

Les processus de formation du système solaire sont aujourd'hui assez bien compris dans leurs grandes lignes. Nous avons tous l'image d'un disque se condensant en tournant autour d'une étoile, un peu à l'image d'une galette. La réalité est un peu plus complexe.

Bêta Pictoris

Le phénomène « Véga » désigne une étoile présentant un excès d'émission infrarouge, à l'instar de l'étoile Véga. Cet excès est interprété généralement comme la signature de la présence de poussières dans le voisinage de l'étoile. L'étoile Bêta Pictoris est l'étoile qui présente l'effet Véga le plus marqué, et c'est la première étoile autour de laquelle un disque de poussières a été observé, dès 1984, par le satellite IRAS. Il est vu par la tranche. Nous savons aujourd'hui qu'il s'étend sur plus de 1000 unités astronomiques et présente un espace vide au

centre sur environ 25 unités astronomiques. La présence de silicates a clairement été établie par spectroscopie. La taille des grains semble varier de 1 micromètre à 1 millimètre au moins. La présence de grains plus gros, et a fortiori de corps plus volumineux ne peut pas être établie par l'étude directe de la lumière nous provenant, ces objets ne participant pas à la diffusion de la lumière.

Ce disque apparaît encore aujourd'hui comme un cas unique. Néanmoins, sa détection a été facilitée par des conditions favorables : faible distance de l'étoile et orientation du disque. Bien que nous ne connaissions pas aujourd'hui d'autre disque comparable, cette étoile n'est peut-être pas unique. Quoiqu'il en soit, il est tentant de faire le lien entre ce disque et un système planétaire en formation, la nébuleuse proto-planétaire passant par ce stade lors de son effondrement.

Asymétries imputables à la présence de planètes

Le disque de gaz n'est pas visible directement. Il se manifeste sur le spectre de l'étoile, dont des modifications ont été observées sur des échelles de temps relativement brèves, de l'ordre de la journée. Les raies présentent des décalages dus à un mouvement de chute vers l'étoile à des vitesses pouvant atteindre plusieurs centaines de kilomètres par seconde. Ceci est attribué à la présence de petits corps tombant sur l'étoile, et s'évaporant à son approche. Ces objets, dénommés FEB (de l'anglais *Falling Evaporating Bodies*, pour corps s'évaporant en tombant) seraient similaires en taille et en composition à des noyaux cométaires. Cela pose une question : Pourquoi ces corps sont-ils précipités en permanence vers l'étoile ? Une explication possible et raisonnable est la présence d'au moins une planète.

Les difficultés liées à l'observation

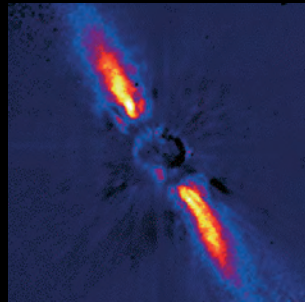
La présence de disques proto-planétaires autour d'étoiles jeunes (étoiles T-Tauri) est suspectée depuis longtemps. En revanche, la détection d'un disque autour d'une étoile plus évoluée (séquence principale) a été plus tardive, car ces observations sont très délicates. La lumière provenant de l'étoile est bien plus intense que celle diffusée par le disque, et il faut donc masquer l'étoile. C'est le principe du coronographe. Néanmoins, pour des longueurs d'onde de l'ordre de 10 micromètres (infrarouge), l'étoile est aussi lumineuse que le disque. L'image peut donc être faite directement.

La structure du disque

Le disque de poussières de Bêta Pictoris présente des asymétries de plusieurs natures. Une branche de ce disque est plus longue, plus brillante et moins épaisse que l'autre. Le disque est constamment régénéré par des corps plus gros.

Des comètes et des planètes ?

L'étude spectroscopique du gaz contenu dans le disque de Bêta Pictoris démontre la présence de monoxyde de carbone et l'absence de dihydrogène. Cela pose un problème. La molécule de monoxyde de carbone est très fragile. Elle est facilement détruite par le rayonnement stellaire. Seule la présence de grandes quantités de dihydrogène peut préserver cette molécule, comme c'est le cas dans les nuages interstellaires. La présence de



Le disque de Bêta Pictoris. On remarque le gauchissement du disque (changement de l'orientation du plan du disque avec la distance à l'étoile). (crédit : ESO)

grandes quantités de monoxyde de carbone ne peut donc résulter que de l'existence de sources alimentant le disque en permanence. Nous savons que les comètes contiennent cette molécule, outre la glace d'eau et les poussières. La présence de monoxyde de carbone et l'absence de dihydrogène semblent donc conforter l'idée de l'existence de FEB.

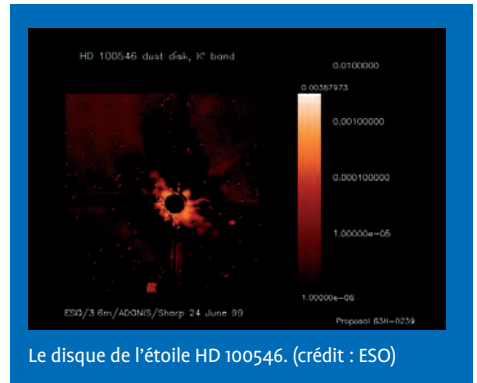
Une autre particularité géométrique du disque de poussières de Bêta Pictoris est un gauchissement. Concrètement, le plan moyen de la partie interne du disque, jusqu'à environ 50 UA, est légèrement incliné par rapport au plan moyen du reste du disque. La présence d'une ou plusieurs planètes peut expliquer ce changement d'inclinaison. La présence de planètes peut également expliquer le vide au centre du disque. Néanmoins, il faut rester encore prudent. Bêta Pictoris fait toujours l'objet de recherches intenses, en observation et en modélisation.

Représentativité de Bêta Pictoris et des autres disques observés

L'effet Vega, signant la présence d'un disque de poussières autour d'une étoile pourrait concerner un grand nombre d'étoiles de la séquence principale ! Par ailleurs, d'autres disques de poussières et de gaz ont été détectés autour d'étoiles. Par exemple, l'étoile HR 4796 présente elle aussi un disque, dont la partie centrale est vide. De nombreuses étoiles montrent des chutes de gaz, similaires aux FEB de Bêta Pictoris.

Les données manquent encore pour conclure quant à la représentativité des systèmes observés, mais un point doit être souligné. Il était admis il y a encore

quelques décennies qu'on ne pourrait jamais contraindre par l'observation les modèles de formation du système solaire. Aujourd'hui, nous savons qu'il est techniquement possible d'observer des systèmes planétaires en formation.



Le disque de l'étoile HD 100546. (crédit : ESO)