

DOSSIER : Les spectres radio HI

G. Paturel, Observatoire de Lyon

Résumé. Nous présentons un spectre inhabituel : un spectre en radioastronomie, à la longueur d'onde 21-cm. Ce sera l'occasion de parler des unités particulières à la radioastronomie.

La radioastronomie ne diffère de la spectrographie optique, plus familière, que par la longueur d'onde et donc par la fréquence. À l'observatoire de Nançay, en Sologne, près de Vierzon, le grand radiotélescope (photo de couverture) a été créé pour observer ces très grandes longueurs d'onde, en particulier la longueur d'onde de 21 cm, émise par l'hydrogène neutre des galaxies spirales, ce que les astronomes appellent le HI (prononcer H-un)¹.

Qu'enregistre-t-on en radioastronomie ? Comme toujours on enregistre un éclairement à chaque fréquence (c'est donc un spectre). L'unité normale devrait être des watts, par mètre carré et par unité de fréquence. En honneur du premier radioastronome et en raison de la faible puissance transportée, l'unité usuelle est le Jansky (Jy) = 10^{-26} W.m⁻².Hz⁻¹. Le spectre devraient présenter des Jy en fonction des Hz. Mais les astronomes qui observent les galaxies spirales ont des habitudes qui s'avèrent très différentes et très pratiques. L'abscisse est graduée en kilomètres par seconde ! Expliquons pourquoi.

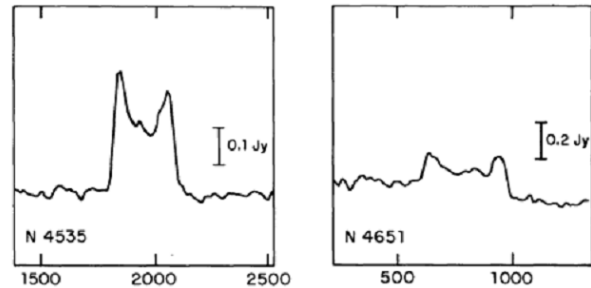
La vitesse de récession de la galaxie déplace la raie qui n'est plus exactement à $\nu_0=1460$ MHz. Le décalage donne la vitesse par la relation Doppler-

$$\text{Fizeau écrite en fréquence : } V = c \frac{\nu_0 - \nu}{\nu_0}$$

La vitesse étant constante pour une galaxie, on voit que la fréquence peut être remplacée par la vitesse V , puisqu'il y a une simple relation linéaire entre les deux. Le spectre autour de la raie de l'hydrogène neutre se présente comme le montre la figure ci-dessous, tirée du célèbre article de Tully et Fisher de 1977 : des Jansky en fonction d'une vitesse en kilomètres par seconde. Avouez que c'est troublant pour un spectre, au premier abord !

De l'aire de la raie spectrale on tire le contenu en hydrogène ; c'est pour calculer cette aire, que j'ai eu, un jour, à utiliser un intégrateur mécanique (voir le remue-méninges). Nous verrons plus tard qu'on peut extraire aussi la vitesse de rotation de la galaxie.

¹ En physique atomique la notation HI signifie "hydrogène une fois ionisé", alors que pour les astronomes HI signifie "hydrogène neutre". Ça ne simplifie pas les dialogues !



Deux spectres de la raie HI, tirés de l'article célèbre de Tully et Fisher (*Astronomy and Astrophysics*, 1977). La première galaxie, NGC4535 (figure de gauche) a une vitesse de récession d'environ 1800 km/s. La seconde, NGC4651 a une vitesse d'environ 800 km/s.

Mais attention, la convention est d'exprimer les vitesses à partir du décalage en longueur d'onde et non pas en fréquence. La différence n'est pas négligeable (voir l'encadré ci-dessous).

Relation entre vitesse "fréquence" et vitesse "longueur d'onde"

La relation adoptée par l'Union Astronomique Internationale pour définir les vitesses radiales est :

$$V_\lambda = c \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}. \text{ L'écart } \lambda - \lambda_0 \text{ est important et la}$$

vitesse V_ν définie par les fréquences :

$$V_\nu = c \frac{\nu_0 - \nu}{\nu_0}, \text{ n'est donc pas identique à } V_\lambda.$$

Calculons la relation entre les deux. C'est assez simple. Il suffit de remplacer ν par c/λ et ν_0 par c/λ_0 dans V_ν .

Le résultat est le suivant :

$$V_\nu = \frac{V_\lambda}{1 + \frac{V_\lambda}{c}} \text{ et } V_\lambda = \frac{V_\nu}{1 - \frac{V_\nu}{c}}$$

La différence commence à être sensible pour des vitesses de quelques centaines de km/s et très significative au-delà de 1000 km/s.