

---

## OBSERVATOIRE DE JODRELL BANK, RADIO TELESCOPE DE 7M

### EXERCICE 2: EMISSION HI DU DISQUE GALACTIQUE

---

#### **Exercice 2: Objectifs**

Au cours de cet exercice, vous allez effectuer l'acquisition du spectre de l'hydrogène atomique (HI, prononcer « H-un ») provenant de notre Galaxie. En particulier, vous allez effectuer des observations qui supposent l'existence de bras spiraux, et déterminer la vitesse de ces bras spiraux grâce à l'émission de l'hydrogène HI contenu dans ces bras.

#### **Introduction**

A cause de la rotation de notre Galaxie, à chaque direction d'observation correspond une région de HI possédant une vitesse relative particulière. Par conséquent, l'émission du HI à la fréquence de 1420,406 Mhz subit un décalage Doppler fonction de la vitesse relative du gaz HI observé. Cette émission produit un spectre en émission différent en fonction des zones observées dans la Galaxie. Afin de mesurer ces émissions HI, le signal reçu est traité par un programme ultra rapide qui, à l'aide de la technique des transformées de Fourier, nous permet d'obtenir le spectre radio d'émission. Ne vous inquiétez pas si vous ne connaissez pas la transformée de Fourier, c'est simplement un moyen de décomposer le signal reçu en ses différentes composantes fréquentielles.

Quand on trace le spectre, il est préférable de tracer la température en ordonnée et la fréquence ou la vitesse (calculée en utilisant l'effet Doppler non-relativiste) en abscisse. On retiendra la règle suivante: à la fréquence d'observation (approx 1420MHz), un bande de largeur 5MHz du télescope de 6,4m donne un écart de vitesse d'environ 1000 km/s.

Tous les spectres que vous allez mesurer sont en fait peu intenses et superposés au bruit de fond du capteur. Différentes techniques s'offrent à nous pour éliminer ce bruit afin d'en extraire le spectre. Une première technique consisterait à acquérir le spectre émis par le nuage, de décaler le télescope afin d'acquérir un spectre de référence, puis de soustraire le spectre du nuage au spectre de référence. Cependant, si cette technique de décalage est valable pour des objets extragalactiques, elle ne peut être utilisée pour notre Galaxie car on ne peut pas trouver d'endroits à pointer sans présence de HI. On préfère donc décaler l'acquisition en fréquence en changeant la fréquence de l'oscillateur local. Dans ce cas, le bruit de fond qui est soustrait correspond uniquement aux fréquences supérieures ou inférieures à la raie d'émission à 1420,406 MHz.

#### **Un spectre provenant de la Galaxie aux coordonnées (120,0)**

Pour votre première observation du HI contenu dans la Galaxie, nous allons sélectionner des coordonnées du plan galactique toujours visibles depuis l'observatoire de Jodrell Bank (les objets de ce style, qui ne se couchent jamais, sont dits circumpolaires – ils tournent autour du pôle nord céleste sans jamais atteindre l'horizon). En coordonnées galactique, un bon choix serait de choisir 120° de longitude et 0° de latitude. La latitude de 0° nous permet d'être sûr d'être dans le plan galactique et la longitude de 120° nous permet d'être sûr qu'elle ne sera jamais sous l'horizon.

Vous allez maintenant devoir vérifier qu'elles sont les créneaux disponibles pour observer en utilisant le **Show Queue** – un temps d'acquisition de 120s devrait être suffisant donc vous n'avez besoin que d'un créneau d'acquisition (l'observation prendra environ 5 minutes: 2 minutes pour l'acquisition, 2 minutes pour la référence et 1 minutes pour les calibrations). Vous devrez choisir votre créneau d'acquisition quelques minutes à l'avance (vous avez accès à l'heure locale dans **Monitor**), afin de vous laisser le temps de confirmer (voir ci-dessous) et de permettre au logiciel de programmer votre observation.

Dans la section **Setup Obs** (après avoir entré votre identifiant et votre mot de passe si nécessaire), sélectionner la première option – un observation unique de la raie à 21cm. Vous pouvez alors entrer un identifiant et un mot de passe si vous le souhaitez pour personnaliser vos observations. Entrer la longitude et la latitude galactiques (120,0) ainsi que le temps d'intégration (120s). Le système choisira alors automatiquement le décalage en fréquence pour acquérir le spectre de référence (-3 Mhz). Choisissez l'instant auquel aura lieu votre acquisition. Souvenez-vous que ce temps est en temps universel. Sélectionner 1 pour le nombre de créneaux d'acquisitions. Cliquer sur **Submit** pour ajouter mettre l'observation en attente. Une fois que vous avez mis votre observation en attente, vérifier les détails dans la page **Show Queue**. Votre observation devrait apparaître avec l'état 0 et un point d'exclamation signifiant, confirmation à venir. Si vous êtes satisfaits, cliquer sur **Submit** sur la page **Show Queue**. L'état doit changer de 0 à 1 indiquant que la mise en attente est validée après quelques minutes (ne pas oublier de rafraîchier régulièrement la page afin de vérifier la mise en état 1).

Vous devez être capable d'utiliser le **Monitor**, le **Skymap** et la **Webcam** pour voir le télescope bouger et votre observation se réaliser (l'état passe au niveau 3 lorsque l'acquisition est en cours). Lorsque l'observation est finie, l'état passe au niveau 4 et les données sont alors accessibles à la visualisation. Il est important de préciser à nouveau qu'une observation comprend l'acquisition sur la cible choisie à la fréquence de 1420MHz ainsi qu'une acquisition de durée identique mais à une fréquence légèrement différente. Lorsque l'observation est totalement finie, la commande passe de la file d'attente (**Queue**) dans le dossier **Archive List** sous **Recent Observations** – cliquer sur **Show Archive** pour visualiser les données et sur **Data** pour voir le spectre.

### Mesures et Analyses

Le profil d'émission de la raie de HI doit être en forme de cloche large centrée sur 1420MHz. Ce pic doit présenter des structures dues à l'effet Doppler sur les différents bras spiraux interceptant notre ligne de visée. Nous pouvons mesurer les vitesses de chaque bras spiraux apparaissant dans notre spectre. Il doit y avoir trois pics correspondant aux trois bras spiraux. Pour notre étude, ce sera suffisant d'effectuer un agrandissement de ces pics et d'en relever le maximum.

Sur le graphique, vous pouvez choisir soit la fréquence, soit la vitesse en abscisse à partir du menu déroulant. Vous pouvez également intégrer l'aire sous la courbe en cliquant tout d'abord à gauche du pic puis à droite – une ligne apparaît alors à l'écran et l'émission au dessus de cette ligne est alors intégrée. Ceci peut être fait à la fois pour les vitesse et les fréquences. L'unité de l'intégration qui apparaît dans une troisième fenêtre est le K.MHz ou le K.km.s<sup>-1</sup> respectivement. Les coordonnées des points extrêmes de l'intégrale apparaissent dans les deux premières fenêtres. Vous pouvez également cliquer sur le graphique pour créer un zoom sur n'importe quelle région. Cliquer sur le bouton **'Fill'** pour revenir en arrière. Afin de mesurer la vitesse des trois pics, choisir la vitesse comme abscisse et zoomer sur les pics en effectuant un cliquer-déplacer partant d'un point en haut à gauche du pic pour remonter à un point en bas à droite. Estimer les maxima à l'oeil, sans oublier de multiplier par 100 l'échelle des abscisses afin d'avoir des vitesses en km.s<sup>-1</sup>.

Vous devriez trouver des vitesses de l'ordre de -100, -55 et 0 km.s<sup>-1</sup> (avec un écart d'environ -10 km.s<sup>-1</sup>). La figure 1 ci-dessous présente schématiquement une structure en spirale de la Galaxie et indique les bras spiraux observés à 120° de longitude galactique. Il faut remarquer que la Galaxie ne tourne pas comme un corps rigide (en fait, la plupart du disque tourne à la même vitesse), ce qui signifie que le Soleil dépasse les étoiles qui sont plus distantes que lui du centre galactique- on parle de dépassement de l'intérieur. Donc lorsqu'on vise à 120°, nous regardons du gaz HI qui s'approche de nous et donc les vitesses relatives sont négatives. De plus, si on suppose que tout le disque galactique tourne à la même vitesse, la composante radiale de la vitesse du HI le long de la ligne de visée diminue avec la distance. souvenez-vous que la vitesse tracée dans notre spectre est la vitesse relative entre le Soleil et le nuage visé soit  $V_2 - V_s$  pour le nuage 2 dans la figure 1. Cette vitesse relative est donc plus grande pour les nuages les plus éloignés dans la ligne de visée. On en conclut donc que le pic à -100 km.s<sup>-1</sup> provient du bras le plus éloigné, que celui à -55 km.s<sup>-1</sup> provient du bras de Persée et que celui à 0 km.s<sup>-1</sup> est l'hydrogène constituant le bras local dans lequel se déplace le Soleil.

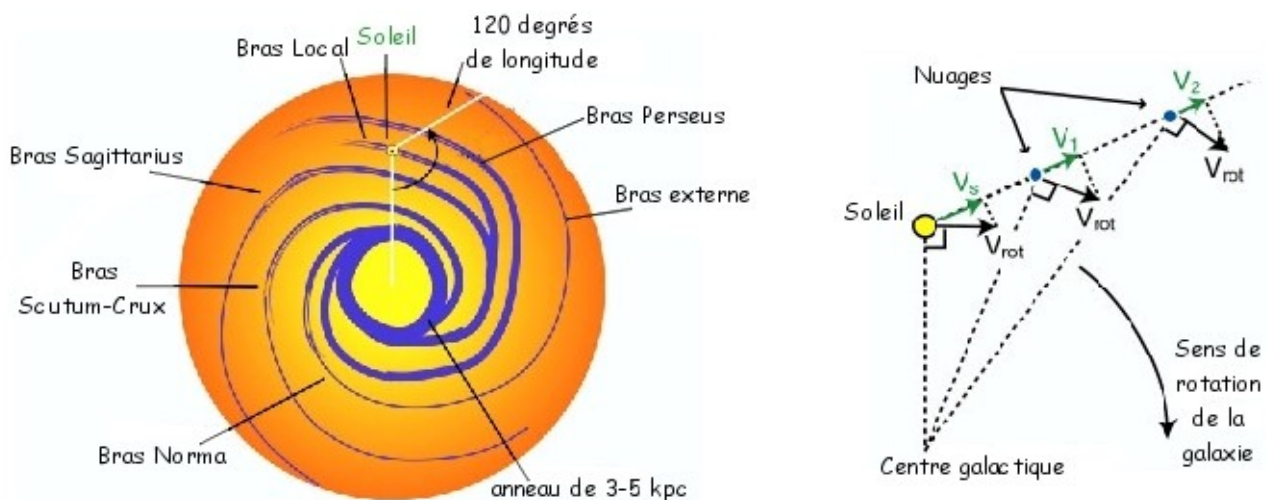


Figure 1: Représentation schématique de la structure spirale de la Galaxie et composantes des vitesses.