

Les différents instruments utilisés dans Herschel pour les données prises par OT1 et OT2

Emma Bordier

19 avril 2019

Table des matières

1	Introduction	1
2	SPIRE	1
2.1	Les optiques et filtres	1
2.2	Les matrices de détecteurs	2
2.3	Les modes opératoires et la résolution spectrale	2
2.4	La résolution spectrale	2
3	PACS	3
3.0.1	Le spectromètre PACS	3
3.0.2	Les modes d'observation du spectromètre	4

1 Introduction

Ce document permet de comprendre le fonctionnement, les détecteurs, l'acquisition des données des instruments que nous utilisons avec Herschel dans l'étude des Bulles non connues, prises avec MIPS GAL à $24 \mu\text{m}$. On a demandé deux sets de données avec Herschel, en deux temps :

1. OT1 : 39.6 heures sur PACS SED B2A
2. OT2 : 35 MBs avec PACS-SED ($53\text{-}73\mu\text{m}$ et $102\text{-}146\mu\text{m}$, 5×5 pixels $0.8'' \times 0.8''$) et 18 (parmi les 35) avec SPIRE-FTS ($194\text{-}672\mu\text{m}$)

2 SPIRE

The Spectral and Photometric Imaging Receiver (SPIRE) consiste en un photomètre à 3 bandes et un **spectromètre FTS**¹ à **2 bandes**. Nous nous intéresserons surtout au spectromètre, qui est l'instrument avec lequel nous avons acquis nos données. Cet instrument dans le **sub-mm** a été opérationnel de Mai 2009 à Avril 2013. Les caractéristiques des deux sous-instruments de SPIRE sont donnés dans le tableau 1.

Sub-instrument	Photometer			Spectrometer	
Array Name	PSW	PMW	PLW	SSW	SLW
Band (μm)	250	350	500	191-318	294-671
Resolving power ($\lambda/\Delta\lambda$)	3.3	3.4	2.5	$\sim 40 - 1000$ at $250 \mu\text{m}$ (variable)	
Unvignetted field of view	$4' \times 8'$			$2.0'$ (diameter)	
Beam FWHM (arcsec)	17.6	23.9	35.2	16.5-20.5	31.0-42.8

FIGURE 1 – Tableau donnant les principales caractéristiques des deux sous-instruments de SPIRE. *Source : Quick-start Guide to Herschel-Spire.*

Nous retiendrons pour la suite :

2.1 Les optiques et filtres

: Le faisceau du spectromètre pénètre par un trou du panneau dans le côté FTS de l'instrument (voir Figure 3. Une lentille est placée entre le miroir de capture et le miroir de repliement. Elle est placée dans un focus intermédiaire juste après le premier diviseur de faisceau, après quoi il est collimaté et envoyé à un miroir mobile sur le toit. Ce miroir décale le faisceau et l'envoie vers le miroir de la caméra, ce qui produit une image juste avant la division du faisceau en sortie.

1. Fourier Transform Spectrometer

	SSW	SLW
Beam FWHM	16 ''	34''
Résolution	48 à 250 μm	1000 à 250 μm

FIGURE 2 – Tableau donnant les résolutions et beam attendus pour l'instrument, en SSW et SLW.

Le faisceau est ensuite concentré sur les matrices de détecteurs situées à l'intérieur de l'enceinte refroidie à 1,7 K. Chaque matrice comporte une lentille incorporée dans son empilement de filtres refroidi à 0,3 K afin de corriger les optiques FTS non télécentriques et d'offrir un contraste et une efficacité des franges plus uniformes.

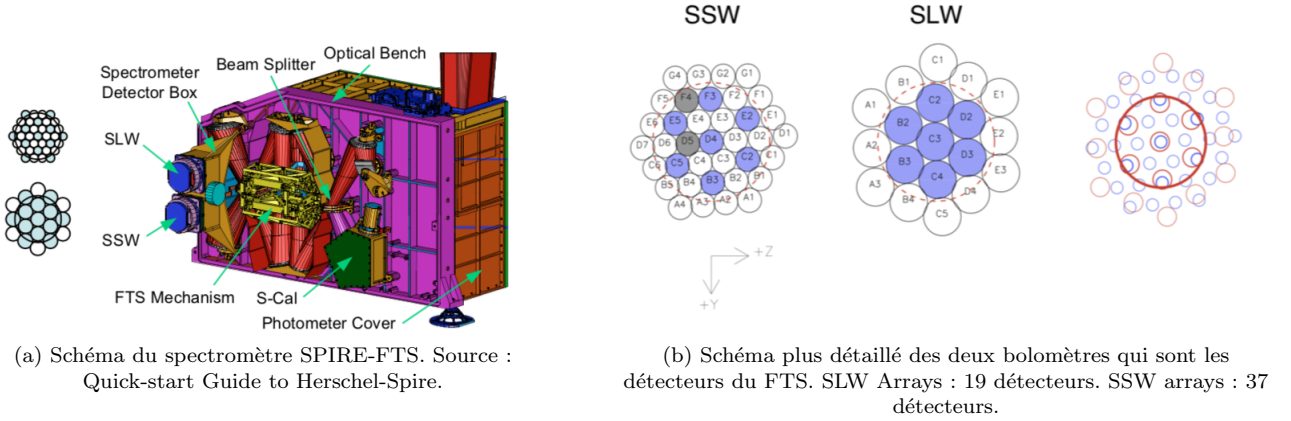


FIGURE 3 – Schéma global du sous-instrument SPIRE-FTS.

2.2 Les matrices de détecteurs

: L'instrument FTS se compose de 2 bolomètres (voir Figure 3). Il faut savoir que cet instrument n'a pas de sensibilité pour la mesure de la polarisation des rayons incidents. La température de travail des bolomètres est de 300mK (avec de l'He, similaire à celui de PACS). Chaque cercle représente un détecteur (corne d'alimentation). Nous avons ainsi comme une "toile" de bolomètres. Les détecteurs sont placés au niveau des 2 ports de sortie pour pouvoir fonctionner dans la bande 194-272 μm , sachant que les 2 sous-bandes vont se superposer légèrement. Les détecteurs centrés sur la même position du ciel sont représentés en bleu, tandis que les bolomètres "morts" sont représentés en gris. Les deux panneaux se chevauchent dans le ciel comme montré dans l'image la plus à droite (voir Figure 3). Le champ de vision de 2.6' arcmin est délimité par un cercle rouge.

2.3 Les modes opératoires et la résolution spectrale

Il existe en tout 3 types d'échantillonnages comme indiqué sur la figure 4 (sparse, intermediate, full) et 2 modes de pointage (simple, raster).

Sparse Mode : Chaque détecteur individuel des 2 matrices enregistre un spectre. Les spectres en dehors du cercle délimité en rouge sont fortement bruités.

Intermediate & full Mode : L'empreinte en sparse mode est déplacée sur 4 points pour un mode intermédiaire (échantillonnage sur un faisceau) et sur 16 points (demi-faisceau, échantillonné de Nyquist) pour une couverture spatiale complète.

Mode raster : Le raster est construit en répétant le sparse mode, intermediate or full sur un ensemble de positions prédéfinies du ciel, afin de couvrir la zone demandée par l'utilisateur.

Pour toutes les sources ponctuelles, l'objet sera positionné au centre de la matrice, mais les données seront acquises pour tous les détecteurs, fournissant en même temps une carte peu échantillonnée des émissions de la région autour de l'objet source.

2.4 La résolution spectrale

La résolution spectrale (voir Figure 5) dépend de l'excursion maximale du Spectrometer Mirror Mechanism (SMEC), c'est-à-dire de la différence de chemin optique maximale atteinte. Seules la HR (résolution de 1,2 GHz) et la LR (résolution

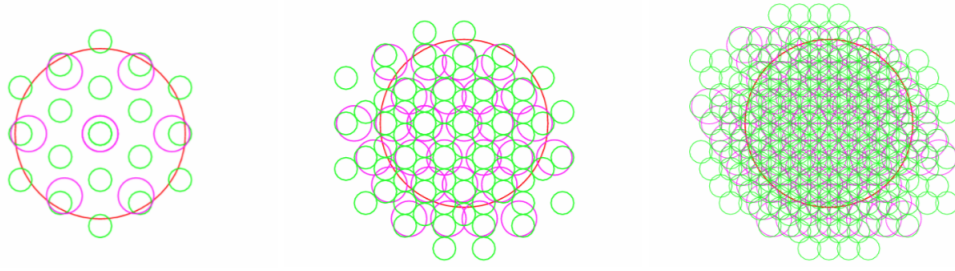
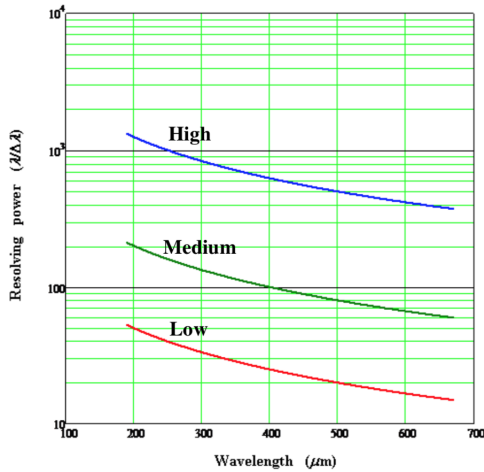


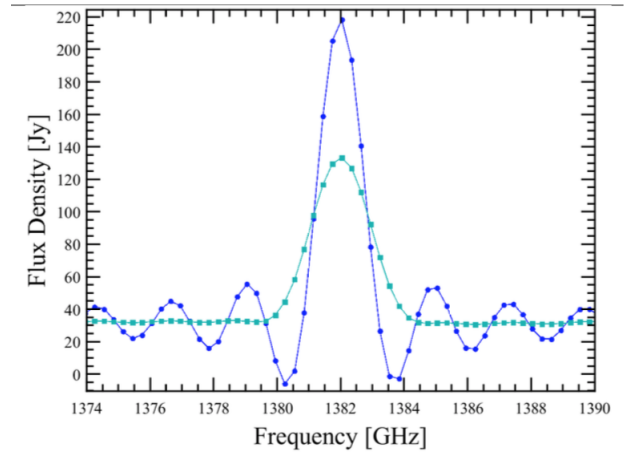
FIGURE 4 – De gauche à droite nous avons : (1) Sparse (2) Intermediate (3) Full. Les cercles magenta et verts représentent les régions où les spectres ont été observés pour différents échantillonnages spatiaux. Les cercles verts représentent SSW et magenta SLW. Le cercle rouge de 2 arcmin de diamètre délimite le champ de vue.

25 GHz) ont été utilisées pour la science. La forme de la fonction instrumentale est une fonction sinc et la résolution spectrale non apodisée, $\Delta\sigma$, est la distance entre le sommet de la fonction sinc et son premier point de passage à zéro. Les modes d’observation standard utilisent trois résolutions spectrales différentes : basse ($\Delta\sigma = 1 \text{ cm}^{-1}$); moyen ($0,25 \text{ cm}^{-1}$) et élevé ($0,04 \text{ cm}^{-1}$). Un petit décalage de phase résiduel dans les interférogrammes conduit à une légère asymétrie. En conséquence, le flux des raies intégré, dérivé d’un sinc canonique est systématiquement sous-estimé de 2,6%. L’application d’une apodisation peut atténuer les pics secondaires avec l’inconvénient d’abaisser et d’élargir la fonction, comme le montre la courbe bleu clair (voir Figure 5). Les flux, dérivés de raies spectrales apodisées équipées d’une gaussienne, sont surestimés de 2,4% et dépendent d’une incertitude plus élevée par rapport au spectre standard (voir Hopwood et al. 2015 pour plus de détails). Un ensemble de spectres apodisés sont inclus dans les produits finaux.

QUESTION à Nicolas : Que choisir entre spectre normal et spectre apodisé ?



(a) Puissance de résolution non apodisée du FTS en fonction de la longueur d’onde pour les réglages standard (Elevé, Moyen, Faible).



(b) Forme de la fonction instrumentale, très proche d’un sinc (en bleu foncé). En bleu clair il s’agit de la même fonction d’instrument en appliquant l’apodisation.

FIGURE 5 – Graphiques montrant d’un côté l’évolution de la résolution en fonction de la longueur d’onde et la fonction d’instrument.

3 PACS

3.0.1 Le spectromètre PACS

PACS² consiste en un imageur (photomètre) de 3 bandes et d’un spectrographe en champ intégral. Cet instrument en infrarouge lointain est envoyé à bord de Herschel pour une mission de mai 2009 à avril 2013. Les bandes et les différentes caractéristiques du spectromètres sont données dans la table 1 .

Les proposal utilisent les bandes B2A et B2B.

Image Slicer : L’image en champ intégral de PACS était une image partitionnée. Le champ de vue était d’abord coupé en 5 segments rectangulaires via des miroirs et ces segments étaient réarrangés suivant une seule dimension. De là, la lumière était dirigée, via les réseaux que le détecteur où chaque segment étaient encore subdivisé en 5. On a alors 5×5 pixels qui couvrent $47'' \times 47''$.

2. Photodetector Array Camera and Spectrometer

Band	B2A ^a	B3A ^a	B2B	R1 ^b
Wavelength(μm)	5572	5570	7095	103190
R ($\lambda/\Delta\lambda$)	1700	4000	2250	1500
Instantaneous FoV	47'' \times 47'' : 5 \times 5 grid of 9.4'' spaxels			
Beam FWHM (")	$\simeq 9$	$\simeq 9$	$\simeq 9$	1013

TABLE 1 – Présentation de certaines caractéristiques du Spectromètre PACS. On notera que a : 55155 μm est fourni dans HPDPs mais sans une calibration de plus tandis que b : 190206 μm est fourni par HPDP mais avec une calibration en flux spéciale.

Détecteurs Ge :Ga : Les détecteurs PACS sont des cristaux Ge :Ga disposés sur une grille de 25 \times 18, pour la caméra rouge, et la bleue. Les 25 colonnes du détecteur catparent l'image venant du FoV tout entier. Le pixel central 16 de chaque colonne de détecteur permet de reconstruire le spectre entier. Les pixels 1 et 18 ne sont pas exposés.

Caractéristique : Chacun des 25 spaxel couvre une zone de $\simeq 9.4$ arcsec carré sur le ciel. Il faut savoir que la taille du spaxel est équivalente à la FWHM du beam dans le bleu et légèrement plus grande dans le rouge, ce qui veut dire que le beam est sous-échantillonné.

Les cubes (au niveau science) produits par le pipeline ont une seule grille de longueur d'onde pour tous les spaxels du cube mais attention, la taille du bin de cette grille dépend de la résolution : les cubes ont une "non-equidistant wavelength". Les tailles des bin en longueur d'onde ne sont pas les mêmes dans les gammes spectrales. Ceci a été fait de telle sorte d'avoir le même échantillonnage spectrale sur toutes les gammes spectrales couvertes par PACS. Cependant, un set de données avec cubes "equidistants" a été fait pour ceux qui choisissent le Level2/2.5 pour chaque observation.

3.0.2 Les modes d'observation du spectromètre