

Détermination de la distance de la galaxie M100

R. Lehoucq

Fleurance, 6 août 2002

1 Introduction

Dans cet exercice nous allons nous familiariser une méthode utilisée par les astrophysiciens pour déterminer la distance des galaxies. Nous prendrons comme objet d'étude la galaxie M100¹ membre de l'amas de Virgo, amas le plus proche de nous en dehors du Groupe Local².

Pour cela nous allons utiliser une méthode basée sur les variations de magnitude apparente d'étoiles appelées céphéides, du nom de l'étoile δ de la constellation de Céphée. Bien qu'il y de nombreux types d'étoiles variables, les céphéides ont la propriété unique d'avoir une luminosité intrinsèque directement reliée à la période de leur variation de magnitude. Cette relation permet de s'en servir comme indicateur de distance car si l'on connaît à la fois la luminosité apparente et la luminosité intrinsèque d'un astre il est aisé de déterminer sa distance. On peut identifier les céphéides grâce à la forme particulière de leur variation de luminosité. Les céphéides sont aussi des étoiles plutôt brillantes, avantage supplémentaire car des étoiles brillantes peuvent être observées à des distances plus grandes.

Pour ce travail³, nous utiliserons les mesures effectuées par le Hubble Space Telescope (HST) sur les céphéides de M100 (voir L. Ferrarese et al., *Astrophysical Journal* 464, 568-599, 1996). Sur les 52 céphéides utilisées dans ce travail, j'en ai retenue 4 numérotées C35, C42, C43 et C65. Le HST a mesuré en fonction du temps leur magnitude apparente dans la gamme visible (voir table ??). Les courbes correspondantes à ces données sont tracées sur les feuilles jointes. Chaque point expérimental est représenté par un petit cercle. Ils sont joints entre eux par une courbe d'interpolation utilisant les splines cubiques.

1. En 1781, l'astronome et chasseur de comète Charles Messier publia un catalogue de 110 objets nébuleux pouvant être confondus avec des comètes. Dans les télescopes de l'époque ces objets n'apparaissaient que comme des taches pâles et diffuses; Messier ne les considéra d'ailleurs pas comme objets d'étude. Maintenant, les objets du catalogue de Messier sont considérés comme faisant partie des plus beaux objets du ciel. Ce catalogue comprend des galaxies, des amas ouverts, des amas globulaires et des nébuleuses. Messier n'a identifié aucun de ces objets comme tel. Rappelez vous que la preuve astronomique de l'existence des galaxies ne fut établie qu'en 1920 par E. Hubble. Les objets du catalogue de Messier sont bien visibles même avec des télescopes d'amateurs. Pour voir l'intégralité de ce catalogue visitez le site internet <http://www.obspm.fr/messier/Messier.f.html>.

2. Le Groupe Local est l'amas de galaxies qui contient la Voie Lactée ainsi que les deux Nuages de Magellan et la galaxie d'Andromède M31. Le Groupe Local et l'amas de Virgo sont tous les deux membres du super-amas local.

3. Vous pourrez aussi visiter avec profit les sites suivants: <http://annie.astro.nwu.edu/labs/m100/m100.html> présente en anglais un laboratoire interactif de mesure de la distance de M100 grâce aux céphéides et <http://www.astro.ucla.edu/~wright/distance.htm> qui détaille différentes méthodes de mesure des distances dans l'Univers.

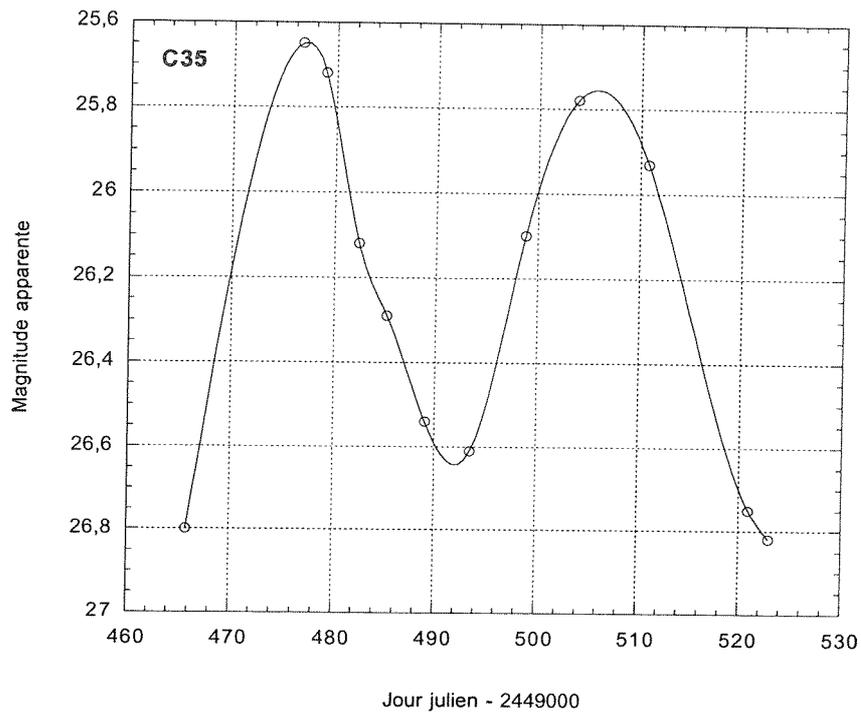


FIG. 1 - Variation de luminosité de la céphéide C35.

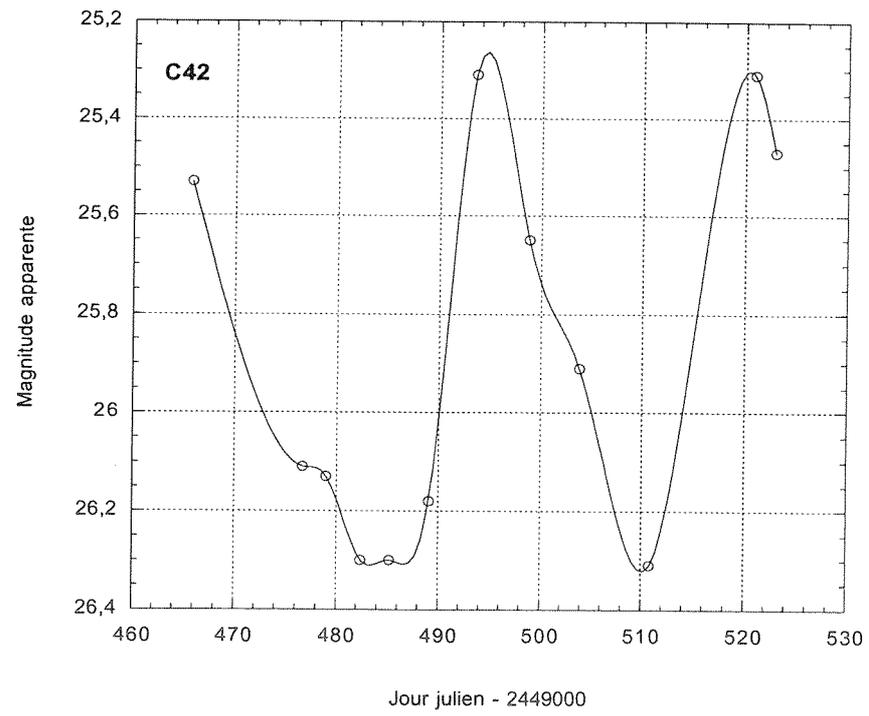


FIG. 2 - Variation de luminosité de la céphéide C42.

Détermination du paramètre de Hubble

R. Lehoucq

Fleurance, 6 août 2002

1 Introduction

En 1929, l'astronome américain Edwin Hubble (en collaboration avec V. Slipher puis M. Humason) découvrit que les galaxies les plus distantes s'éloignaient de nous avec une vitesse apparente, mesurée par le décalage vers le rouge¹, plus grande que celles des galaxies proches. Il déduisit de ses mesures un résultat, désormais appelé loi de Hubble, stipulant que la vitesse de récession d'une galaxie lointaine est proportionnelle à sa distance. Le paramètre de proportionnalité, ou paramètre de Hubble, s'exprime généralement en km/s/Mpc et quantifie la vitesse d'expansion de l'univers. Plus sa valeur est grande, plus les galaxies situées à une distance donnée s'éloignent rapidement de nous. La valeur exacte du paramètre de Hubble est encore le sujet de débat intense parmi les astrophysiciens.

Pour déterminer le paramètre de Hubble, il faut donc connaître à la fois vitesse et la distance de plusieurs galaxies lointaines. La vitesse se mesure assez aisément grâce aux spectres des galaxies qui permettent déterminer leurs décalages vers le rouge. La détermination de la distance est plus problématique car il est nécessaire de connaître a priori l'un des ses caractéristiques intrinsèques. Par exemple, déterminer la distance d'une voiture s'approchant de nuit peut se faire en mesurant la luminosité de ses phares ou leur séparation angulaire. Ces méthodes sont utilisables car nous pouvons aussi mesurer la luminosité ou la séparation intrinsèque des phares d'une voiture. Bien sûr il y a le risque que la voiture observée ait des phares moins lumineux ou plus rapprochés que la moyenne. . . Dans ce travail vous allez fonder vos mesures sur une hypothèse qui vous permettra de mesurer les distances galactiques : vous supposerez que toutes les galaxies spirales ont la même taille réelle. Même si cette hypothèse n'est pas strictement vraie, elle sera néanmoins suffisante ; de plus j'ai construit l'échantillon de galaxies pour que cette hypothèse soit mieux satisfaite que dans un échantillon réel. C'est donc en mesurant la taille apparente d'une galaxie que vous déterminerez sa distance.

2 Mesure des distances

J'ai préparé dix images ayant chacune une galaxie spirale en son centre. Il vous faut mesurer la longueur de chaque galaxie le long de sa plus grande dimension. A chaque fois, estimez aussi l'incertitude de votre mesure. Au fait, pourquoi mesurer la taille apparente le long de la plus grande dimension ? Pour convertir vos mesures en tailles angulaires, sachez que la galaxie n°2 a un diamètre angulaire égal à 31 secondes d'arc. Traduisez enfin vos mesures en distance en supposant que toutes vos galaxies ont le même diamètre, égal à 0,01 Mpc ($1 \text{ Mpc} = 3.09 \times 10^{22} \text{ m}$). Attention aux unités. . . Indiquez vos résultats dans le tableau de la page suivante.

1. Le décalage vers le rouge (redshift en anglais) d'un objet en mouvement est mesuré par l'écart entre la longueur d'onde observée d'une raie d'absorption ou d'émission et celle de la même raie observée en laboratoire. Ce décalage est positif quand la source s'éloigne de l'observateur.

4 Analyse des résultats

Tracez un graphe représentant la vitesse de récession exprimée en km/s en fonction de la distance en Mpc, puis déterminez la “meilleure droite” passant par vos mesures (à l’œil ou en utilisant la fonction de régression linéaire de votre calculatrice). N’oubliez pas que cette droite doit passer par l’origine.

Finalement, le paramètre de Hubble est égal à la pente de la droite tracée précédemment. Quelle valeur obtenez-vous ?

Notez que l’inverse du paramètre de Hubble est un temps que l’on peut exprimer en secondes. Ce temps est une estimation raisonnable de l’âge de l’univers. Combien trouvez-vous ?

