



HFI PLANCK

Un regard vers

# L'origine de l'Univers

## La molécule CO et Planck

Les étoiles se forment dans les nuages moléculaires. Il est donc crucial de bien les connaître pour mieux comprendre la formation stellaire. Ces nuages contiennent une matière diluée : ils ont une densité typique de quelques centaines à quelques milliers de molécules par centimètre-cube - ce qui est bien plus ténu que le meilleur vide que l'on puisse obtenir sur Terre ! Et ils sont froids : leur température typique est de 30 kelvin seulement, soit -240 degrés Celsius ; leur émission thermique est donc dans le domaine sub-millimétrique, c'est-à-dire difficilement détectable depuis la Terre. Les astronomes ont donc dû trouver "un traceur", c'est-à-dire un signal caractéristique, facilement mesurable, qui soit relié aux nuages moléculaires.

### Un peu d'histoire

Le milieu interstellaire est l'espace qui sépare les étoiles dans notre **galaxie**. Pendant longtemps au XX<sup>ème</sup> siècle, on a cru qu'il était uniquement rempli par un gaz, l'hydrogène, et par de fines particules solides appelées poussières interstellaires. Ces poussières sont principalement composées d'atomes de carbone, d'oxygène, d'azote formés par les précédentes générations d'étoiles. Quelques molécules avaient été détectées en absorption mais on leur conférait un rôle mineur, le **rayonnement** ultraviolet des étoiles étant jugé trop destructeur pour que ces molécules existent en quantité suffisante pour jouer un rôle notable. Tout a changé lorsque que Penzias, Wilson et Jefferts pointèrent leur télescope radio vers la nébuleuse d'Orion en 1970. Penzias et Wilson n'en étaient pas à leur premier coup de maître puisqu'ils venaient de découvrir le **rayonnement fossile** quelques années auparavant ! Ici, avec Jefferts, ils ne mesurèrent pas l'émission en continuum mais observèrent le **ciel** grâce à un nouvel instrument à une fréquence bien définie (115 GHz, soit mille fois la fréquence des postes radio). Ils détectèrent alors une forte raie d'émission caractéristique du monoxyde de carbone, la molécule CO.

### Le CO, comment ça "marche" ?

Chaque molécule de CO tourne sur elle-même sous l'effet des chocs avec les molécules avoisinantes. Or, dans un milieu aussi froid que l'espace interstellaire, la mécanique quantique - qui décrit le comportement du monde microscopique - prédit que les changements d'énergie résultant de ces chocs ne se font pas continument mais par des valeurs bien précises. En particulier, quand la molécule tourne lentement sur elle-même, les chocs lui font souvent émettre un grain de lumière (un **photon**) à une fréquence très souvent égale à 115 GHz, ce qui correspond à une longueur d'onde de 2,6 mm.

Légende : Animation illustrant le principe d'émission de lumière par la molécule CO. C'est un effet quantique qui est en fait très général.

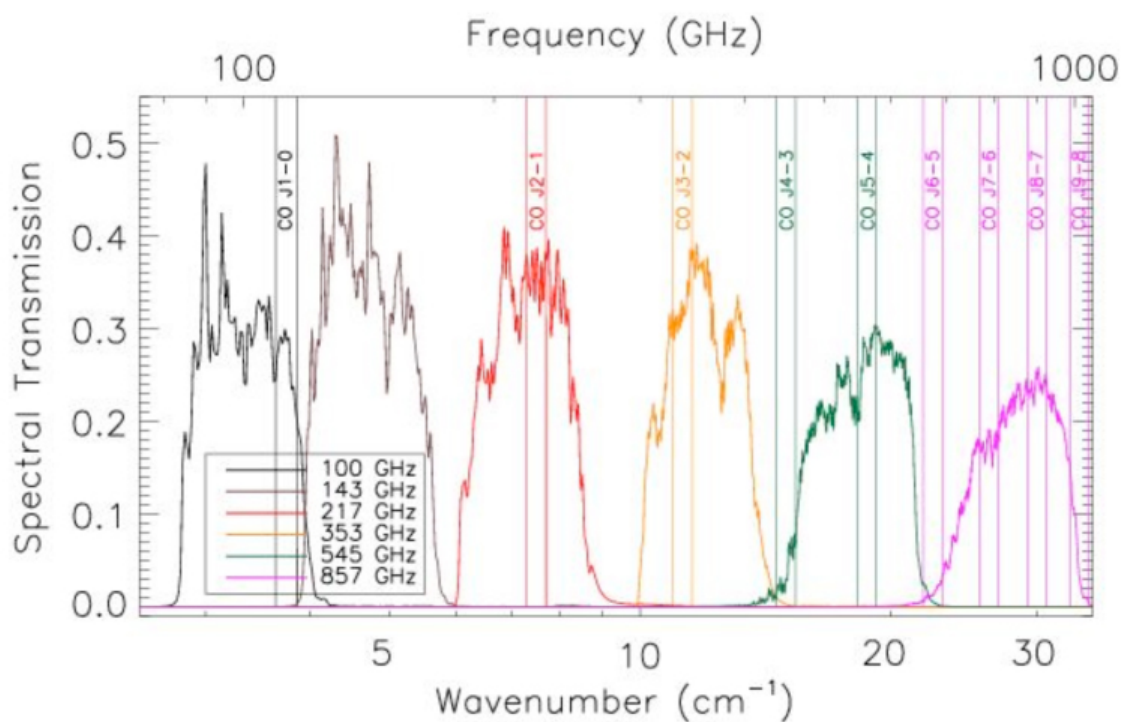
Crédits : Canopée, collaboration HFI

## Le CO comme témoin

Du fait de ce rayonnement très caractéristique, la molécule CO est maintenant utilisée comme le traceur le plus sensible des nuages moléculaires qui abondent dans notre Galaxie. Après le di-hydrogène qui, lui, est quasiment indétectable, le CO est la molécule la plus abondante dans ces nuages moléculaires. Et comme une partie du rayonnement qu'elle émet est visible par l'instrument HFI, Planck peut à la fois cartographier le rayonnement fossile qui emplit l'[Univers](#) et le CO qui trace la formation des étoiles dans notre Galaxie !

## Le CO vu par Planck-HFI

L'émission de rotation de cette molécule est si intense qu'en réalité elle perturbe fortement les observations de Planck, surtout dans sa bande centrée sur 100 GHz qui englobe la raie de CO à 115 GHz. La nuisance pour les uns - les cosmologistes qui doivent ajouter une composante de plus dans leur mixeur pour extraire les anisotropies du rayonnement fossile - fait le bonheur des autres - les astronomes qui disposent ainsi grâce à Planck d'une carte complète du ciel de la phase moléculaire du milieu interstellaire.



Légende : Réponse spectrale moyenne dans chaque bande de fréquence de l'instrument HFI. Les bandes verticales représentent les fréquences de transition de la molécule CO entre ses différents états. L'émission à 115 GHz évoquée dans le texte est située dans la bande noire (CO J1-0), mais il en existe d'autres à de plus hautes fréquences.

Crédits : [ESA](#), collaboration HFI

### Quelques livres de référence :

- Encrenaz, P., *Les molécules interstellaires*, 1974, Éditeur Delachaux
- Niestlé Lequeux, J., *Le milieu interstellaire*, 2002, en collaboration avec Falgarone, E., & Ryter, Ch., Éditeur EDP

**Pour en savoir plus :**

- [Poussières froides](#)
- [Résultats CO](#)