

# ESTIMATION DE LA DISTANCE DE LA NEBULEUSE DU CRABE

## 1 Introduction

La nébuleuse du crabe (Messier 1) est un reste de supernova observable dans la constellation du Taureau. La supernova brillante "SN1054" qui fut à l'origine de cette nébuleuse fut observée par les Chinois et les Arabes en 1054 ...

Le fait que nous connaissions l'année de l'explosion et aussi la vitesse d'expansion de l'extérieur de la nébuleuse nous autorise à calculer la taille réelle de la nébuleuse, puis en la comparant avec sa taille angulaire à obtenir sa distance...

## 2 La nébuleuse du crabe

En lumière visible, la nébuleuse du crabe consiste en une masse ovale de filaments qui sont les restes de l'atmosphère de l'étoile qui a explosé au départ. (figure 1). Au centre de la nébuleuse il y a le Pulsar du Crabe, une "étoile à neutrons" tournante, qui émet des pulses de rayonnement du gamma jusqu'aux ondes radio.



Fig. 1: Image optique de la Nébuleuse du Crabe.

Au début du 20ème siècle l'analyse des premières photographies de la nébuleuse prises plusieurs années auparavant révéla qu'elle était en expansion. De plus, en suivant à l'envers le trajet de l'expansion on trouva que la nébuleuse devait être devenue visible il y a environ 900 ans. Des références historiques rapportaient qu'une nouvelle étoile, suffisamment brillante pour être vue en plein jour avait été observée dans la même région du ciel par les Arabes et les Chinois en 1054.

Etant donné sa grande distance, la nouvelle étoile visible de jour ne pouvait qu'avoir été une "supernova". Grâce aux observations rapportées de 1054, la nébuleuse du Crabe devint le premier objet astronomique relatif à une explosion de supernova.

La nébuleuse fut redécouverte indépendamment par Charles Messier en 1758 alors qu'il observait une comète brillante.

Messier le catalogua comme le premier objet de son catalogue d'objets nébulaires. Dans notre Voie lactée et dans les galaxies proches quelques dizaines de restes de supernova similaires à la nébuleuse du crabe ont été observés. Les objets les plus fameux sont les restes de supernova SN1006, SN1572 (observé par l'astronome Tycho au 16eme siècle), SN1604 (observé par Kepler) et SN1987A (qui explosa dans le nuage de Magellan)

La nébuleuse du crabe est un exemple magnifique d'un objet astronomique qui émet du rayonnement sur tout le spectre électromagnétique. En particulier, certaines de ces structures sont observables seulement aux hautes énergies, par exemple dans les longueurs d'onde X

Les rayons X sont absorbés par l'atmosphère de la Terre: c'est pourquoi les astronomes doivent placer les télescopes à haute énergie en orbite autour de la Terre. L'astronomie en rayons X est née dans les années 60 du 20ème siècle, avec le lancement de la première fusée avec un détecteur X à bord. Depuis lors de nombreux satellites en rayons X ont été lancés et ont cartographié le ciel en X. L'astronomie en X a amélioré notre connaissance des pulsars (étoiles à neutron en rotation) et de nombreux autres objets astronomiques, comme les trous noirs et les supernovae.

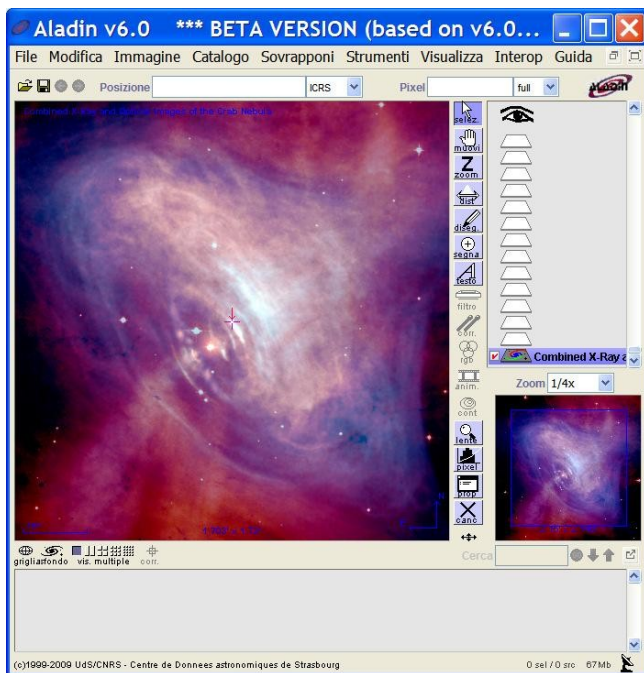


Figure 2 : La nébuleuse du crabe en rayon X.

### 3 Le logiciel Aladin

Aladin est un atlas interactif du ciel développé et maintenu par le Centre de Données astronomiques de Strasbourg (CDS) pour l'identification de sources astronomiques à travers l'analyse d'images de référence du ciel. Aladin

permet à l'utilisateur de visualiser des images numériques de n'importe quelle partie du ciel, de superposer les objets tirés des catalogues astronomiques du CDS, et d'accéder interactivement à des données associées ainsi qu'à de l'information provenant de différents serveurs de données (comme SIMBAD, NED, VizieR). Aladin est une application java disponible à l'adresse <http://aladin.u-strasbg.fr/>. Sur vos ordinateurs le logiciel est déjà installé. Cliquez sur Aladin pour démarrer.

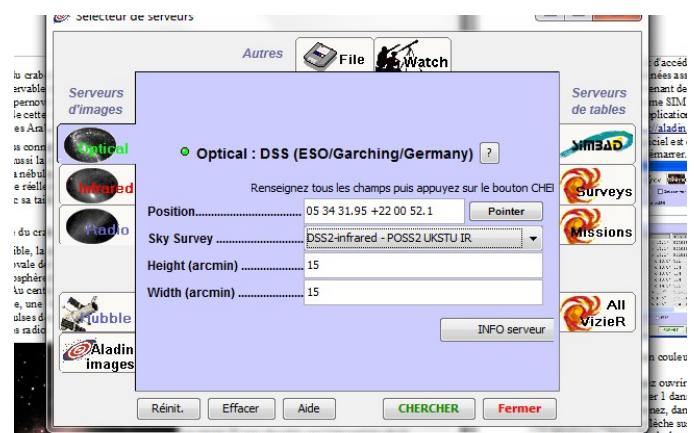


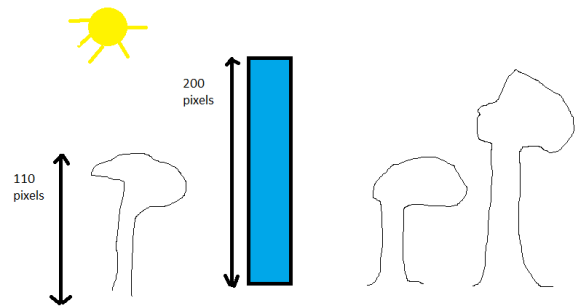
Figure 3 : Boite de dialogue sélection d'images.

### 4 Fabrication une image en couleur de la nébuleuse du crabe ...

Dans le menu fichier, tapez ouvrir (figure 3) ... Dans optical: tapez Messier 1 dans le champ "Position" . Puis sélectionnez, dans le champ SkySurvey, à l'aide de la flèche sur le coté: DSS2-red, DSS2-blue, DSS2-IR. A chaque fois, dès que c'est fait, cliquez sur "chercher". Vous verrez ainsi trois photos de la nébuleuse avec des lunettes filtrantes: l'une correspond au bleu, le deuxième au rouge clair, le troisième au rouge foncé. En bas à gauche, là où est écrit "multivue", cliquer sur les 4 carrés. Vous verrez les 3 images à la fois.

Pour fabriquer une image en couleur, on va demander à Aladin de combiner les 3 couleurs.

Pour cela, on prend le menu "image" et on sélectionne "créer une image RVB". Chaque image va être transformée en une des 3 couleurs et l'ordinateur va les combiner pour fabriquer une image en 3 couleurs correspondant à peu près à la couleur réelle de l'objet.



## 5 Mesures angulaires:

Sur la "photo" de la nébuleuse, on peut mesurer la "taille angulaire" (en réalité le rayon) de l'objet. De quoi s'agit il? C'est comme quand on regarde une tour de loin: il y a un certain angle entre la direction du bas de la tour et la direction du haut de la tour, vu depuis l'oeil de l'observateur. Cet angle est pour l'observateur la taille angulaire de la tour. (figure 4)

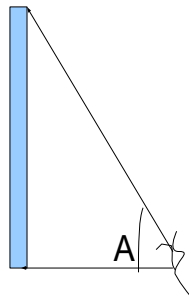


Figure 4 : mesure angulaire d'une tour

Si l'on prend une photo numérique, cette taille angulaire correspondra à un certain nombre de pixels. En fait le nombre de pixels correspondant à la taille d'un objet quelconque sur la photo (par exemple un arbre à côté de la tour) est proportionnel

Figure 5 : photo de la tour (nombre de pixels)

à sa taille angulaire vu depuis l'appareil photo (figure 5).

Pour la nébuleuse les astronomes qui ont fait la photo (l'image) de la nébuleuse connaissent la proportion entre la taille angulaire et le nombre de pixels.

Le logiciel Aladin donne directement la distance angulaire entre deux points de la photo séparés d'un certain nombre de pixels. On peut utiliser Aladin pour estimer la taille angulaire de la nébuleuse.

Sur la colonne "outils" prendre "dist". Cliquer sur un bord de la nébuleuse de la direction la plus longue et en maintenant la souris appuyée aller jusqu'à l'autre côté. Lacher la souris La distance angulaire s'affiche en bas et peut être relue en passant la souris sur la flèche. (figure 6)

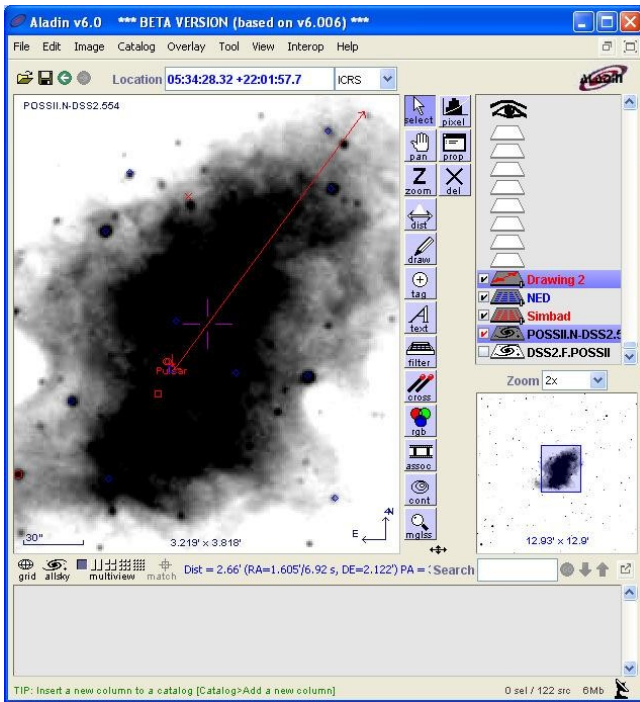


Figure 6: mesure angulaire du diamètre de la nébuleuse avec Aladin.

Noter sur la feuille la mesure trouvée. La diviser par 2 pour avoir le rayon.

Attention elle est donnée en minutes d'arc et pas en degrés (voir ci dessous).

## 6 Principe des Mesures de distances, tangente de la taille angulaire :

Si l'on connaît la taille angulaire (le diamètre angulaire) d'une nébuleuse on peut calculer (calculatrice) la tangente de cet angle. Cette tangente est le rapport de la taille réelle de l'objet sur la distance au bas de l'objet (distance de l'objet). Pour pouvoir le calculer il faut convertir l'angle mesuré précédemment en degrés. Une minute c'est un sixième de degrés. Notre photo est très "agrandie". Ainsi le diamètre angulaire de la lune fait 30 minutes c'est à dire un demi degré.

Convertis en degrés la taille de la nébuleuse du crabe. Calcule la tangente avec ta calculatrice. Pour calculer la distance tu dois connaître la taille réelle

de la nébuleuse et ça te permettra d'estimer sa distance. Par la formule:

$$\text{dist} = \text{taille réelle} / \tan(\text{taille angulaire}).$$

Notre problème maintenant est: comment connaître la taille réelle de la nébuleuse Pour cela nous utilisons les informations données dans le paragraphe 1. l'explosion date de 1054. la photo est de 1992 . (soit 938 ans) La vitesse d'expansion du gaz est de 1500 km/s. On peut donc estimer le rayon de la nébuleuse en considérant que le gaz situé au bord de la nébuleuse a parcouru l'espace depuis 1054 à cette vitesse là:

Il a donc effectué

$$1500 \text{ km} * 3600 * 24 * 365 * 938 =$$

Cette distance est très grande et peut être convertie en années -lumière. La lumière fait 300 000 km/s. Combien de km fait elle en un an?

Cette distance est appelée année-lumière. Convertis la taille réelle en année-lumière  $T = \dots$  al

En déduire la distance de l'objet en année lumière.

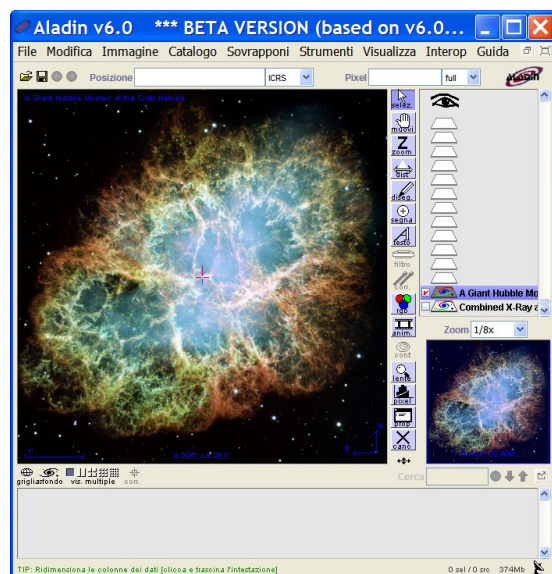


Figure 7: image composée couleur obtenue avec des images du télescope spatial.