La rotation du système galactique

Autor(en): **Trumpler, Robert-J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **57 (1929-1932)**

Heft 229

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-284209

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

La rotation du système galactique

PAR

Robert-J. TRUMPLER

(Assemblée générale du 2 mars 1932.)

Les recherches statistiques sur la distribution des étoiles faibles de la voie lactée indiquent que ces étoiles forment un système limité, fortement aplati, qu'on appelle le système galactique. Il est probable, à priori, que cet aplatissement est la conséquence d'un mouvement de rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan galactique. En outre, on est amené, par de nombreux points de ressemblance, à considérer notre système galactique comme appartenant à la classe des nébuleuses spirales, objets qui par leur structure même révèlent un mouvement de rotation. L'hypothèse d'une rotation du système galactique semble donc bien acceptable comme hypothèse de travail.

Il s'agit alors de développer le mécanisme de cette rotation et d'en déduire les phénomènes observables qui peuvent servir à le confirmer. Pour arriver à ce but, on peut, comme première approximation, simplifier le problème par les restrictions et suppositions suivantes :

1. On traite le système comme étant symétrique relativement au plan galactique et comme possédant une symétrie de rotation autour d'un axe perpendiculaire à ce plan.

2. Le mouvement de chaque étoile est déterminé par l'attraction des autres masses (étoiles et nébuleuses) du système. Pour une étoile située dans le plan galactique, la résultante de ces attractions est une force centrale dirigée vers le centre du système et dont l'accélération ne dépend que de la distance de l'étoile au centre.

3. A cause du fort aplatissement du système galactique, on peut se borner à étudier les mouvements des étoiles situées dans le plan galactique ou près de ce plan, et à considérer leurs mouvements comme parallèles à ce plan. On limite ainsi le problème à deux dimensions.

4. On n'admet que des orbites circulaires ou presque circulaires. Cette limitation peut être justifiée par la considération suivante. Si des orbites elliptiques à grande excentricité étaient fréquentes, elles produiraient un fort mélange des étoiles qui égaliserait rapidement les irrégularités dans leur distribution. Or la structure de la voie lactée est très compliquée, avec de nombreuses accumulations locales (nuages d'étoiles) ; en outre, des formes de spirales prononcées sont nombreuses dans d'autres systèmes (nébuleuses extragalactiques). On doit donc conclure que les orbites à grande excentricité sont probablement rares.

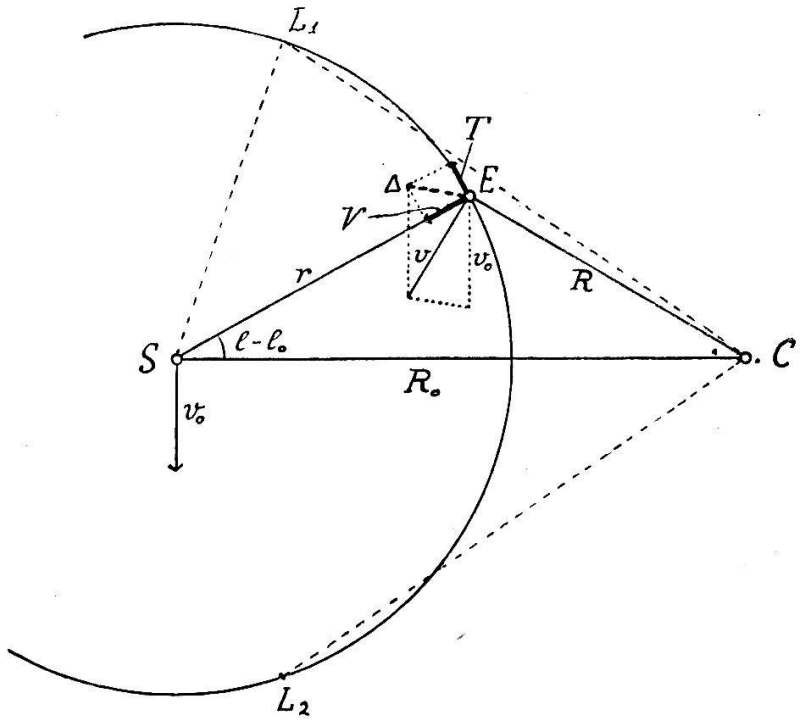

FIG. 1.

5. Le Soleil ne se trouve pas au centre C (fig. 1), mais à une distance R_0 de celui-ci. L'ensemble des étoiles dans le voisinage du Soleil S poursuit donc aussi une orbite circulaire autour du centre. Le mouvement du Soleil relativement aux étoiles qui l'entourent (20 km. par seconde vers l'apex à 18 h., $+30^0$), ainsi que les mouvements particuliers des autres étoiles, doivent être interprétés comme différences entre les orbites individuelles, légèrement elliptiques, et l'orbite moyenne de la région qui est circulaire.

Si on néglige ces mouvements particuliers, la vitesse v de l'étoile E est perpendiculaire à son rayon vecteur R. La con-

dition d'équilibre entre l'attraction et la force centrifuge fournit :

$$(1) \qquad v = \sqrt{R \,.\, F(R)}$$

où $F(R)$ est la loi inconnue qui exprime la force centrale en fonction de la distance R du centre. La même formule s'applique pour la vitesse v_0 du Soleil si on remplace R par R_0. Cependant, on ne peut observer directement ni v ni v_0. Seul le mouvement relatif $E\Delta$ entre l'étoile et le Soleil est accessible aux observations par ses deux composantes V et T. V est la vitesse radiale, mesurée en km par seconde par le déplacement des lignes spectrales et comptée positivement si l'étoile s'éloigne. La composante tangentielle T se calcule avec la distance r de l'étoile et le mouvement propre μ mesuré en secondes d'arc par année : $T = r \, arc \, \mu$.

Si l et l_0 désignent les longitudes galactiques de l'étoile et du centre, on obtient :

$$(2) \qquad V = \left(\frac{v_0}{R_0} - \frac{v}{R}\right) R_0 \, sin \, (l - l_0)$$

$$(2a) \qquad arc \, \mu = \frac{v}{R} + \left(\frac{v_0}{R_0} - \frac{v}{R}\right) \frac{R_0}{r} \, cos \, (l - l_0) \, .$$

La déduction de ces formules à l'aide de la fig. 1 est facile, si on introduit un système de coordonnées qui suit la rotation de E autour de C. Dans ce système C et E sont fixes, et le mouvement de S, pris dans le sens opposé, donne le mouvement relatif cherché. La rotation du système de coordonnées n'influence que les mouvements propres et cause le premier terme de (2a). v doit être considéré comme fonction de R, d'après (1), et le triangle SCE donne pour R :

$$(3) \qquad R^2 = R_0^2 + r^2 - 2R_0 r \, cos \, (l - l_0)$$

Les équations (2) et (2a) donnent donc la vitesse radiale et le mouvement propre comme fonctions de la position connue de l'étoile (r, l) et contiennent comme paramètres inconnus les coordonnées du centre (R_0, l_0). Le plus pratique est de les développer en séries trigonométriques :

$$(4) \qquad V = A_1 \, sin \, (l - l_0) + A_2 \, sin \, 2(l - l_0) + A_3 \, sin \, 3(l - l_0) + A_4 \, sin \, 4(l - l_0) + \ldots\ldots$$

$$(4a) \qquad arc \, \mu = B_0 + B_1 \, cos \, (l - l_0) + B_2 \, cos \, 2(l - l_0) + B_3 \, cos \, 3(l - l_0) + B_4 \, cos \, 4(l - l_0) + \ldots$$

Les coefficients A_1, A_2, A_3, A_4, ... et B_0, B_1, B_2, B_3, B_4, ... peuvent être développés en séries de puissances croissantes de $\frac{r}{R_0}$ (pour $r < R_0$) ou de $\frac{R_0}{r}$ (pour $r > R_0$); ils contiennent en outre R_0 ainsi que $F(R)$, $\frac{\partial F}{\partial R}$, $\frac{\partial^2 F}{\partial R^2}$ etc. pour $R = R_0$.

Les données sur les mouvements propres d'étoiles très éloignées ne sont pas suffisantes à présent pour une analyse complète de ce genre. L'étude spectroscopique des étoiles de haute température (types spectraux O et B), par contre, peut fournir des vitesses radiales d'objets très éloignés. Si on arrive, à côté de la détermination de la longitude l_0 du centre, à établir la variation des coefficients A_1, A_2, A_3, ... avec la distance r des étoiles, on pourra en déduire la distance R_0 du centre galactique et la loi de la force centrale. Cette dernière permettra des conclusions sur la distribution des masses dans le système galactique.

La fig. 2 illustre la variation des vitesses radiales avec la longitude galactique pour différentes distances des étoiles. Les courbes représentent la vitesse radiale moyenne mesurée en unités de la vitesse solaire v_0, comme fonction de la longitude galactique l, comptée depuis la longitude l_0 du centre. La distance R_0 de ce centre est gardée fixe, et chaque courbe s'applique pour les étoiles qui sont à une certaine distance r du Soleil. Les courbes sont calculées pour une rotation en sens direct et pour une force centrale constante $F(R) = c$, cas qui ne semble pas improbable dans notre système où la densité des étoiles diminue quand on s'éloigne du centre. D'ailleurs, les traits caractéristiques de ces courbes ne changent pas si on fait varier $F(R)$ dans des limites raisonnables.

Si le centre de rotation est beaucoup plus éloigné que les étoiles observées, la première courbe s'applique, et la série (4) se réduit au seul terme qui est du premier ordre en $\frac{r}{R_0}$:

$$V = a\, r \sin 2(l - l_0)\,, \tag{5}$$

où a est une constante. C'est le cas étudié par Lindblad [1] et Oort [2] et confirmé par les observations des étoiles du type $O5 - B3$ (distances 600-1500 parsecs) et du calcium inter-

[1] *Medd. Upsala* : Nos 3, 4, 6, 13 ; M. N, **87**, 553 ; **90**, 503.
[2] *B. A. N.* : Nos 120, 132, 133.

stellaire (distance moyenne 400 parsecs) faites par Plaskett et Pearce[3]. Dans ce cas, les observations peuvent fournir le coefficient a (0.017 km/sec par parsec) et la longitude du centre l_0, mais le quadrant de celle-ci reste indéterminé.

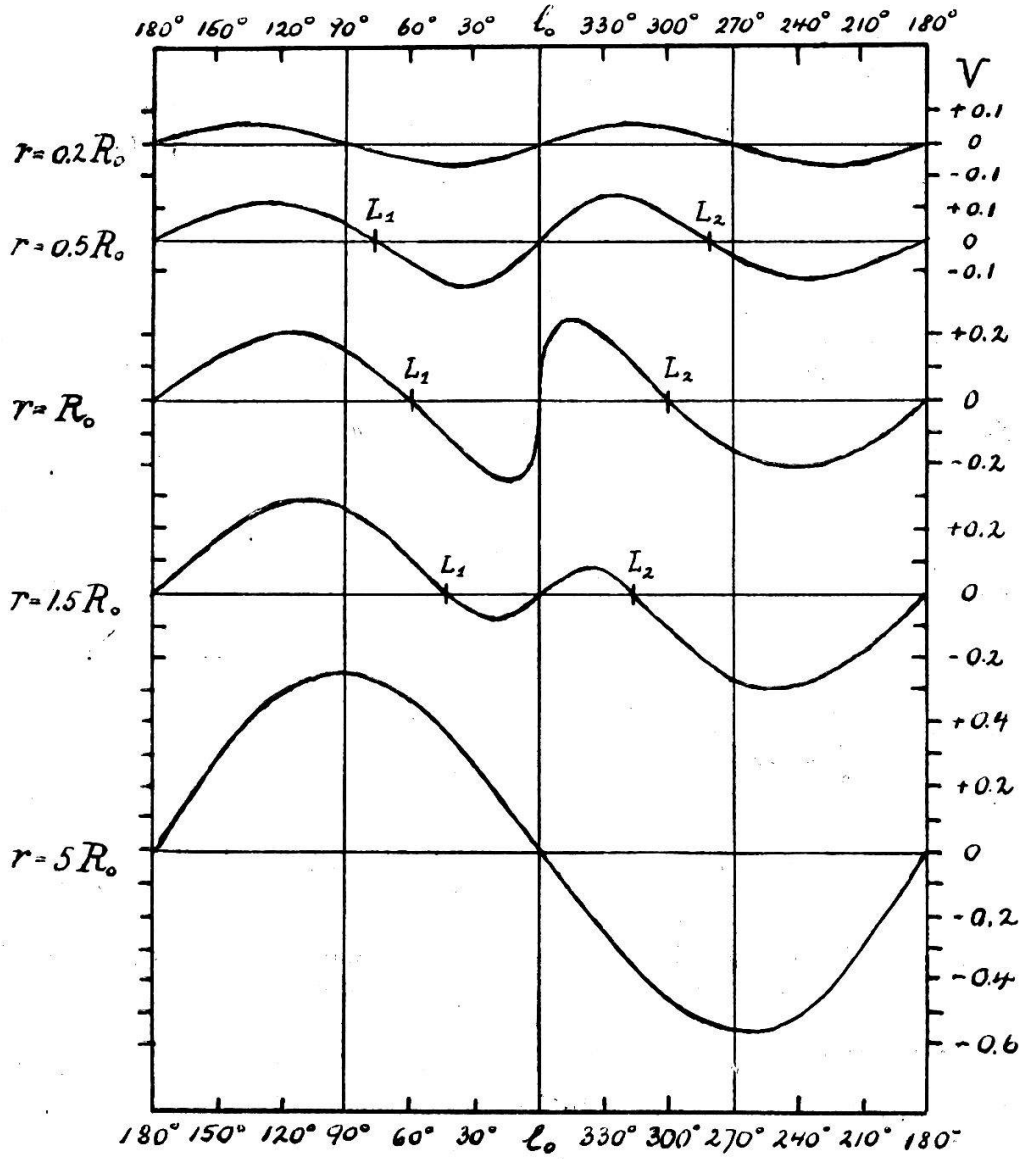

FIG. 2. — Variation de la vitesse radiale avec la longitude galactique pour différentes distances r des étoiles.

Si la distance des étoiles est comparable à celle du centre (3me courbe), les deux maxima de la courbe ne sont plus égaux, les quatre points de vitesse radiale zéro ne sont plus équidistants, et il n'y a plus d'incertitude sur la question de savoir lequel de ces points correspond au centre galactique. La différence de longitude entre L_1 et l_0 ou de L_1 et L_2 est

[3] *M. N.* **88**, 395 ; **90**, 243.

d'ailleurs caractéristique pour la proportion de $r : R_0$. La formule (2) montre que $V = 0$ pour $R = R_0$ (il en suit $v = v_0$). L_1 et L_2 sont donc les deux points qui sont à la distance r de S et à la distance R_0 de C. A l'aide du triangle isocèle SCL_1 (fig. 1), on reconnaît facilement que

$$(6) \qquad \cos(L_1 - l_0) = \cos\frac{L_1 - L_2}{2} = \frac{1}{2}\frac{r}{R_0}$$

Cette formule est indépendante de la loi $F(R)$ de la force centrale, qui n'influence que la forme de la courbe, mais non pas les points de zéro. Il suffit donc de tracer les points L_1 et L_2 de la courbe des vitesses radiales pour trouver la longitude et la distance du centre de rotation.

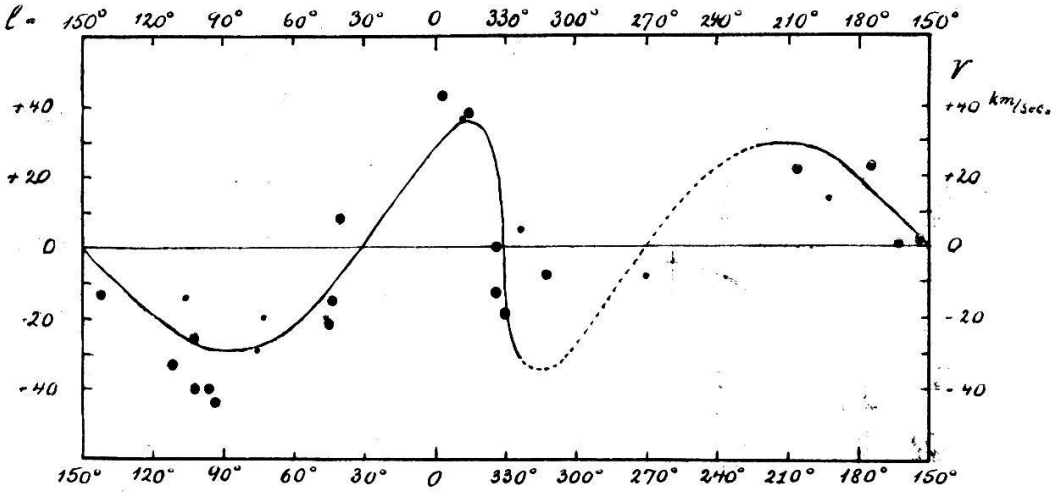

FIG. 3. — Vitesses radiales provisoires de 27 amas galactiques représentées comme une fonction de la longitude galactique.

Si la distance des étoiles observées est beaucoup plus grande que celle du centre de rotation ($r > 2R_0$), il n'y a plus qu'un maximum et un minimum, ce qu'on remarque dans la dernière courbe de la fig. 2. La série (4) se réduit alors au premier terme :

$$(7) \qquad V = A_1 \sin(l - l_0)$$

L'effet est semblable à celui d'un simple mouvement solaire.

Les vitesses radiales des amas d'étoiles galactiques, récemment mesurées à l'observatoire Lick par Miss Hayford, fournissent un exemple intéressant pour l'application de notre méthode. Les 27 amas étudiés sont, à peu d'exceptions près, situés à des distances de 1000 à 2000 parsecs. En général, 3-10 étoiles ont été observées dans chaque objet, et les résul-

tats préliminaires indiqués dans la fig. 3 sont corrigés pour le mouvement particulier du Soleil relativement aux étoiles de son entourage. Les gros points marquent les amas bien observés, les petits points les résultats moins certains. Les points suivent assez nettement une courbe continue avec deux maxima et deux minima inégaux. La troisième courbe de la fig. 2 s'adapte bien aux observations si on change le signe de V. On doit conclure de ce fait: *Que le centre galactique est situé à la longitude galactique* 330° (*constellation du Sagittaire*) *à une distance de* 1500-1700 *parsecs, et que la rotation est dans le sens rétrograde.* Ce résultat est d'autant plus remarquable qu'on a jusqu'à présent supposé que le centre galactique coïncide avec le centre des amas globulaires et qu'il se trouve à une distance de 6000 à 8000 parsecs.

Les vitesses radiales des amas d'étoiles galactiques s'accordent donc bien avec l'hypothèse d'une rotation galactique. Cette interprétation cependant demande que le centre du système ne soit pas plus éloigné que 1500-1700 parsecs, une condition qui est réalisée, si on admet pour notre système galactique une étendue semblable à celle des amas d'étoiles galactiques (ouverts) et non pas à celle des amas globulaires.

Les observations ne sont guère suffisantes pour fixer la loi de la force centrale dans des limites étroites. La forme $F(R) = const.$ satisfait les observations, et, si on l'adopte, on trouve que le Soleil et les étoiles qui l'entourent complètent leur orbite circulaire autour du centre galactique en 75 millions d'années avec une vitesse de 140 km par seconde.