

CFHT Biblio

Emma Bordier

10 avril 2019

Table des matières

1 Bibliographie	1
1.1 SPITZER/IRS investigation of MIPS GAL 24 μ m compact bubbles. N.Flagey et al 2011.	1
1.2 A Catalog of MIPS GAL disk and ring sources, Mizuno et al 2010	3
1.3 Proposal OT1 : Unknown Bubbles	4
1.4 Proposal OT2 : Capturing missing evolved stars in the Galactic plane	6
2 Instruments	7
2.1 Herschel, The Promise of Herschel Pilbratt 2009	7
2.2 HSA Users Guide	8
2.3 Herschel Data Products	8
2.3.1 Overview of Herschel Standard Products	8
2.3.2 Overview of Herschel Data Product Levels	8
3 Questions à Nicolas	9

Introduction

Ce papier donne les différents points importants à retenir sur chaque Biblio concernant les bulles (enveloppes circumstellaires) de manière générale. On y trouvera également des références et points importants concernant les instruments utilisés pour chaque télescope. Les prétraitements des données seront également explicités.

1 Bibliographie

1.1 SPITZER/IRS investigation of MIPS GAL 24 μ m compact bubbles. N.Flagey et al 2011.

Seulement 15% des 428 MBs ont été identifiées en tant qu' étoiles évoluées.

But : déterminer l'origine de l'émission mid-IR.

Principe : Modéliser les émissions du gaz en mid-IR + émission de poussière pour estimer les paramètres physiques à l'intérieur des bulles et ainsi déterminer leur nature. **On étudie 4 MBs : MB4001, MB4006, MB3957, MB4121**

- 2 d'entre elles (2 PN) : montrent des spectres pauvres en poussières mais dominés par des raies fortement ionisées : OIV, NeIII, NeV, SIII, SIV.
- 2 autres (avec source centrale : 1 WR et 1 Be/B[e]/LBV) ont un spectre dominé par le dust continuum et des raies plus faiblement ionisées.

Introduction : Les AGBs sont les principales sources de poussières. Les WR, Novae, RSG ne fournissent que peu de poussières. SNe sont aussi des sources de poussières mais à plus grand redshift.

Il manque des gros objets dans la Galaxie par rapport aux prédictions (PNe, WR, LBVs)... MBs correspond très probablement à la masse manquante des étoiles évoluées. On doit trouver ces objets pour avoir une estimation plus précise du réservoir de poussière dans la galaxie.

Les MIPS GAL bubbles¹ (MBs) envahissent tout le plan galactique si on les observe en Mid-IR. Distribution à peu près uniforme (latitude et longitude galactique).

Catalogues utiles : MASH Catalogue of PNes, Catalogue of Galactic PNes.

Les émissions étendues en forme d'anneau peuvent provenir :

- étoiles sur la MS et Sous-Géantes sous forme de disque de débris associé au disque protoplanétaire.
- sous forme de disque plus gros autour des LBVs, ou associé à des SNRs.

1. Multiband Imaging Photometer for Spitzer

— autour des PNes.

On pense que la majorité des MBs est associée à des étoiles évoluées. Donc les bulles devraient provenir de petits grains chauds et/ou de gaz ionisé chaud dans les vents stellaires et/ou éjecta.

Observations : Les 4 sources sont choisies parmi les sources non identifiées, observables en avril 2011 par Spitzer, qui sont suffisamment brillantes et de morphologies différentes (disque, tores, coquilles).

Source	Détection - Canal	Objet central	Présence poussière dans le spectre	Forme	Nature
MB4001	24 μ m	Non	Non - bcp de raies (gaz fortement ionisé)	Disque	PNe (?)
MB4006	24 μ m	Non	Non - bcp de raies (gaz fortement ionisé)	Anneau	PNe (?)
MB3957	24 μ m	Oui (2MASS + IRAC)	Oui	Tore	
MB4121	24 et 70 μ m	Oui détectée à 24 μ m (2MASS+IRAC)	Oui		

TABLE 1 – Tableau donnant les différentes MBs observées et quelques caractéristiques

Réduction des données :

On choisit des zones ON (centré sur le pic MIPS à 24 μ m) et OFF (fond) pour la réduction des données. Pour chaque pixel, on prend la médiane du stack des BCDs². On fait deux images, une pour la position ON et une pour le OFF. On soustrait à chaque image ON, l'image OFF correspondante.

ON = source + ISM (PAH et H2) OFF = ISM (PAH et H2) On détecte dans le OFF des raies dont l'intensité est 100 fois plus faible que dans l'image principale. On les corrige avec IRSCLEAN.

Résultats : Hypothèses de départ pour MAPPINGS III : Les MBs sont représentées comme des sphères isochores illuminées par une source de 10⁵km de rayon. On initialise en utilisant les abondances solaires pour la composition du gaz, hormis pour le Fe (non présent dans les étoiles évoluées peu massives mais peut jouer un rôle très important dans le refroidissement des plus massives). On fait tourner le programme avec et sans poussière.

Dust-poor Objects : MB4001 and MB4006.

Un à la forme d'un disque et l'autre d'un anneau. Faible dust-continuum mais beaucoup de raies de gaz fortement ionisé. Possiblement des PNe (candidats). Le manque d'émission de poussière peut être expliqué par le fait qu'il y a peu d'interaction entre l'enveloppe et l'ISM et que l'enveloppe a un ratio gaz/poussière très important. On procède par élimination. On élimine les enveloppes AGB, post-AGB, et PN pour les raisons suivantes :

- Les densités électroniques relevées sont indépendantes du rayon alors que dans les enveloppes multicouches on trouverait de grandes variations de cette densité.
- Le spectre des PNe montre des signatures des PAH et des raies de gaz fortement ionisées.
- Le gaz nébulaire devrait montrer des traces d'H qui a été dredge up (ou remonté) durant les phases AGB ou post AGB.

Est également rejetée l'hypothèse de la SNR sans poussière car : absence de signatures de grande vitesse, présence d'une émission NII relativement importante, et pas d'émission de SII qui devrait pourtant signaler la présence d'un gaz chaud choqué, pas non plus de contrepartie X.

Conclusion : Probablement des PNe dont la forte-excitation s'atténue avec une forte émission de OIV avec possiblement une étoile centrale. Les températures trouvées d'environ 200 000K sont en accord avec des PNe.

Dust-poor Objects : MB3957 and MB4121. Points communs : Une source centrale IR est détectée + spectre mid-IR dominé par un dust-continuum. Différents des deux premiers par leur forme et leur spectres IR.

MB3957 : MB a la forme d'un tore. Source ponctuelle détectée. Spectre IRS : continuum + plusieurs raies gaz excité. Pas de PAH aux faibles longueurs d'onde.

Raies MIR : On observe la raie du FeIII à 22,92 μ m. Raie rarement observée (dans les SNR dont les chocs interagissent fortement avec un ISM dense, dans 2 PNe, et dans le centre Galactique. La détection de gaz peut être associée à la présence d'un choc qui propulse les grains et les atomes de Fer dans le gaz. La présence de Néon et de Soufre (ajoutée à celle du FerIII) penche en faveur de photoionisation.

Les rapports de raie indiquent la présence d'un objet central dont la température est d'environ 60 000-70000K Une WD ou un WR. Le SED pique dans le proche IR en faveur d'une source rougie. La loi de planck donnerait alors une T=1600K, le rougissement est sûrement dû à l'extinction le long de la ligne de visée. Pour savoir si l'objet central est une WR ou une WD, on s'intéresse au facteur de dilution : $W_* = (R_*/d_*)^2$. En jouant sur le χ^2 , on peut essayer de trouver des fits qui ajustent au mieux le SED. Ces valeurs contraignent alors beaucoup la valeur du facteur de dilution, qui nous renseigne sur la distance de l'étoile et son rayon. On voit clairement que l'hypothèse d'une WD est rejetée car l'étoile devrait se

situer à qqes pc, ce qui est peu probable. Si la source centrale est une WR ($R_* = 10R_\odot$), on retrouve des distances raisonnables et plus probables.

Conclusion : Source centrale est une WR et le rougissement du SED est du à la présence d’une enveloppe circumstellaire interne de poussière chaude.

MB4121 : Au basses longueur d’onde, seule la source centrale est visible. Source centrale sûrement une Be/B[e]/LBV en comparant le spectre near-IR avec une source connue du même type. On corrige les spectres IRS avec l’extinction puis on regarde les raies du gaz mid-IR pour contraindre la température de l’objet central. Le spectre de la source centrale montre des raies d’absorption de silicates à 9 et 18 μm et de CO_2 à 15 μm . De la même façon que pour MB3957, on utilise le facteur de dilution pour trouver la nature de l’objet central. On suppose que la source est Be/B[e]/LBV, donc $R_*/R_\odot = 2 - 7$ et $T_* = 10000 - 30000\text{K}$. Pour trouver la température interne de la source on utilise la raie du Fe à différents niveaux d’ionisation. Il y a une compétition entre extinction par la poussière et ionisation du Fer qui fait accroître la température. **Conclusion : Même en considérant tous ces paramètres, il est difficile de conclure quant à la nature exacte de l’objet central.**

Conclusion Générale : Résultats spectres Mid-IR de Spitzer/IRS pour 4 MBs 24 μm combinés aux anciennes observations 2MASS et IRAC. Modélisation des raies du gaz mid-IR et de l’émission de poussière pour contraindre les paramètres physiques de l’enveloppes et de la source centrale.

- MB4001 et MB4006 : spectre pauvre en poussière mais raies de gaz fortement ionisé. PNe avec WD très chaude au centre ($T \geq 200000\text{K}$). Pas de dust emission.
- MB3957 : dust-rich IRS spectrum beaucoup de raies spectrales notamment FeIII. Modéliser du SED en IR entre 1 et 40 μm a permis de contraindre le facteur de dilution et conclure en faveur d’une WR au centre.
- MB4121 : dust-rich spectrum et source centrale détectée dans toutes les images IR. Beaucoup de raies de Fe qui proviennent de la source centrale et des raies d’absorption dues au nuage sombre sur la ligne de visée. On modélise l’émission IR entre 1 et 40 μm , on constate alors que la contribution de la source centrale est faible et que MB4121 se situe à entre 400-800pc. Malheureusement, à ces distances, l’objet central peut aussi bien être une Be, une B[e] ou une LBV.

1.2 A Catalog of MIPS GAL disk and ring sources, Mizuno et al 2010

Introduction : 416 objets étendus et résolus détectés par MIPS GAL 24 μm . Pas de connaissance préalable sur ces objets ou d’a priori sur leur nature physique. La plupart des objets n’ont pas de contrepartie à 8 ou 70 μm .

Pour les 54 objets qui ont une source ponctuelle centrale, les sources sont à peu près toutes vues par les caméras IR.

57 objets qui ont été identifiés (sur les 362 sans source centrale) sont à 90% des PNe (ce qui laisse penser qu’une bonne partie des MB inconnues sont des PNe).

Rappels : Quand une étoile évolue sur la AGB, son enveloppe s’expand et se refroidit. Le gaz éjecté peut se condenser en grains de poussières au sein d’une coquille circumstellaire, qui peut être relativement visible en IR puis devient dans le même temps optiquement épaisse à tel point de ne plus voir l’étoile centrale en optique. A mesure que l’étoile perd de la masse, elle évolue dans les stades, d’abord post-AGB puis PN ou SN. Ces objets contribuent en majorité au réservoir de poussière présent dans la galaxie et dans l’univers.

L’identification complète des progéniteurs requiert une étude spectroscopique complète, mais il est possible d’identifier des étoiles évoluées simplement, grâce à de l’imagerie IR, avec MIPS 24 ou 70 μm ou encore GLIMPSE³ à 3.6-8 μm .

Identification des sources : L’identification des sources se fait à l’oeil, pour trouver les candidats MBs. Il n’existe aujourd’hui pas de procédure automatique permettant de détecter des ensembles d’objets mieux qu’à l’oeil. Les critères de sélection sont les suivants :

- Forme ronde avec limites nettes
- un profil de disque
- Présence d’un anneau total ou partiel

Au total 416 objets répertoriés que l’on classifie suivant différents groupes représentés dans le tableau 2 ci-dessous.

Éléments statistiques : Le nombre d’objets détectés pour chaque groupe est indiqué dans le tableau. Un histogramme est fait, pour avoir une idée du nombre d’objets en fonction des coordonnées galactiques. On prend les 240 objets qui sont dans le plan galactique (1) avec des bins de 10°. On constate clairement un nombre d’objets plus élevé dans les régions centrales de la galaxie, et une diminution forte pour les grandes longitudes. On peut éventuellement remarquer une légère hausse aux alentours de 30, mais le faible nombre d’objets ne permet pas d’avoir une statistique précise.

Mesures du flux : On fait de la photométrie d’ouverture pour avoir le flux des objets à 24 μm . On choisit pour cela un rayon ON et un rayon OFF. Le rayon ON est choisi de façon à contenir au moins tout l’objet. Le OFF est choisi de façon à représenter de manière significative le background de l’image et être aussi proche que possible du rayon ON. L’intensité du background I_{BG} est déterminée en prenant **la médiane des pixels dans le rayon OFF**. Le background

3. Galactic Legacy Infrared Mid-Plane Survey Extraordinaire

Groupe	Général	Sous-Groupe	Caractéristiques
Objets avec SC ⁴ (54)	Forme d'anneau	Régulier Irrégulier	Symétrie axiale ou bilatérale Non-uniforme ou asymétrique
Anneaux sans SC (112)	-	Anneaux Anneaux Irréguliers Anneaux symétriques	Inégalité dans brillance anneau Variabilité brillance épaisseur Axe de symétrie
Disques (226)	-	Disques plats Disques "peaked" Disques symétrie bilatérale Disques oblongues Disques irréguliers	Aximétrique Axisym, pas plat profil radial Brillance renforcée d'un côté Forme ellipitique ou allongée Structure asym ,forme irrégulière
Deux lobes (24)	Lobes apparents	-	Un lobe plus brillant que l'autre
Filaments (2)	Structure filamenteuse	-	Souvent identifié comme SNRs
Divers (10)	Tout le reste	-	Objets compacts

TABLE 2 – Présentation de la classification des MBs basée sur l'analyse morphologique des bulles. Cette classification se fait en 6 groupes différents.

est soustrait du ON puis on somme chaque pixel ON et on renormalise par l'angle solide. On suppose que les fluctuations du background dominant le OFF.

Détections IRAC et MIPS à 70 μm : Les données GLIMPSE sont disponibles pour 314 objets. 44 objets sont détectés avec une émission étendue. 252 sont qualifiés de "non-détection" et pour ce qui reste, c'est assez indécis. A 70 μm les données sont disponibles pour 368 objets : comprenant quand même 46% de non-détection. Il semblerait que la fraction de "détections" soit plus élevée pour les objets à 24 μm qui ont une source centrale. Pour 94% des objets, toutes les sources centrales sont observées dans les bandes de IRAC.

Corrélations avec SIMBAD : Pour chaque objet on lance une recherche SIMBAD pour tenter d'identifier leur nature. Seulement 105 objets ont été trouvé sur les 428 MBs. Les objets SIMBAD étaient pour la plupart dans un rayon de 10'' par rapport à nos coordonnées.

Discussions : Alors que les études spectroscopiques permettent de déterminer la réelle nature physique de l'objet, on peut tenter de faire quelques conclusions basées sur les identifications connues.

Pour les anneaux, disques, 2-lobes quasiment toutes les identifications (50/57) SIMBAD les associent à des PNe ou candidats PN. Pour les 7 restantes, on est plutôt sur des étoiles ou des radio-sources, ce qui n'empêche pas que ces objets soient des PNe aussi. On rappelle que les objets dans le catalogue ont été choisi sur la base de leur morphologie à 24 μm , et qu'on n'avait aucune idée préalable du type d'objet que cela pouvait être.

Les PNe peuvent piquer fortement à 24 μm + il manque à ces objets un dust-continuum. Toute l'émission à 24 μm est attribuée à l'émission de OIV. Chu et al 2009 compare les observations MIPS 24 μm avec des archives de données H α et HeII. Il conclut alors que l'émission à 24 μm est une combinaison de l'émission du dust-continuum et de la raie OIV à 25.9 μm .

Les objets avec source centrale, la majorité des identifications est celle de l'étoile source, majoritairement identifié comme emission-line star. (seulement 2 de ces objets ont été identifiés comme étant des PNe).

1.3 Proposal OT1 : Unknown Bubbles

*PI*⁵ : N.Flagey

But scientifique : Identifier 35 des 428 MBs 24 μm . Sûrement des stades avancés d'étoiles de petites à grandes masses : LBV, AGB, post-AGB, RSG, WR, SNR, PN. Les spectres obtenus par Herschel seront comparés à ceux obtenus par le programme MESS, afin de caractériser l'émission de poussière, du gaz ionisé, atomique et moléculaire présent dans de telles enveloppes.

Les étoiles évoluées contribuent beaucoup au réservoir de poussière du ISM (à cause de leurs vents et radiation). Les étoiles massives évoluées sont supposées être un certain nombre mais sont toujours manquantes : PN, WR, LBV (connaissance actuelle).

MIPSGAL : Seulement 15% des 428 objets existe dans les catalogues disponibles tq VizieR ou SIMBAD. Parmi ces 15%, environ 80% ont été trouvées dans le catalogue MASH des PNe et dans le Catalogue of Galactic PNe. 85% des bulles reste inconnu, il serait bien de pouvoir proposer de nouveaux candidats grâce à ces observations. La majorité des MBs est détectée à 24 μm (10% ont des contreparties dans les bandes de IRAC et 30% dans les bandes MIPS 70 μm . 54 objets parmi les 428 abritent une source centrale à 24 μm .

5. Principal Investigator

Les LBVs : Les observations devraient nous permettre d'identifier de nouveaux candidats, ce qui est très intéressant puisque les LBVs sont des objets atypiques : elles précèdent le stade de WR, elles éjectent beaucoup de matière, parfois jusqu'à plusieurs masses solaires et ont des luminosités semblables à celles des SN. Elles sont parmi les objets les plus brillants $10^6 L_{\odot}$, les plus massives $\geq 50 M_{\odot}$ et les étoiles les moins communes.

Résultats antérieurs :

- La modélisation des raies du gaz et la comparaison avec des modèles a permis de conclure que les objets dust-free sont des PNe abritant une WD très chaude au centre. La non-détection de signatures de poussières en mid-IR indique que les petits grains chauds ont été détruits près de la WD. Des particules plus grosses peuvent être détectées dans MIPS 70 μm (et à plus grandes longueur d'onde) si elles ont été éjectées au début de la PN.
- Parmi les objets dust-rich : Certains objets ont des raies de gaz ionisé (soufre, néon, fer) avec objet central. D'autres ont un spectre mid-IR avec raies FeII et FeIII. Dans un moins un des objets, on a pu montrer que la raie de FeIII provient de l'objet central tandis que l'enveloppe externe est surtout composée de poussière chaude. Plusieurs de ces MBs ont été proposées comme candidats LBVs.

Attention, des propriétés similaires sur large bande, ne signifient pas que les objets sont les mêmes, d'où l'importance d'une étude spectroscopique.

Pourquoi Herschel et la bande spectroscopique de PACS ?

- En attendant la transition entre Spitzer et JWST dans l'espace, le seul moyen d'identifier l'origine de ces émissions en mid-IR est en utilisant un instrument au sol mais les bandes requises (absorption par l'atmosphère) et les l'extension angulaire des sources sont des conditions qui ne nous permettent pas l'observation au sol.
- 30% des sources sont observées dans la bande MIPS 70 μm . L'utilisation de PACS(far-IR) dans l'espace avec Herschel est donc une bonne alternative et sans doute la meilleure. Contraindre l'origine des émissions (gaz ou poussière) dans la bande MIPS 70 μm .
- Besoin d'une couverture de longueur d'onde plus grande (seulement fournie par PACS SED) pour déterminer la réelle nature des MBs. On en peut se restreindre à quelques raies de gaz (données par PACS Line Spectroscopy) pour faire ce diagnostic.
- Dans un premier temps on ne demande que PACS B2A ⁶ car moins chronophage. (Voir 1.4 proposal OT2 pour la partie B2B). B2A est également plus sensible au continuum, maximise la détection du dust-continuum qui disparaît pour de plus grandes longueurs d'onde. On peut aussi détecter pas mal de raies du gaz dans ce mode.
- Compromis entre : nombre de MBs à observer pour avoir une bonne statistique, la bande spectrale pour avoir des comparaisons précises avec les modèles, la sensibilité requise pour détecter l'émission de poussière, la répétabilité des observations et le temps. On demande donc pour 35 MBs pour 3-5 répétitions chacune, **39.6heures sur PACS SED B2A.**

Choix des cibles : Sources **non connues**, brillance **supérieure à 1Jy** à 70 μm , **pas très étendues**, **pas dans des régions galactiques trop denses**. 35 MBs correspondent à ces critères. Parmi elles, 18 ont été détectées par PACS 160 μm et SPIRE (photomètre/imageurs).

Besoin d'au moins 3 répétitions pour chaque source pour :

- Éliminer les pixels chauds et les cosmiques.
- Augmenter le faible échantillonnage du mode SED pour avoir une meilleure ligne de flux.
- avoir un bon SNR 3 sur le continuum. Sensibilité du continuum dans le bleu :450-600mJy VS dans le rouge : 200-300mJy.

Réduction des données : Voir 1.4 Analyse de données.

- 1 Identification de la MB (MESS, Catalogues...)
- Caractérisation de l'émission de poussière (DUSTEM : modèle physique des grains de poussière)
- Caractérisation du gaz (ionisé,atomique et moléculaire) : modèles publics de photoionisation (MAPPING, CLOUDY, LVG).

Résultats attendus :

- Détection ou non du dust-continuum (si oui, on utilise DUSTEM pour la modélisation)
- Température et masse de poussière pour caractériser l'étoile évoluée et son enveloppe.
- Identifier les raies de gaz ionisé, atomique, moléculaire un diagnostic essentiel pour déterminer la nature des MBs (en combinant avec les modèles de photoionisation et de chocs) : surtout en mid-IR. En far-IR on peut relever les signatures de OI, NII,NIII,FeI, FeII, FeIII pour retrouver la température et la densité des MBs.
- Raie moléculaire OH 119 μm détectable en émission et en absorption. On peut retrouver grâce à des comparaisons, les densités de colonnes et les abondances relatives.

Temps demandé : 39.6heures sur PACS SED B2A VS Temps alloué : 39.6 heures.

6. PACS Range Spectroscopy : SED B2A + SED B2B

1.4 Proposal OT2 : Capturing missing evolved stars in the Galactic plane

PI : N. Flagey

Environ 400 objets dans le relevé MIPS GAL (24 μ m). **MIPSGAL** : relevé Spitzer du plan galactique : observer des objets plus froids que les étoiles, identifier les étoiles massives qui se forment dans le centre galactique et étudier la distribution des poussières interstellaires dans la Galaxie. Le relevé MIPS GAL est aussi très utile pour l'étude des LBV, WR, et rémanents de SN. Parmi les 400 objets, environ 15% est connu : PN, LBV, WR, SNR. Environ 400 MBs (bubbles) : différentes tailles, morphologies et flux. Environ 1.5 MBs par deg^2 .

OT1 : PACS-SED B2A mode : forte raie du NII à 122 μ m. Mais pas plus d'information en l'absence d'autres données spectroscopiques.

Demande : Utiliser les **mêmes objets** (53 objets / 428 trouvés par le relevé MIPS GAL) que le OT1 mais avec les instruments PACS-SED B2B (35 objets) et SPIRE-FTS (18 objets). Avec des relevés spectroscopiques on espère pouvoir comparer les spectres avec des objets connus (MESS) + faire des modèles des différentes phases des enveloppes + contraindre les paramètres physiques des enveloppes d'étoiles évoluées. Au total **70.7h de temps d'observation**.

Intérêts : Trouver des émissions étendues autour des LBVs ou des PNs. On pense que les MBs sont principalement associées aux étoiles dont l'évolution est avancée. Dans ce cas, les émissions proviendraient de petits grains de poussières chauds et/ou de gaz ionisé chaud dans les vents stellaires et éjecta. Les étoiles évoluées contribuent pour beaucoup à l'ISM. Elles sont la principale source de poussières dans la Galaxie.

Questionnements :

- On prévoit un certain nombre d'étoiles massives dans la galaxie, qui ne sont aujourd'hui pas observées. Il faut trouver ces étoiles massives! (WR, LBVs) pour pouvoir estimer de façon assez précise le taux de production de poussière dans la galaxie. La majorité des MBs est inconnue, c'est une bonne opportunité d'obtenir de nouveaux candidats WR et LBVs.

Ce que l'on sait : On a essayé de caractériser autant de MBs que possible.

- **Palomar** : Observations dans le **proche infrarouge** qui a augmenté le nombre de WR et LBV connues. Plusieurs enveloppes dans les raies H et He. Etude limitée aux MBs qui ont une source centrale. La nature des émissions ne peut être définie ici (seulement en mid et far IR).
- **Spitzer/IRS** : Données spectroscopiques mid-IR pour 15 MBs. Pour 50% des sources : enveloppes sans poussière, émission due au gaz hautement ionisé. 50% de sources : riches en poussière.
Ce qu'on trouve : 2 PNe avec Hot WD, 1 hot WR, 1 LBV. Les 4 sont observés avec PACS70 et la LBV avec aussi avec PACS160.
- **HiGal** : Toutes les MBs dans PACS (70 et 160 μ m) et SPIRE (que les latitudes galactiques inférieures à 1). Sur les 35 MBs sélectionnées, on en choisit 18 pour SPIRE : les observations doivent indiquer la présence de **poussières froides**. Mais à ces longueurs d'onde on a aussi beaucoup de **raies du gaz (atomiques et moléculaires)** et peuvent contribuer significativement aux flux observés. Seules les analyses spectroscopiques peuvent confirmer une interprétation plutôt qu'une autre. Dans les bandes de PACS et SPIRE, on devrait effectivement trouver les signatures spectrales de la poussière ou du gaz.
- **OT1 MB4384** : PACS-SED range B2A : dans le rouge : forte raie NII à 122 μ m et OI à 145 μ m. Dans le bleu, pas de pics. On fait une carte représentant l'intensité des raies NII. On ne peut pas conclure quant à la nature de l'objet MB4384 seulement avec ces 2 raies. On espère pouvoir détecter la raie du NII à 205 μ m dans la bande B2B et avec SPIRE.

Plus de relevés spectroscopiques : Pourquoi ?

- Une couverture spectrale plus grande pour contraindre la nature et la physique des enveloppes.
- On peut mesurer le continuum de poussière, l'émission de poussière et les signatures des raies du gaz au-delà de 140 μ m.
- Ajustement de la densité à l'intérieur de la coquille en utilisant NII 122 et 205 μ m.
- CII et OI à 158 et 63 μ m dominant le refroidissement du gaz et permettent d'estimer le taux de Carbone et d'oxygène éjectés dans l'enveloppe.
- La raie CO visible dans les 2 bandes spectrales de SPIRE FTS et PACS B2B. Dans les enveloppes : haute énergie mais faible température d'excitation du CO : on le voit dans SPIRE et à moindre mesure dans PACS. Ces raies sont un indicateur des quantités de gaz moléculaire dense et chaud éjectés lors des pertes de masse. On va pouvoir distinguer si les modes d'excitation : UV ou chocs.

Analyse des données : **Identifier la nature des MBs** en comparant les spectres (poussière et gaz) obtenus avec les modèles issus de l'étude MESS. On trouvera notamment la contribution de l'émission de poussière dans l'IR lointain et submm. On peut également dériver la température de la poussière et sa masse + étudier la distribution des grains.

Stratégie d'observation : Voir 1.3 Stratégie d'observation. Leur SED devrait montrer un dust-continuum et/ou des raies très visibles en IR lointain et submm. Les temps d'intégration pour chaque source dépendra de sa brillance dans le

far IR et submm.

DONNÉES HERSCHEL :

35 MBs avec PACS-SED (53-73 μm et 102-146 μm , 5*5 pixels 0.8''*0.8').

18 (parmi les 35) avec SPIRE-FTS (194-672 μm).

Temps demandé : 70.7 heures de temps d'observation VS Temps alloué : 9.8 heures.

2 Instruments

2.1 Herschel, The Promise of Herschel Pilbratt 2009

<https://www.cosmos.esa.int/web/herschel/home>

Pilbratt :Herschel project scientist.

Généralités : Herschel a été lancé le 14 mars 2009. Miroir Cassegrain de 3.5m. A son bord 3 instruments :

— PACS et SPIRE : 2 camera de détection directe, spectro-imageur de résolution moyenne.

— HIFI : spectromètre hétérodyne de haute résolution.

Les instruments sont plongés dans une enceinte refroidie utilisant de l'hélium superfluide.

Herschel permet des observations dans la bande 55-672 μm . Seul observatoire à proposer de telles longueur d'onde depuis l'espace (aller au delà de 200 μm). C'est un observatoire donc les données sont accessibles pour toute la communauté et les proposal peuvent également être demandés par tout le monde.

Le télescope est en orbite autour de L2 qui permet un environnement thermique stable, ajouté à la très faible émission du télescope et une totale absence d'émission de l'atmosphère, ce qui permet d'avoir un fond stable et donc des observations photométrique d'une grande sensibilité. L'avantage d'être dans l'espace est que nous sommes indépendants de la transmission de l'atmosphère et donc pouvons fournir des spectres sans interruption. Tous les alignements optiques ont été faits dans les conditions de température. Les miroirs M1 (segmenté) et M2 ont été recouverts d'une couche d'aluminium réfléchissante, couverte par une fine couche de "plasil" (oxyde de silicone).

Les instruments scientifiques : Herschel offre **6 bandes d'observations de 70 à 500 μm** , allant de la résolution moyenne à la haute et très haute résolution. Les 3 instruments ont été mis au point par un consortium international, garantissant ensuite du temps d'observations.

PACS⁷ : The short wavelength Camera and Spectrometer : C'est une caméra permettant la spectro-imagerie à faible et moyenne résolution allant jusqu'à 210 μm . Elle utilise 4 détecteurs : 2 bolomètres pour la photométrie et 2 photoconducteurs Ge :Ga pour la spectroscopie. PACS peut être utilisé à la fois comme un imageur photomètre ou comme un spectromètre en champ intégral. PACS couvre 3 larges bandes **photométriques**($R \simeq 2$) : **petites longueurs d'onde (bleu) : 60-85 μm et 85-130 μm , et les grandes longueur d'onde (rouge) : 130-210 μm** . Dans le mode "photométrie" on peut observer à la fois une bande du bleu et la bande du rouge. Les deux bolomètres couvrent un champ de $1.75' \times 3.5'$ et peut fournir une image d'un point source de 3mJy (moyenne sur une intégration d'une heure) dans les 3 bandes. Les bolomètres ont besoin d'être refroidi à 300mK. Pour la **Spectroscopie** : PACS couvre 3 bandes adjacentes de 55-210 μm en utilisant différents ordres du réseau, donnant une résolution $R \simeq 1500-4000$. Limite de détection pour les sources : $4 - 5 \times 10^{-18} \text{W.m}^{-2}$ pour la plupart des bandes (5σ pour 1h d'intégration).

SPIRE⁸ : The long wavelength Camera and Spectrometer : C'est une caméra et un spectromètre de basse à moyenne résolution au delà de 200 μm . Il comprend un photo-imageur et un FTS⁹, les deux utilisant des bolomètres. Au total on répertorie 5 toiles de bolomètres : 3 pour la photométrie et 2 pour la spectroscopie. La température de travail des bolomètres est de 300mK (avec de l'He, similaire à celui de PACS). Dans les larges bandes ($R \simeq 3$) en mode "Photométrie", 3 images de $4' \times 8'$ sont prises simultanément dans 3 couleurs centrées sur 250, 350, 500 μm . La sensibilité du point source avec SPIRE a été calibrée de manière à détecter un flux de 8-11mJy (5σ pour 1h d'intégration).

HIFI¹⁰ : The Very High Resolution Heterodyne Spectrometer : Il observe un pixel unique sur le ciel simultanément dans 2 polarisations, fournissant de la répétabilité et une sensibilité renforcée. (Voir compléments p6-7 du papier).

Les objectifs scientifiques : Les principales innovations de Herschel sont sa capacité à fournir des cartes photométriques et des capacités spectrales inédites.

Herschel a été conçu pour observer l'univers "froid". Il a le potentiel d'observer des époques très anciennes de formation de galaxies, les AGN, les époques où la plupart des étoiles ont été formées, les mécanismes gouvernant la formation stellaire et les systèmes planétaires, **scruter les stades avancés de l'évolution stellaire et les interactions entre les étoiles et l'ISM.**

L'émission continue pour les corps dont la température est entre 5 et 50K pique dans les bandes de Herschel et les gaz

7. Photodetector Array Camera and Spectrometer

8. Spectral and Photometric Imaging REceiver

9. Fourier Transform Spectrometer

10. Heterodyne Instrument for the Far Infrared

avec des températures entre 10 et quelques centaines de K émettent leur plus brillantes raies moléculaires et atomiques également dans les longueurs d'onde de Herschel.

2.2 HSA Users Guide

HSA¹¹ offre l'accès aux données publiques à différents niveaux de traitement (on peut avoir des données réduites comme brutes). HSA contient des données obtenues en prétraitant les observations via un pipeline automatique. Il faut savoir que ces données peuvent être nettement améliorées en appliquant un traitement plus approfondi par exemple avec HIPE¹². Les données résultant de ce traitement sont appelées UPDP¹³ et HPDP¹⁴. Il faut savoir que toutes les données sont systématiquement re-traitées avec la version la plus avancée du pipeline.

2.3 Herschel Data Products

2.3.1 Overview of Herschel Standard Products

Une large gamme de données Herschel est disponible. La plupart d'entre elles sont générées automatiquement par le traitement pipeline (HSC¹⁵). Ces données sont labellisées avec la SPG¹⁶ utilisée pour leur production. Les données Herschel consistent en :

- Les données observées : contiennent les données scientifiques issues des observations avec Herschel, classées suivant leur niveau de traitement (allant des données brutes aux données hautement traitées), elles sont générées pour UNE observation, contrairement aux données hautement traitées qui sont la combinaison des données de plusieurs observations.
- Données auxiliaires : toutes les données spatiales non scientifiques de Herschel nécessaires directement ou indirectement au traitement et à l'analyse de données (normalement générées par Herschel Operational Day)
- Données de calibration : contiennent les paramètres qui caractérisent le comportement du satellite et des instruments. Données uplink et downlink. Les downlink sont utilisées pour le traitement des données brutes pour produire des données astronomiquement calibrées dans lesquelles les artefacts venant de l'instrument ont été retirés.
- Données permettant le contrôle de qualité
- UPDP : Données réduites de manière interactive au HSC par les observateurs (à l'origine uniquement des consortiums du programme Herschel Key, qui se sont engagés à le faire de manière explicite, sans toutefois exclure également d'autres programmes, sur une base volontaire). Stockées dans la HSA et mis à la disposition de la communauté astronomique. Doivent suivre les directives fournies en termes de format et de documentation associée.
- HPDP : Données améliorées par les experts.
- Produits de données auxiliaires : Données qui ont été générées au cours des différentes phases de Herschel sans qu'elles soient directement liées à une observation en particulier, mais qui contiennent des informations pertinentes (les sources de calibration, les PSFs etc).

UPDP : HSA contient des produits obtenus en traitant les données d'observations par un pipeline de traitement automatique. Cela corrige bien un certain nombre d'artefacts instrumentaux de manière automatique. Les produits finaux peuvent toutefois être considérablement améliorés en les traitant plus, par exemple au moyen des outils logiciels d'analyse interactive disponibles dans HIPE ou à l'aide d'autres outils externes et / ou de logiciels fournis par les utilisateurs. <https://www.cosmos.esa.int/web/herschel/user-provided-data-products>

Un tableau joue le rôle de référentiel de produits de données fournis par les utilisateurs en fournissant des liens vers ces sites externes, contenant des données générées par différents projets (et la documentation associée), qui pourraient éventuellement être ingérées dans les archives scientifiques de Herschel.

HPDP : De la même façon que pour UPDP, on peut améliorer les produits finaux en utilisant d'autres logiciels ou soft de traitement. Les produits résultants sont appelés produits de données hautement transformés (HPDP). Plus largement, cette définition inclut les catalogues et les atlas. HSA a récemment été enrichie de la fonctionnalité permettant de fournir des nouveaux produits de données, catalogues et atlas fournis par des experts, sous forme de HPDP. Le site : <https://www.cosmos.esa.int/web/herschel/highly-processed-data-products> permet de répertorier les différents liens vers les données générées par différents experts

2.3.2 Overview of Herschel Data Product Levels

Les données Herschel dans HSA sont ordonnées de la façon suivante :

- Level-0 : Données brutes telles qu'elles sont mesurées par l'instrument. Elles sont juste formatées pour pouvoir être dans la HSA. Automatiquement générées par le pipeline.
- Level-1 : Données du détecteur étalonné et convertis en unité physique, en principe indépendamment de l'instrument et de l'observatoire.

11. Herschel Science Archive

12. Herschel Interactive Processing Environment

13. User Provided Data Product

14. Highly Processed Data Product

15. Herschel Science Center

16. Standard Product Generation

- Level-2 : Données Level-1 qui ont été un peu plus traitées, de telle sorte qu'une analyse scientifique puisse être opérée. Pour des résultats optimaux, les étapes de traitement impliquent une intervention humaine.
- Level-2.5 : Pour PACS et SPIRE et HIFI. Pour PACS (niveau 2.5 en spectro) : combine deux observations : ON et OFF. Pour PACS (photom) il s'agit de cartes. Pour SPIRE (niveau 2.5) sont créées à partir des données level-1 du détecteur et des observations qui incluent les étapes suivantes : cartes d'une source en direction normale et orthogonale, balayages en mode parallèle.
- Level-3 : Ce traitement est possible pour PACS et SPIRE. Pour PACS spectro : level 3 disponibles pour les observations en ChopNod prises dans le mode SED, et sont combinés aux spectres de Level-2 correspondant à plusieurs observations d'une même cible. Pour SPIRE : mosaïques obtenues en fusionnant la totalité ou un sous-ensemble d'observations contiguës. Ceci conduit, dans certains cas, à de très grandes cartes qui sont divisées en groupes plus petits raisonnables.

3 Questions à Nicolas

- (le 2 avril 2019) Comment tu as sélectionné les 35 sources sur les 428 ? **Les plus brillantes parmi les 64% de 428 (toutes visibles à $24\mu\text{m}$, lesquelles le sont à 70 et dans les autres canaux de Herschel ?) + de morphologies différentes pour avoir un pannel assez large de bulles. Voir 1.3 section choix des cibles.**
- (le 8 avril 2019) Pourquoi les disques ne pourraient pas être associés à des YSOs ? **Les bulles qu'on observe sont surtout isolées (plus grandes que la PSF) alors que les YSOs (plutôt ponctuelles) sont généralement dans des nuages et sûrement visibles à plus courtes longueur d'onde (notamment avec des contreparties dans l'optique), ce qui n'est pas le cas pour les MBs observées.**