

DU NOUVEAU SUR TITAN L'ATMOSPHERE DU SATELLITE DE SATURNE SONDEE PAR UNE ETOILE

L'occultation en juillet dernier par Titan de l'étoile brillante 28 Sagittarii a permis de nouvelles découvertes sur ce satellite de Saturne que, pourtant, Voyager 2 avait observé de très près en août 1981. Titan est le seul astre du système solaire, avec la Terre, à posséder une atmosphère riche en azote. Cette similitude s'étend à la pression atmosphérique qui est une fois et demi la pression atmosphérique terrestre, et à la présence d'océans, constitués, il est vrai, non pas d'eau mais très probablement d'éthane. Cette observation a permis d'étudier l'atmosphère de Titan dans une région située entre 200 et 500 km d'altitude que Voyager 2 n'avait pas du tout observée. De plus, la condition particulière de l'observation - l'ombre de Titan est passée tout près de Paris - a donné lieu à l'observation d'un phénomène optique très rare, appelé "éclair central", qui a permis de mesurer l'aplatissement de la stratosphère.

Il semble a priori paradoxal qu'une observation effectuée depuis le sol terrestre, d'où le disque de Titan n'est pratiquement pas résolu, puisse rivaliser avec celles de Voyager dont la résolution spatiale atteignait quelques km sur un astre dont le diamètre est de l'ordre de 5000 km. Cette situation tient à la méthode utilisée. Alors que l'image obtenue dans un télescope provient de la lumière solaire réfléchie, l'occultation fournit la lumière de l'étoile occultée transmise par l'atmosphère de Titan: la résolution spatiale est alors définie par la résolution temporelle, puisque c'est le déplacement relatif de la source de lumière stellaire et du satellite qui passe devant elle qui localise la région sondée, anneau ou atmosphère.

Les occultations d'étoiles brillantes par des corps du système solaire - Lune, planètes, satellites, astéroïdes... - sont des phénomènes recherchés, d'autant plus rares que les étoiles sont brillantes. L'occultation du Soleil par la Lune, improprement qualifiée d'éclipse de Soleil, est la plus connue. C'est par une technique d'occultation qu'on a découvert depuis la Terre les anneaux d'Uranus et les arcs d'anneaux de Neptune, avant que Voyager n'en confirme l'existence, ou encore la présence d'une atmosphère autour de Pluton, la seule planète du système solaire à n'avoir pas été visitée par une sonde spatiale.

Les occultations constituent une technique éprouvée d'étude des corps du système solaire depuis les années 1950, époque où l'on a commencé à les prévoir avec une précision suffisante, non seulement dans le cas d'étoiles brillantes, dont le mouvement propre est connu avec une précision suffisante, mais aussi dans le cas des étoiles plus faibles, qui sont beaucoup plus nombreuses et augmentent donc considérablement la probabilité du phénomène. Alors qu'on s'attend à ce que Titan occulte une étoile en moyenne tous les 4 ans, l'occultation d'une étoile aussi brillante que 28 Sagittarii, de magnitude visuelle apparente 5,5, ne se produit qu'une fois en 80 ans. Pour pouvoir observer le phénomène, il faut être capable de prédire avec précision la trajectoire de l'ombre portée sur Terre, qui définit les lieux d'où l'observation est possible. Cette prévision

s'effectue en deux temps. On commence par comparer les éphémérides des planètes satellites ou astéroïdes aux positions des étoiles, ce qui permet de sélectionner les occultations possibles. Ensuite il faut effectuer des mesures de position très précises à la fois de l'étoile et du corps céleste qui va l'occulter pour déterminer les lieux d'observation. On obtient actuellement une précision des positions relatives de l'ordre de 0,1", ce qui correspond à une longueur de 200 mètres sur la Lune, 130 km sur l'astéroïde Cérès, 310 sur Jupiter, 620 sur Saturne et 2800 sur Pluton. Cette incertitude est donc de l'ordre de la taille des gros astéroïdes et dépasse celle des petits satellites de Jupiter et de tous les satellites de Saturne, à l'exception de Titan.

L'occultation, le 3 juillet 1989, de 28 Sagittarii par Titan était observable en Europe, en Afrique du Nord et au Moyen Orient. L'équipe de Bruno Sicardy a utilisé les observatoires de Meudon et du Pic du Midi, en France et de Catania, sur le Mont Etna, en Italie. Celle de W. Hubbard était basée en Israël et au Vatican. Deux phénomènes physiques différents contribuent à affaiblir la lumière de l'étoile au cours de son occultation: l'extinction, due à la diffusion par les molécules de l'atmosphère de Titan, et la réfraction différentielle provoquée par la variation de la densité de cette atmosphère avec l'altitude. La réfraction est le phénomène dominant, sauf au moment de l'éclair central; l'étude du phénomène permet d'interpréter les courbes de lumière observées et en particulier de déterminer la température moyenne, égale à 170 K, de la région de l'atmosphère située entre 250 et 500 km d'altitude. Cette région avait été qualifiée d'"ignorosphère" après les observations de Voyager, parce qu'elle correspondait à un trou entre les observations UV, au-dessus de 1270 km et les observations IR et radio, entre 0 et 200 km d'altitude.

L'observation effectuée à l'observatoire de Meudon a apporté des informations supplémentaires: au moment où l'ombre de Titan est passée à proximité, la lumière de l'étoile réfractée tout autour du limbe s'est pratiquement focalisée, produisant un accroissement brutal et bref de l'éclat, le fameux éclair central. De la structure temporelle de cet éclair, on a pu déduire que la stratosphère de Titan n'est pas sphérique, mais présente un aplatissement de 1,7%. Cet aplatissement, actuellement à l'étude, pourrait être dû à une super-rotation de l'atmosphère: la stratosphère de Titan connaîtrait des mouvements à grande échelle comparable à ceux observés dans Vénus.

L'éclair central n'a pas la même intensité aux différentes longueurs d'onde observées, ce qui s'explique par le phénomène de diffusion de la lumière par les molécules de l'atmosphère de Titan, et apporte des informations sur les conditions physiques dans cette basse atmosphère, à une altitude d'environ 200 km.

Il est assez piquant que des observations effectuées avec des petits télescopes, de 60 cm et 1 m d'ouverture, dans un site considéré à juste titre comme assez médiocre, étant donnée la pollution lumineuse dont souffre l'observatoire de Meudon, aient apporté des informations que Voyager n'avait pu fournir et qui seront utiles à la mission spatiale Cassini, qui prévoit l'envoi d'une sonde dans l'atmosphère de Titan !

Lucienne Gouguenheim