

<https://www.observatoiredeparis.psl.eu/les-astronomes-temoins-d-une.html>



Les astronomes témoins d'une étape critique de la formation des étoiles

Date de mise en ligne : mardi 12 mai 2015

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

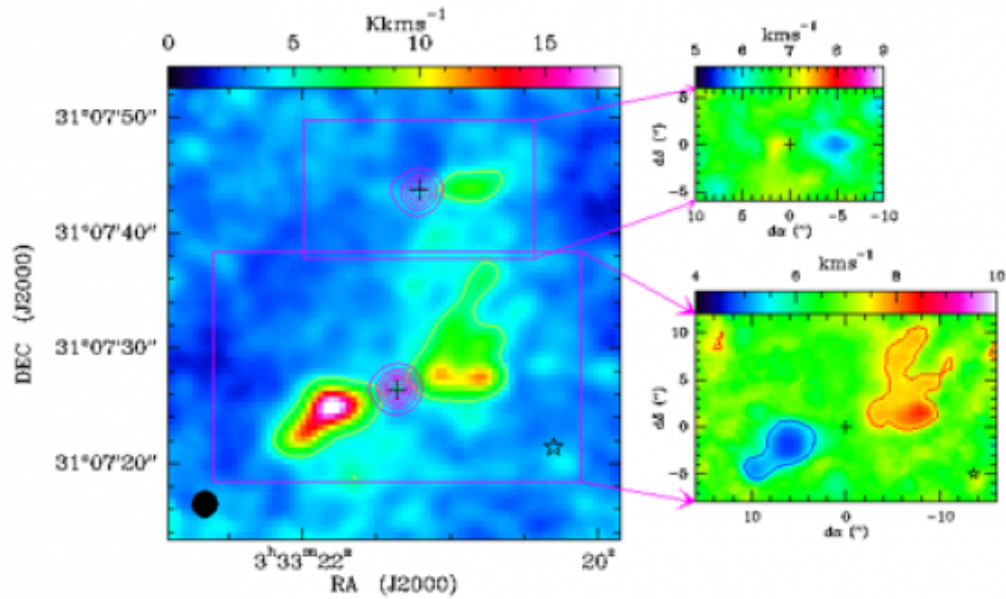
Une équipe de recherche franco-espagnole est parvenue à identifier des signes très sérieux de la présence d'un « premier coeur hydrostatique » dans une proto-étoile [1] située dans le nuage moléculaire de Persée. Le « premier coeur hydrostatique » est une étape critique dans l'évolution du nuage protostellaire qui le fait devenir étoile. C'est un moment de basculement de courte durée aux échelles de temps astronomiques et par conséquent très difficile à observer. L'étude a été menée par une chercheuse CNRS du Laboratoire d'étude du rayonnement et de la matière en astrophysique et atmosphères (LERMA - CNRS/Observatoire de Paris/UPMC/Université de Cergy Pontoise/ENS) et réalisée avec l'interféromètre NOEMA de l'Institut de radioastronomie millimétrique (IRAM) [2]. Elle est publiée dans la revue *Astronomy and Astrophysics* du 12 mai 2015.

Les étoiles se forment par effondrement gravitationnel d'un nuage moléculaire dense et froid. L'effet combiné de la rotation de la matière et du champ magnétique donne une direction privilégiée à la contraction et conduit à la formation d'un disque en rotation, où se formeront d'éventuelles planètes. Associé à ce disque, un jet perpendiculaire à celui-ci permet d'évacuer le moment cinétique [3]. Dans cette théorie, une étape essentielle est la formation du premier coeur hydrostatique.

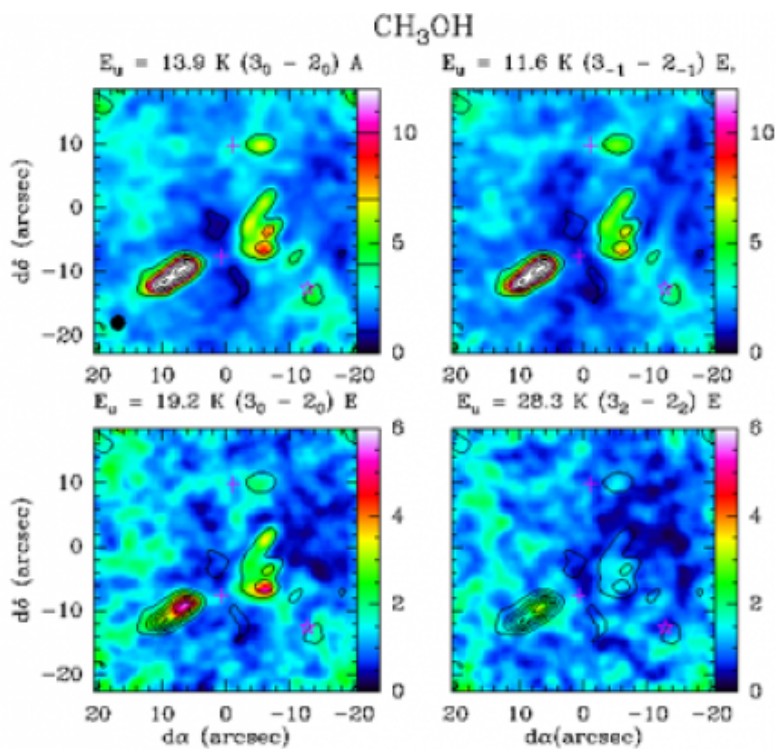
À ce stade, le gaz s'est déjà réchauffé et fortement comprimé, cependant les températures et densités ne sont pas encore suffisantes pour dissocier les molécules d'hydrogène. La contraction ralentit donc un moment tandis que les températures montent, jusqu'au moment où l'hydrogène est dissocié ce qui relance l'effondrement gravitationnel, pour conduire finalement à la formation d'une protoétoile où les conditions d'allumage des réactions nucléaires vont se mettre progressivement en place. Simultanément apparaît un flot relativement lent qui évacue de la matière de chaque côté du disque. Cette étape de "premier coeur hydrostatique" est très courte à l'échelle des temps astronomiques puisqu'elle dure environ un mille ans.

De tels objets éphémères - bien qu'essentiels pour tester les théories de formation stellaire - sont ainsi rares dans l'Univers et difficiles à identifier sans ambiguïté. Or le nuage moléculaire de Persée abrite plusieurs candidats et les observations effectuées avec l'interféromètre du plateau de Bure apportent des informations nouvelles sur deux d'entre eux situés dans le nuage dense Barnard 1b. Les chercheurs ont observé et caractérisé les flots moléculaires s'échappant de ces deux objets en déterminant leurs tailles, vitesses et âges... L'âge ainsi que la taille de ces flots sont notamment des paramètres importants. En effet, étant donné qu'un premier coeur hydrostatique marque le début du dégagement de matière en jets perpendiculaires, ces flots doivent nécessairement être jeunes et petits pour être issus d'un premier coeur hydrostatique.

Pour déterminer ces caractéristiques, les chercheurs se sont focalisés sur le méthanol CH₃OH et le formaldéhyde (H₂CO) contenus dans ces flots, en les observant à des longueurs d'ondes caractéristiques et à la résolution angulaire de 2.3 seconde d'arc (correspondant ici à environ 530 Unités Astronomiques). Les observations ont révélé que chacune des deux sources protostellaires est associée à un flot moléculaire de petite taille. Les propriétés de ces flots ont permis de contraindre le bilan d'énergie et de moment cinétique pour chaque source, et ont été comparées aux prédictions de modèles d'effondrement gravitationnel dans un milieu magnétisé. La source B1b-S est déjà trop active en termes de vitesse et de taille du flot moléculaire pour être au stade de premier coeur hydrostatique. Elle reste néanmoins très jeune. En revanche les propriétés dynamiques de la source B1b-N restent parfaitement compatibles avec celles d'un premier coeur hydrostatique. Même s'il n'est pas encore possible de conclure avec certitude, la source B1b-N est un candidat très sérieux et nous sommes peut-être ici témoins de cette étape critique de la vie des étoiles en train de se dérouler.



Intensité de la raie du formaldéhyde et zooms sur les champs de vitesse autour de chaque source. Les contours violets indiquent l'intensité du continuum à la même fréquence. B1bN est située en haut de l'image, B1b-S en bas. On note la différence de taille et de vitesses entre ces 2 objets.



images dans les 4 longueurs d'ondes des transitions du méthanol détectées. Les contours indiquent à chaque fois la raie 30-20. À Noter que l'émission est dominée par les flots moléculaires.

Source(s) :

Nascent bipolar outflows associated with the first hydrostatic core candidates Barnard 1b-N and 1b-S, M. Gerin^{1, 2}, J. Pety^{3, 1}, A. Fuente⁴, J. Cernicharo⁵, B. Commerçon⁶, and N. Marcelino⁷, *Astronomy and Astrophysics*, 12 mai 2015

- LERMA, Observatoire de Paris, CNRS UMR8112, Ecole Normale Supérieure, PSL research university, 24 Rue Lhomond, 75231, Paris cedex 05, France.
- Sorbonne Universités, UPMC université Paris 06, Paris, France.
- Institut de Radioastronomie Millimétrique (IRAM), 300 rue de la Piscine, 38406 Saint Martin d'Hères, France.
- Observatorio Astronómico Nacional (OAN,IGN), Apdo 112, E-28803 Alcalá de Henares, Spain.
- Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM-CSIC). E-28049, Cantoblanco, Madrid, Spain.
- Centre de Recherche Astronomique de Lyon (CRAL), Ecole Normale Supérieure
- INAF, Istituto di Radioastronomia, via P. Gobetti 101, 40129 Bologna, Italy.

[1] Matière interstellaire se trouvant dans une phase de condensation qui prélude à la naissance d'une étoile.

[2] L'Institut de Radioastronomie Millimétrique (IRAM) a été fondé par le Centre National de la Recherche Scientifique en France et la Max-Planck-Gesellschaft en Allemagne, rejoint par l'Instituto Geográfico Nacional en Espagne. Son siège social est à Grenoble ; L'IRAM gère un radiotélescope de 30 m de diamètre au Pico Veleta en Espagne, et l'interferomètre NOEMA de 7 antennes de 15 m de diamètre sur le Plateau de Bure dans les Hautes-Alpes françaises, dont l'extension à 10 antennes est en cours.

[3] La conservation du moment cinétique est un effet physique bien connu, qui traduit l'augmentation de la vitesse de rotation lors de la contraction de la matière, comme lorsqu'un patineur accélère une pirouette en repliant les bras. Cette augmentation de la vitesse de rotation freine l'effondrement. Il est donc essentiel pour permettre la formation d'une étoile de ralentir la rotation et donc d'évacuer le moment cinétique loin de l'objet central. C'est le rôle du jet et du flot moléculaire.