

Astronomie

Étoiles : une naissance obscure

UNE RÉGION DE FORMATION STELLAIRE
intense près du noyau de la galaxie M83, observée par le télescope spatial *Hubble*. Les théories classiques ne rendent pas compte de façon satisfaisante de l'émergence des étoiles bleues massives, ni de la façon dont elles restituent de l'énergie aux nuages de gaz à partir desquels elles se forment.

Les étoiles naissent de l'effondrement d'un nuage de gaz et de poussière. Mais si les grandes lignes de ce scénario sont connues, plusieurs questions restent ouvertes.

Erick Young

S'il y a bien un scénario solidement établi en astronomie, c'est comment se forment les étoiles. L'idée générale a été proposée par Emmanuel Kant et Pierre-Simon Laplace, au XVIII^e siècle. La source de leur luminosité et leur évolution ont été élucidées par les physiciens de la première moitié du XX^e siècle. Aujourd'hui, les principes qui gouvernent la vie des étoiles sont enseignés au collège, et ce sont les objets exotiques tels que la matière noire ou l'énergie sombre qui attirent la curiosité du public. La formation des étoiles serait donc une question réglée. C'est pourtant loin d'être le cas. La naissance des étoiles reste un des sujets les plus brûlants de l'astronomie contemporaine.

Pour simplifier, le processus se résume à la victoire de la gravité sur la pression. Cela commence par un énorme nuage de gaz et de poussière flottant dans l'espace interstellaire. Si le nuage – ou plus exactement, une petite région dense, nommée cœur – est suffisamment froid et dense, sa propre gravité l'emporte sur la pression du gaz, et il commence à s'effondrer sous son propre poids. Le cœur devient de plus en plus dense et chaud, jusqu'à ce que la fusion nucléaire s'amorce en son sein. La chaleur dégagée par la fusion augmente la pression à l'intérieur de l'objet ; laquelle s'oppose à l'effondrement. La nouvelle étoile s'installe dans un équilibre dynamique qui peut durer des millions à des milliards d'années.

Ce scénario est cohérent et concorde avec un corpus d'observations toujours plus fourni. Mais il est loin d'être complet. Si l'on y regarde de plus près, chaque phrase du paragraphe précédent appelle une explication... qui se fait attendre. Quatre questions en particulier tracassent les astronomes. Tout d'abord, si les cœurs denses sont les « œufs » des étoiles, où sont les « poules » cosmiques ? Les nuages doivent eux-mêmes venir de quelque part, et leur formation est mal comprise. Deuxièmement, pourquoi le cœur dense commence-t-il à s'effondrer ? Le mécanisme

d'amorce détermine le taux de formation stellaire et la masse finale des étoiles.

Troisièmement, comment les embryons d'étoiles influent-ils les uns sur les autres ? La théorie standard décrit les étoiles indépendamment, mais pas ce qui se passe lorsqu'elles se forment en groupe, comme c'est le cas pour la plupart d'entre-elles. Des découvertes récentes suggèrent que le Soleil est né au sein d'un amas, dispersé depuis. En quoi grandir dans une pouponnière bondée est-il différent d'être enfant unique ?

Enfin, comment les étoiles massives parviennent-elles simplement à se former ? La théorie standard explique la formation des étoiles dont la masse n'excède pas 20 fois celle du Soleil, mais achoppe sur les plus massives, dont l'intense rayonnement devrait souffler le nuage avant que l'étoile naissante n'ait atteint sa masse définitive. De plus, le rayonnement ultraviolet, l'éjection de matière à grande vitesse et les ondes de choc supersoniques associés aux étoiles massives dévastent leur environnement et perturbent fortement le nuage ; ce que la théorie classique ne prend pas en compte.

Cachées dans la poussière

Répondre à ces questions se fait de plus en plus pressant. La formation stellaire sous-tend presque tous les autres domaines de l'astronomie, depuis l'avènement des galaxies jusqu'à la genèse des planètes. Tant qu'ils ne comprendront pas parfaitement la formation des étoiles, les astronomes ne peuvent pas espérer expliquer celle des galaxies lointaines ou l'existence des planètes dans d'autres systèmes stellaires.

Même si les détails nous échappent encore, une certitude se dégage : une théorie plus précise de la formation stellaire passe par la prise en compte de l'environnement de l'étoile en devenir. L'état final de la nouvelle étoile dépend non seulement des conditions initiales dans le nuage, mais aussi de l'influence ultérieure de son environnement et de ses voisins

L'ESSENTIEL

✓ Les étoiles se forment à partir de nuages de gaz qui s'effondrent ; mais d'où viennent ces nuages, et pour quelle raison s'effondrent-ils ?

✓ En outre, la théorie envisage des étoiles isolées et néglige leurs interactions et leur rétroaction sur le nuage qui leur a donné naissance.

✓ Les astronomes ont observé comment des étoiles massives peuvent déclencher l'effondrement de nuages, et comment les nouvelles étoiles interagissent.

MESA, ESA, the Hubble Heritage team

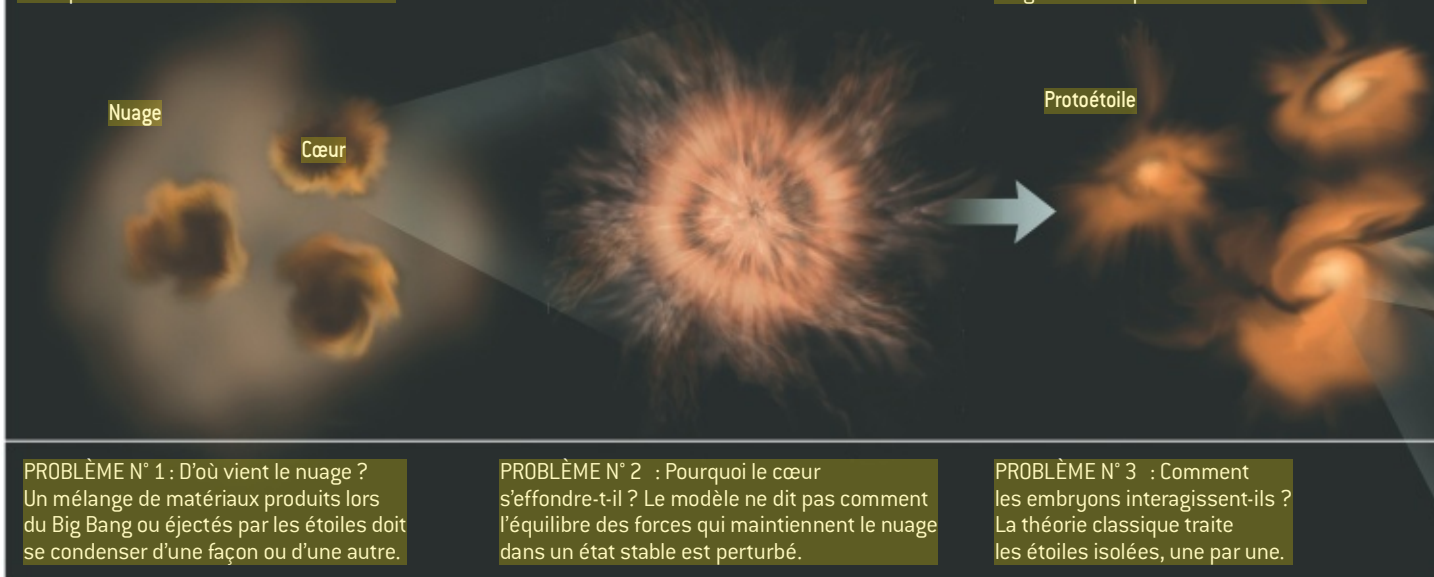
UNE ÉTOILE EST NÉE... NON SANS MAL

La théorie classique de la formation stellaire explique parfaitement la naissance des étoiles isolées de masse faible à moyenne, mais les lacunes conceptuelles y sont encore nombreuses.

1. Le point de départ de la formation stellaire est un nuage moléculaire géant, c'est-à-dire une masse froide de gaz et de poussière.

2. Au sein du nuage, une région particulièrement dense (un cœur) s'effondre sous son propre poids.

3. Le cœur se fragmente en de multiples embryons stellaires. Dans chacun d'eux, une protoétoile forme un noyau et attire du gaz et de la poussière.



L'AUTEUR



Erick YOUNG, astronome à l'Université d'Arizona jusqu'en 2009, dirige la mission SOFIA (*Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy*).

stellaires. C'est l'éternel débat de l'inné et de l'acquis, à l'échelle cosmique...

Si vous regardez le ciel par une nuit bien noire, vous pourrez voir la traînée de lumière diffuse de la Voie lactée sur la voûte céleste. Elle est interrompue par des zones sombres : des nuages interstellaires, dont les particules de poussière interceptent la lumière des étoiles et les rendent opaques à la lumière visible.

C'est dans ces nuages de poussière et de gaz que naissent les étoiles. Par conséquence, ce phénomène est caché et donc très difficile à observer. On peut voir où le processus démarre – dans les nuages opaques – et comment il prend fin – par l'apparition d'une étoile –, mais ce qui se passe entre les deux reste obscur. Le peu de rayonnement qui filtre se situe dans le domaine de l'infrarouge lointain et des ondes submillimétriques, où les capacités d'observation sont assez rudimentaires par rapport à d'autres plages du spectre électromagnétique.

La formation des nuages de poussière et de gaz est une étape du cycle du milieu interstellaire : les nuages engendrent des étoiles, qui recyclent les éléments en leur sein, avant de les relâcher dans le milieu interstellaire à leur mort, et ainsi de suite. Le milieu interstellaire est constitué aux

trois quart d'hydrogène et d'un quart d'hélium ; tous les autres éléments représentent à peine quelques pour cent. Une partie de ce matériau est de la matière primordiale à peine altérée depuis le Big Bang, une part est rejetée par les étoiles au cours de leur vie, et une autre est formée de débris d'explosions stellaires.

Au départ, le gaz se trouve sous forme d'atomes, car le rayonnement énergétique des étoiles casse les molécules. Il est diffus, avec environ un atome d'hydrogène par centimètre cube. En se refroidissant, le gaz se condense néanmoins en nuages, comme la vapeur d'eau dans l'atmosphère. Ce faisant, il libère de l'énergie. Le milieu étant très peu dense, cette énergie ne peut être évacuée par collisions. Le moyen le plus efficace est l'excitation et la réémission dans l'infrarouge lointain de certains éléments, tel le carbone ionisé qui émet à la longueur d'onde de 158 micromètres. La basse atmosphère terrestre est opaque à ces longueurs d'onde, si bien qu'elles doivent être étudiées depuis l'espace (par exemple par l'observatoire spatial *Herschel*, lancé en 2009 par l'Agence spatiale européenne) ou la haute atmosphère, par des télescopes embarqués sur des avions (mission SOFIA).

À mesure que les nuages se refroidissent, ils deviennent plus denses. Quand ils