Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft

Band: 55 (1997)

Heft: 278

Artikel: La mesure des distances en astronomie : première partie : les distances dans la Voie Lactée et les indicateurs primaires

Autor: Barblan, Fabio

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-898641

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

La mesure des distances en astronomie

Première partie: les distances dans la Voie Lactée et les indicateurs primaires

FABIO BARBLAN

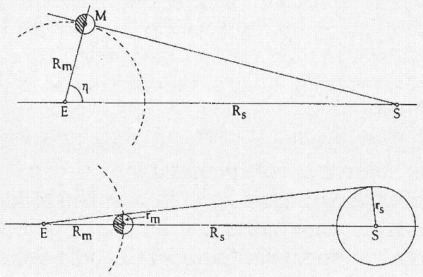
Introduction

Aborder le problème de la mesure des distances en astronomie revient pratiquement à brosser un tableau général des connaissances actuelles de cette discipline. C'est donc une entreprise d'une certaine envergure, et le contenu d'un livre en entier ne serait pas suffisant pour en épuiser le sujet. Ceci pour dire que cette présentation est nécessairement incomplète et qu'elle ne donne que les lignes générales, permettant de se faire une première idée, sur cette problématique fondamentale en astronomie.

L'histoire des sciences nous apprend que les grecs ont été les premiers à essayer d'estimer des distances astronomiques. Aristarcos évalue le rapport des distances Terre-Lune et Terre-Soleil, en mesurant l'angle entre la Lune et le Soleil, au moment exact ou elle se trouve en phase de quartier. Il obtient un rapport de 20 [encadré 1]; la valeur actuelle est de 390. Hipparcos, en analysant la géométrie des éclipses lunaires, trouve que la distance Terre-Lune est de 59 rayons terrestres. Ptolomé, en utilisant le rapport de distances établi par Aristarcos, estime la distance Terre-Soleil à 1210 rayons terrestres. Copernic (1473-1543) donne une première échelle des distances relatives des planètes par rapport au Soleil, avec des valeurs proches de celles actuellement admises. Au courant du 17e et 18e siècles les distances correspondantes au système solaires se mettent progressivement en place. Ainsi Cassini estime la distance Terre-Soleil à 140 million de kilomètres, une valeur inférieure de seulement 7% à la valeur actuelle. En 1838 F. W. Bessel détermine, pour la première fois, avec la méthode de la parallaxe[1], la distance à l'étoile 61 Cygni. A partir de 1800, l'idée que l'univers puisse être beaucoup plus grand que les dimensions du système solaire et des étoiles, devient possible. Le fait que les nébuleuses puissent être des «univers îles» prend forme. Cette hypothèse va subir des hauts et des bas selon les découvertes faites: résolution d'une nébuleuse en étoiles ou en nuage de gaz. Au début de ce siècle elle se portait plutôt mal. Le long chemin (plus de 30 ans) de sa réhabilitation pose en fait les bases de l'astronomie moderne. Le problème de la nature des nébuleuse était inextricablement lié à la détermination des dimensions de la Voie Lactée. Les premières estimations de la grandeur de notre galaxie et de notre distance à la nébuleuse d'Andromède, montrent que cette dernière est sans aucun doute un objet extragalactique. L'hypothèse d'un univers constitué d'«univers îles» est donc définitivement confirmée. La découverte de Hubble (1929) sur l'apparente fuite des galaxies, et la théorie de la relativité générale d'Einstein (1916), amènent à considérer que l'univers est en expansion et à donner une première estimation de sa dimension ($1{,}8 \times 10^9$ AL[2]). Cette valeur sera fortement remise en question lorsque les géologues datent les plus anciennes roches terrestres à 4.5 milliards d'années.

Aristarque de Samos
(environ 320 à 250 av J.-C.)

En admettant les faits suivants:
la Lune reçoit sa lumière du Soleil,
la Terre est comme un point et un centre relatif à la sphère sur laquelle la Lune se déplace,
quand nous regardons la Lune à la phase du quartier, le grand cercle divisant les parties sombres et brillantes pointe directement à nos yeux,
le quartier de Lune se produit à une distance angulaire du soleil égale à un quadrant moins le 1/30 d'un quadrant,
la largeur de l'ombre de la Terre est deux fois le diamètre de la Lune durant les éclipses,
la Lune couvre 1/15 d'un signe du Zodiaque soit 2°,
Aristarque calcule, que la distance Terre-Soleil est comprise entre 18 et 20 fois la distance Terre-Lune.



Ce bref aperçu historique montre ce que les astronomes appellent (dans le cadre de la détermination des distances) le principe de la pyramide:

les distances astronomiques sont construites par calages successifs, en procédant du proche au lointain.

Cette façon de faire met immédiatement en évidence le problème fondamental de ces mesures à savoir les répercussions successives des incertitudes sur des distances de plus en plus grandes. A tel point qu'actuellement l'estimation des dimensions de notre univers se fait à un facteur deux près (50%), soit 10 ou 20 milliards d'années lumière. D'où l'importance accordé aux instruments spatiaux (HST [Hubble Space Telescope], Hipparcos etc..) et aux grands télescopes terrestres (VLT [Very Large Telescope] de l'ESO, le KECK à Mauna Kea aux Iles Hawaï, etc..); leur plus grandes performances (aidées par une technologie sophistiquée des détecteurs) devraient apporter, sinon la solution, du moins des progrès sensibles dans ce dilemme des distances astronomiques.

Mais la détermination des distances selon le principe de la pyramide serait impossible si on n'admet pas un autre principe, celui de l'uniformité de l'univers. Prenons un exemple pour l'illustrer:

Première étape:

Nous sommes sur notre planète Terre, et votre expérience vous a montré qu'en moyenne un sapin adulte possède, disons, une hauteur de 40 mètres. On peut utiliser cette connaissance comme calibre de distance; en effet si vous voyez un sapin adulte, sous un angle de 1°, vous savez alors que vous êtes, avec une bonne approximation à une distance de 2350 mètres du sapin[3].

Deuxième étape:

Vous êtes un grand voyageur et vous explorez des planètes inconnues. Sur l'une de ces planètes (PX23 la planète aux trois Lunes) vous remarquez des arbres qui ont les mêmes caractéristiques que nos sapins sur Terre, et vous faites l'hypothèse que ce type de plantes adultes possède en moyenne une hauteur de 40 mètres (principe de l'uniformité). Vous allez donc utiliser ces arbres, sur cette planète inconnue, pour calibrer vos distances.

---

1 Voir plus loin dans le texte la définition de cette méthode.

2 Une année lumière (AL) est la distance parcourue par la lumière en une année, à savoir environ 9460 milliards de kilomètres.

3 Si d est grand par rapport à 40 mètres, on peut calculer d par l'expression $40/\alpha$, avec α exprimé en radians (1 radian = 57,29°).

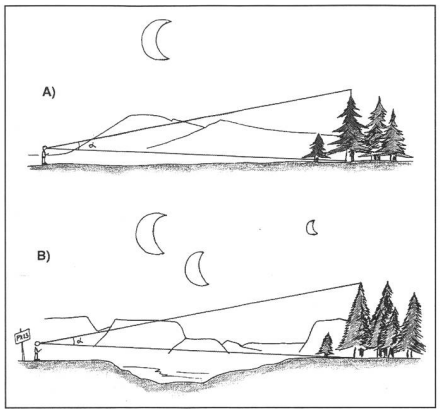


Figure 1. Le principe d'uniformité:
A) sur terre un sapin adulte est pris comme calibre de distances,
B) sur la planète PX23, des arbres qui ressemblent aux sapins. On fait l'hypothèse qu'un arbre adulte possède, en moyenne, la même hauteur qu'un sapin sur terre.

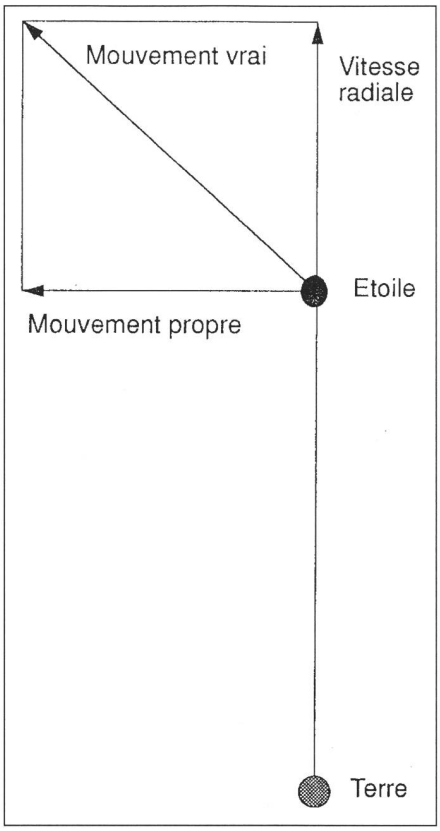


Figure 3. Définition du mouvement propre d'une étoile

Traduit en termes d'astrophysicien, cela signifie que les scientifiques admettent que les caractéristiques d'une classe d'objet (type d'étoile, type de galaxie etc..) ne dépendent pas de la distance à la quelle l'objet se trouve. En d'autres termes encore: que les lois physiques établies sur Terre sont universellement valables dans tout l'univers. Or les gros problèmes que rencontre la cosmologie pourraient être une indication que ce principe n'est pas applicable[4]. Voilà une incertitude supplémentaire qui s'ajoute à celles introduites par l'application du principe de la pyramide.

Donc beaucoup reste encore à faire avant de pouvoir affirmer qu'une fiabilité certaine est atteinte dans la mesure des grandes distances astronomiques.

Nous allons, maintenant, aborder les différentes méthodes et standards élaborés par les astronomes pour établir une échelle des distances cosmiques, et voir comment on applique le principe de la pyramide pour pénétrer toujours plus profondément dans l'univers.

Les distances dans la Voie Lactée et les indicateurs primaires

Pour les objets dans le voisinage immédiat du soleil on utilise la méthode dite de la **parallaxe trigonométrique**. Tendez le bras, le pouce relevé, et pointez-le contre un objet qui se trouve à quelques mètres. Ensuite fermez alternativement l'œil gauche et l'œil droit; vous constatez que le pouce se déplace par rapport à l'objet visé, c'est le phénomène de la parallaxe. Votre pouce symbolise une étoile dans le voisinage du Soleil, l'objet pointé une étoile lointaine, l'oeil gauche et droit deux positions, à six mois d'écart, de la Terre sur son orbite autour du Soleil. La mesure de l'angle de déplacement permet par l'application de la trigonométrie d'accéder à la distance qui sépare l'étoile du Soleil. La limite de cette méthode est évidemment imposée par la mesure de l'angle; elle se situe à environ 0.04" (quatre centièmes de secondes d'arc), qui traduit en distance nous donne une sphère de rayon 81 AL autour du Soleil. Il y a environ 7000 étoiles cataloguées de parallaxe connue. Le satellite HIPPARCOS (HIgh-Precision-PARallax-COllecting-Satellite), doit sensiblement augmenter cet horizon.

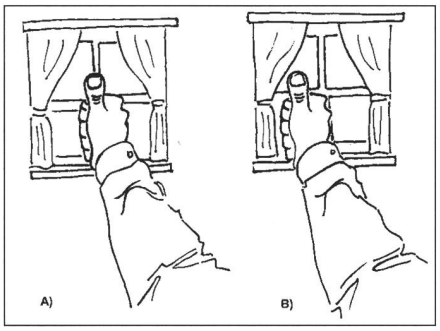


Figure 2. Le principe de la parallaxe:
A) une image vue avec l'oeil droit fermé,
B) la même image, vue avec l'oeil gauche fermé. Le pouce a subi un déplacement par rapport à la fenêtre, celle-ci plus lointaine est considérée comme fixe.

Même si cela ne semble pas évident pour le commun des mortel, les étoiles se déplacent dans le ciel. Bien sur, ces mouvements sont suffisamment faibles pour que l'on ait largement l'impression que les distances réciproques d'une étoile à l'autre soient éternellement fixes. C'est seulement l'introduction des télescopes et la mesure exacte des positions qui ont permis de mettre en évidence leurs mouvements propres. Ces derniers possèdent deux origines: le déplacement de l'étoile autour du centre de la galaxie et le déplacement du soleil par rapport aux étoiles, dû à la même raison. Si on arrive à déterminer le mouvement propre d'une étoile et sa vitesse radiale, on peut alors obtenir sa distance. L'affaire n'est pas simple; il faut d'un côté trouver un référentiel qui annule l'effet de déplacement du Soleil par rapport aux étoiles, et de l'autre côté, tenir compte d'une composante aléatoire du mouvement de l'étoile elle-même due à la situation gravitationnelle locale dans laquelle elle se trouve[5]. C'est pour l'ensemble de ces raisons, que cette méthode ne peut pas s'appliquer à une étoile déterminée, mais à un échantillon judicieusement sélectionné d'étoiles, on parle de **parallaxe statistique**. Elle nous permet de voir jusqu'à une distance de 1600 AL. (rappelons ici que notre galaxie possède un diamètre d'environ 100'000 AL.)

Les amas d'étoiles (ensemble d'étoiles liées gravitationnellement les unes aux autres), ont joué un grand rôle dans cette recherche d'étalons de distance et en particulier l'**amas des Hyades**. Les Hyades sont un ensemble de quelques centaines d'étoiles jeunes, situées dans le plan galactique; c'est un amas dit ouvert (par opposition aux amas globulaires, qui, comme le nom l'indique, ont une forme sphérique).

La détermination des distances par l'intermédiaire des amas ouverts passe par l'utilisation du diagramme de Hertzsprung-Russel. Ouvrons donc ici une rapide parenthèse sur ce sujet. Lorsqu'on trace, pour les étoiles, le diagramme type spectral[6] en fonction de la lumi-

[4] Certains estiment, en liaison avec le problème de la masse cachée, que les lois de la gravitation travaillent différemment à grande échelle qu'à petite échelle.

[5] Le mouvement effectif d'une étoile n'est pas simplement dicté par l'attraction exercée sur elle par le noyau de la galaxie, mais aussi, per l'effet gravitationnel de l'ensemble des étoiles de son voisinage immédiat.

nosité (justement le diagramme de Hertzsprung-Russel, HR), on s'aperçoit que les points représentatifs des étoiles ne se distribuent pas n'importe comment. Une ligne principale traverse le diagramme approximativement en diagonale du coin supérieur gauche au coin inférieur droit. Des lignes secondaires quittent cette diagonale vers le haut en s'infléchissant d'abord vers la droite pour revenir avec une large courbe vers la gauche plus ou moins horizontalement. Il a fallu un petit moment aux astrophysiciens pour comprendre que ce diagramme nous raconte la vie et la mort des étoiles. Les étoiles qui se trouvent sur la diagonale (séquence principale) sont jeunes et n'ont pas encore entamé le chemin qui les amène, selon un parcours plus ou moins agité, à la fin de leur vie sous forme soit de naine blanche, d'étoile à neutrons ou de trou noir. La rapidité de l'évolution d'une étoile dépend fortement de sa masse au moment de sa naissance. Plus la masse initiale est grande, plus l'évolution sera rapide.

Revenons maintenant à nos amas stellaire et voyons comment on utilise le diagramme HR pour en déterminer la distance. Cela semble logique d'admettre que toutes les étoiles d'un même amas ont le même âge. Ainsi le diagramme HR donne dans ce cas une excellente indication de l'évolution des étoiles de l'amas. Traçons les diagrammes HR pour deux amas ouverts différents. Superposons les ayant soin de faire coïncider exactement les échelles des types spectraux, alors on constatera que les deux séquences principales sont décalées l'une par rapport à l'autre. Ce décalage dépend de la distance qui sépare les deux amas. Donc, s'il a été possible de calibrer la distance d'un des amas. On peut en déduire la distance de l'autre; cette méthode est dite de «l'ajustement à la séquence principale». L'amas des Hyades, étant un amas proche (environ 146 AL.); sa distance a pu être déterminée par différentes méthodes qui donnent des valeurs concordantes (le module de distance [encadré 2] des Hyades est de 3.3 magnitudes). Le diagramme HR de l'amas des Hyades est donc la référence de base pour la détermination des distances d'autres amas ouverts. Avec «l'ajustement à la séquence principale» l'horizon s'élargit jusqu'à une distance de 23-25'000 AL.

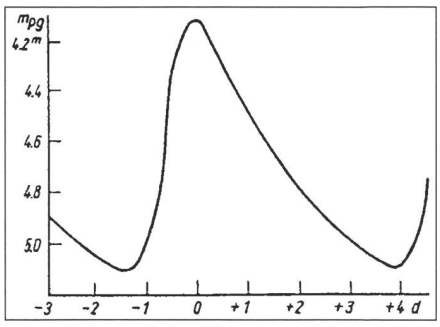


Figure 6. Courbe de lumière de δ Cephei. (Source [2])

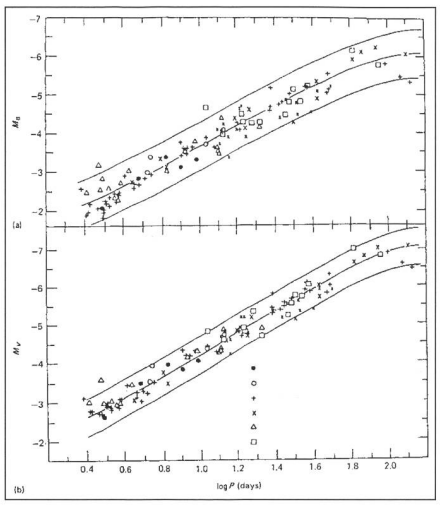


Figure 7. Relation luminosité-période pour les Céphéides. (Source [1])

Les astronomes appellent **indicateurs primaires** des objets de notre galaxie qui peuvent servir à déterminer des distances extragalactiques.

On trouve parmi ces indicateurs primaires toute une série d'étoiles variables. Une étoile est dite variable si sa luminosité change au cours du temps; ces changements pouvant être périodiques, donc répétitifs (étoiles du type Céphéide, RR Lyrae, Mira etc...), ou unique.

Figure 4. Le diagramme de Hertzsprung-Russel met en évidence la relation qui existe entre la luminosité de l'étoile et son type spectral (ou la température de surface). Une étoile quitte, dans son évolution, la séquence principale (main sequence en anglais) lorsque la fusion de l'hydrogène cesse dans son noyau. On indique aussi, dans cette figure, la position occupée par certains types d'étoiles variables. Le fait qu'elles se situent en dehors de la séquence principale montre qu'il s'agit d'étoiles ayant déjà subi une évolution plus ou moins grande vers leur stade final. (Source [3])

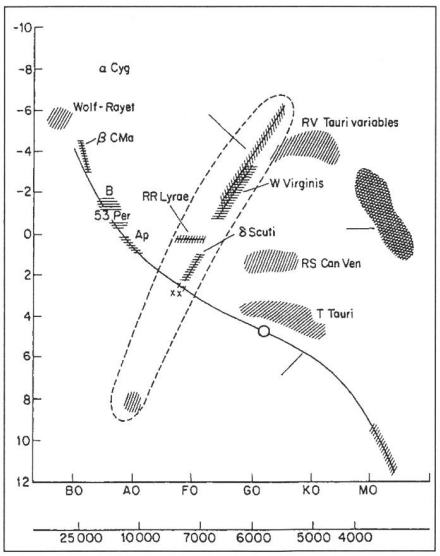
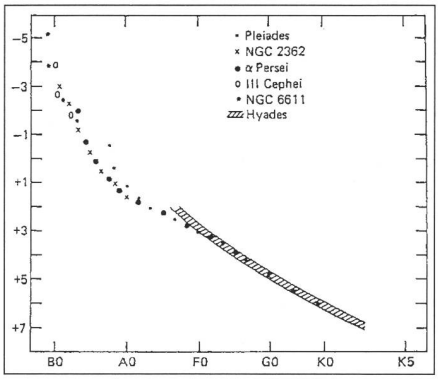


Figure 5. Le diagramme de Hertzsprung-Russel pour l'amas des Hyades et pour quelques autres amas. Pour ces derniers on a utilisé l'ajustement à la séquence principale pour réduire leur diagramme HR à celui des Hyades. (Source [1])



■ La connaissance de la magnitude absolue d'une étoile permet de connaître sa distance. En effet l'énergie totale rayonnée par une étoile est:

$L = 4\pi d^2 S$

d indiquant la distance et S le flux total rayonné.

La magnitude d'une étoile est donnée par:

$m = A - 2.5 \log(S) = A - 2.5 \log(L/4\pi d^2)$

avec A une constante qui dépend d'un certain nombre de facteurs, comme par exemple les caractéristiques du récepteur.

La magnitude absolue est la magnitude que l'étoile aurait si elle était située à une distance de 32.615 AL, donc:

$M = A - 2.5 \log (L/4\pi d_{10}^2)$

avec $d_{10} = 32.615$ AL

En effectuant la somme membre à membre de ces deux équations on obtient:

$M = m - 5 \log(d/d_{10})$

qui donne la relation qui existe entre magnitude absolue et distance.

La quantité (m – M) est le module de distance de l'objet.

6 La lumière qui nous provient d'une étoile est généralement une lumière composée de lumières de différentes couleurs. L'étude de cette composition s'appelle la spectrographie. Les étoiles peuvent être regroupées selon les caractéristiques du spectre de leur lumière. Il existe 7 classes spectrales chacune subdivisée en 10 sous-classes, donc en tout 70 façons différentes de classer une étoile selon les caractéristiques de la lumière que nous recevons de sa part.

Dans ce dernier cas, il s'agit généralement de variations brusques de la luminosité de très grande amplitude (novae et supernovae).

Le fait qu'il existe pour, les Céphéides (nommées selon l'étoile δ-Cephei), une relation directe entre la période (laps de temps qui sépare deux maximas [ou minimas] consécutifs de la luminosité) et la magnitude absolue[7] [encadré 2], attribue à ce type d'étoiles variables une importance considérable en tant qu'indicateurs de distances.

En réalité les choses ne sont pas aussi simples que cela. Comme le graphique le montre les points sont dispersés autour d'une valeur moyenne, et cette dispersion dépend, comme cela a été mis en évidence en 1958, de la couleur moyenne de l'étoile mesurée pars l'indice de couleur B-V[8]. Donc, pour obtenir, avec les Céphéides, des mesures correctes des distances, il faut prendre en considération une relation: période-luminosité-couleur de la forme:

$M = \alpha - \beta \log(P) + \gamma (B\text{-}V)$

avec P la période.

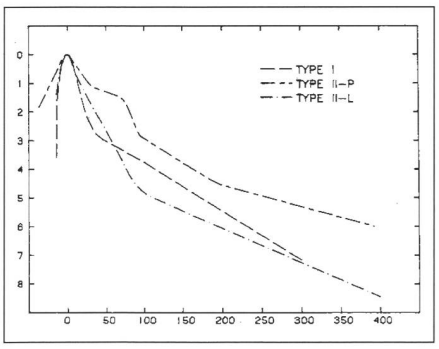
Pour calibrer correctement cette relation, c'est à dire pour déterminer les paramètres α, β et γ il faut utiliser des Céphéides de distance bien connues dans notre propre Galaxie. Les différentes calibrations sont relativement concordantes et donnent pour ces paramètres les dispersions suivantes:

$1.86 <= \alpha <= 2.77$; $2.79 <= \beta <= 4.11$; $1.82 <= \gamma <= 2.75$

Cette dispersion montre la difficulté qui existe à maîtriser correctement le problème.

Les Céphéides ont été utilisées pour établir les distances aux galaxies du groupe local: petit et grand nuage de Magellan, M31 (Andromède) et autres, ainsi que M33, NGC3109, IC5152, les galaxies de Pegasus, de Sextans B, de Leo A et NGC 300. La galaxie la plus lointaine dont la distance à été mesurée par cette méthode est NGC 2403 ($1{,}06 \cdot 10^7$ AL) dans le groupe de M81.

Figure 8. Courbes comparatives de lumière pour des supernovae des types I et II. (Source [4])



Parmi les problèmes majeurs qui se posent en utilisant les Céphéides pour la déterminations de distances, on trouve:

a) la difficulté d'estimer la correction à apporter à la magnitude à cause de l'extinction (fraction de la lumière absorbée par la matière interstellaire) dans la galaxie où l'on observe les Céphéides,
b) la dépendance de la relation période-luminosité-couleur de la métallicité (teneur en éléments lourds) de l'étoile, qui est fort mal connue.

Malgré ces problèmes, les Céphéides restent un moyen puissant pour la détermination des distances. La limite d'application de cette méthode, pour les télescopes terrestres est de $16.3 \cdot 10^6$ AL, le télescope spatial Hubble a augmenté cette limite d'un facteur quatre.

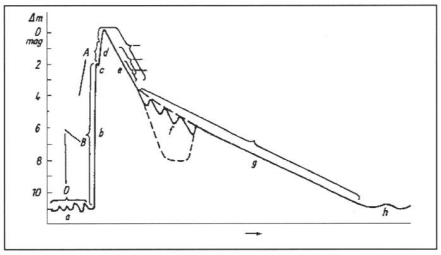


Figure 9. Description d'une courbe de lumière d'une nova: a: prénova; b: montée en luminosité; c: pause prémaximum; d: montée finale; e: déclin initial; f: phase de transition; g: déclin final; h: postnova (Source [2]).

L'évolution d'une étoile suffisamment massive (masse plus grande que huit fois celle du Soleil), se termine en principe par une explosion supernova. Dans ce phénomène la majorité de la masse de l'étoile est expulsée sous forme d'une enveloppe gazeuse qui s'éloigne avec des vitesses de l'ordre de quelques milliers de kilomètres par seconde. La masse restante, le noyau de l'étoile, va subir un effondrement gravitationnel, qui donne naissance à une étoile à neutrons. Les théoriciens expliquent dans les grandes lignes cette évolution de la façon suivante:

lorsqu'une étoile est suffisamment massive, différents stades de fusion nucléaire se succèdent dans le noyau de celle-ci. Le premier est, évidement, celui de la fusion de l'hydrogène. Lorsque l'hydrogène est épuisé on passe à la fusion de l'hélium; mais à cause de la grande masse et des dimensions de l'étoile, la couche immédiatement adjacente au noyau possède une température suffisante pour que la fusion de l'hydrogène puisse continuer. Ainsi, au fur et à mesure que dans le noyau s'installe la fusion suivante, les autres stades de fusions sont repoussés vers l'extérieur. Le dernier stade de fusion est celui qui produit du fer (au delà, la fusion absorbe de l'énergie au lieu d'en libérer); à ce moment l'étoile possède une structure en «pelure d'oignon», chaque couche étant le siège d'une fusion nucléaire différente. Lorsque le noyau a épuisé son combustible nucléaire, l'énergie radiative qui équilibre la gravitation vient à manquer, et l'étoile s'effondre. Cette phase de contraction produit une onde de choc telle qu'elle expulse les 9/10 de la masse de l'étoile. Au moment de cette explosion il y a, sur un laps de temps très court, (quelques heures ou dizaines d'heures) une augmentation spectaculaire (d'un facteur 10000 à 100000) de la luminosité de l'étoile. Ensuite elle décroît progressivement, en suivant un scénario relativement bien établi.

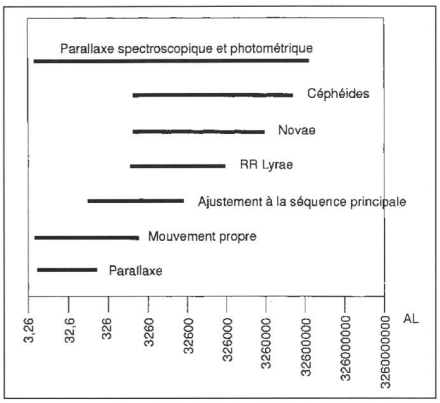


Figure 10. Diagramme récapitulatif des différentes méthodes évoquées dans ce texte avec indication de leur portée en distance

Le principe d'utilisation des supernovae pour la détermination des distances est le suivant:

on utilise un modèle théorique, pour déduire la variation de la luminosité de surface, à partir de l'observation de la variation de couleur de l'étoile. Ceci permet de déduire le changement, en fonction du temps, de l'extension angulaire de la source. La détermination de la vitesse radiale (par effet Doppler sur le spectre) combinée avec l'information précédente amène à la détermination de l'extension linéaire de la source, et par conséquent à sa distance.

Donc la précision de cette méthode dépend, entre autre, du degré de compréhension et de connaissance que nous avons du phénomène supernova.

7 Cette relation a été découverte par Henrietta Leavitt en 1907

8 Un indice de couleur est la différence entre deux magnitudes, mesurées respectivement dans deux couleurs différentes. Ainsi l'indice de couleur B-V est la différence entre la magnitude mesurée dans le bleu et la magnitude mesurée dans la visible.

On reconnaît deux types de supernovae. Le type II est rencontré essentiellement dans les bras des galaxies spirales et concerne donc des étoiles relativement jeunes et massives, dans des régions à forte concentrations de matière interstellaire. L'utilisation de supernovae de type II pour la calibration des distances pose donc le problème de l'estimation correcte de l'absorption de la lumière par ces nuages de gaz. D'autre part, la dispersion des masses pour ce type d'étoiles est très grande: de 10 à 100 masses solaires, ce qui implique une grande variété des propriétés observées ne pouvant probablement pas être décrites par un seul modèle théorique.

Les supernovae de type I peuplent les galaxies spirales et elliptiques et sont associées avec des étoiles plus âgées et de masses relativement faibles. L'absorption interstellaire intervient aussi dans ce cas, mais le problème majeur est situé, pour le moment, dans une absence de consensus dans le milieu scientifique sur l'origine du phénomène lui-même. En effet la description donnée plus haut concerne le type II; une supernova de type I semble plutôt résulter d'une combustion explosive d'un mélange de carbone et d'oxygène équivalent à une masse solaire.

L'utilisation de supernovae de type II a permis d'estimer les distances de:

NGC 1058 à $44.7 \cdot 10^6$ AL; M101 à $23.8 \cdot 10^6$ AL; NGC 7331 à $43.7 \cdot 10^6$ AL; M99 à $16.3 \cdot 10^6$ AL et M100 à $75 \cdot 10^6$ AL.

Un autre phénomène qui produit une augmentation impressionnante de la luminosité d'une étoile est celui de novae. Même si la courbe de lumière d'une nova possède quelques ressemblances avec celle d'une supernova, le processus physique qui engendre une telle explosion est totalement différent. Ce phénomène est lié à un système binaire, généralement une naine blanche chaude et une étoile géante rouge de la séquence principale. Un flux de gaz va de l'étoile rouge vers la naine blanche et à cause de l'impact sur cette dernière il augmente considérablement sa température. Si celle-ci atteint une valeur suffisante il se forme à la surface de la naine blanche une couche ou la fusion de l'hydrogène peut avoir lieu. Avec l'accumulation successive de l'hydrogène cette couche devient instable et explose: c'est l'événement nova.

En 1976 G. Bath et G. Shaviv montrent que la courbe de lumière d'une nova, peut être modélisée en considérant que la naine blanche expulse radialement, à vitesse constante, une dense enveloppe de gaz sous l'effet de la pression de radiation.

La régularité dans ce phénomène, qui permet l'utilisation des novae en tant que calibres de distances, est représenté par une relation linéaire entre la magnitude absolue, au maximum de lumière, et le logarithme du temps qui est nécessaire pour que la luminosité chute de trois magnitudes:

$M_o(pg) = 2.4\log(t_3) - 11.3$ (selon De Vaucouleurs)

Il y a aussi une justification théorique pour admettre que toutes les novae possèdent, 15 jours après le maximum, la même luminosité:

$M_{15}(pg) = -5.5 +/- 0.15$

En établissant donc par des moyens différents (vitesse d'expansion radiale + taux d'expansion angulaire; mesure du taux d'absorption dans la ligne de visée; amas stellaires etc..) les distances aux novae galactiques, on peut utiliser ce phénomène pour estimer l'éloignement de novae extragalactiques. Cela a été fait pour le grand et petit nuage de Magellan, pour M31, M33, M81 et M101. En 1985 Michael Rowan-Robinson écrivait, dans son excellent livre (Réf. [1]), qu'il serait souhaitable d'appliquer cette méthode aux galaxies de l'amas de Virgo.

Nous terminons ainsi cette première partie consacrée au problème de la mesure des distances astronomiques. Dans une deuxième partie, seront abordés les indicateurs secondaires, qui permettent aux astronomes de gagner encore quelques centaines de millions d'années lumières de profondeur dans l'univers.

FABIO BARBLAN
2a, ch. Mouille-Galand, CH-1214 Vernier
Fabio.Barblan@obs.unige.ch

Bibliographie

Référence principale:

[1] *The cosmological distance ladder*, M. ROWAN-ROBINSON, W. H. FREEMAN Company New York, 1985
Tous les manuels contiennent un (des) chapitre(s) plus ou moins complet(s) sur le problème de la détermination des distances astronomiques. En voici quelques exemples:
Planets, Stars and Galaxies, S. J. INGLIS, JOHN WILEY NY 1972
Astronomy, the cosmic perspective, M. ZEILIK, J. GAUSTAD, Harper and Row Publishers NY, 1983
Astronomy: Fundamentals and Frontiers, R. JASTROW, JOHN WILEY, 1974
An introduction to experimental astronomy, R. B. CULVER, W. H. FREEMAN & Company, 1974
L'expansion de l'Univers, W. FREEMAN, Pour la Science No 183, Janvier 1993
Les distances des galaxies: une clé de la cosmologie, L. BOTTINELLI, L. GOUGUENHEIM, Pour la Science, Octobre 1986

Autres références:

[2] *Variable Stars*, C. HOFFMEISTER, G. RICHTER, W. WENZEL, Springer-Verlag, 1985
[3] *Getting the mesure of the stars*, W. A. COOPER, E. N. WALKER, ADAMS HILGER, 1989
[4] *Supernovae*, A. G. PETSCHEK Editor, Springer-Verlag, 1990

Diagramme annuel 1997

Soleil, Lune et planètes

Le diagramme annuel qui indique les lever, coucher et temps de culmination du Soleil, de la Lune et des planètes, en impression deux couleurs, pendant toute l'année 1997 sous forme de tableau synoptique est à nouveau en vente.
Le diagramme est plié à plat, en A4 et disponible pour deux latitudes géographiques:
Suisse: 47° nord – Allemagne: 50° nord
Il est livré avec une description détaillée.
Prix: Fr. 13.– / DM 15.– plus port et emballage.
Je vous remercie d'avance de votre commande!
HANS BODMER,
Schlottenbüelstrasse 9b,
CH-8625 Gossau/ZH
Commandes téléphoniques:
01/936 18 30 (soir)

Jahresdiagramm 1997

für Sonne, Mond und Planeten

Das Jahresdiagramm, das die Auf- und Untergänge, die Kulminationszeiten von Sonne, Mond und Planeten in einem Zweifarbendruck während des gesamten Jahres in übersichtlicher Form zeigt, ist für 1997 wieder erhältlich. Das Diagramm ist plano oder auf A4 gefalzt für zwei geographische Breiten erhältlich:
Schweiz: 47° Nord – Deutschland: 50° Nord
Dazu wird eine ausführliche Beschreibung mitgeliefert.
Der Preis beträgt Fr. 13.– / DM 15.– plus Porto und Versand.
Für Ihre Bestellung danke ich Ihnen bestens!

HANS BODMER,
Schlottenbüelstrasse 9b,
CH-8625 Gossau/ZH
Telephonische Bestellungen:
01/936 18 30 (abends)

ASTRO-LESEMAPPE DER SAG

Fr. 30.–

statt **Fr. 300.–** Abo-Kosten

für die wichtigsten internationalen Fachzeitschriften!

Rufen Sie an:
071/841 84 41
Hans Wittwer, Seeblick 6,
9327 Tübach