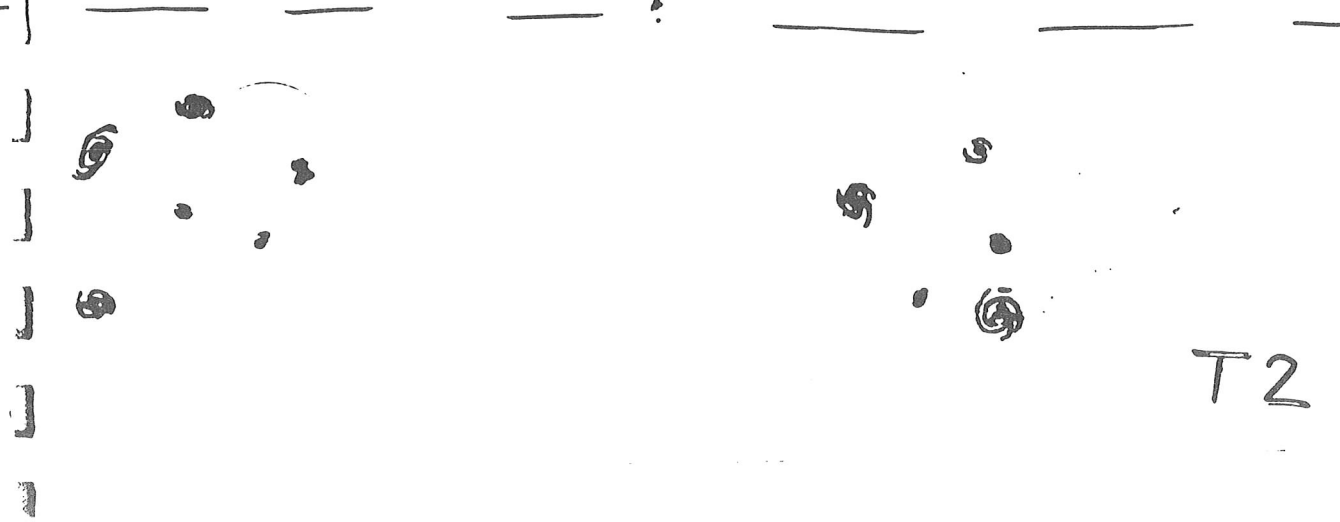
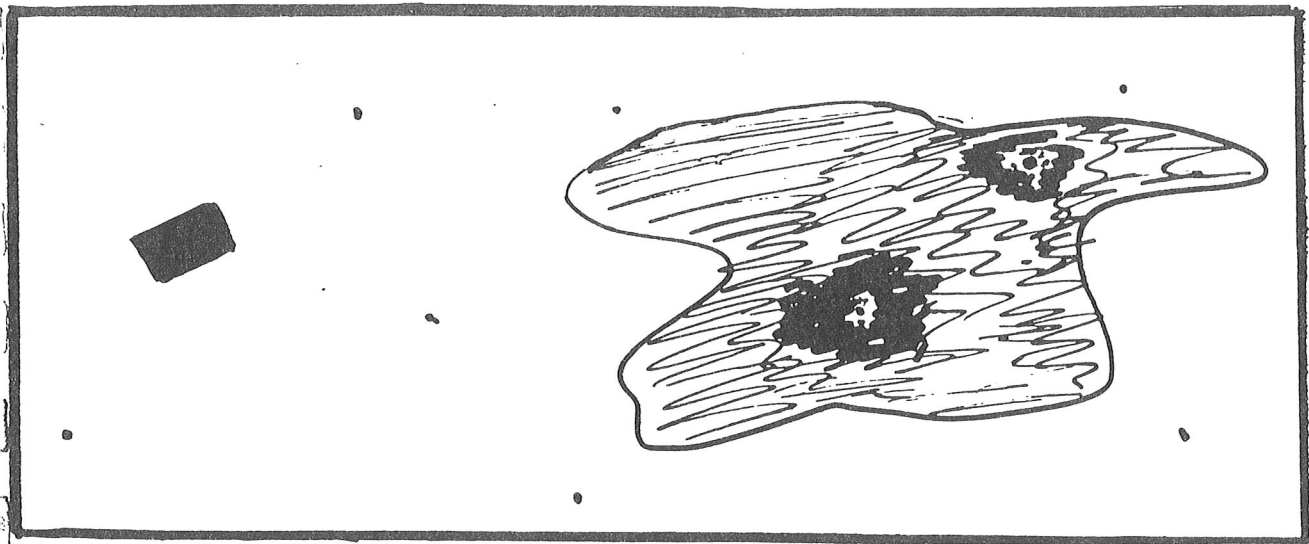
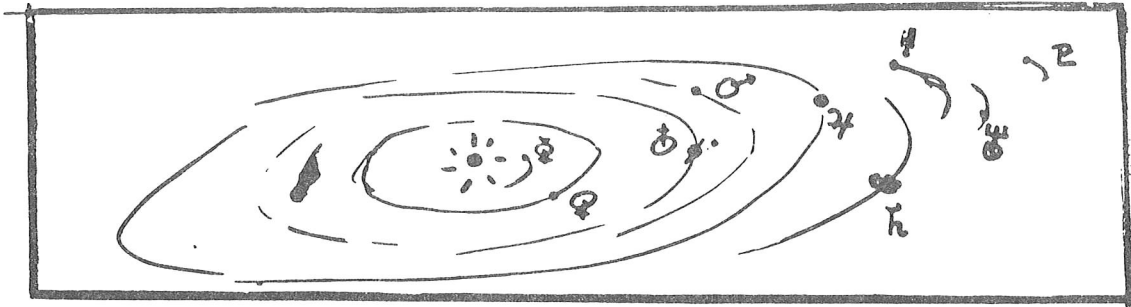
Sur TERRE

DANS LE COSMOS



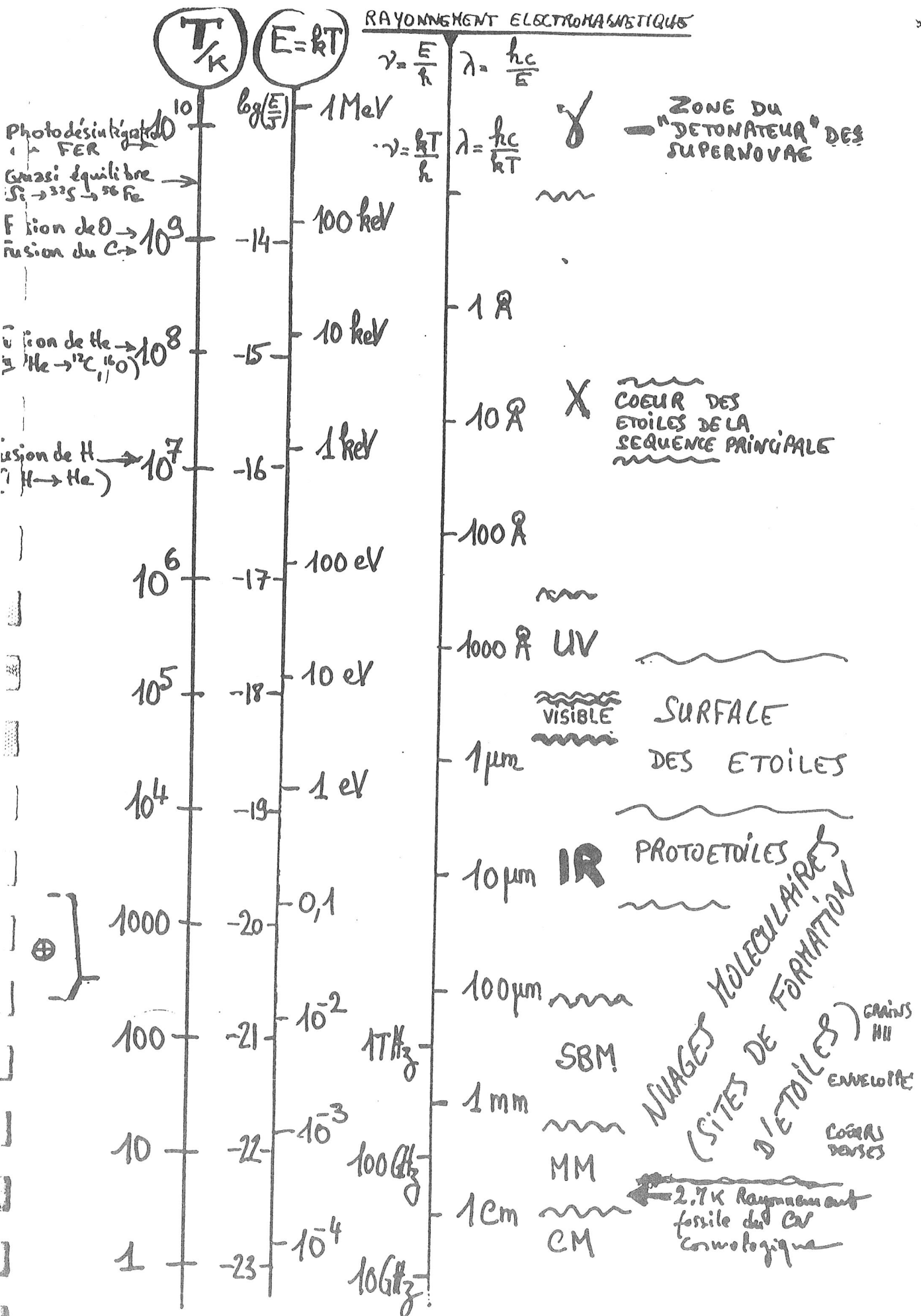
PHOTOSPHÈRES
DES ÉTOILES

CŒURS
DES ÉTOILES



T2

RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUES



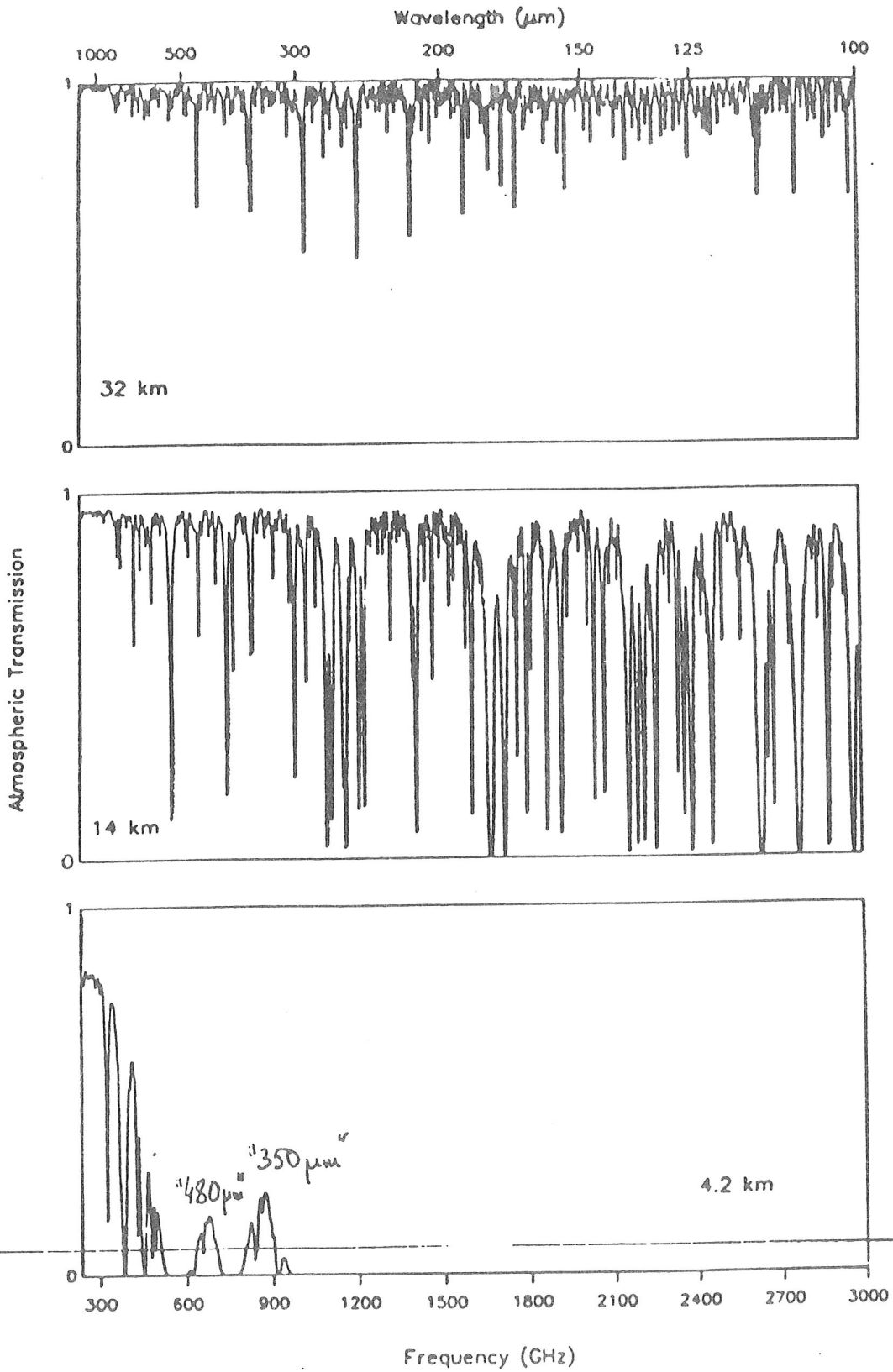
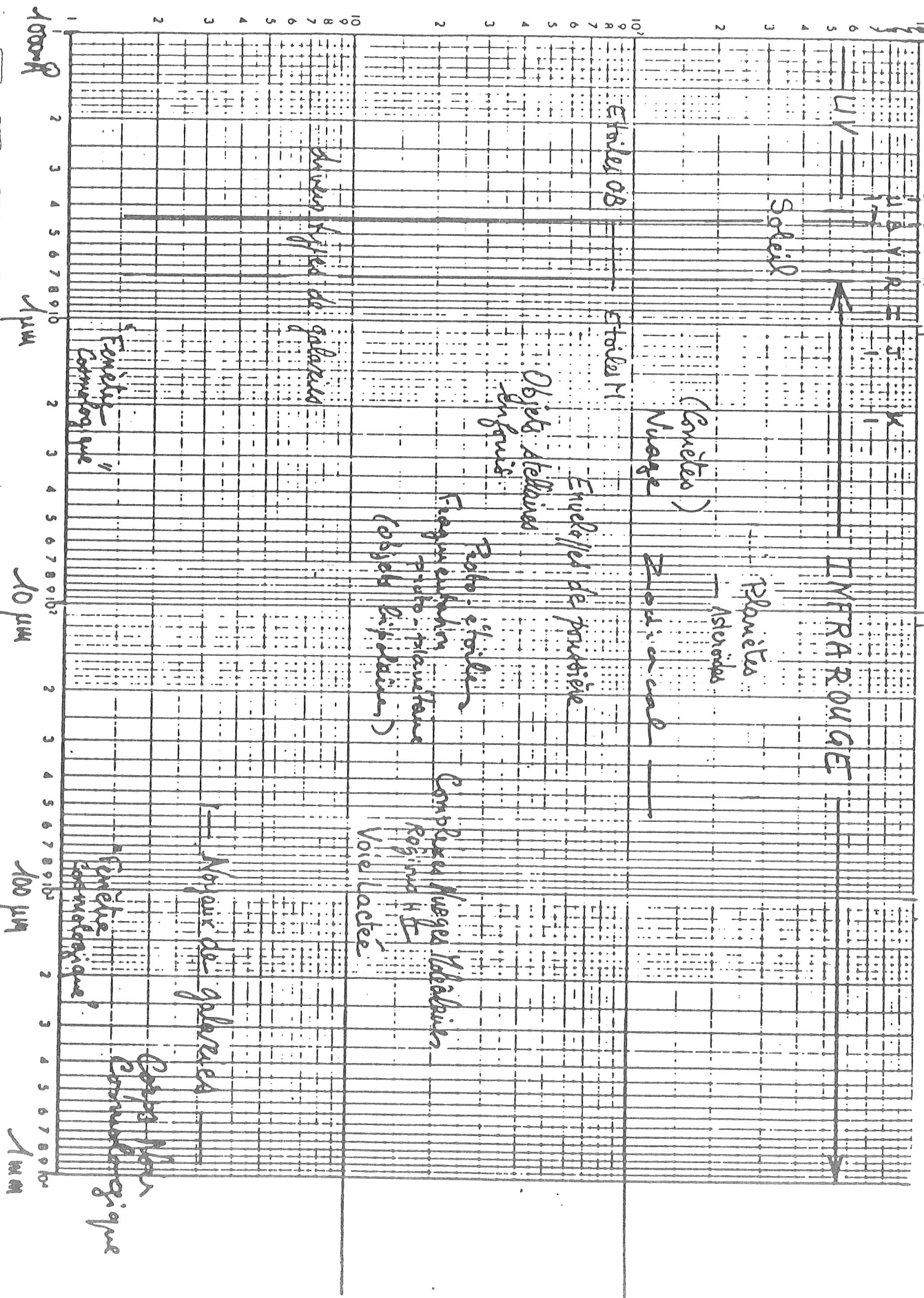


Figure 1.1-1. Atmospheric transmission at mountaintop (4.2km), airplane (14km), and balloon (32 km) altitudes for 1mm, 7.0 μm and 0.32 μm of precipitable water vapor, respectively, along a 45° elevation line-of-sight.



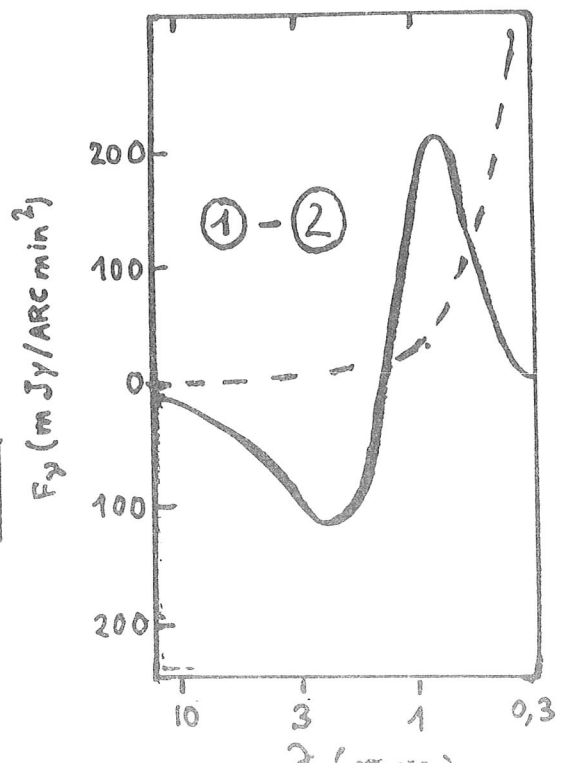
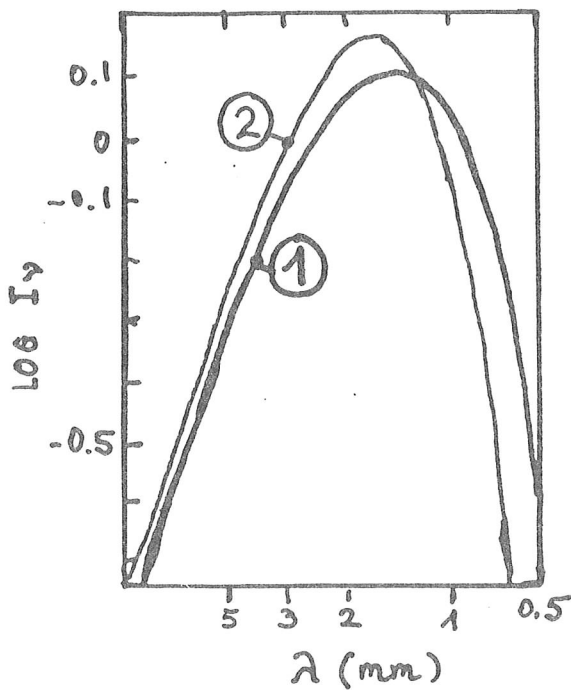


AMAS DE GALAXIES

Interaction Compton entre

- un photon du CN Cosmologique
- un électron relativiste du gaz inter-galactique

$z=0.1$
100 Spindle.



EFFET SUNYAEV-ZELDOVICH

PRONAOS

PRONAOS : PROgramme National d'AstrOnomie Submillimétrique

- Une station sol (contrôle, pilotage, acquisition)
- Un instrument embarqué en ballon stratosphérique

INSTRUMENTS EMBARQUES :

- Une nacelle stabilisée
- Un télescope submillimétrique : $\phi = 2$ m, pointé $5''$
- Un instrument focal

→ SPM : Photomètre multibande (180-1200 μ m)

- Mesure du "bleuissement" du spectre du corps noir cosmologique dans la direction des amas de galaxies (effet Sunyaev-Zeldovitch)

- Mesure du continuum submillimétrique des milieux interstellaires des galaxies

ou

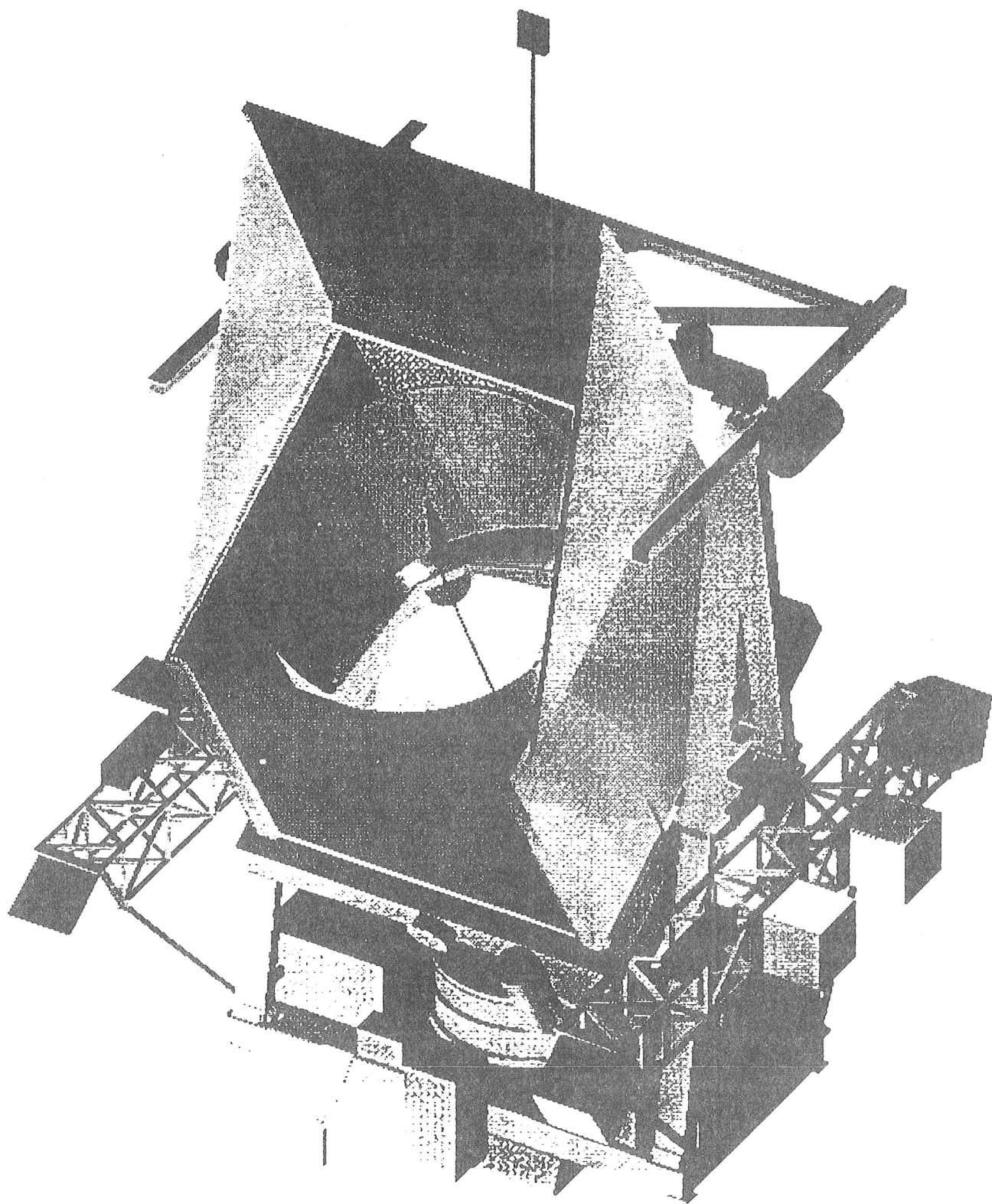
→ SMH : Spectromètre Hétérodyne à très haute résolution spectrale

- Observation des raies O₂ (368 GHz) et H₂O (380 GHz) dans le milieu interstellaire de notre Galaxie.

**CADRE : Coopération Laboratoires CNRS - CST/CNES -
Industries spatiales**

CALENDRIER :

- Mai 1985 : Démarrage
- Mars 1991 : Livraison du télescope au CESR par MATRA-Espace
- Juin 1992 : Intégration instrument focal/télescope/nacelle
- Mai 1993 : Premier vol



LA SPECTROMETRIE GAMMA

Spectrométrie fine : $E/\Delta E = 500$ à 1 MeV

Domaine d'énergie : 15 keV à 10 MeV

Mission "observatoire gamma deuxième génération" (Première génération = Imagerie haute sensibilité mais basse résolution spectrale $E/\Delta E \approx 10$ avec SIGMA et GRO).

Technologie au Germanium (\rightarrow limitée en capacité d'imagerie \rightarrow priorité aux sources étendues).

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES :

- 1) Mesure des raies gamma nucléaires de désexcitation des noyaux atomiques des Milieux Interstellaire et Circumstellaire :
 - . Evaluation directe du taux actuel de nucléosynthèse pour des éléments "favorables" (Al, Co...)
 - . Estimation des abondances (éléments et isotopes)

- 2) Observation de motifs spectraux (raie d'annihilation e^-/e^+ à 511 keV, raies cyclotron ..) éventuellement "décalés" :
 - . Mesure des champs gravitationnels et magnétiques dans l'atmosphère des astres "effondrés" (étoiles à neutron, pulsars, trous noirs...)
 - . Physique des noyaux actifs de galaxies

LES ETAPES DE LA SPECTROMETRIE GAMMA

1) ETAPE PREPARATOIRE (EN BALLON & SATEL.)

- JUPITER 3 : En Cours. USA + FRANCE. Deux vols accomplis. Un nouveau vol en préparation
- HIREGS : Objectifs solaires - USA - En préparation
- R & T sur Mission Spectrum X - FRANCE

2) INTEGRAL :

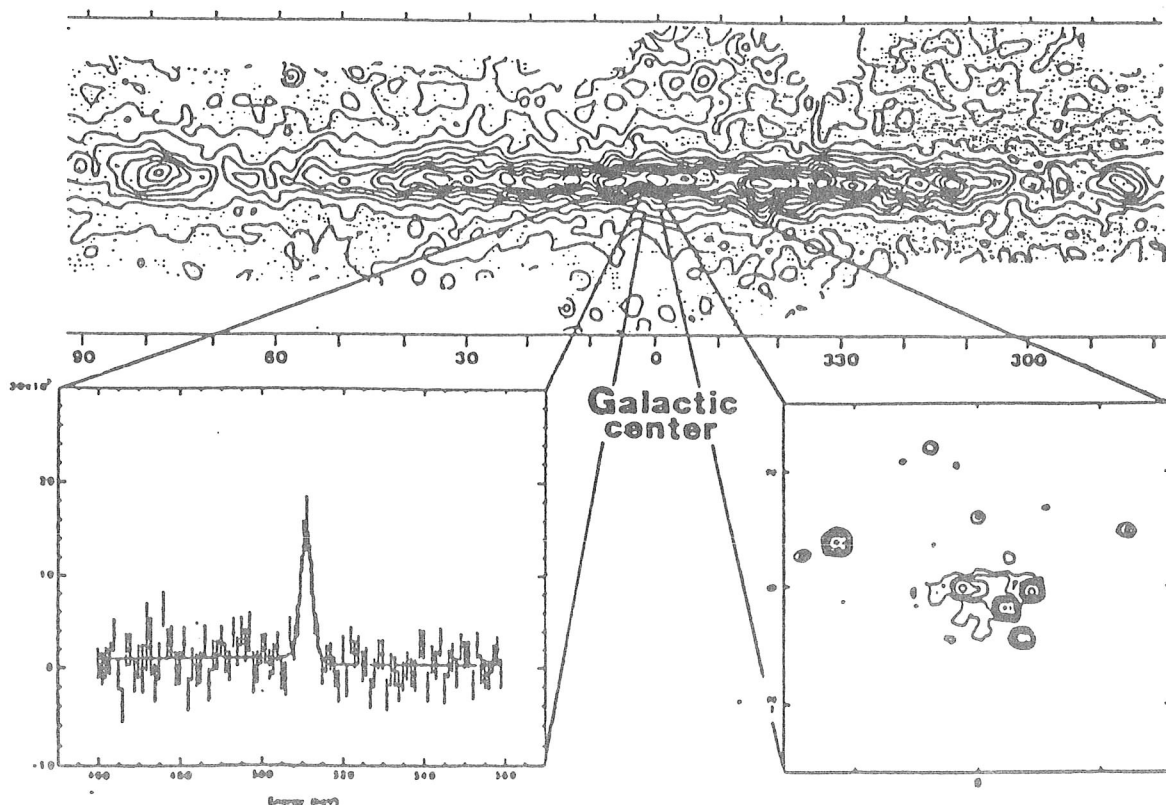
- Mission ESA type "boîte bleue" ; soumis à sélection pour une phase B
- Coopération avec NASA
- Deux instruments : un spectromètre et un imageur
- Sensibilité inégalée pour la détection des raies gamma (3×10^{-6} photons $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

INTERNATIONAL GAMMA-RAY
INTEGRAL
ASTROPHYSICS LABORATORY

A Gamma-Ray Astronomy Mission
Dedicated to the Fine Spectroscopy and Positioning
of Celestial Gamma-Ray Sources

REPORT ON THE ASSESSMENT STUDY

T.J.-L. Courvoisier, A.J. Dean, Ph. Durouchoux, N. Gehrels, J. Grindlay, J.L. Matteson, W.A. Mahoney, B. McBreen,
J. O'Brien, O. Pace, T.A. Prince, V. Schönfelder, G. Share, G.K. Skinner, B.J. Teegarden, G. Vedrenne, G. Villa,
S. Volonté, C. Winkler



Performance Parameter	Spectrometer	Imager
Energy Range	18 keV ~ 10 MeV	80 keV ~ 10 MeV
Detection Area	327 cm ²	2800 cm ²
Spectral Resolution (E/ΔE) at 1 MeV	~ 500	~ 10
Field of View (FOV)	10° FWHM	8° (fully coded)
Angular Resolution FWHM	4°	17°
Point Source Location Capability (10σ)	30"	~ 1'
Line Detection Sensitivity	(at 1 MeV, narrow line) (Line width ~ 2 keV) 3σ in 10 ⁶ s 10 ⁻³ ph cm ⁻² s ⁻¹ 3 x 10 ⁻⁶ ph cm ⁻² s ⁻¹	(at 1 MeV, broad line) (Line width ~ 20 keV) 3.8 x 10 ⁻⁵ ph cm ⁻² s ⁻¹ 1.2 x 10 ⁻⁶ ph cm ⁻² s ⁻¹
Diffuse Line Sensitivity	(at 1 MeV, narrow line) 3σ in 10 ⁶ s 1.5 x 10 ⁻⁶ ph cm ⁻² s ⁻¹ rad ⁻¹	
Continuum Sensitivity	(at 1 MeV, ΔE = 1 MeV) 3σ in 10 ⁶ s 6 x 10 ⁻⁶ ph cm ⁻² s ⁻¹ keV ⁻¹	(at 1 MeV, ΔE = 1 MeV) 3 x 10 ⁻⁶ ph cm ⁻² s ⁻¹ keV ⁻¹

Table 4.1: Key performance parameters for SPECTROMETER and IMAGER

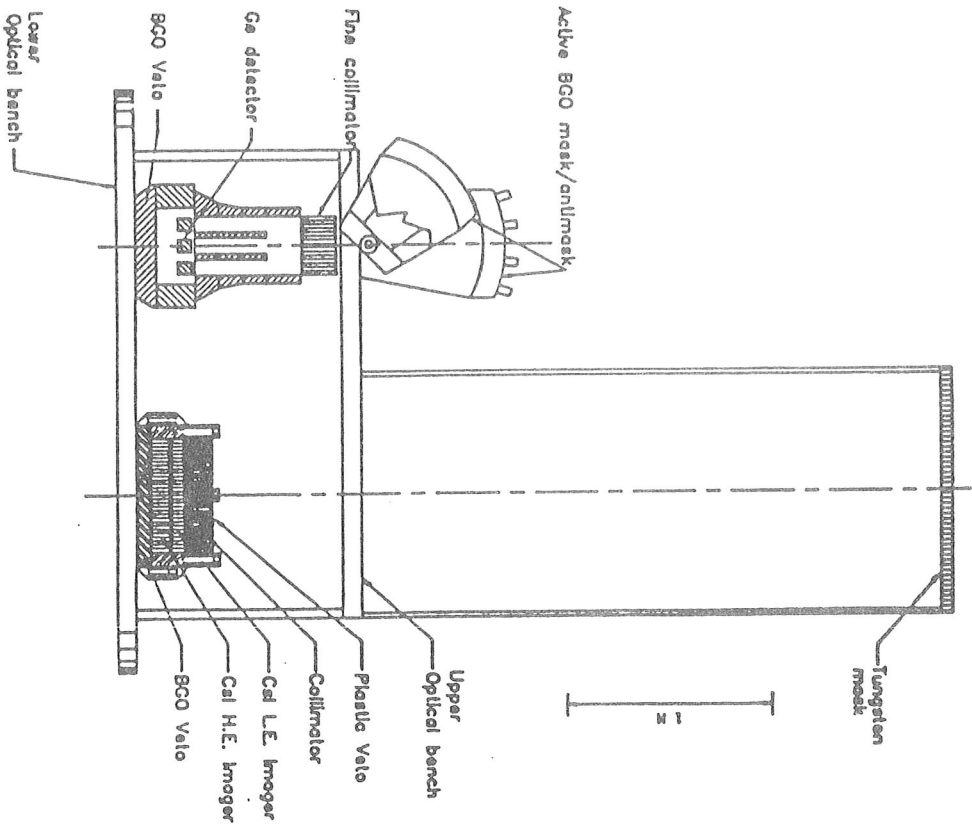
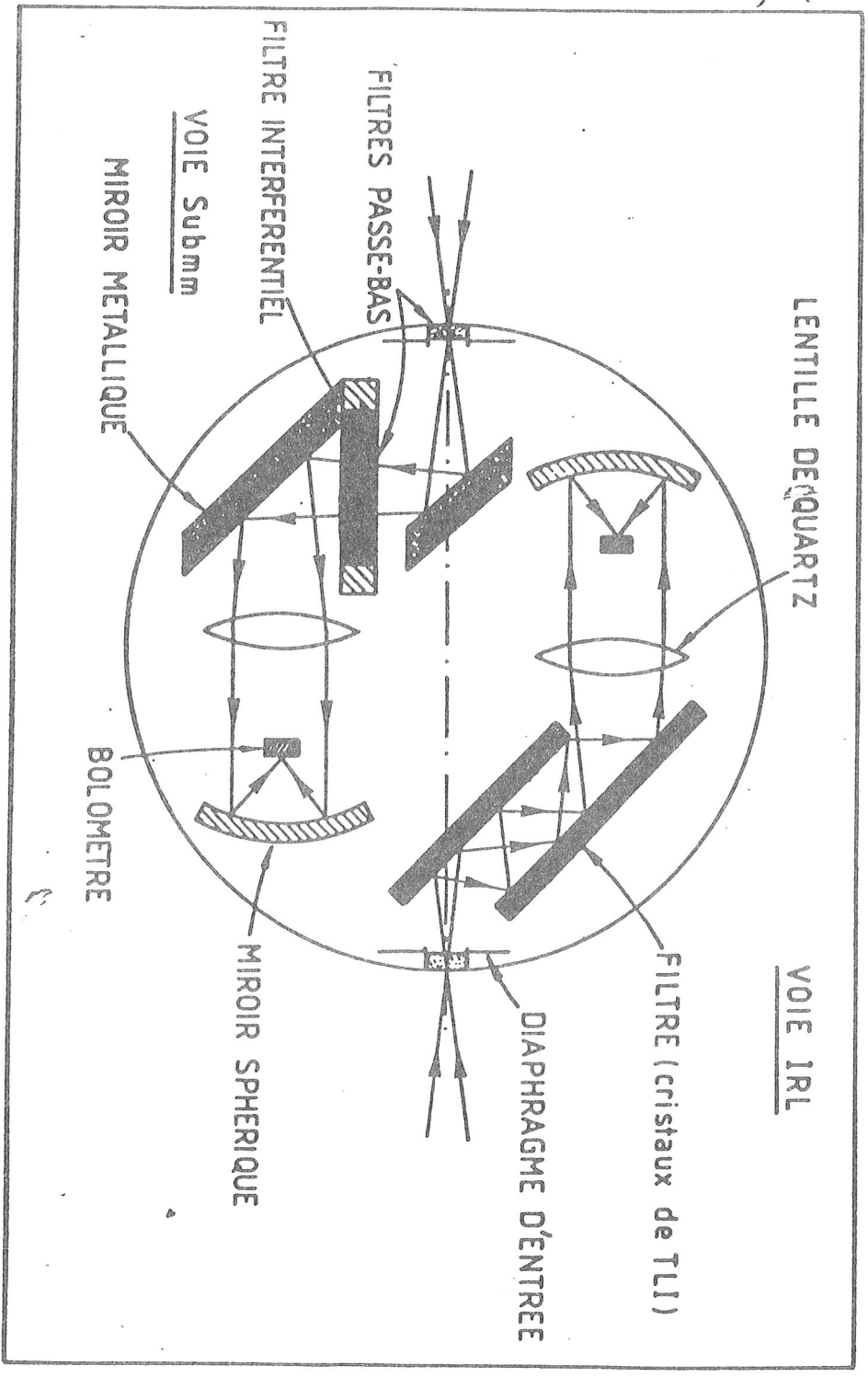


Figure 4.1: Schematic view of the SPECTROMETER and IMAGER

TABLEAU I

CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE L'INSTRUMENT.

Champ de vue	$0,5^\circ \times 0,5^\circ$
Bandes photométriques 1)	$114 \leq \lambda \leq 196 \mu\text{m}$
2)	$71 \leq \lambda \leq 95 \mu\text{m}$ <i>ou</i> $\lambda \geq 380 \mu\text{m}$
Etendue de faisceau	$\sim 5 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{sr}$
Miroirs primaires des télescopes	$\varnothing \sim 14 \text{ cm}$
Focale équivalente des télescopes	$\sim 77 \text{ cm}$
Bolomètres	N.E.P. $\sim 2 \times 10^{-14} \text{ W} \cdot \text{Hz}^{-1/2}$
Sensibilité de l'instrument :	
dans le canal 1	$1 \sim 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} / \text{degrés}$
dans le canal 2	$2 \sim 3 \times 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} / \text{degrés}$
Masse de la nacelle intégrée	$\sim 600 \text{ kg}$



L'ensemble de ces résultats, obtenus grâce à l'instrument Aglaé, joints aux mesures acquises avec le satellite IRAS ont permis de dresser un spectre du flux diffus galactique (figure 15).

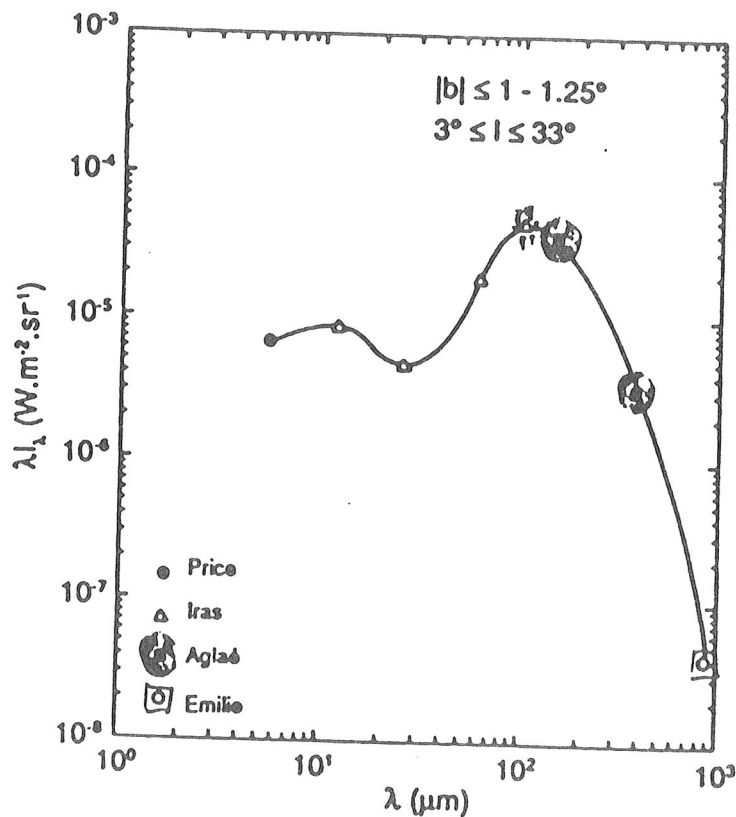


Figure 15 : Spectre de l'émission IR et SBM des régions centrales de la Galaxie

N° de vol	Année	Lieu	Durée d'observation	Zone observée du disque galactique	Publications sur des revues à lecteur
1	1976	France	1 heure	$36^\circ \leq l < 55^\circ$	Serra et al. 1978, ApJ 222, L21
2	1977	France	1 heure	$26^\circ \leq l \leq 40^\circ$	Serra et al. 1979, A & Ap 76, 259
3	1978	Transméd.	17 heures	$-1^\circ \leq l \leq 90^\circ$	Boisse, Gispert, Puget, Serra, A & Ap 106, 293
4	1980	Australie	20 heures	$0^\circ \leq l \leq 30^\circ$ $170^\circ \leq l \leq 210^\circ$ $260^\circ \leq l \leq 360^\circ$	Caux et al., 1984, A & Ap 137, 1 Caux et al., 1985, A & Ap 144, 37
5	1983	Brésil	10 heures	$-150^\circ \leq l \leq +90^\circ$	Caux et Serra 1986, A & Ap 165, L5

Tableau 2

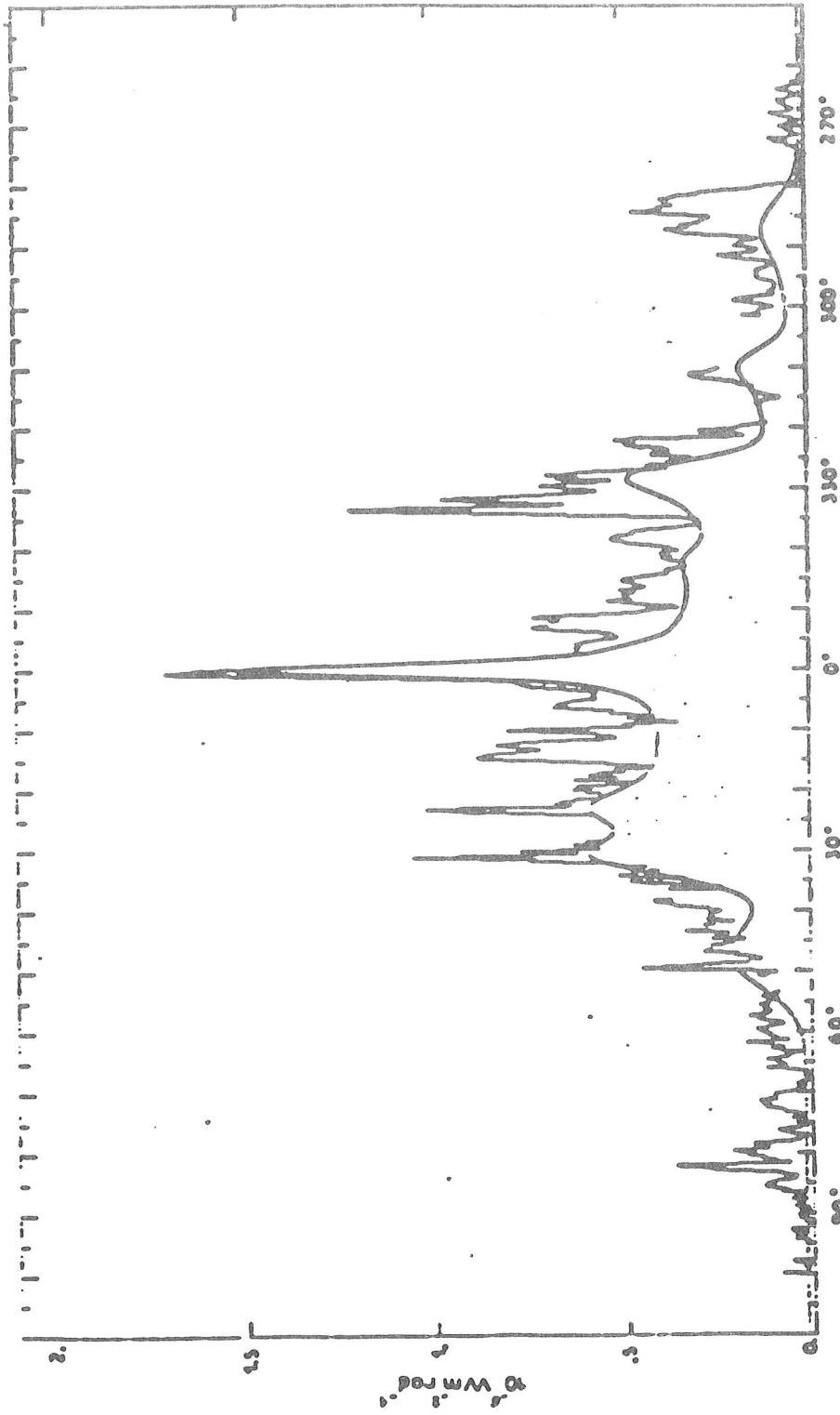
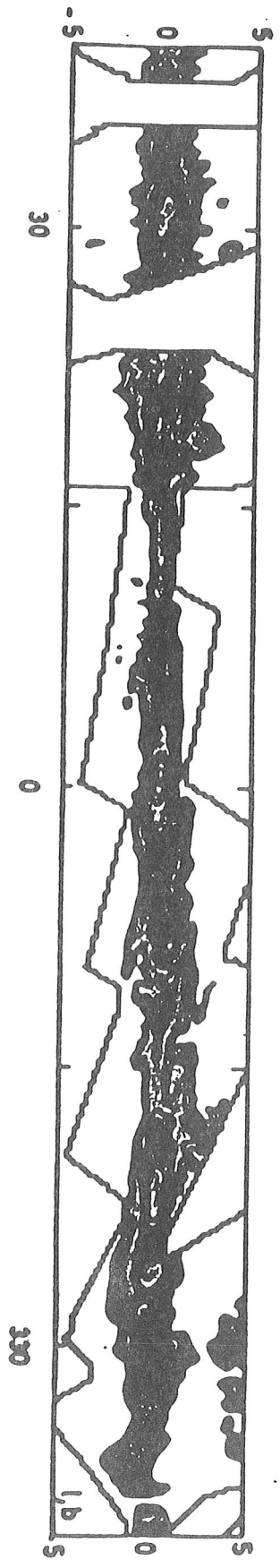
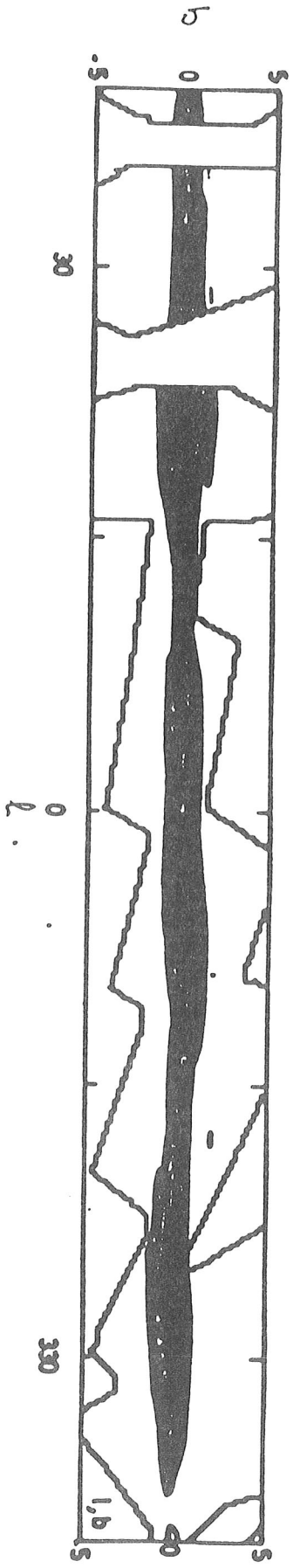
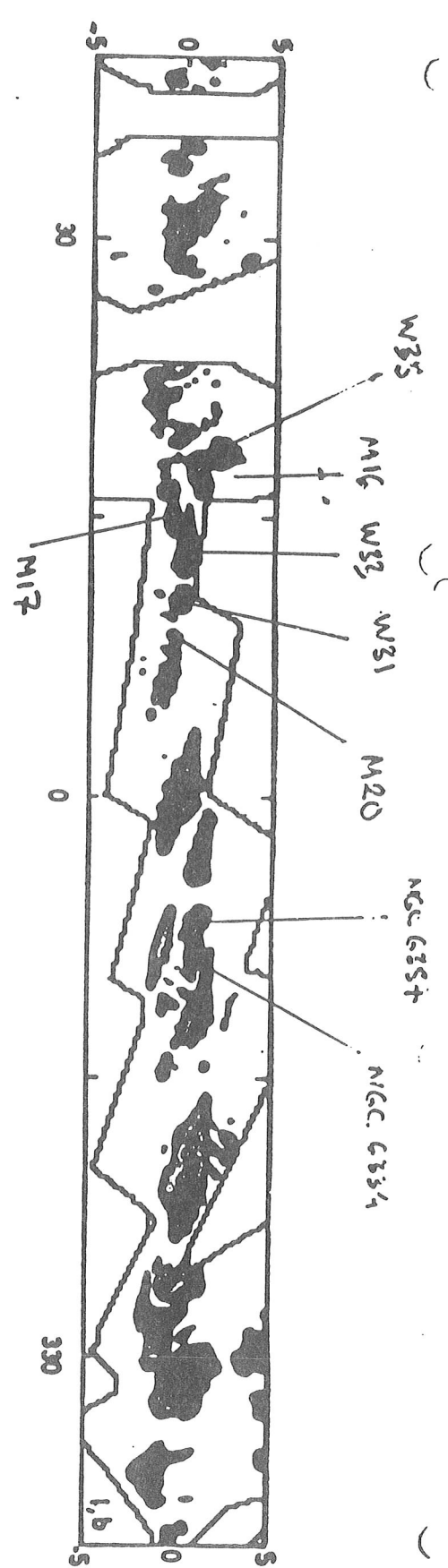
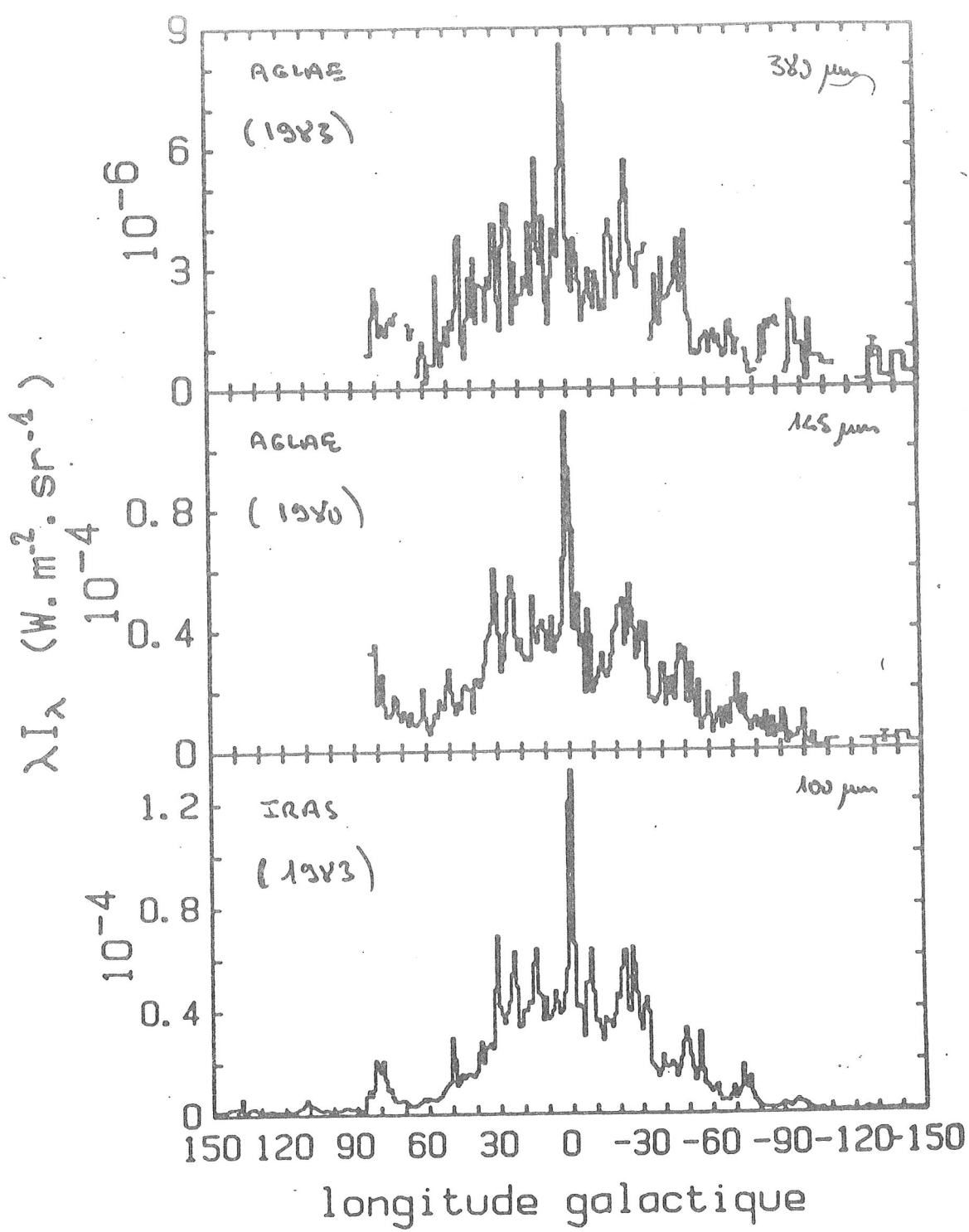


FIGURE 19 : Comparaison des profils en longitude
intégrés en latitude ($|b| < 1^\circ$),
mesures AGLAS et modèle complet



AGLAF $\lambda = 14.5 \mu m$

$|b| \leq 1.25^\circ$



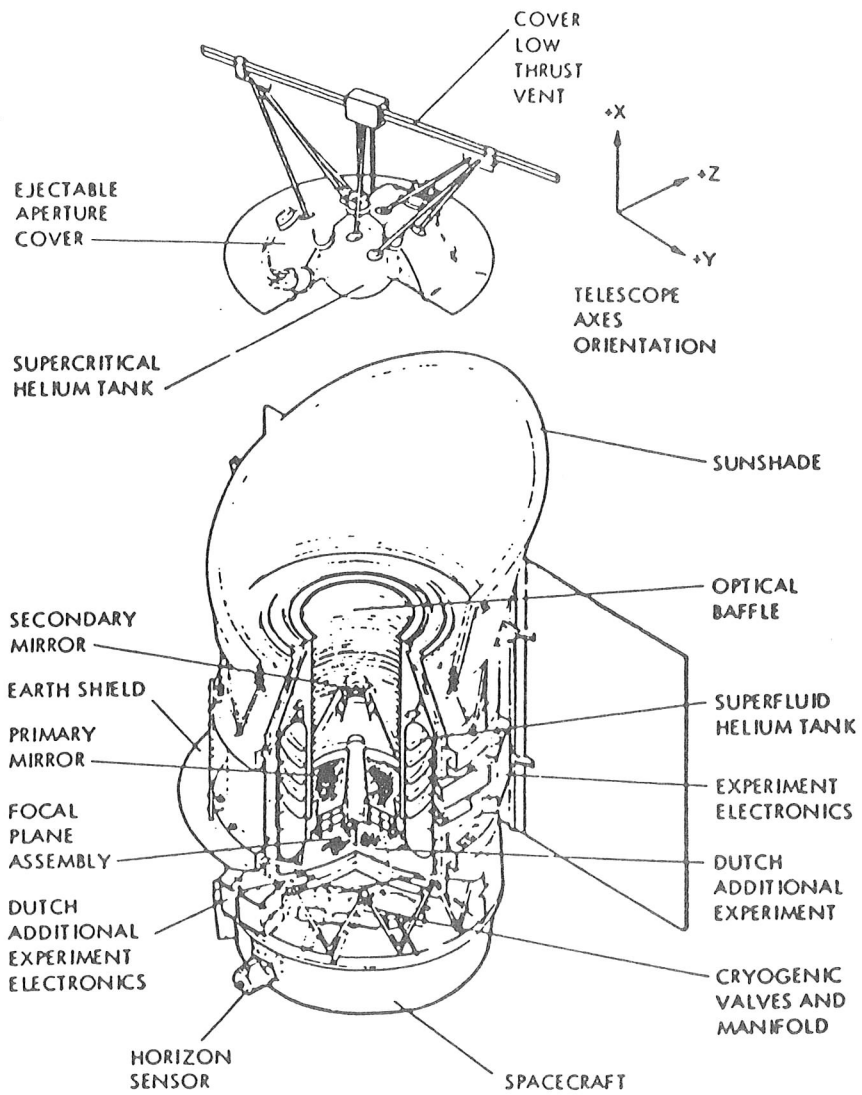
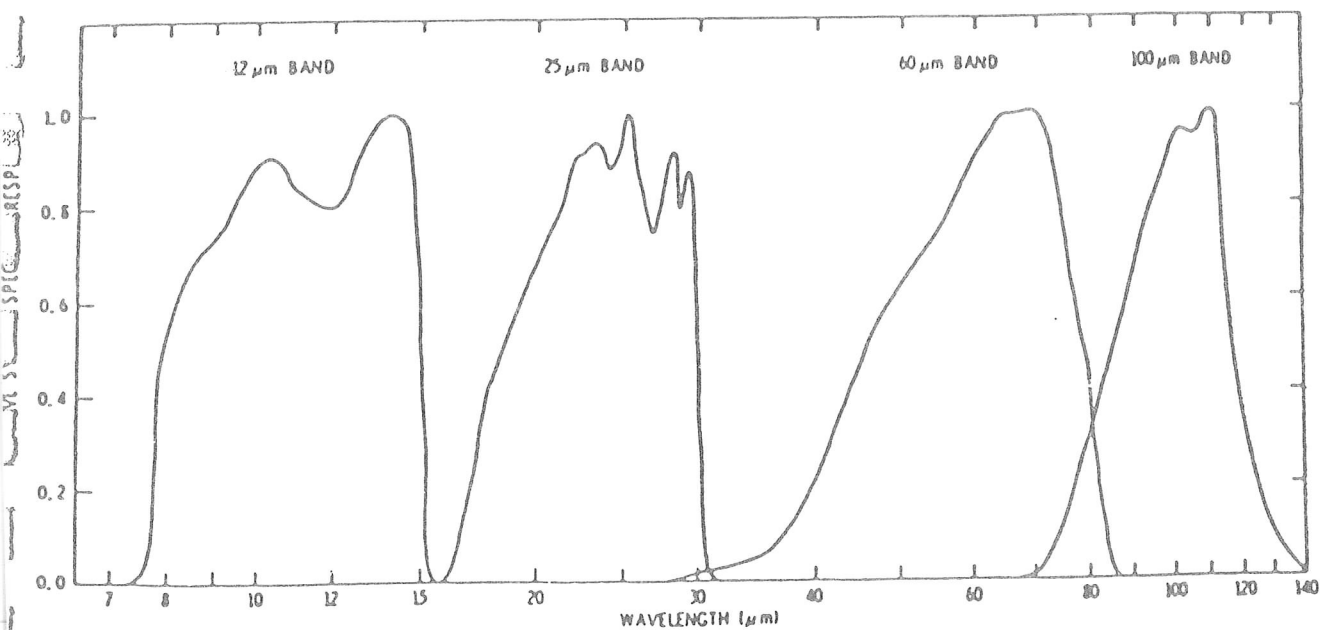
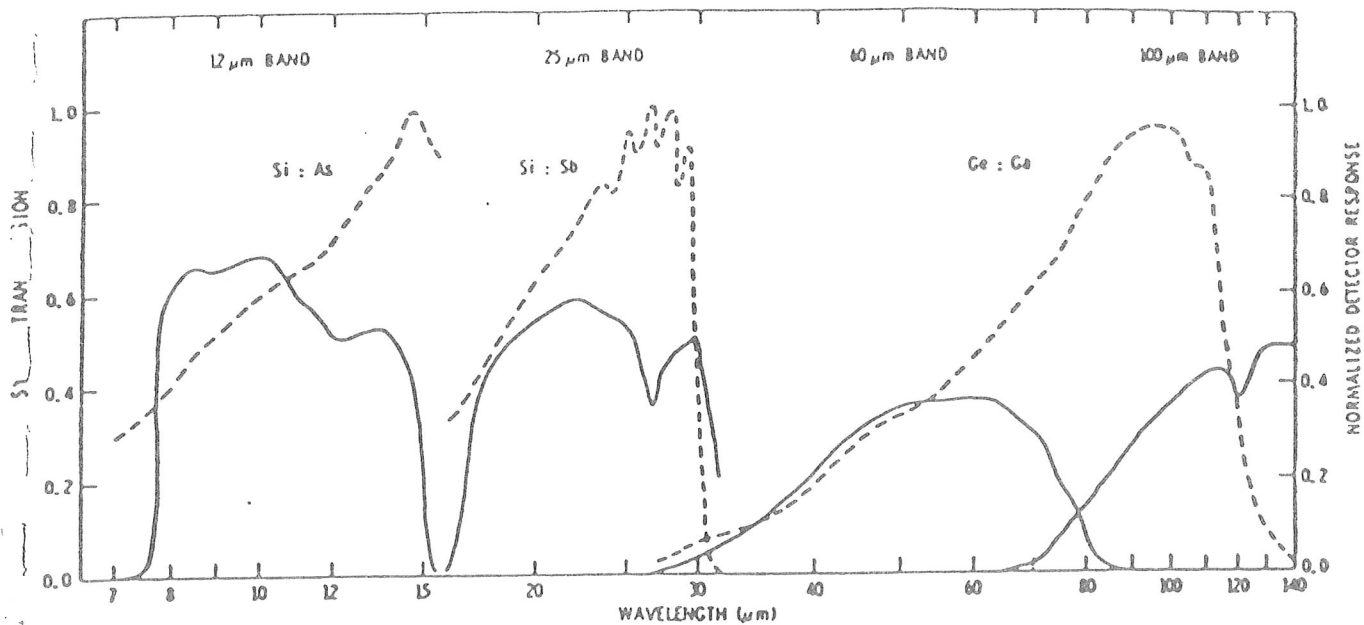
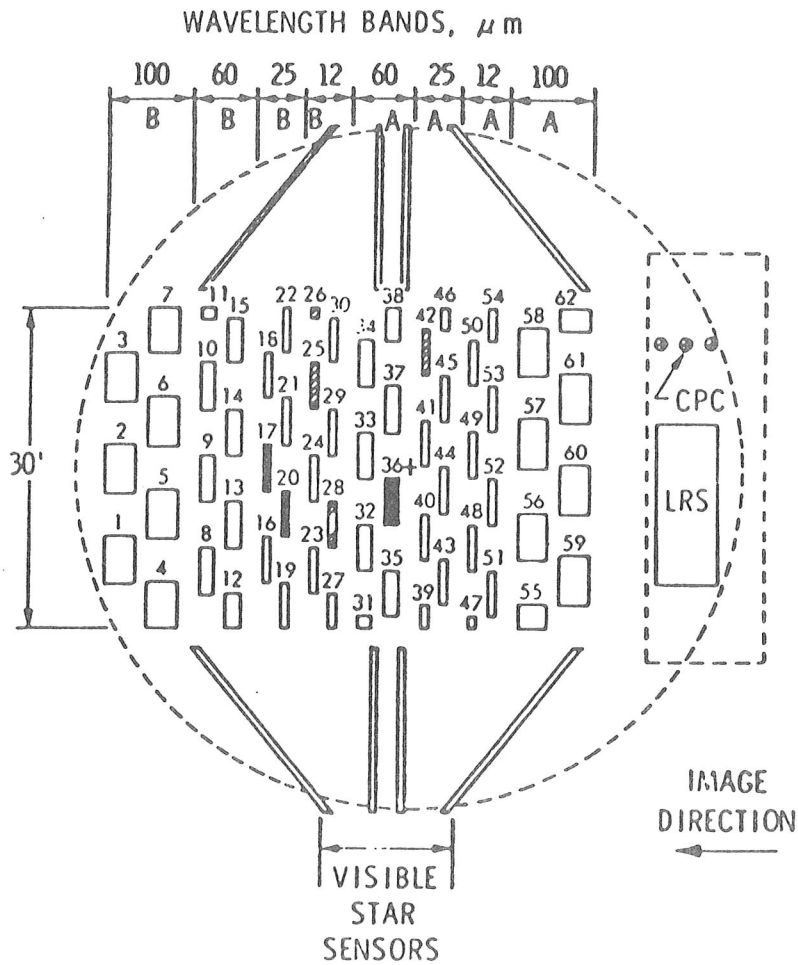


Figure II.C.1 Telescope system configuration.



a) Response vs. wavelength of optical components. Solid lines show the transmission filters and lenses. Dashed lines show relative detector response to constant energy in p
 b) Relative system spectral response.



A schematic drawing of the IRAS focal plane. The numbered rectangles in the central portion each represent the field of view of a detector, filter and field lens combination. The image of a source crossed the focal plane in the Y direction as indicated. The filled-in detectors were inoperative while the cross-hatched detectors showed degraded performance during the mission.

Table II.C.1 Telescope System Physical Characteristics

CRYOGENICS	
Outer shell temperature	195 K
Main dewar capacity	78 kg superfluid helium
Cryogen temperature	1.8 K
Aperture cover dewar capacity	6 kg supercritical helium
THERMAL CONTROL	
Optics, Focal Plane	Cryogenic
Aperture cover	Cryogenic
Sunshade	Passive radiator, heater
Electronics	Surface coatings, blankets
Main Dewar	Multilayer insulation, shading, passive radiator
OPTICS	
Type	Two mirror, Ritchey-Chretien
Mirror material	Beryllium
Baffle material	Aluminum
Entrance pupil diameter	57 cm
Obscuration diameter	24 cm
Operating temperature	2 to 5 K
FOCAL PLANE ASSEMBLY	
Detector, feedback resistor operating temperature	2.6 K
JFET operating temperature	70 to 80 K
MOSFET operating temperature	2.6 K
Number of detectors	62 infrared, 8 visible
power dissipation	14 mW
Construction	Modular: 8 infrared subarrays 2 visible subarrays
ELECTRONICS	
Preamplifier type	trans-impedance amplifier, one per detector
Number of subassemblies	15
Power consumption	48.3 W
Operating temperature	0 to 15 C
A/D sensitivity	125 μ V/data number
Data rates	
Engineering	128 bits per second (bps)
Infrared data	5888 bps
Visible data	128 bps
MASS	
External thermal control	73 kg
Main Liquid helium dewar	432 kg
Liquid helium at launch	73 kg
Optics	72 kg
Focal plane instruments	11 kg
Electronics and cables	90 kg
Structure and Miscellaneous	58 kg
Total	809 kg

IRAS

Satellite pour l'Astronomie IR
(ND + USA + UK)

Mesures photométriques dans 4 bandes λ 12, 25, 60 et 100 μm
 Telescope Cassegrain ϕ 57cm refroidi à 10 K } par
 Photoconducteurs + filtres refroidis à 2 K } L He
 (475e)
 Instruments d'observation systématique ("Survey")
 Projet décidé en 1974, lancé le 25 janvier 1983,
 résultats présentés en Juin 1985, en cours d'analyse

QUELQUES RESULTATS SAILLANT

98% du ciel observé

250 000 sources cataloguées (avant il y en avait eu
 500 000 durant toute
 l'histoire de l'Astronomie)

SYSTEME SOLAIRE

- découverte de nouvelles comètes
- " de deux bandes de poussière de part et d'autre de la ceinture d'Astéroïde

ETOILES

- observation de disque de poussières autour d'étoiles proches (Véga) : systèmes planétaires en formation ?
- " d'objets protostellaires et d'* à enveloppe
- " détaillée du bulbe central de la Galaxie

VOIE LACTEE

- augmentation de la précision des mesures de l'émission du disque galactique
- découverte des "cirrus galactiques"

GALAXIES

- découverte des "galaxies infrarouges" (L_{IR} / L_V 7, 50)

Diapos

I. CONTEXTE SCIENTIFIQUE

LES GRAINS DE POUSSIERE INTERSTELLAIRE

- mis en évidence par Q_{abs} et E_{B-V}
- connus à partir du $Q_{abs}^{(1)}$ "mesuré" de l'UV au IR!
- modélisés - 2 familles \rightarrow silicate + graphite
 \rightarrow mélange (manteau)
- taille caractéristique $\phi \sim 0.1 \mu m$ $n \doteq \phi^{-3}$
- supposés en équilibre avec le CRIS: $u(\lambda)$
- émettent un flux IR estimé à partir de $u(\lambda)$ et Q_{abs}

LA CONFRONTATION DES FLUX IR ESTIMÉS/MESURÉS POSE DES PROBLEMES :

- 1 - sous estimation des flux IRP & IRM
- 2 - désaccord sur les "couleurs IR" (rapport des flux IRAS)

AUTRES PROBLEMES DES EMISSIONS GALACTIQUES

- 3 - Quelle est l'origine de la corrélation IRP/IR!
(Cf. Caux et al 1985 : Résultats AGLAÉ)
- 4 - Quelle est l'origine de la composante "poussières chaudes" étendue?
(Cf. Pajot et al 1986 : Résultats EMILIE)

PARALLELEMENT, INTERROGATIONS SUR L'OBSERVATION DE NEBULES

A - Désaccord observation/estimation sur des Régions HII (à partir du spectre IR (Andrienne 78) \Rightarrow proposition de l'existence de TPG. ?

B - Pbs. posés par l'observation des Nebuleuses en réflexion (voir Sellgren 1984,

- excès en IRP et T_e indépendante de d^*
- \Rightarrow émission par des TPG hors équilibre (chauffés par 1 seul photon)

• Spectre de ces objets présente un spectre une famille de raies/bandes :

λ 3.3 / 6.2 / 7.7 / 8.6 / 11.3 μm

(Gillett et al. 1977) (Duley & Williams 1980)
 Attribuées à des transitions C-H et C-C

THE STANDARD DUST MODELS.
 CONTRADICTIONS WITH THE OBSERVATIONS.

- DUST MODELS HAVE BEEN MADE TO ACCOUNT FOR THE INTERSTELLAR EXTINCTION CURVE (ABSORPTION VARIATION OF THE STAR LIGHT BY THE INTERSTELLAR MEDIUM IN UV, VISIBLE AND VERY NEAR INFRARED RANGE).

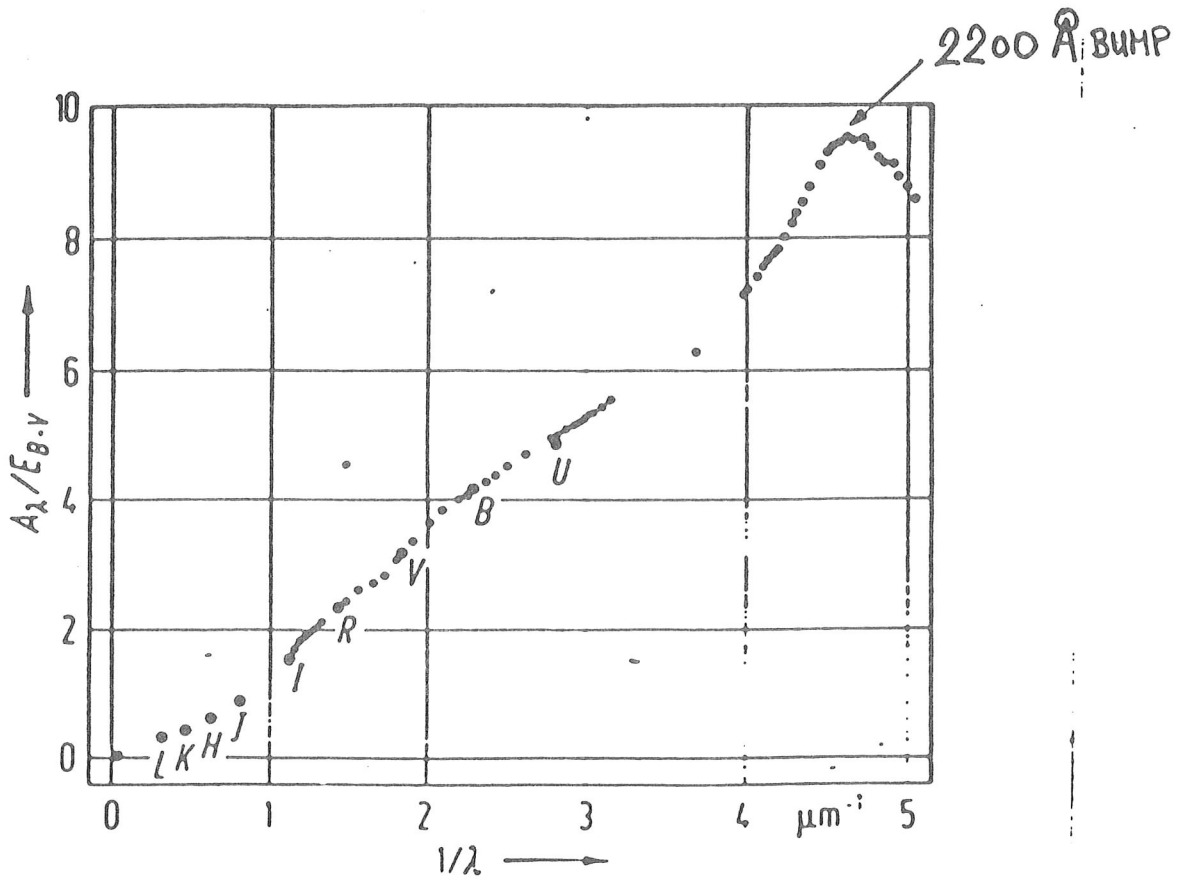
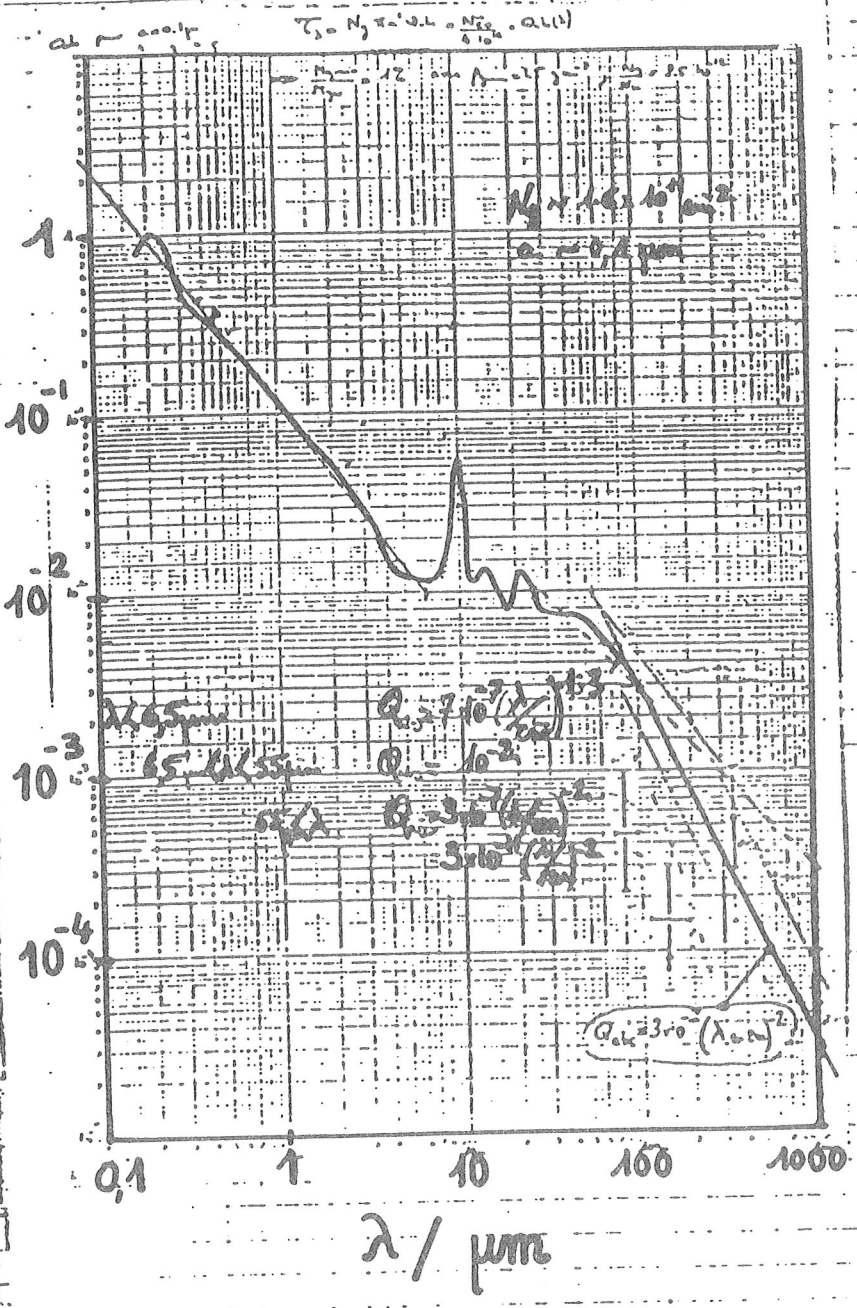
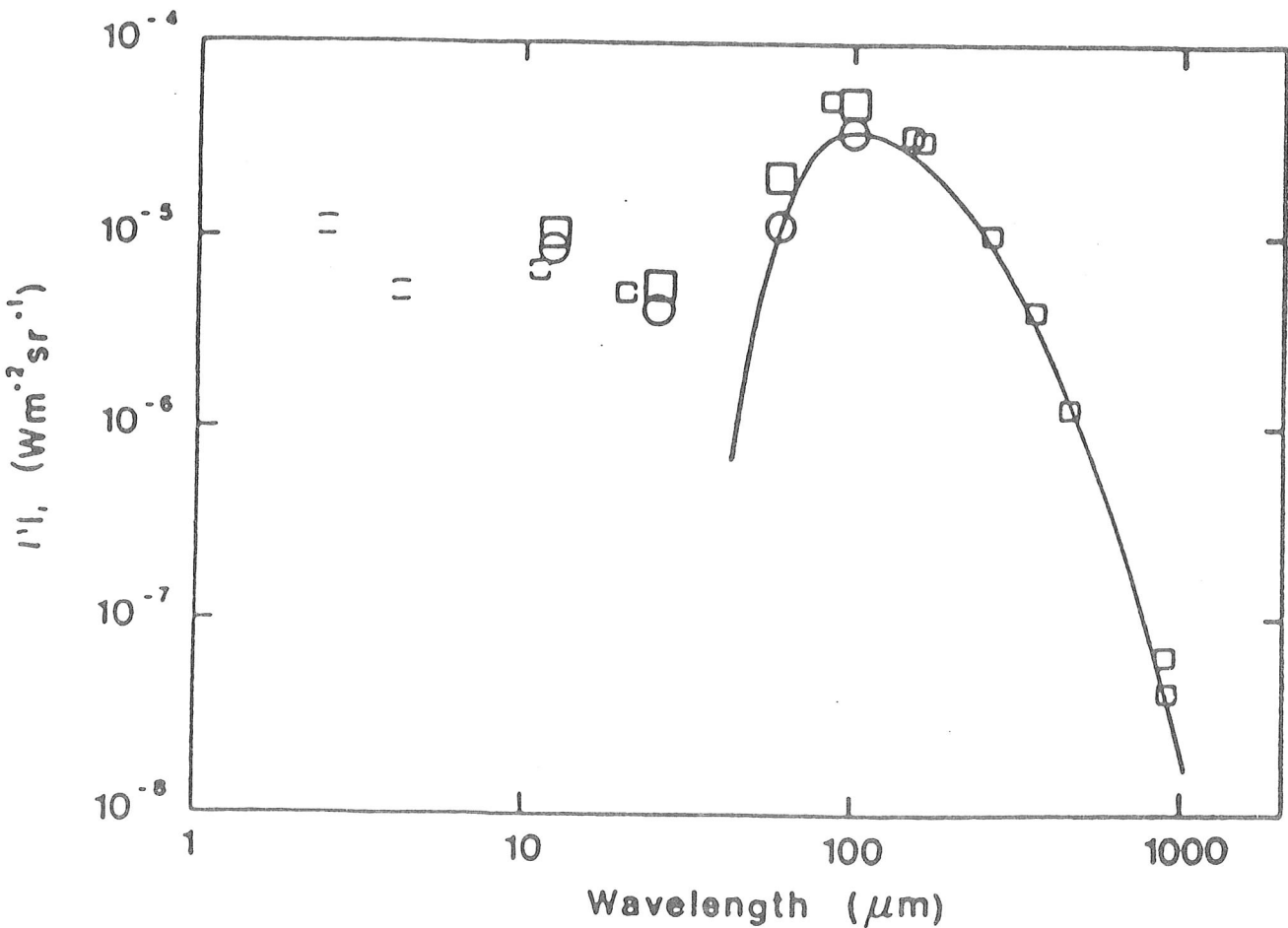


Fig. 1. The interstellar reddening law expressed by A_λ/E_{B-V} , the extinction in [mag] for a colour excess $E_{B-V} = 1.0$, as a function of $1/\lambda$ [μm^{-1}] [17].



SPECTRUM OF THE DIFFUSE GALACTIC
INTERSTELLAR EMISSION



DISCREPANCY BETWEEN THE SPECTRUM OF THE GALACTIC DIFFUSE EMISSION AND THE PREDICTIONS OF THE STANDARD DUST MODEL :

- NEAR INFRARED UNDERESTIMATED
- DIFFERENT PREDICTED VALUES OF THE COLOR RATIO BETWEEN THE IRAS PHOTOMETRIC BANDS

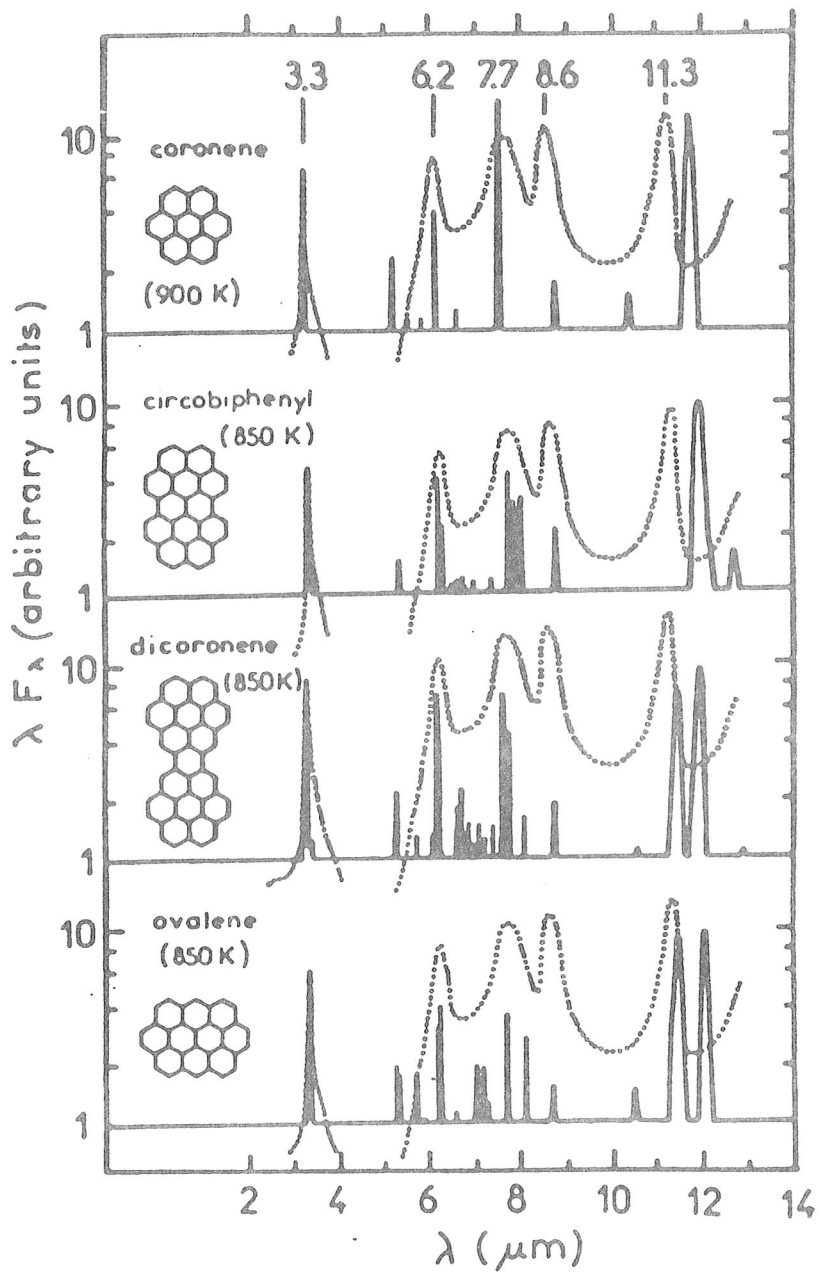
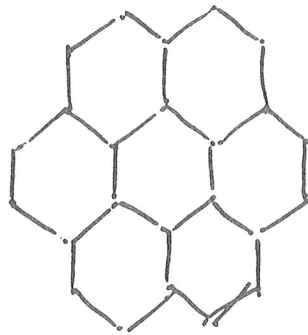
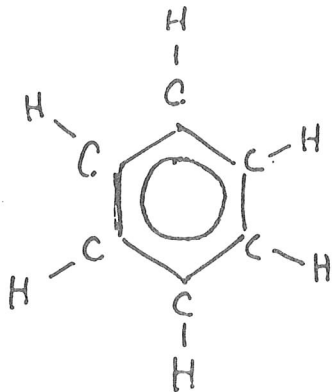


Figure 12. Emission spectra of several compact PAHs calculated from their absorption spectra measured in the laboratory at room temperature (Léger et al., 1986) using relation (2.5). The observed spectrum of the reflection nebula NGC 2023 is reported for comparison (dotted line). The only free parameter in the calculation is the mean emission temperature (in brackets) which is adjusted to reproduce the observed ratio of the two CH bands at 3.3 and 11.3 μm . For clarity, the bands attributed to C-C modes are filled whereas only the contour of the C-H bands is drawn.

LES PAH PROPOSES COMME NOUVEAU COMPOSANT DE LA MATIERE INTERSTELLAIRE

- LEGER & PUGET, 1984, A&Ap 137, L5 proposent l'existence de molécules polycycliques aromatiques hydrogénées libres dans le Milieu Interstellaire.

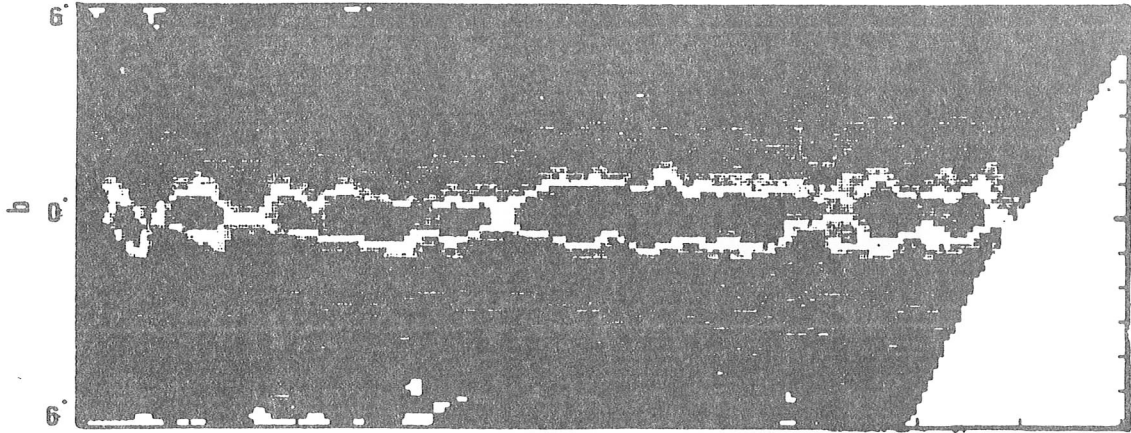


un prototype, le coronène

- Si les PAHs sont un composant de la Matière Interstellaire responsable des émissions "anormales" observées (excès IRP, raies/bandes... alors elles doivent être présentes partout dans le M.I.
- Si cette proposition est vraie, alors les mêmes motifs spectraux à $\lambda 3.3/6.2/7.7/8.6/11.3 \mu$ doivent être observables dans le flux diffus galactique

L'OBJECTIF SCIENTIFIQUE DU PROGRAMME
AROME A ETE DE TESTER CETTE
PROPOSITION.

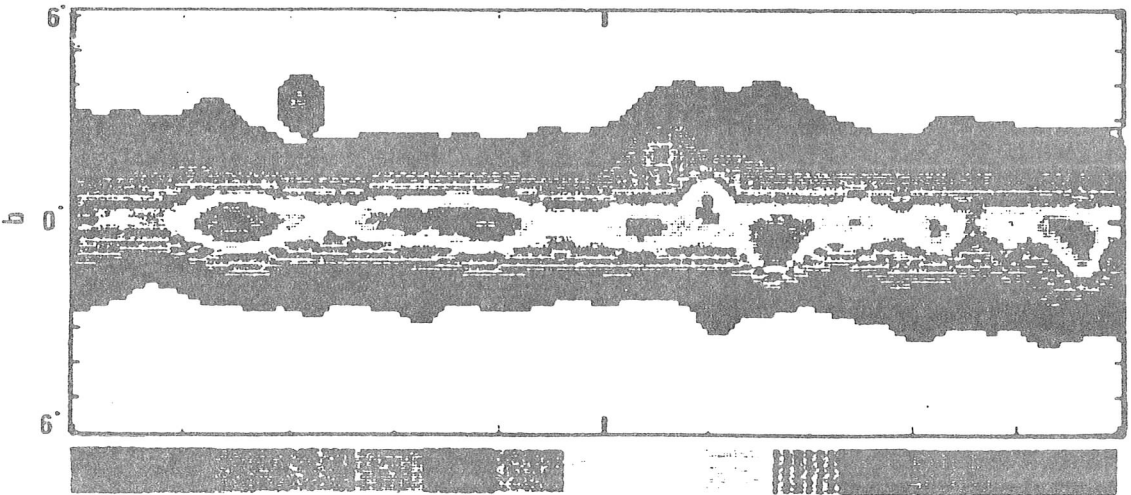
a/ 3.3 μ m continuum AROME



b/ 3.3 μ m feature's AROME excess



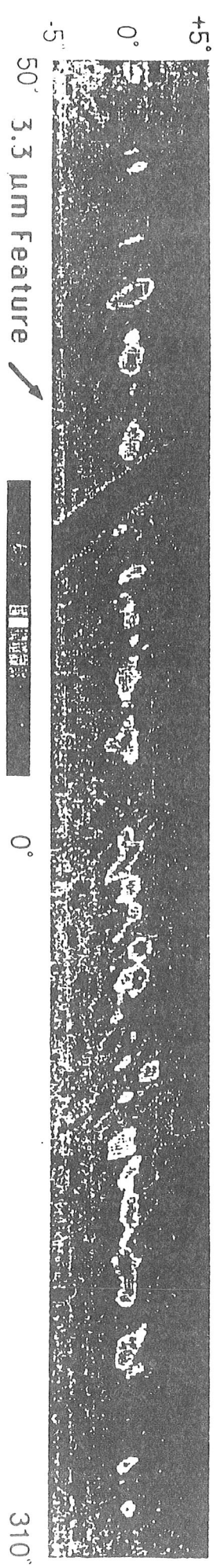
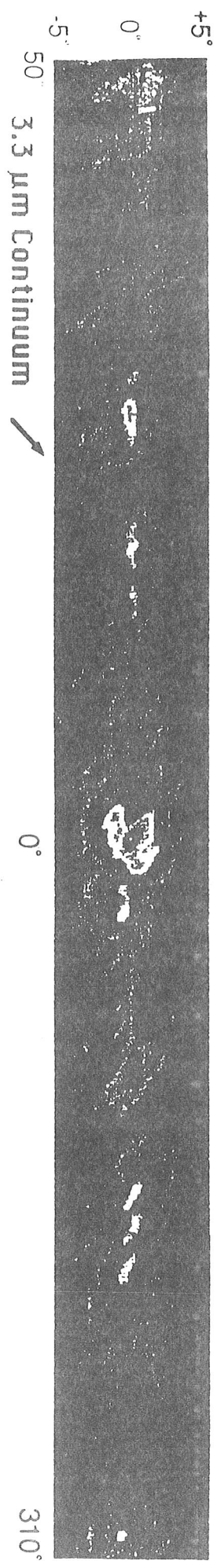
c/ 12 μ m IRAS



35°

20°
L

5°



A LIKELY MODEL FOR THE DUST IN OUR GALAXY:

3 COMPONENTS

1. PAH FREE MOLECULES

~ 20 - 100 C ATOMS

PLANAR STRUCTURE

SIZE ~ 3 TO 10 Å

(20% OF THE IS CARBON)

IMPORTANT CONTRIBUTION TO THE IS CHEMISTRY
(LARGEST GEOMETRIC AREA OF THIS COMPONENT)

2. VSG (VERY SMALL GRAINS)

SIZE ~ 20 TO 100 Å

SPHERICAL

CHEMICAL COMPOSITION:

NO SILICATE (no characteristic features in emission Desert et al. 19)

REFRACTORY ⇒ GRAPHITE
METALLIC
METAL OXYDES } GRAINS

3. LARGE GRAINS

STANDARD MODEL

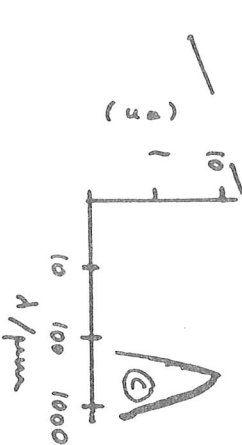
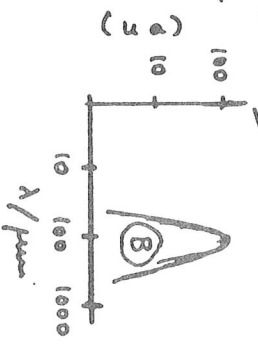
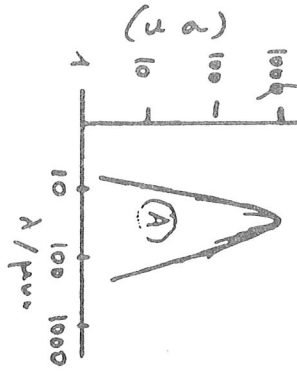
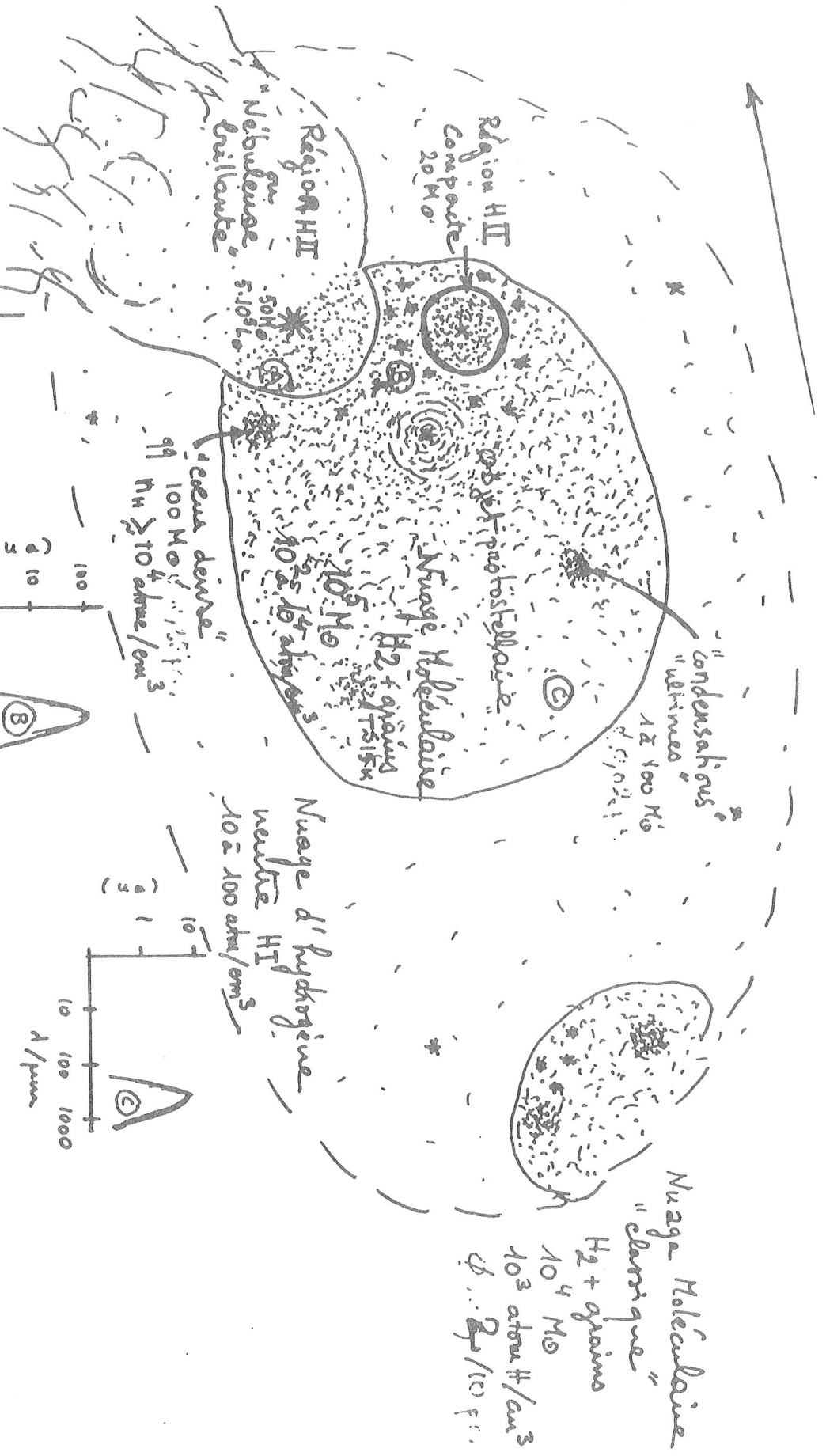
SIZE DISTRIBUTION $N(a) \sim a^{-3.5}$

$0.01 \leq \frac{a}{\mu m} \leq 0.25$

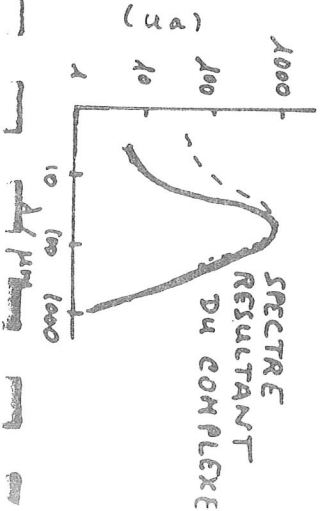
COMPOSITION = GRAPHITE AND SILICATES

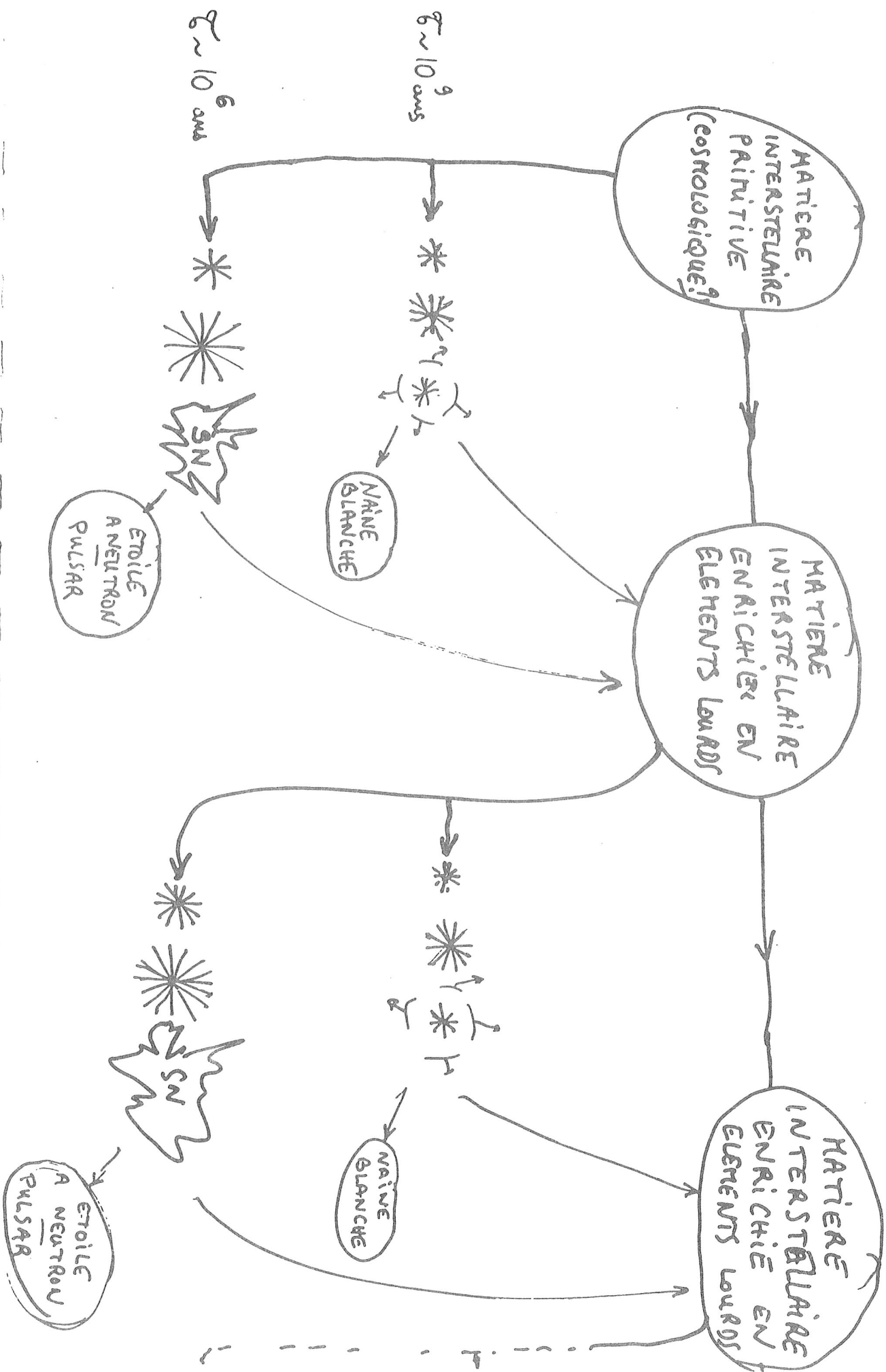
(50% to 60% OF THE ABSORBED/RADIATED ENERGY BY THE ISM)

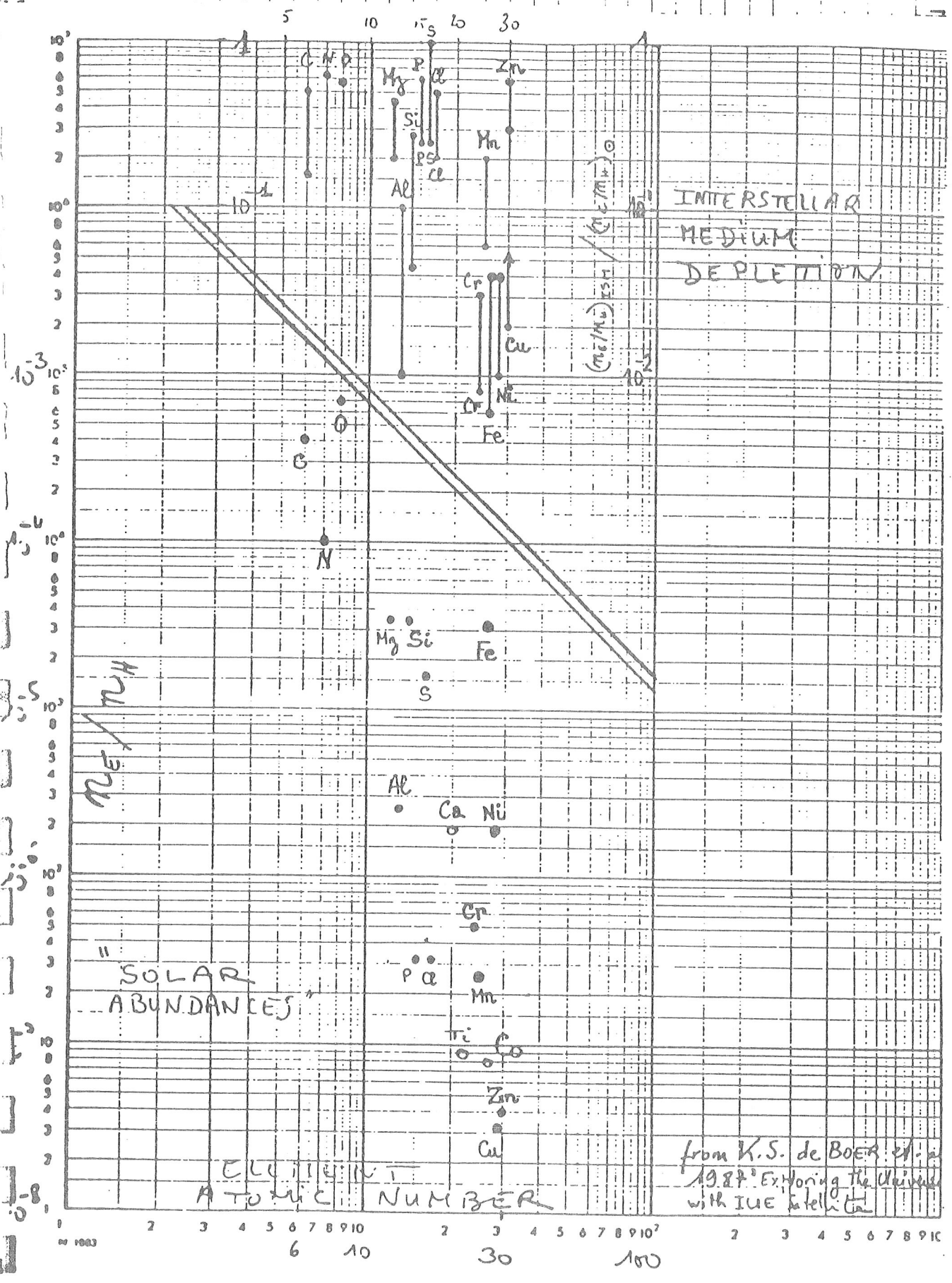
REF: PUGETA LEGER 1989 ANNUAL REVIEW OF ASTROPHYSICS



REPRESENTATION SCHEMATIQUE D'UN COMPLEXE "REGIONS HII - NUAGES MOLECULAIRES"







INTERSTELLAR MEDIUM DEPLETION

ME/MH

"SOLAR ABUNDANCES"

ELUIMEN
ATOMIC NUMBER

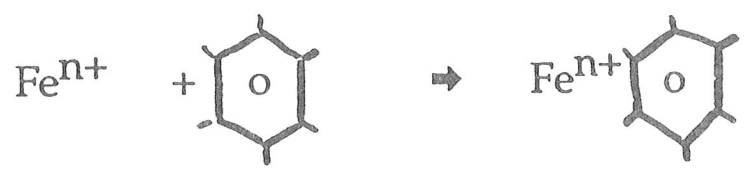
from K.S. de BOER et al. 1987
Exploring the Universe with IUE satellite

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 2 3 4 5 6 7 8 9 10 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6 10 30 100

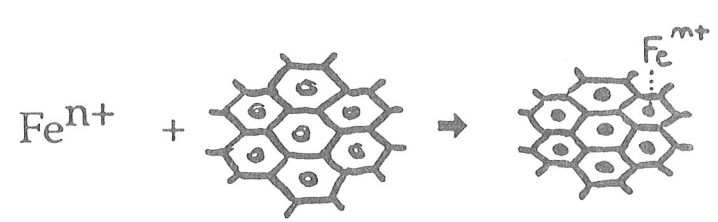
COORDINATION DU FER A DES MOLECULES POLYAROMATIQUES

Calculs théoriques (J.Y. Saillard)



Ferrocène E(Fe-Cycle) : 4.9 eV (E.H.)

E(Fe-Cycle) : n = 0 : 1.4 eV (E.H.)
 n = 1 : 3.1 eV
 n = 2 : 4.8 eV



n = 0 : 1.0 eV (E.H.)
 n = 2 : 4.9 eV

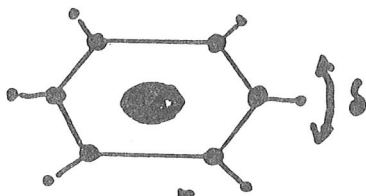
(Détails Jeudi)

CONCLUSION :

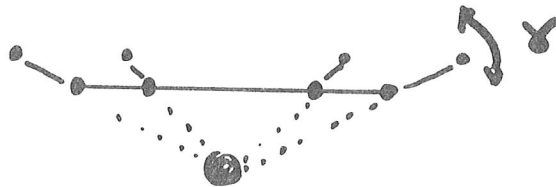
La coordination du fer à des molécules polyaromatiques est théoriquement possible (c'est heureux !). De plus, cette liaison est très stable (cf. ferrocène)

CONSEQUENCES SPECTROSCOPIQUES DE LA COORDINATION DU FER

INFRAROUGE : Coordination → Distorsion



• H
• C
• Fe



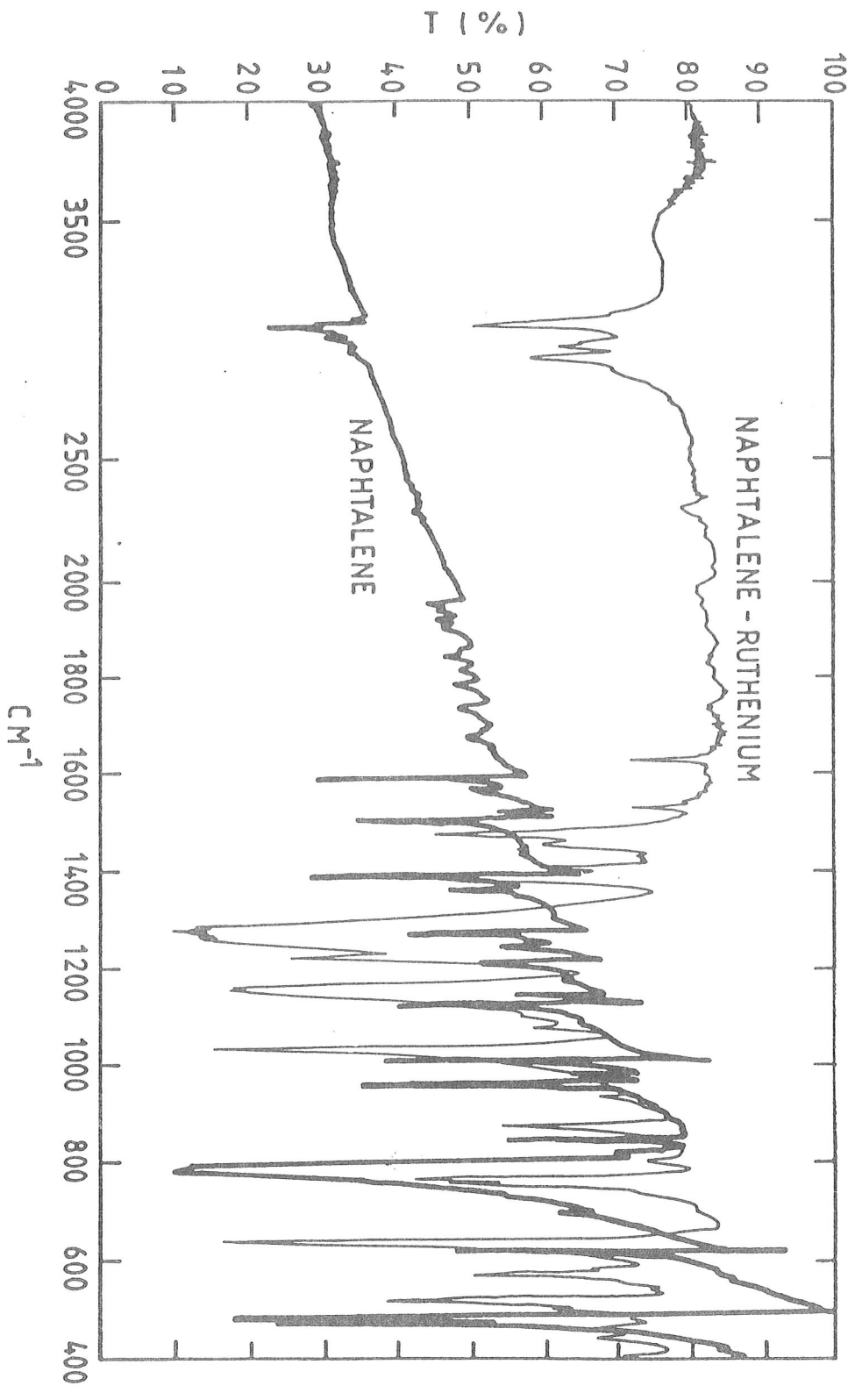
Conséquences : ν C-H : peu affectée
(absence de couplage)

δ C-H : peu affectée

γ C-H : inhibée, éclatement
(cf. J. Mascetti)

Donc si un effet interstellaire : I (3.3 μ) I (12 μ)

Exemple : Naphtalène et naphtalène-ruthénium



ISO



Astronomical Observing Programme

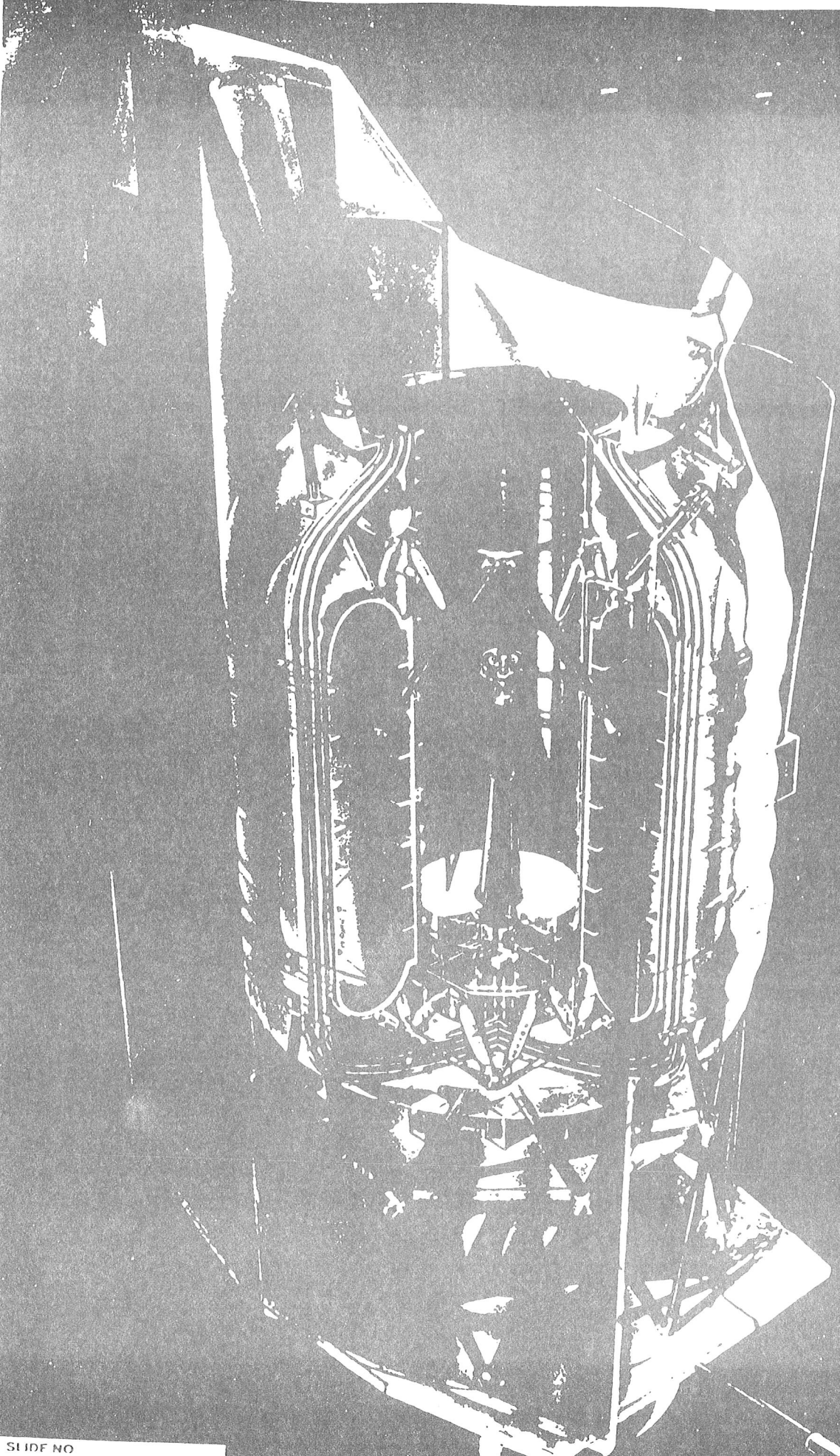
- Observatory with 2/3 of its scientific programme determined by proposals from the general community
- ISO's scientific programme will touch every field of astronomy
- General features of ISO's wavelength range (3 – 200 μm) include:
 - cool objects (15 – 1000 K) radiate bulk of thermal energy
 - rich variety of ionic, atomic, molecular and solid state spectral features
 - greatly reduced interstellar extinction as compared to the visual

ISO

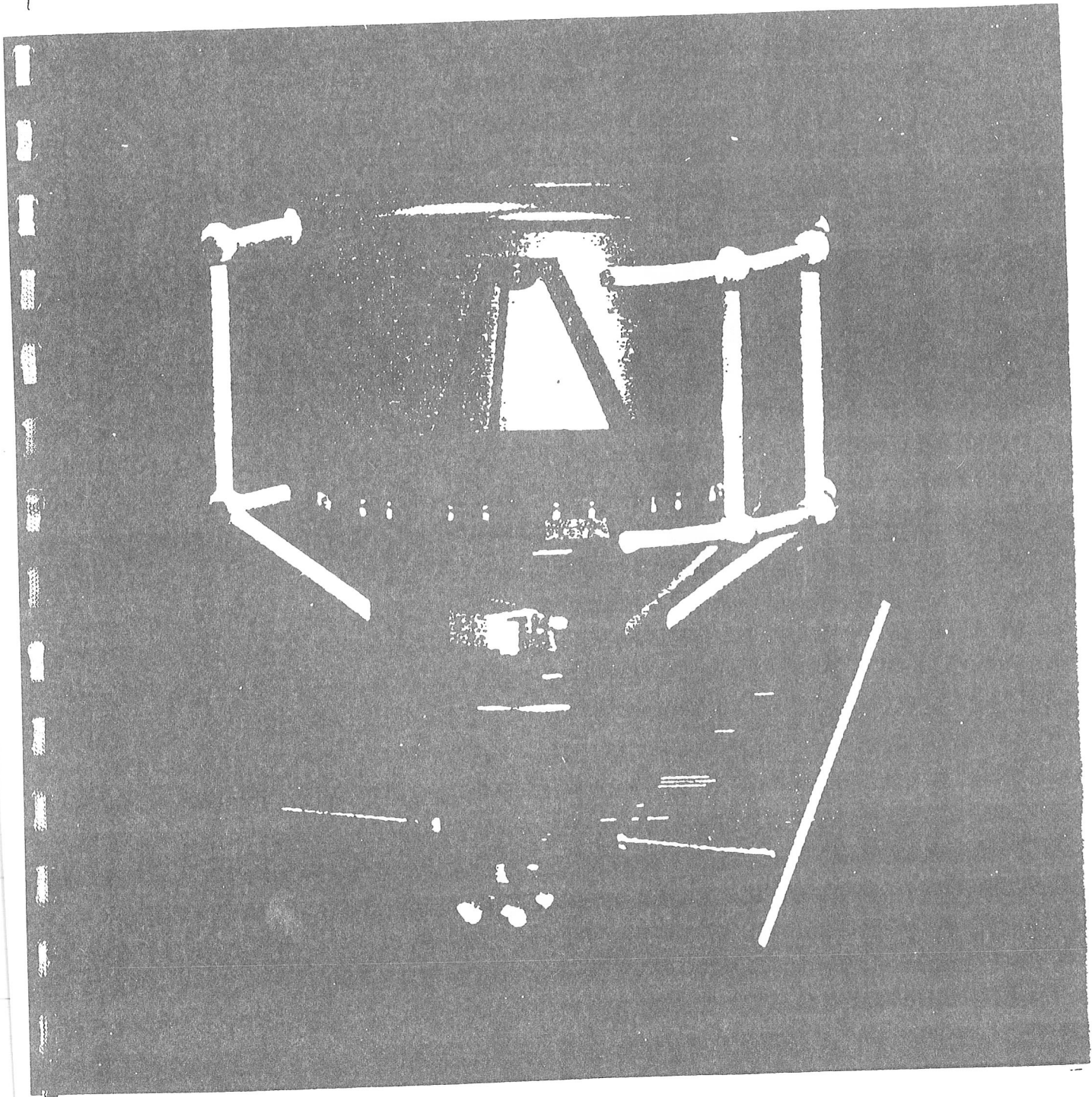


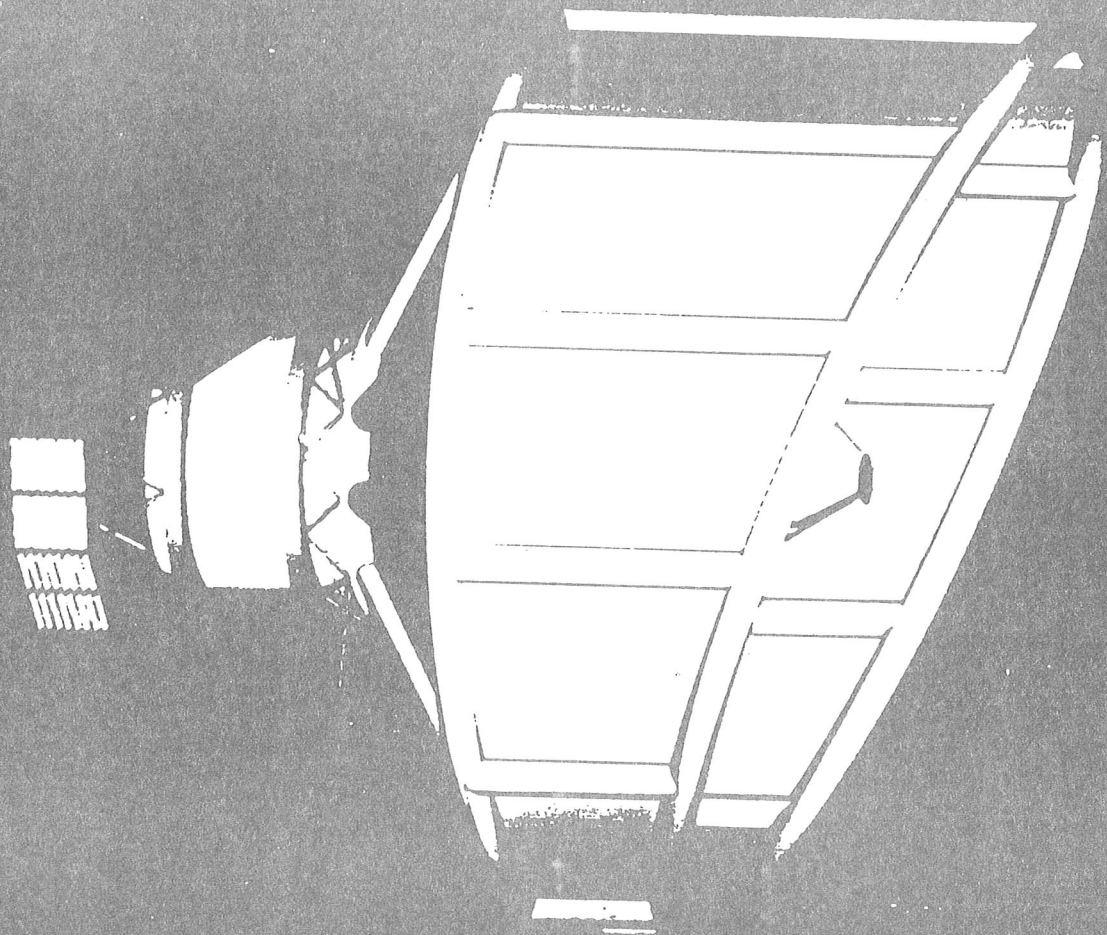
Possible Observational Highlights

- Comets
 - Gas/dust composition and evolution
 - IR tails and trails
- Giant Planets
 - Helium and Deuterium abundance ratios
- 'Protoplanets'
 - Systematic search and detailed look
- Dust
 - Cirrus
 - PAH's
- Star Formation
 - All stages will be investigated by ISO
- HII Regions
 - Heating and cooling processes, density and ionisation structure, abundances
- Main Sequence Stars
 - Angular diameters
- Evolved Stars
 - Mass loss rates
 - Formation of dust
- Galaxies
 - Mapping nearby systems for overview of e.g. star formation processes
 - Distinguishing between nuclear and disk emission
 - Starburst, interacting
- Cosmology
 - Invisible matter, e.g. brown dwarfs
 - IR galaxies as standard candles



SLIDE NO





QUELQUES ETAPES DE L'ASTRONOMIE INFRAROUGE ²

1800 S. William HERSCHEL mesure avec de simples thermomètres l'échauffement dû au rayonnement IR dans le spectre du Soleil;

... → 1945 • utilisation des bolomètres (= thermomètres à résistance électrique) [S. P. LANGLEY]
• utilisation des thermocouples
• seuls objets mesurés : le Soleil et la Lune

1945 → 1960 • apparition des photodétecteurs PbS et utilisation à la mesure des émissions IR des planètes les plus brillantes [G. KUIPER]
utilisation par W. SINTON du grand télescope de $\phi 5$ m du Mont Palomar pour réaliser un spectre vers $10 \mu\text{m}$ des planètes brillantes.
utilisation d'une cellule de GOLAY pour mettre en évidence les émissions du Soleil et de la Lune jusqu'à $1000 \mu\text{m}$.

début des années 1960 premières utilisations d'avions et de ballons pour s'affranchir de l'écran atmosphérique

introduction des méthodes cryogéniques pour refroidir les récepteurs
⇒ gain élevé en sensibilité ⇒

premières détections des rayonnements infrarouges d'origine stellaire.

?

technologies infrarouges des militaires ??

25 janvier 1983

Lancement du premier satellite d'Astronomie Infrarouge : IRAS (ND, UK, U.S.)

IV - LES EVOLUTIONS FUTURES

→ Elargissement du domaine spectral

Le Submillimétrique est le dernier créneau
inexploré en Astronomie.

→ Accroissement des performances des détecteurs

- capacité bidimensionnelle/puissance dissipée
(? AC)
- sensibilité accrue --> diminution de la température
(4.2 K / 1.25 K / 0.5 K / 0.1 K / ?)

→ Sous-systèmes optiques refroidis

