

SUR LA STRUCTURE MORPHOLOGIQUE ET CINÉMATIQUE DE LA NÉBULEUSE 'HELIX'

G. CARRANZA, G. COURTÈS et R. LOUISE

(*Observatoire de Cordoba, Argentine,*

*Observatoires de Marseille et de Haute-Provence, France**)

(Présenté par H. Andriolat, Faculté des Sciences, Montpellier)

La nébuleuse planétaire ayant le plus grand diamètre apparent est la nébuleuse Helix **; elle se prête très bien, en raison de ses larges dimensions ($15' \times 10'$), aux observations avec les techniques interférentielles courantes: la photographie monochromatique en lumière $H\alpha$ ou $[NII] \lambda 6584$ et l'interférométrie Perot-Fabry. On peut ainsi obtenir non seulement la morphologie de cette nébuleuse, mais aussi le champ des vitesses radiales au moyen des anneaux d'interférence des mêmes raies (Courtès, 1951, 1952, 1960).

Les photographies monochromatiques d'Helix effectuées à l'aide de filtres interférentiels à bandes passantes très étroites ($4 \text{ à } 6 \text{ \AA}$), montrent les particularités suivantes (Figures 1 et 2) (Cruvellier, 1967):

La géométrie générale des images en lumière $H\alpha$ est à peu près la même que celle des images en lumière $[NII] 6584 \text{ \AA}$.

Ces images diffèrent néanmoins en dimensions, l'image $H\alpha$ étant légèrement plus petite (5 à 10%) que l'image en $[NII]$.

Les filaments sont beaucoup moins nets, quelquefois plus larges, souvent moins intenses et généralement plus flocculeux en lumière $H\alpha$ qu'en $[NII]$.

Le filament extérieur devient très faible en lumière $H\alpha$.

Sur le cliché $H\alpha$ il y a une émission diffuse et 'floconneuse' à l'intérieur de la structure filamentaire qui est imperceptible ou absente en lumière $[NII]$. C'est, à notre connaissance, la première fois que l'on met en évidence cette structure très particulière de l'émission $H\alpha$ interne d'Helix.

L'image $H\alpha$ d'Helix ressemble assez à celle des planétaires ordinaires (sphères gazeuses) mais elle est difficile à accorder avec l'image $[NII]$ qui suggère plutôt une structure filamentaire hélicoïdale et non une sphère gazeuse.

Pour se libérer autant que possible des effets subjectifs, on a étudié la distribution

* Les premiers interférogrammes étudiés dans cette publication ont été pris au télescope Crossley de l'Observatoire de Lick à la suite d'une invitation du Dr N. U. Mayall. Les suivants ont été obtenus à l'Observatoire de Haute-Provence au télescope de 120 cm.

** NGC 7293.

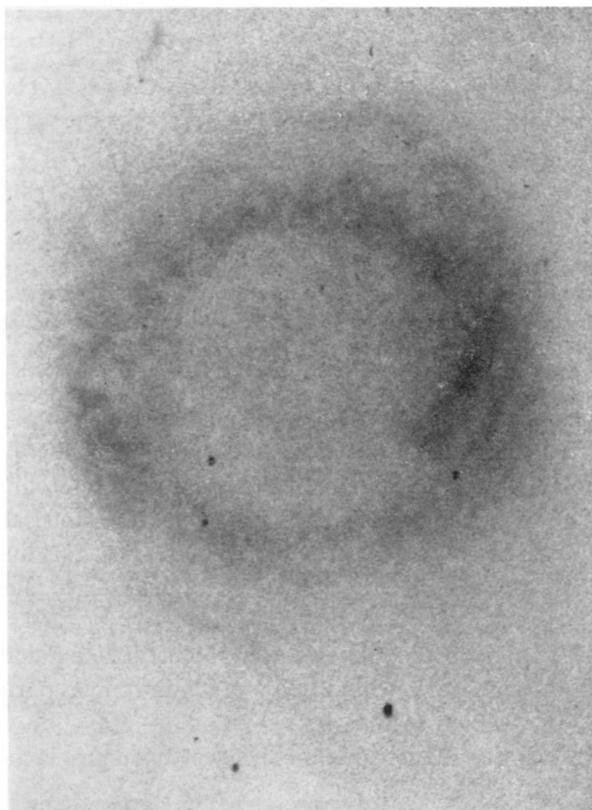


FIG. 1. Photographie d'Helix prise avec un filtre interférentiel $H\alpha$. Télescope de 120 cm de l'Observatoire de Haute-Provence.

par rapport à l'étoile centrale des régions les plus brillantes dans un cliché pris avec une bande passante très large ($\approx 500 \text{ \AA}$ comprenant $H\alpha$ $\lambda 6563$ et $[\text{NII}]$ $\lambda\lambda 6548$ et 6584). Ce cliché, obtenu au télescope de 5 m du Palomar, nous a été très aimablement communiqué par le Dr. Minkowski.

La morphologie d'Helix peut s'interpréter de deux façons différentes; la première, d'ailleurs suggérée par Minkowski, consiste à supposer que cette nébuleuse est la superposition de deux anneaux de gaz concentriques dont l'anneau externe serait en train de se dissocier (Figure 3). D'après une étude morphologique fondée sur la répartition des points les plus intenses de l'anneau interne, l'inclinaison du plan des anneaux par rapport au plan de projection est alors de $\alpha = 36^\circ$ si l'on suppose que l'anneau est parfaitement circulaire. En raison de sa morphologie mal définie, l'anneau externe ne permet évidemment pas une telle analyse.

Si on admet une vitesse d'expansion radiale V à partir de l'étoile centrale des points situés sur l'anneau interne, la répartition de la projection de V sur la direction de

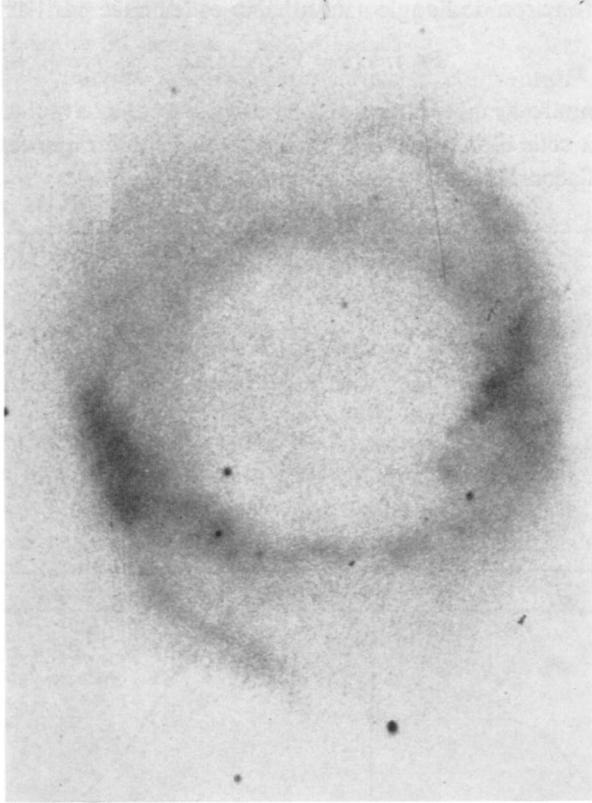


FIG. 2. Photographie d'Helix prise avec un filtre interférentiel [NII]. Télescope de 120 cm de l'Observatoire de Haute-Provence.

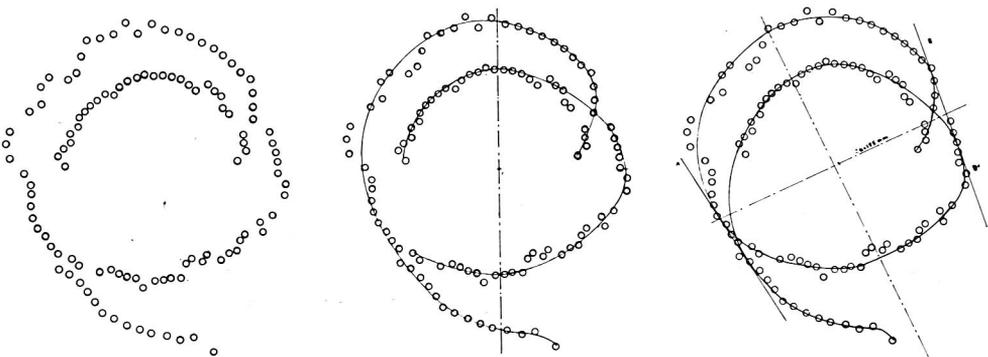


FIG. 3. De gauche à droite: Points de densité photographique maximum; Nébuleuse Helix interprétée comme deux anneaux; Nébuleuse Helix interprétée comme une hélice.

l'observateur en fonction de l'angle azimuthal φ est donnée par l'expression:

$$\text{Proj. } \mathbf{V}/\mathbf{u} = V \sin \alpha \sin \varphi.$$

Quand on compare la distribution des vitesses obtenues avec la raie $[\text{NII}]$ dans l'anneau interne à celle d'un anneau ayant la même géométrie en expansion radiale, on constate que l'accord est assez satisfaisant.

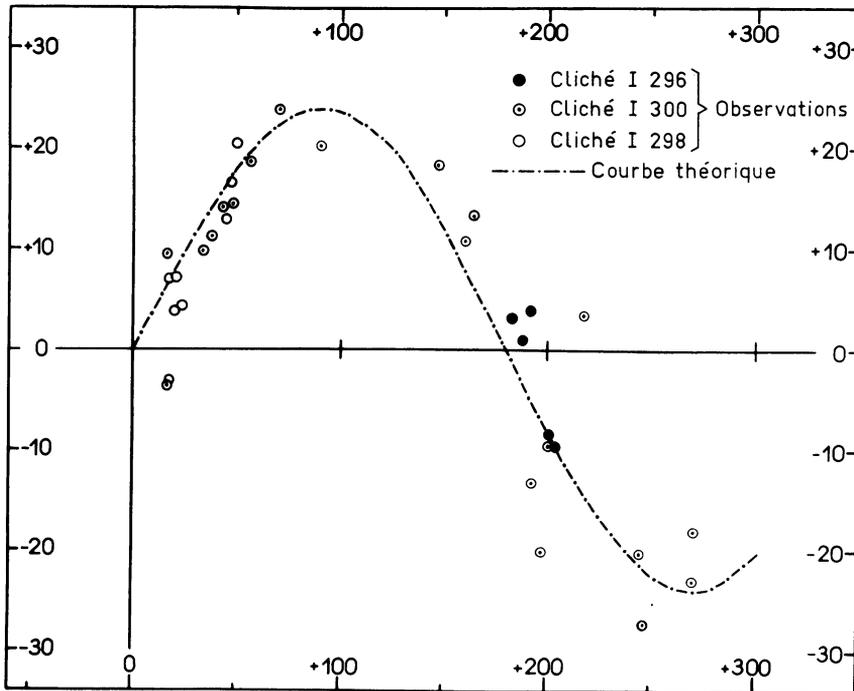


FIG. 4. Répartition des vitesses de l'anneau interne.

La Figure 4 montre cette comparaison. L'expansion qui permet le meilleur accord entre les vitesses observées et la courbe d'expansion théorique a pour module $V = 39.1$ km/sec.

Une difficulté, cependant, se présente: on ne peut rien espérer de la répartition des vitesses de l'anneau externe qui, selon l'hypothèse vraisemblable, serait en train de se dissocier.

Cette difficulté est levée si l'on suppose, comme le suggère l'image $[\text{NII}]$ d'Helix, que le filament est unique et épouse une forme hélicoïdale. On supposera, pour simplifier (Figure 3), qu'il s'agit d'une hélice droite à pas constant. L'étude morphologique permet de déterminer les éléments de cette hélice.

- (1) Inclinaison de l'axe de l'hélice par rapport au plan de projection $i = 54^\circ$;
- (2) Pas = 0.36 en unité du diamètre de l'hélice.

Toujours dans l'hypothèse d'une vitesse radiale V constante à partir de l'étoile centrale, la répartition de la projection de V sur la direction de l'observateur est donnée par la relation:

$$\text{Proj. } V/u = V \cos i \cos \theta [\text{tg } \theta \text{tg } i + \sin \varphi],$$

où u = vecteur unitaire porté par la direction de l'observateur.

Avec: $\left\{ \begin{array}{l} \text{tg } \theta = p\varphi/2\pi a \\ p = \text{pas de l'hélice.} \\ a = \text{rayon du cylindre dans lequel est inscrite l'hélice.} \end{array} \right.$

La distribution des vitesses obtenues avec la raie $[NII]$ a été comparée à celle qu'il y aurait dans une nébuleuse ayant la même géométrie et qui serait en expansion radiale à vitesse constante. Les résultats de cette comparaison sont indiqués sur la Figure 5. La vitesse radiale y est donnée en fonction de l'angle azimuthal φ dans le

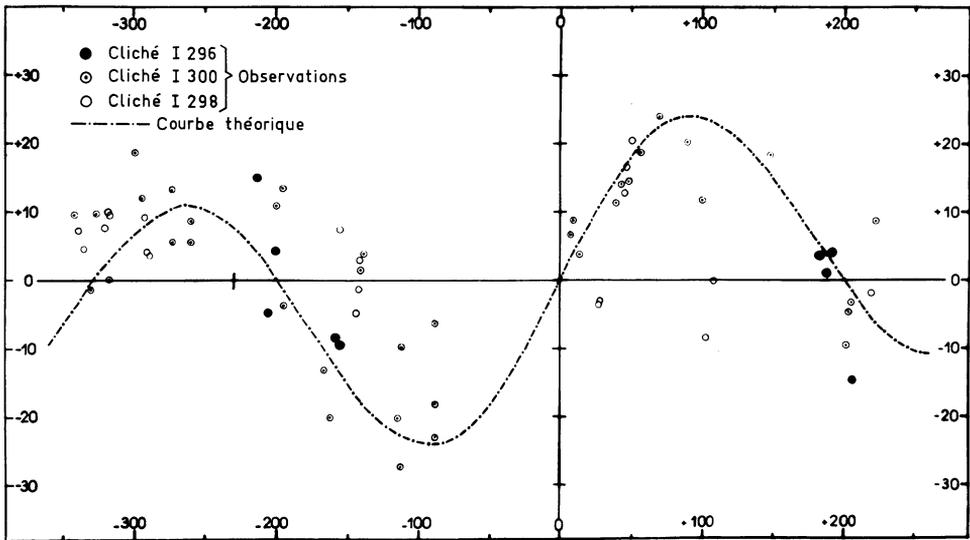


FIG. 5.

plan perpendiculaire à l'axe de l'Helix; cet angle est déterminé à partir des angles de position mesurés sur la photographie de la nébuleuse et des paramètres de l'hélice.

La répartition théorique des vitesses radiales sur l'hélice est en très bon accord avec les vitesses radiales mesurées sur la raie $[NII]$. La courbe théorique qui s'accorde le

mieux avec les observations permet de déterminer la vitesse d'expansion radiale de la nébuleuse. Cette vitesse est de 37.4 km/sec.

Cette dernière hypothèse sur Helix a l'avantage de considérer toutes les vitesses radiales observées, ce qui n'est pas le cas dans la première hypothèse. Dans les deux cas, on retrouve à peu près la même vitesse d'expansion radiale de la nébuleuse par rapport à l'étoile centrale. Ceci tient au fait que l'anneau interne, assimilé à un cercle, a une géométrie très proche de celle de la spire centrale de l'hélice. En fait, les différences maximales des vitesses radiales entre ces deux modèles et pour la partie centrale sont de l'ordre de 2 km/sec. Il n'est donc pas possible de choisir entre les deux modèles à partir de la seule géométrie de la bande centrale.

On a également étudié la répartition des vitesses radiales mesurées sur la raie $H\alpha$. Cette étude a conduit aux résultats suivants:

(1) Les points expérimentaux se répartissent dans un intervalle de vitesses radiales -10 km/sec et -30 km/sec. (Figure 6).

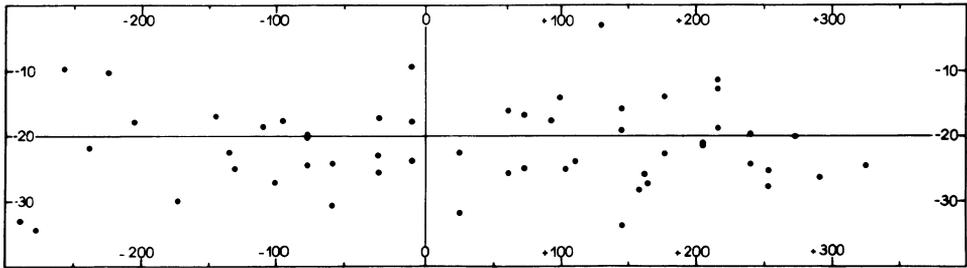


FIG. 6. Répartition des vitesses radiales en $H\alpha$.

(2) Il est impossible, quelle que soit l'hypothèse faite sur Helix, de tracer une courbe régulière qui passe entre les points expérimentaux.

(3) La vitesse radiale moyenne de l'ensemble de la nébuleuse par rapport au soleil est de -29 km/sec ± 5 , en bon accord avec les mesures spectroscopiques anciennes.

(4) Aucune structure cinématique nette ne se dégage de la répartition des vitesses de l'hydrogène; une répartition sphérique homogène est vraisemblablement la meilleure interprétation de la morphologie de l'hydrogène dans la nébuleuse Helix.

D'autre part, le rapport d'intensité $H\alpha/[NII]$ dans la nébuleuse que l'on obtient aussi à l'aide des interférogrammes, montre qu'entre l'anneau externe et l'anneau interne, les conditions d'excitation sont différentes; dans l'anneau externe, il est en général plus favorable à $[NII]$ que dans l'anneau interne; la valeur moyenne du rapport $H\alpha/[NII]$ dans celui-ci est de 0.9; dans le filament externe, il est de 0.7. Si l'on a affaire à un seul filament hélicoïdal, cette variation ne peut être expliquée qu'au moyen d'hypothèses *ad hoc*.

Enfin, comme il a été dit, l'émission à l'intérieur des filaments n'est décelable que pour le rayonnement $H\alpha$; une telle diminution du rapport $H\alpha/[NII]$ quand on s'éloigne de l'étoile centrale, a déjà été observée dans d'autres nébuleuses planétaires.

Les résultats précédents permettent de conclure qu'Helix est très probablement constituée par une hélice à pas constant dont la photographie donne l'image sur le plan de projection.

On n'a pas considéré la possibilité qu'Helix soit une planétaire sphéroïdale en expansion (combiné éventuellement avec rotation), ce qui pourrait cinématiquement être acceptable pour les raisons suivantes:

(1) L'extrême netteté de la structure filamenteuse en lumière $[NII]$.

(2) L'absence de dédoublement des raies, fréquent dans les planétaires sphéroïdales en expansion.

Cette étude préliminaire ne nous permet pas d'obtenir un modèle définitif, mais seulement de délimiter les possibilités. Elle précise, néanmoins, certaines particularités structurales d'Helix que l'on ne peut tirer que de l'intégration des données morphologiques, cinématiques et physiques.

Les résultats sur l'expansion publiés par Liller (1966), fondés sur la mesure des mouvements propres, comparés aux nôtres, permettent d'estimer la distance entre 140 et 400 parsecs.

Bibliographie

- Courtès, G. (1951) *C. r. Acad. Sci. Paris*, **232**, 1283.
 Courtès, G. (1952) *C. r. Acad. Sci. Paris*, **234**, 506.
 Courtès, G. (1960) *Ann. Astrophys.*, **23**, 155.
 Cruvellier, P. (1967) *Ann. Astrophys.*, **30**, 1059.
 Liller, W. (1960) *Astrophys. J.*, **144**, 280.
 Minkowski, R.L. Communication privée.

Note bibliographique

- NGC 7293 ou nébuleuse Helix a été découverte par Curtis sur une photographie prise au Crossley.
 Premiers spectres: Campbell et Moore, *Publ. Lick. Obs.*, **13** (1918).
 Vitesses mesurées par Wright, *Publ. Lick. Obs.*, **13** (1918).
 Spectrogrammes par Minkowski, *Astrophys. J.*, **243** (1942).
 Rapport des raies de $[OII]$ par D.E. Osterbrock, *Astrophys. J.*, **131** (1960), 541.
 Distances données par C.R. O'Dell (137 parsecs), *Astrophys. J.*, **135** (1962), 371.
 Données photométriques par G.A. Gurzadian *et al.*, *Soobšč. Bjurak. Obs.*, **34** (1963) 59; *ibid.*, **35** (1964), 59.
 Flux radio mesuré par D. Lynds, *Publ. nat. Radio Astr. Obs.*, **1** (1961), 85; Davis *et al.*, *Nature*, **206** (1965), 809; Oslee *et al.*, *Austr. J. Phys.*, **18** (1965), 187; M. Hughes, *Astrophys. J.*, **149** (1967), 377.