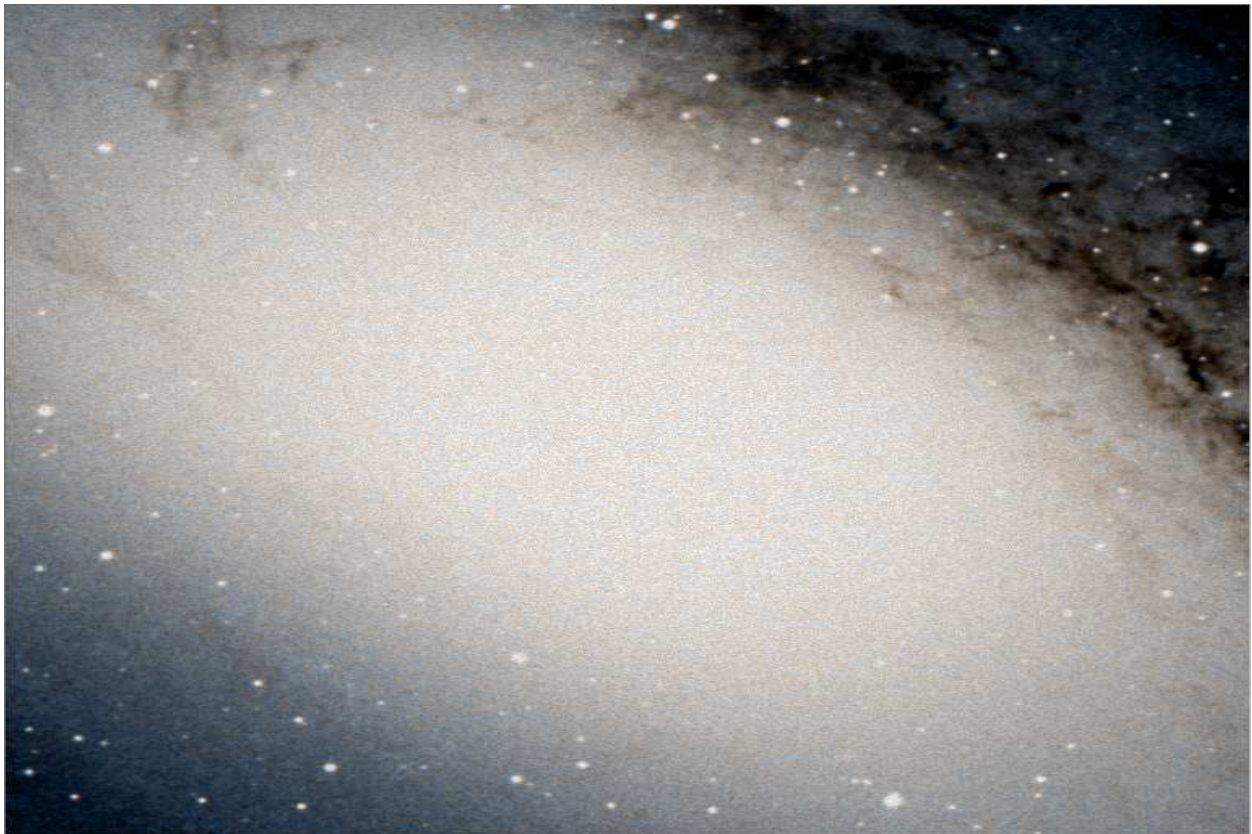


# Mesurer la distance d'Andromède

ou Comment se servir d'Aladin



## Introduction

Mesurer la distance qui nous sépare des objets célestes est difficile. Pour les objets célestes comme la lune et quelques planètes cela peut-être fait en envoyant des signaux radio et en mesurant le temps qu'ils mettent pour être réfléchis et revenir sur la Terre. Par ailleurs, pour les étoiles proches, il est possible d'obtenir des distances précises en utilisant la méthode des parallaxes.

Pour les objets plus éloignés, la mesure de leur distance devient bien plus difficile. Depuis la Terre, on ne peut mesurer que leur éclat apparent et non pas leur éclat réel et intrinsèque. Une étoile petite et de faible brillance proche de la Terre peut apparaître avec le même éclat apparent qu'une étoile grande et brillante mais qui serait très éloignée de la Terre.

Jusqu'au début du vingtième siècle, il n'était pas possible de résoudre ce problème important de la détermination des distances. A cette époque, on était particulièrement intéressé par la mesure de la distance de ce qui s'appelait les "nébuleuses". On en avait trouvé de nombreuses ayant un aspect diffus sur le ciel. Certains astronomes pensaient qu'il s'agissait de nuages de gaz situés dans notre Galaxie. D'autres imaginaient des sortes d'îles remplies d'étoiles : des galaxies à part entière extrêmement éloignées de la nôtre. Si cette hypothèse était vraie, notre univers devait être beaucoup plus grand que ce qu'on pensait alors.

Mais sans moyen de mesure fiable, il était impossible de clore ce débat. La première idée importante vint d'Henrietta Swan Leavitt.

En 1912, elle étudia un groupe d'étoiles variables appelées les "Céphéides". La brillance de ces étoiles changent périodiquement sur une durée de quelques jours. Leavitt observa que la période de variation de luminosité était directement liée à la magnitude absolue de l'étoile. En effet, si on connaît la période  $P$  d'une céphéide, on peut utiliser la formule suivante pour déterminer la magnitude absolue :

$$M = -1.43 - 2.81 \log_{10} (P)$$

( $P$  est mesuré en jours).

On en déduit l'éclat réel de l'étoile et on peut le comparer à la magnitude apparente  $m$  qu'il est facile de mesurer. Connaissant l'éclat réel et l'éclat apparent de l'étoile, on peut utiliser la formule du module de distance :

$$m - M = -5 + 5 \log_{10} (r)$$

où  $r$  est la distance de l'étoile mesurée en parsec (1 parsec vaut 3.26 années-lumière soit 31 mille milliards de kilomètres).

En utilisant cette méthode en 1923, Hubble put observer les céphéides de la nébuleuse d'Andromède et déterminer sa distance. C'était un objet très éloigné de la Voie Lactée : c'était donc une galaxie !

## Mesurer avec Aladin la distance d'Andromède

Pour mesurer la distance de la galaxie d'Andromède avec Aladin, on a d'abord

besoin de mesures ou de données observationnelles. Pour utiliser la relation Période-Luminosité, on recherche avec l'Observatoire Virtuel (OV) les données des céphéides de la galaxie d'Andromède :

*Fichier -> Ouvrir..., ensuite choisir "All Vizier" dans le menu "Serveur de tables"*

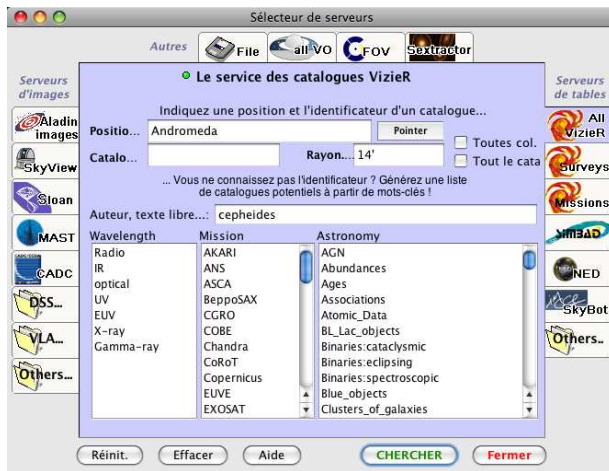


FIG. 1 – Recherche avec l'OV des données concernant les céphéides.

Puis, dans le formulaire, entrer dans le champ "Position" : "Andromeda" (ou "M31"). Comme on ne sait pas dans quel catalogue faire la recherche des données, entrez "cepheids" dans le champ "free text". La recherche va démarrer en cliquant sur "Chercher".

On obtient trois catalogues (le champ "Description" fournit davantage d'informations sur les catalogues) :

Nous sélectionnons le catalogue le plus récent datant de 2003. Dans la fenêtre princi-

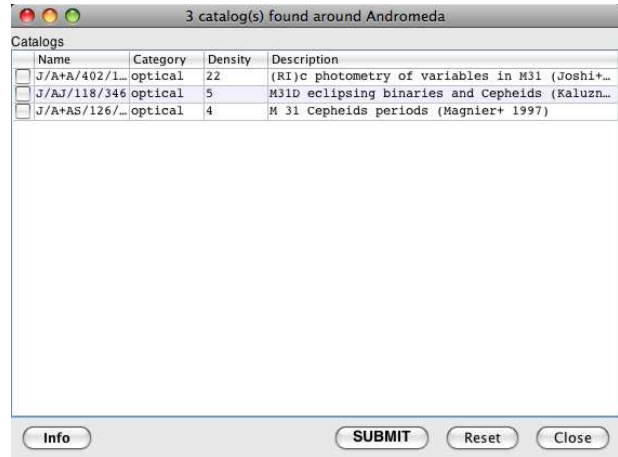


FIG. 2 – Trois catalogues ont été trouvés.

pale Aladin, on voit maintenant les positions des objets du catalogue ; dans la pile sur la droite (figure 3), on peut voir le symbole du catalogue "J.A+A 402.113" :

Examinons le catalogue de données plus en détail. Choisir l'outil "select" dans la pile des outils sur le côté droit de la fenêtre Aladin, puis sélectionner avec la souris tous les objets. Dans la fenêtre des mesures (sous la fenêtre principale), on peut voir les données du catalogue :

"ID" désigne l'identifiant de l'étoile ; "RAJ200" et "DE2000" sont l'ascension droite et la déclinaison de l'étoile. "Rcmag" et "Icmag" sont les magnitudes apparentes des étoiles dans différents filtres. "DeltaRc" est l'incertitude sur la mesure ; "IcFile" et "RcFile" sont des liens vers les courbes de lumière détaillées des étoiles.

La colonne "Per" affiche la période de l'étoile, celle que l'on va utiliser. Mais en regardant la liste complète des objets, on

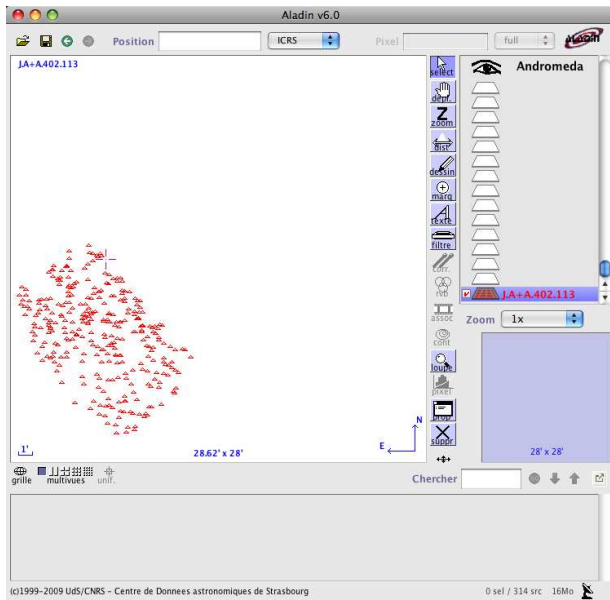


FIG. 3 – Un catalogue est chargé

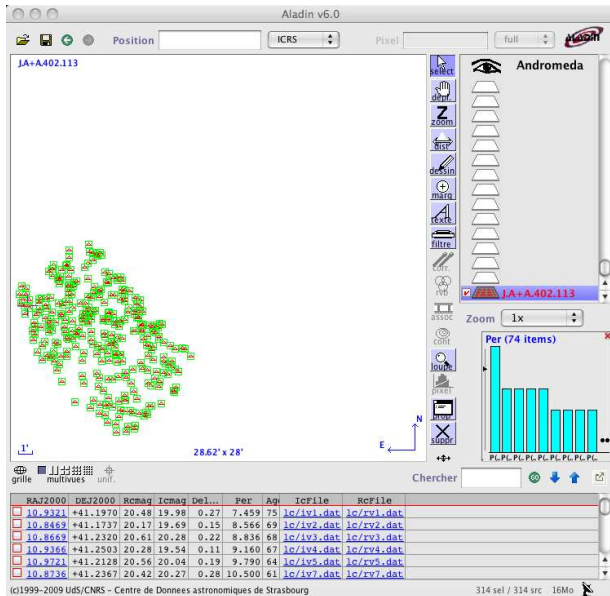


FIG. 4 – Afficher les données du catalogue

note que tous n'ont pas de mesures de période. Pour n'afficher que les étoiles dont la période a été effectivement mesurée, on définit un filtre spécial :

*Catalogue – > Créer un nouveau filtre*



FIG. 5 – Créer un filtre

Ici, on change de mode, et on passe en "Mode expert"; sélectionner "Per" dans la colonne "colonnes". Dans la fenêtre-filtre, on voit le terme " $\$(Per)$ ". Pour n'avoir que les objets qui ont une période, on saisit " $\$(Per) > 0 \{draw\}$ ". En cliquant sur "Appliquer", le filtre est activé : dans le menu de la fenêtre principale Aladin, on ne voit apparaître que les étoiles qui ont une période.

On utilise maintenant la relation période-

luminosité pour calculer la distance des étoiles. Tout d’abord, on crée une nouvelle colonne dans le catalogue :

*Catalogue -> ajouter une nouvelle colonne*

Dans la fenêtre ”Calculateur de colonnes”, on entre d’abord le nom de la nouvelle colonne, par exemple ”M”, la désignation habituelle pour les magnitudes absolues (on peut ignorer les champs ”UCD” et ”unit”). Il faut maintenant décrire le mode de calcul de la nouvelle colonne. Dans le champ ”Expression”, entrez la formule de la relation période-luminosité.

$$1.43 - 2.81 * \log(\{\text{Per}\})$$

En cliquant sur ”Ajouter une nouvelle colonne”, le calcul est effectué et la nouvelle colonne est affichée.

Nous avons encore besoin d’une nouvelle colonne pour effectuer le calcul des distances en utilisant le module de distance. On répète les opérations en utilisant cette fois l’expression :

$$(10^{((\{\text{Icmag}\} - \{\text{M}\} + 5)/5)}) * 3.26$$

La multiplication par 3.26 convertit directement les parsec en années-lumière. La fenêtre principale dans Aladin affiche maintenant la distance de chacune des céphéides.

Remarquez que cette méthode est assez rudimentaire. Pour obtenir des résultats précis, il est nécessaire d’ajuster les constantes de la relation période-luminosité en fonction du

filtre de couleur utilisé. Cependant, en calculant la valeur moyenne de toutes les distances, on obtient un assez bon résultat : la galaxie d’Andromède se situe à une distance de  $2.52 \pm 0.14$  millions d’années-lumière !

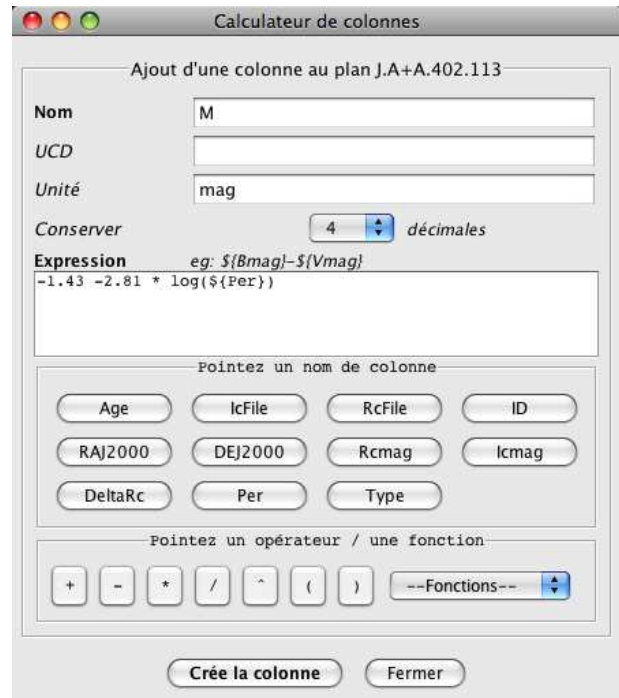


FIG. 6 – Calculer et ajouter une nouvelle colonne au catalogue