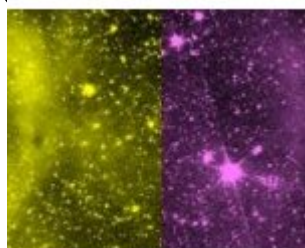


Une nouvelle fenêtre pour l'observation de la croissance des grains interstellaires dans les nuages moléculaires



Date de mise en ligne : mardi 1er décembre 2009

Observatoire de Paris - PSL Centre de recherche en astronomie et
astrophysique

Pendant longtemps, les chercheurs ont supposé que les grains de poussière dans les nuages moléculaires croissaient en taille puis devenaient le point de départ de la formation des planètes dans le processus de formation stellaire et planétaire. Une équipe internationale menée par un chercheur de l'Observatoire de Paris vient de montrer pour la première fois que l'on pouvait observer directement les grains les plus gros dans un nuage interstellaire (L183, voir aussi la nouvelle de Février 2007) grâce à leur capacité à diffracter la lumière dans l'infrarouge moyen. Ce phénomène, spectaculaire dans le cas présent, est aussi visible dans d'autres nuages et va donc permettre d'ouvrir une nouvelle fenêtre pour l'étude de ces poussières et au-delà, pour la formation des étoiles et des planètes. Ce sera possible aussi bien avec le satellite infrarouge Spitzer actuellement en vol qu'avec le futur télescope spatial géant, le James Webb Space Telescope (JWST) qui devrait être lancé dans 4 ans.

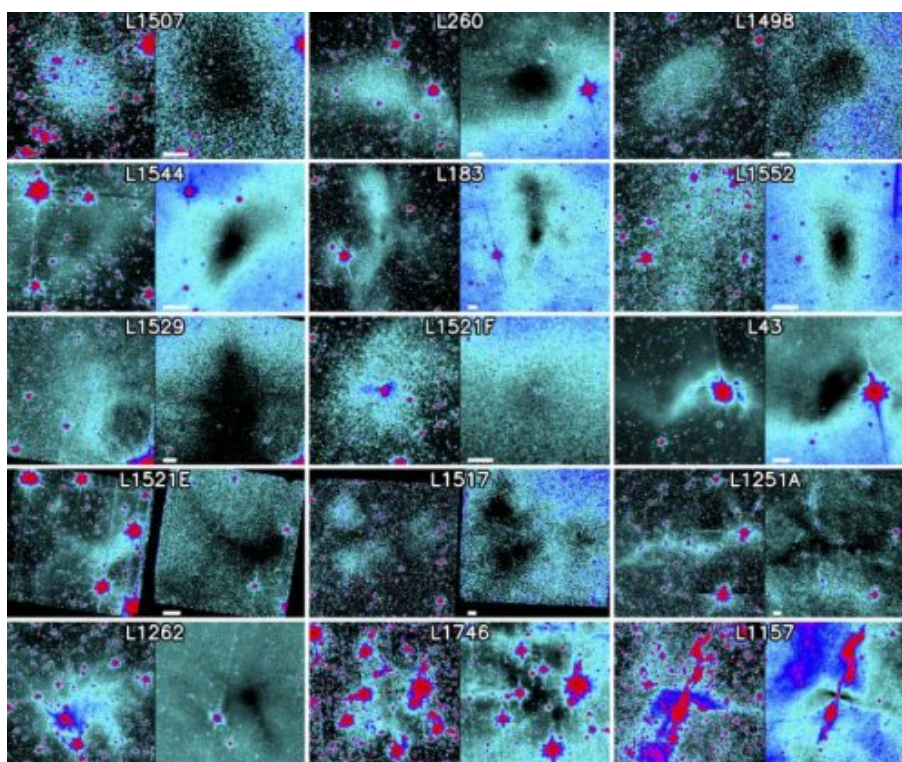


Figure 1 : Images à 3,6, 4,5 et 8 microns de L 183 obtenues avec la caméra IRAC de Spitzer. Les contours marquent l'extension du nuage dans le visible (le plus externe est à la limite, le suivant marque le début du gaz froid)

Les nuages interstellaires ne sont pas observables en profondeur avec les télescopes optiques car ils sont remplis de poussières qui absorbent toute la lumière visible. Pourtant ces nuages sont intéressants à étudier car c'est là que les futures étoiles vont naître et les futures planètes se former autour des bébés-étoiles. Ces nuages contiennent deux composantes : les grains de poussière déjà cités et le gaz, principalement de l'hydrogène (sous sa forme moléculaire) mais aussi de nombreuses molécules, comme le monoxyde de carbone (CO), l'eau (H₂O), l'ammoniac (NH₃), etc. Les astronomes ont développé toute une instrumentation qui leur permet d'aller ausculter l'intérieur de ces nuages pour y étudier la naissance des étoiles et des futurs systèmes planétaires. Cette instrumentation couvre tout le domaine infrarouge et radio. L'infrarouge étant bloqué par l'atmosphère terrestre (le fameux effet de serre lui est directement lié), il faut aller dans l'espace pour l'observer. C'est là que le dernier-né des satellites infrarouges,

Spitzer, scrute avec la meilleure sensibilité du moment les nuages dans l'infrarouge moyen (3 à 8 μm) et lointain (24 à 160 μm).

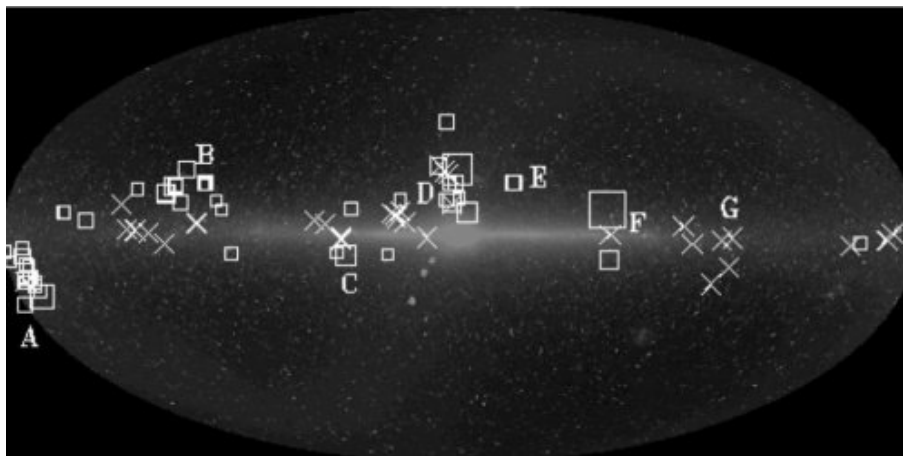


Figure 2 : L'image à 3,6 μm en alternance (animation) avec l'image en bande I à 0,9 μm prise au CFHT. On voit clairement que la lumière diffusée à 3,6 μm n'est pas celle diffusée à 0,9 μm bien plus à l'extérieur. Cliquer sur l'image pour voir l'animation

Traditionnellement, pour étudier les nuages de poussières, on observe soit leur émission dans l'infrarouge lointain, soit leur absorption de la lumière des étoiles dans l'infrarouge proche ou moyen (en particulier dans la bande à 8 μm - voir Fig. 1 - où l'absorption est très forte à cause des silicates, composants très répandus dans les grains). Dans le cas de L 183, un nuage que cette équipe connaît particulièrement bien, une émission diffuse clairement visible dans les images à 3,6 et 4,5 μm (Fig. 1) vient d'être identifiée pour la première fois. Cette émission qui vient de l'intérieur du nuage (comparer la différence avec l'image en bande I, dans l'infrarouge très proche, Fig. 2) suit clairement la partie la plus dense du nuage (celle qu'on voit en absorption profonde à 8 μm ou en émission par l'ion N_2H^+ , inconnu sur Terre).

Elle ne peut venir ni des grosses molécules aromatiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques ou HAP) bien connues pour émettre dans l'infrarouge moyen ni de grains fortement chauffés (à 1000 K au moins !). En effet, les HAP ont une signature spectrale très nette qui les font émettre certes dans la bande à 3,6 μm mais pratiquement pas dans la bande à 4,5 et par contre très fortement dans les bandes à 5,8 et 8 μm , or on ne voit rien de tel. Les zones émettrices sont d'autre part tellement enfouies qu'elles sont dans la région du nuage dont on a déjà montré le froid extrême (seulement 7 K !) et ce serait totalement incompatible avec des grains à 1000 K. Il ne reste alors plus comme solution que la diffraction de la lumière ambiante due aux étoiles environnantes et à l'ensemble de la galaxie par les grains. Mais les grains ordinaires (entre 0,02 et 0,1 μm) sont trop petits pour diffracter et seuls des grains plus gros (entre 0,5 et 1 μm) peuvent expliquer ce que l'on voit ici.

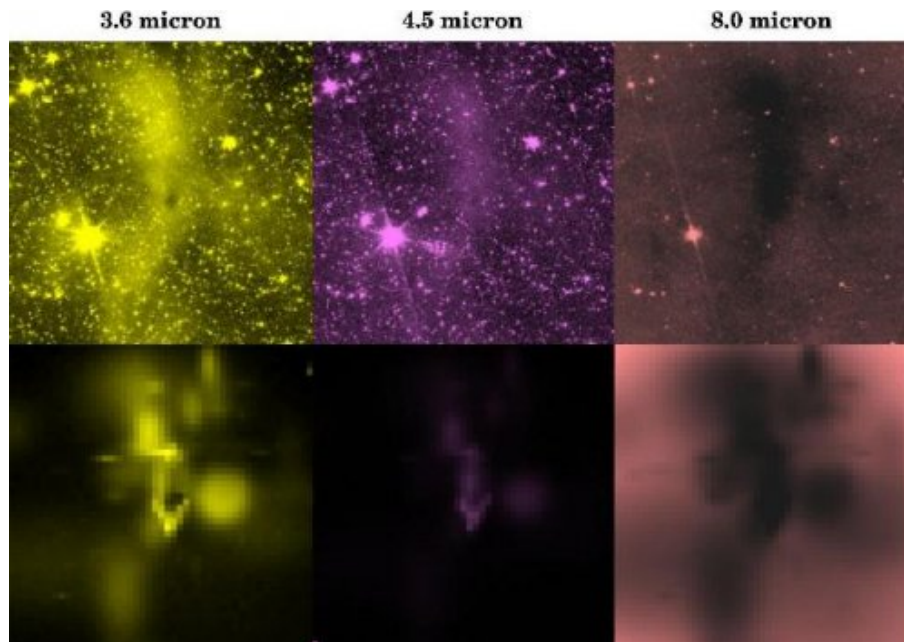


Figure 3 : Comparaison des images Spitzer (en haut) et du modèle (en bas). Le modèle ne contient que l'émission étendue et pas les étoiles ni les galaxies d'arrière plan. Cliquer sur l'image pour l'agrandir

Pour modéliser le nuage, un premier jeu de modèles 3D est calculé qui reproduit l'extinction de la lumière. Dans ce jeu de modèles, on choisit alors quelques cas typiques pour lesquels on suit le cheminement de la lumière à travers les structures 3D en calculant à chaque endroit les effets d'absorption et de diffusion sur cette lumière dus aux grains en fonction de leur taille, et on garde ceux qui correspondent le mieux aux observations. L'équipe a trouvé que le meilleur modèle était celui dans lequel la taille des grains croît depuis le bord du nuage jusqu'à son centre. En effet, plus les grains sont gros et plus la lumière est fortement diffusée, ce qui explique que l'effet est intense dans les régions centrales les plus denses du nuage et pas à son bord (Fig. 3 et 4, les différences entre observations et modèle sont principalement dues au fait que la cartographie des poussières dans ce nuage qui a servi de modèle de base pour calculer la croissance des grains est ancienne et de qualité limitée). Les modèles en trois dimensions sont particulièrement difficiles à réaliser car les "objets" étudiés ne sont pas manipulables dans tous les sens pour voir, comprendre et mesurer leurs formes. Sans être tout à fait une première, ce nouveau modèle 3D devrait donc être mieux contraint grâce à ces informations supplémentaires et représente une avancée significative pour mieux comprendre la forme des nuages.

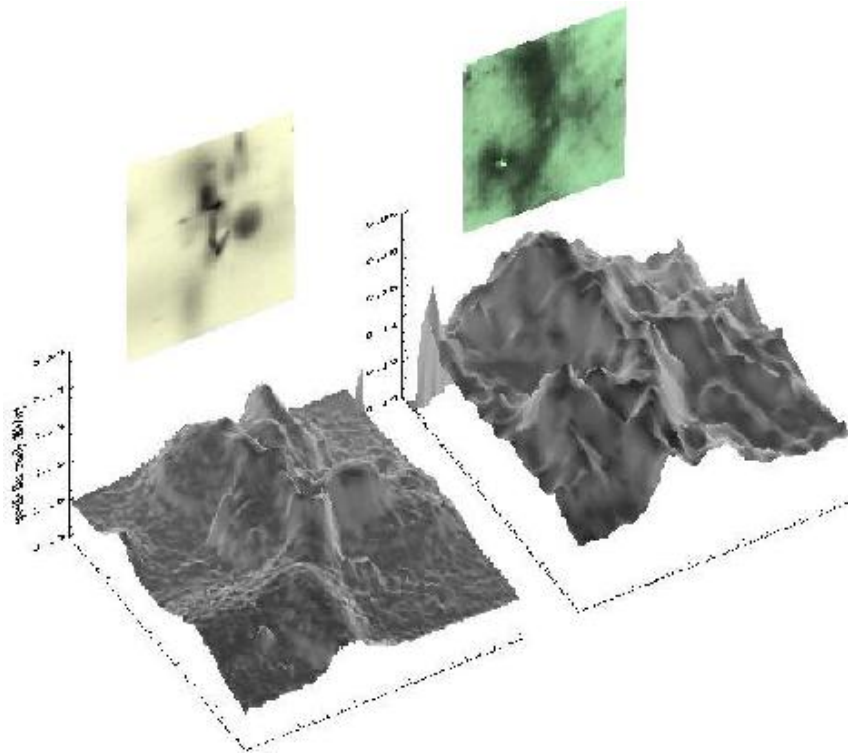


Figure 4 : Similaire à la figure 3 mais en ayant retiré galaxies et étoiles. La ressemblance entre modèle (à gauche) et observations (à droite) est bien visible. Il n'existe pas aujourd'hui d'autre explication pour ce phénomène. Cliquer sur l'image pour l'agrandir

L'avantage de cette méthode est qu'elle est très sensible aux propriétés des grains que l'on mesure directement et permet donc de contraindre fortement les propriétés des nuages en les combinant aux mesures classiques d'absorption et d'émission. On pourra alors en extraire des modélisations en 3 dimensions convaincantes qui permettront de mieux comprendre la formation des étoiles et des planètes au sein de ces nuages. Spitzer est le premier satellite infrarouge à avoir la sensibilité et la couverture en longueur d'onde nécessaires pour faire cette découverte. Le JWST, futur grand télescope spatial auquel l'Europe participe, avec une sensibilité bien meilleure, permettra d'utiliser cet outil de manière routinière et d'étendre cette exploration à un grand nombre de nuages à travers toute la galaxie.