

FRANÇOIS BONIN

ROTATION DES OBJETS CÉLESTES

Études sur les facteurs qui influent sur la vitesse de rotation des objets
célestes.

Avant-propos

Après maintenant plus de deux ans dans un club d'astronomie, nous avons découvert un monde extraordinaire où de nombreuses questions demeurent cependant sans réponse. Les questions, concernant le pourquoi de la rotation des astres, leur vitesse de rotation ainsi que les facteurs qui peuvent jouer à ce niveau, nous trottent dans la tête depuis quelques temps. Chacune de ces questions est traitée dans une partie spécifique de cette étude.

Les livres récents en astronomie et en astrophysique sont surtout centrés sur l'évolution de l'univers, les trous noirs, la matière noire et la fameuse énergie sombre qui provoquerait l'expansion de notre univers. Malgré que ces sujets et bien d'autres soient captivants, nous avons décidé de nous pencher sur un sujet plus terre à terre, si l'on peut dire.

En astronomie, la période de rotation est la durée mise par un astre (étoile, planète, astéroïde, etc.) pour faire un tour sur lui-même, alors que la période de révolution désigne la durée du mouvement orbital d'un astre qui tourne autour d'un autre astre.

Les mots suivis d'un astérisque* renvoient au glossaire pour définition.

PARTIE 1

ROTATION DES OBJETS CÉLESTES

Chapitre 1.1 : Catégories et formes des objets célestes.

Voici les principales catégories.

Les étoiles : ce sont des astres formés d'une sphère de gaz très chauds, au cœur de laquelle se produisent des réactions de fusion nucléaire, et qui constitue une puissante source d'énergie. Les étoiles naissent, évoluent et meurent. Il y a plusieurs types d'étoiles, mais elles sont toutes de forme qui ressemble à une sphère.

La gravité tend à transformer les objets célestes en une sphère parfaite où la masse est répartie le plus près possible du centre; toutefois, une étoile en rotation n'est pas de forme complètement sphérique, car elle possède un renflement équatorial dû aux effets de la force centrifuge engendrée par la rotation.

Les planètes : ce sont des corps célestes en orbite autour d'une étoile, de masse suffisante pour avoir une forme quasi sphérique et pour avoir éliminé tout corps susceptible de se déplacer autour de l'étoile sur une orbite proche.

Les galaxies : ce sont de vastes ensembles d'étoiles, de poussières et de gaz interstellaires, isolés dans l'espace, dont la cohésion est assurée par la gravitation. Il y a plusieurs formes de galaxies dont les elliptiques, les spirales et les irrégulières.

Dans une galaxie, l'agitation moléculaire fait que toutes les parties ou régions ne tournent pas à la même vitesse. La force centrifuge*, parallèle à l'axe de rotation, tend à éjecter les constituants perpendiculairement à la trajectoire et cela proportionnellement à la vitesse de rotation. Les régions équatoriales sont donc étirées alors que les régions polaires ne sont soumises qu'à la gravitation; vu que le rayon équatorial s'accroît et que le rayon polaire diminue, la forme de la galaxie s'aplatit. Il semble en être de même pour la majorité des objets célestes où les gaz sont prépondérants.

Les astéroïdes : ce sont des petits corps rocheux ou métalliques de formes généralement irrégulières et qui gravitent autour du Soleil. Plusieurs sont situés entre Mars et Jupiter (ceinture principale) et d'autres beaucoup plus loin (ceinture de Kuiper). Les météores sont des fragments d'astéroïdes qui se consomment dans l'atmosphère, nos belles étoiles filantes. Les météorites sont aussi des fragments d'astéroïdes, mais ceux-ci réussissent à atteindre le sol.

Les comètes : loin du Soleil, les comètes sont des noyaux irréguliers, de dimensions kilométriques, en rotation sur eux-mêmes, constitués d'un mélange de glace, de fragments rocheux et de poussières. Lorsqu'elles se

rapprochent du Soleil, des gaz s'échappent des glaces et laissent une trace, rendue lumineuse par la lumière solaire.

Les lunes : ce sont des satellites naturels d'une planète quelconque. La majorité est de forme sphérique mais d'autres ont des formes irrégulières.

Dans la nature, les sphères sont produites par des forces telle que la tension superficielle qui tend à contracter un corps le plus possible dans toutes les directions. Avec les corps célestes importants, ce sont la gravité et l'énergie qui s'entendent pour les rendre sphériques. La Terre vue de l'espace ressemble à une sphère parfaite, même si elle ne l'est pas.

Les objets en rotation, comme les galaxies et autres, ont tendance à s'aplatir; c'est la raison pour laquelle le diamètre de la Terre est plus petit aux pôles qu'à l'équateur, environ seulement 42 km de différence. La vitesse de rotation agit sur la forme des objets.

Néanmoins si un corps céleste solide a une pesanteur en surface assez faible, les liaisons chimiques au sein de ses roches résisteront à son poids et alors ces corps peuvent prendre différentes formes, comme l'on voit dans les astéroïdes.

Dans notre système solaire, presque toutes les planètes tournent sur elles-mêmes dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, comme le fait le Soleil; cependant Vénus fait le contraire et Uranus tourne sur un axe très penché dans le plan de l'écliptique*.

Certains théoriciens disent que pour chaque astre tournant dans un sens, il y en a un autre qui tourne dans le sens opposé, de sorte que la rotation totale des astres de l'univers s'annulerait.

Nous savons que les étoiles sont le résultat de l'effondrement gravitationnel d'un nuage de gaz interstellaire que l'on nomme nébuleuse. Vu que la force gravitationnelle est une force radiale, c'est-à-dire qu'elle attire de façon égale dans toutes les directions, la boule de gaz devrait être sphérique; cependant, vu que la nébuleuse n'est pas symétrique, il se crée

un axe de rotation autour duquel commencent à tourner les particules de nuage.

Des simulations numériques récentes montrent que le sens de rotation d'une planète dépend aussi de l'excentricité* des orbites des particules qui l'ont formée, en plus de l'angle avec lequel elle est frappée.

Chapitre 1.2 : Est-ce que tous les objets célestes tournent sur eux-mêmes?

Il semble que tous les astres tournent sur eux-mêmes, pas nécessairement tous dans le même sens cependant. Il est plus difficile de détecter le mouvement des ensembles complexes et de mesurer leur vitesse de rotation que d'identifier les mouvements des étoiles proches et ceux de leurs planètes. Malgré cette difficulté, nos outils (télescopes, satellites, spectroscopie, etc.) sont de plus en plus performants et maintenant capables d'identifier les mouvements de rotation des galaxies, sans toutefois pouvoir nous donner une lecture précise de leur vitesse de rotation. La rotation de l'univers n'a pas encore été démontrée.

C'est Léon Foucault, un physicien du 19^e siècle, qui mit en évidence le mouvement de rotation de la Terre; pour le démontrer, il a utilisé un pendule.

Actuellement, il y a 26 astéroïdes connus dont le diamètre dépasse 200 km. Leurs courbes de lumière ont permis, entre autres, la mesure de leur rotation.

Les noyaux cométaires, qui sont animés d'un mouvement orbital autour d'une masse plus grande qu'eux, montrent également un mouvement de rotation sur eux-mêmes. Le mouvement propre du noyau peut être de même direction que le déplacement orbital ou de sens inverse.

La rotation d'un solide quelconque sur lui-même, une toupie ou une planète par exemple, se mesure par son moment angulaire (produit de sa masse, de son rayon et de sa vitesse angulaire).

La théorie quantique a montré que toute particule possède un moment angulaire intrinsèque, appelé spin. Le spin caractérise donc, avec la masse,

les propriétés externes des particules. Le spin du proton et celui de l'électron sont à la base des propriétés magnétiques de la matière; toute charge électrique en rotation se comporte en effet comme un petit aimant.

Chapitre 1.3 : Pourquoi les objets célestes tournent-ils?

Les planètes, astéroïdes, comètes naissent à partir de nuages primitifs de gaz et de poussières qui, sous le poids de la gravitation, s'effondrent sur eux-mêmes formant une étoile en gestation qui tourbillonne et attire dans son sillage les particules de poussière et de matière qui finiront par former les planètes et autres objets célestes. La révolution des corps célestes est reliée à cette attirance par un corps plus imposant.

La rotation d'un corps céleste, c'est-à-dire lorsque le corps tourne sur lui-même, n'est pas dû à son étoile où à un astre plus gros que lui, mais au fait que la planète, l'astéroïde, etc., se forme par accrétion (agglomération de matière). En fait, ce sont les chocs successifs que subissent les blocs rocheux, lors de l'accrétion, qui leur donne le sens et la vitesse de rotation. Si la collision arrive parfaitement centrée, ce qui est très rare, elle ne fournit pas de composante supplémentaire rotationnelle et ne fait qu'augmenter ou ralentir la vitesse de déplacement, alors que dans les autres cas, la collision influence aussi sur le sens et la vitesse de rotation.

PARTIE 2

VITESSE DE ROTATIONS DES OBJETS CÉLESTES

Chapitre 2.1 : Est-ce que la vitesse de rotation est identique pour chaque catégorie d'objets?

La réponse simple est non.

Un petit rappel. La vitesse est le rapport de la distance divisée par le temps et l'on voit souvent la formule $Vitesse = \frac{Longueur}{Temps}$.

Cependant, pour le besoin de cette étude, nous devons connaître la circonférence de la sphère, qui représente la longueur, et la période de

rotation, qui est la durée mise par l'astre pour faire un tour sur lui-même. La formule pour mesurer la circonférence est $2\pi R$ ou $C=\pi D$

On parle de vitesse lorsque l'on veut préciser un déplacement à très grande vitesse et l'accélération est reliée à la vitesse de variation de la vitesse d'un objet.

Dans le cas d'une planète, un astre orbitant autour d'une étoile, nous distinguons deux définitions concernant la rotation de la planète. La rotation sidérale et la rotation synodique.

La rotation sidérale correspond à la durée que met la planète pour retrouver la même orientation qu'elle avait par rapport aux étoiles lointaines qui nous paraissent fixes, tandis que pour la rotation synodique c'est lorsque la planète retrouve la même orientation qu'elle avait par rapport à sa propre étoile.

Pour la Terre, la rotation sidérale est de 23h 56m et 4,3s (23,93h) alors que la rotation synodique, qui est relié au temps solaire vrai, varie de 23h46 à 24h14; en faisant la moyenne de tous les jours solaires, nous arrivons à 24h, qui est alors identifié comme un jour terrestre.

La durée du jour solaire varie d'un jour à l'autre en raison de l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre qui est de $23,5^\circ$, de l'excentricité de son orbite et du fait que le Soleil, qui effectue en même temps une révolution autour de la galaxie, se déplace un peu par rapport à la terre.

Vu que la Lune met le même temps à faire le tour de la terre (révolution) qu'à tourner sur elle-même (rotation), nous voyons toujours la même partie de la Lune. Elle fait le tour sur elle-même en 27,3j.

Il y a une différence de 42 km entre le diamètre de la Terre à l'équateur (12 756 km) et le diamètre aux pôles (12 714 km). Cette déformation est attribuable à la rotation de la planète sur elle-même et à l'effet de la force centrifuge qui résulte de la rotation. L'effet de la force centrifuge est une tendance à éloigner les corps du centre de rotation. La rotation de la Terre s'effectue d'ouest en est, c'est-à-dire contraire à la rotation des aiguilles

d'une montre. La vitesse de rotation de la Terre est d'environ 1 668,9 km/h au niveau de l'équateur, si l'on divise sa circonférence par sa période de rotation qui est de 24h.

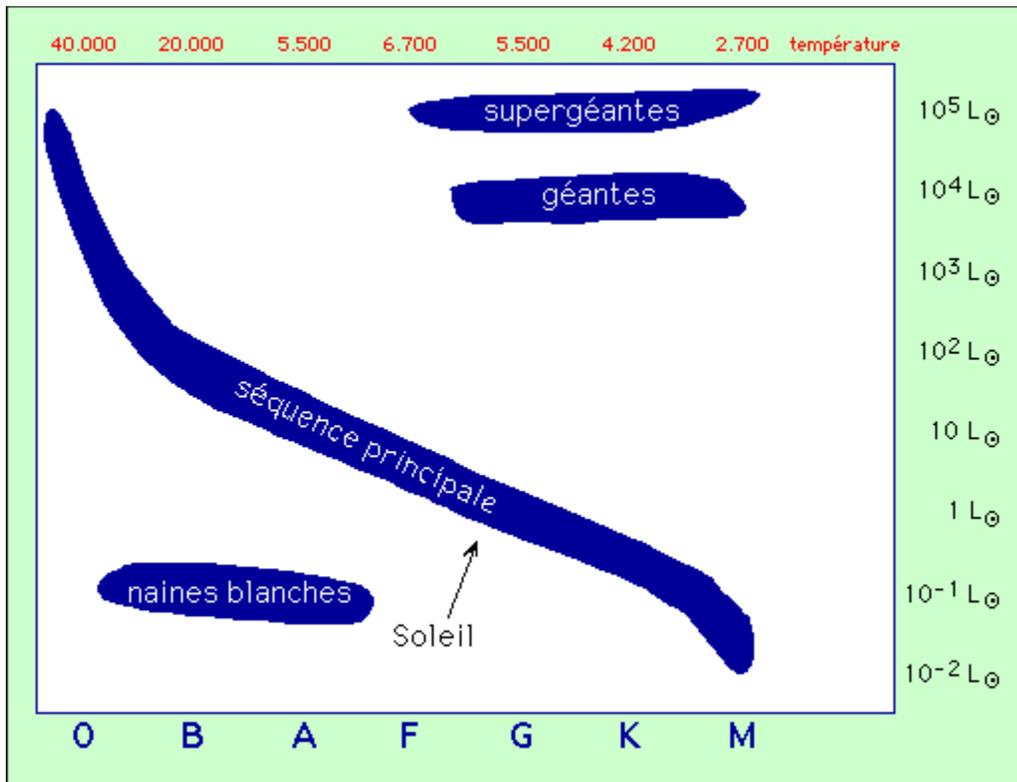
Avec la même formule, la vitesse de rotation de Saturne est d'environ 36 998,6 km/h et son diamètre polaire est inférieur de 10% à celui de son équateur; c'est la vitesse de rotation qui agit sur la forme. Pour la Terre, vu sa faible vitesse de rotation, la différence entre son diamètre polaire et à l'équateur, qui est de 42 km, ne représente que 0,3% de son diamètre à l'équateur.

Les galaxies, qui sont des ensembles d'étoiles et de matières éparses, constituent des objets où chacune des parties vit son propre destin; c'est la gravitation* qui en assure la cohésion; cependant lorsque certains gaz à l'intérieure de la galaxie s'effondrent, le rayon de la galaxie diminue et le mouvement s'accompagne d'un accroissement de la vitesse de rotation de la galaxie, un peu comme la vitesse d'un patineur, qui tourne sur lui-même, augmente lorsqu'il ramène ses bras près de son corps.

Il semble encore trop complexe et hasardeux de mesurer la vitesse de rotation de notre galaxie vu que le diamètre et la période de rotation varient passablement selon les auteurs.

Pour l'ensemble des étoiles, la mesure de leur vitesse de rotation s'obtient par spectroscopie et elle se traduit par l'élargissement des raies spectrales. Supposons une étoile qui serait à notre gauche lors d'une observation; la lumière émise par la partie droite de l'étoile se rapproche de nous, vue la rotation de l'étoile, alors que la lumière de la partie gauche de l'étoile semble s'éloigner de nous. La lumière émise, par la matière qui se trouve à droite et qui s'approche de nous, est décalée vers le bleu par effet Doppler*, tandis que la matière du côté gauche de l'étoile émet une lumière qui est décalée vers le rouge. En examinant, sur l'ordinateur, le spectre normal d'une étoile, on y aperçoit plusieurs raies; en faisant varier la vitesse de rotation de l'étoile, les raies du spectre original s'élargissent si on accélère la vitesse et les raies se rétrécissent si nous la réduisons.

Nommé d'après les deux astronomes qui l'ont proposé, indépendamment l'un de l'autre : Ejnar Hertzsprung et Henry Norris Russell. Le diagramme HR montre la relation existant entre la température superficielle d'une étoile et sa luminosité totale. Ce diagramme, qui peut paraître semblable à beaucoup d'autres, est en fait l'outil fondamental de l'astrophysique. Tableau tiré du site Astronomia.fr



La température de l'étoile se révèle aussi par sa couleur; les types spectraux du diagramme HR vont du violet au rouge, c'est-à-dire du plus chaud vers le plus froid. Le Soleil, qui est du type G, possède une température superficielle de 5 770 K et nous apparaît jaune. En outre, dans chaque type spectral, les étoiles ne présentent pas toutes la même luminosité, vu que la luminosité est aussi en fonction de la taille de l'étoile.

Les étoiles les plus chaudes sont habituellement les plus massives et montrent des réactions nucléaires très rapides et violentes.

Chapitre 2.2 : Vitesses maximum et minimum connues pour chaque catégorie d'objets?

Un pulsar est une étoile à neutrons en rotation rapide, elle peut tourner à plus de 2 000 000 km/h; si la rotation d'une étoile à neutrons est si rapide, c'est qu'en se contractant la masse de l'étoile se comprime près de son axe de rotation. La densité d'une étoile à neutrons est extrême, car tout l'espace vide autour du noyau des atomes est comprimé; ce faisant, presque tous les électrons s'écrasent sur les protons et créent ainsi une boule de neutrons d'une pesanteur inouïe.

Le tableau qui suit provient du site : planete.gaia.free.fr

Données relatives aux planètes de notre système solaire

	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
Distance "000 km" (1)	57 700	108 200	149 600	227 900	778 300	1 429 400	2 877 200	4 504 000
Révolution (2)	88 jrs	225 jrs	1 an	1,88 an	11,87 an	29,48 an	84,07 an	164,90 an
Rotation (3)	59 hrs	243 jrs <i>R</i>	23,93 hrs	24,61 hrs	10 hrs	10,5 hrs	15,58 hrs	18,42 hrs
Inclinaison équateur (4)	0° _{00'}	177° _{18'}	23° _{17'}	25° _{11'}	3° _{07'}	26° _{43'}	97° _{51'}	29° _{33'}
Excentricité de l'orbite	0,206	0,007	0,016	0,093	0,050	0,056	0,044	0,011
Inclinaison écliptique (5)	7° _{00'}	3° _{23'}	23° _{00'}	1° _{51'}	1° _{18'}	2° _{29'}	0° _{46'}	1° _{46'}
Albédo	10,6 %	65 %	37 %	15 %	52 %	47 %	51 %	41 %
Diamètre (km)	4 878	12 104	12 756	6 787	142 984	120 536	51 119	49 528
Diamètre (Terre=1)	0,38	0,95	1,00	0,53	11,21	9,45	4,01	3,96
Densité g /cm ³ (6)	5,44	5,24	5,52	3,93	1,31	0,70	1,30	1,66
Vitesse orbitale moyenne (km.s ⁻¹)	47,9	35,0	29,8	24,1	13,1	9,6	6,8	5,4
Vitesse de libération (km.s ⁻¹)	4,3	10,4	11,2	5,0	60,2	32,3	22,5	23,9
Masse (Terre=1)	0,055	0,815	1,000	0,107	317,9	95,2	14,6	17,2

(1) Distance moyenne du Soleil - (2) Durée d'une révolution autour du soleil - (3) Période de rotation sidérale (une journée) - (4) Inclinaison de l'équateur sur l'orbite - (5) Inclinaison de l'orbite sur l'écliptique - (6) Densité (eau = 1) g /cm³ - R = Sens rétrograde

Pour la vitesse de rotation des planètes du système solaire, voir le tableau 3 dans la partie de l'annexe. Nous avons divisé la circonférence par la période de rotation pour obtenir la vitesse de rotation.

Le Soleil, qui a une circonférence de 4 370 880 km et fait un tour sur lui-même en 614,4h, tourne à la vitesse de 7 114, 1 km/h.

Pour l'étoile Regulus dans la constellation du Lion, sa vitesse de rotation serait d'environ 1 382 390 km/h, vu que sa circonférence est près de 21 980 000 km et sa période de rotation de 15,9h.

Nous n'avons pu identifier de formules mathématiques qui expliqueraient la grande variété de vitesse des objets célestes.

PARTIE 3

FACTEURS QUI INFLUENT SUR LA VITESSE DE ROTATION DES OBJETS CÉLESTES

Chapitre 3.1 : Facteurs qui influent sur la vitesse de rotation de la Terre

De nombreux phénomènes tendent à ralentir la vitesse de rotation de la Terre. Depuis le noyau métallique jusqu'à l'atmosphère, chaque couche de façon irrégulière impose aux autres son rythme.

Le manteau terrestre subit les forces gravitationnelles de la Lune dont les effets des marées ralentissent la rotation de la Terre. La vitesse de rotation de la Terre, qui est d'environ 1 669 km/h, perd environ 1 seconde par 60 000 ans, à cause de cela.

Voici comment ça marche.

Les parties fluides de la Terre, notamment les océans, sont attirées par la Lune et forment un bourrelet dans sa direction. Par symétrie, si le bourrelet des marées, emporté par la rotation terrestre, tire la Lune vers l'avant, la Lune tire sur le bourrelet pour le retenir en arrière, avec comme conséquence que la friction du bourrelet d'eau sur le fond océanique ralentit la rotation de la Terre. Selon certaines données, il y a 500 millions

d'années, l'année (révolution de la Terre) comptait 400j et la rotation de la Terre durait un peu moins de 22h. Vu le ralentissement mesuré, dans 500 millions d'années, l'année terrestre aurait une durée d'environ 333,12j, vu que sa journée prendrait environ 26,31h.

Cet effet des marées, occasionnées par la Lune sur la Terre, semblent se produire aussi par l'influence du Soleil sur Mercure. La vitesse de rotation de Mercure aurait été diminuée depuis sa formation parce que la planète tourne trois fois sur elle-même (rotation) pendant qu'elle effectue deux révolutions autour du Soleil, on parle alors de résonance 3 :2. La résonance spin-orbite est la situation dans laquelle la période de rotation et la période de révolution d'un même objet sont commensurables, c'est-à-dire que leur rapport est un nombre rationnel comme la résonance de Mercure avec le Soleil. Pour la Lune, qui a une rotation et une révolution identique par rapport à la Terre, nous parlons de résonance synchrone.

La dérive des continents, les courants marins, les phénomènes météorologiques, les séismes peuvent modifier de quelques microsecondes la période de rotation de la Terre, soit en l'accélérant soit en la diminuant, mais tout cela est difficile à mesurer et surtout à prévoir.

La courbure de l'espace-temps, modifiée par les planètes, le Soleil et les autres étoiles, crée des flots chaotiques au niveau de la gravité et joue principalement sur la révolution des astres mais aussi, dans une moindre mesure, sur leur vitesse de rotation.

Pour mesurer la rotation de la Terre, les scientifiques utilisent le VLBI (Very Long Baseline Interferometry) qui est un réseau international de radiotélescopes; ils se servent aussi des réseaux de satellites comme les satellites GPS.

La rotation de la Terre tient à une combinaison de trois mouvements :
 La rotation propre qui est le mouvement circulaire de l'axe de rotation.
 La précession qui est le mouvement conique décrit par l'axe autour de sa position moyenne; en effet l'axe, qui est incliné de 23,5° par rapport à la perpendiculaire de son plan orbital, décrit un cercle complet en 26 000 ans.

La nutation de l'axe qui correspond à des oscillations de l'axe; la principale oscillation est celle de Bradley et elle montre une amplitude de 9,2 secondes d'arc sur une période d'environ 19 ans. Ces oscillations sont très peu perceptibles car pour obtenir 1° d'arc, il faut 240 secondes d'arc.

L'inclinaison de l'axe ou l'obliquité d'un astre est l'angle entre l'axe de rotation de l'astre et la perpendiculaire à son plan orbital.

La gravité est le nom de l'accélération sur la surface d'un astre quelconque; sur la Terre, la gravité est nommée pesanteur. À une latitude de 45°, la gravitation terrestre est de 9,80 m/s²; elle vaut 9,78 m/s² à l'équateur et 9,83 m/s² aux pôles. La gravité diminue avec la distance au centre de la Terre, la personne à l'équateur subit une force de gravitation moindre. En outre, la force centrifuge qui s'exerce à l'équateur, du fait de l'éloignement maximum par rapport à l'axe de rotation, ajoute au phénomène d'allègement.

Chapitre 3.2 : Facteurs qui influent sur la vitesse de rotation des objets célestes solides.

Dans notre système solaire, la loi de la gravitation de Newton conduit les planètes, les astéroïdes et les comètes autour du Soleil. Par contre pour les trous noirs et les structures à grande échelle dans l'univers, nous avons besoin de la relativité générale. Toute masse produit de la gravité.

La gravité sur la Lune est de 1,67 m/s² alors qu'elle est de 274 m/s² sur notre Soleil.

Les forces gravitationnelles donnent aux objets qu'elles attirent des vitesses de révolution d'autant plus grandes qu'elles sont elles-mêmes intenses.

Les collisions entre les astres modifient parfois leur axe de rotation et peuvent aussi modifier leur vitesse de rotation. Une fois le sens de rotation et la vitesse de rotation acquise par le corps céleste, il n'y a pas de changement de sens de rotation ni de vitesse, à moins que l'objet soit de

nouveau frappé et que cela modifie le sens de rotation ou du moins augmente ou en diminue sa vitesse.

L'accélération centrifuge, due à la vitesse de rotation d'un astre, s'oppose à la gravité qui essaie de comprimer l'astre.

Chapitre 3.3 : Facteurs qui influent sur la vitesse de rotation des objets célestes gazeux.

Plus le nuage se contracte, plus la force de gravitation est importante et plus la vitesse de rotation augmente.

La latitude influence sur la vitesse de rotation des astres fluides; en exemple, la période de rotation de notre étoile, le Soleil, est de 35j aux pôles et de 25j à l'équateur. Cette réalité s'appelle la rotation différentielle; l'explication est que la vitesse de rotation d'un point sur une sphère est proportionnelle au carré de sa distance à l'axe de rotation. Un point à la surface de l'équateur est à une distance plus grande de l'axe de rotation qu'un point situé à la surface près des pôles.

La température à la surface d'un astre conditionne la vitesse d'agitation moyenne des particules gazeuses.

La vitesse de rotation d'une étoile diminue avec l'augmentation de leur âge sous les effets combinés du vent solaire et du champ magnétique qui emportent une partie du moment cinétique* de l'astre. Le vent solaire est un flux de plasma constitué essentiellement de protons et d'électrons qui sont éjectés de la haute atmosphère des étoiles.

Pour les étoiles de la séquence principale du diagramme HR, entre les types M et G, la vitesse de rotation varie entre 3 600 km/h et 18 000 km/h; par contre pour le type spectral F, les vitesses seraient aux alentours de 360 000 km/h et d'environ 720 000 km/h pour les étoiles du type B. En regard de ces résultats, nous pouvons dire qu'il y a un lien entre la température superficielle d'une étoile et sa vitesse de rotation; plus la température est élevée, plus les atomes se déplacent rapidement.

La vitesse dépend également de leur masse et de leur statut d'étoile simple, binaire ou multiple.

CONCLUSION

La forme la plus régulière des objets célestes dans l'univers est la forme sphérique. En premier lieu, il y a les étoiles, suivies de leurs planètes. Les lunes sont aussi souvent sphériques, même si plusieurs sont cependant de forme irrégulière. Les galaxies, qui sont habituellement aplaties, se classent en catégories elliptique, spirale et irrégulière. La Voie Lactée, notre galaxie, est de forme spirale. Les objets, se présentant dans des formes plus irrégulières, sont les comètes et surtout les astéroïdes.

Tout semble tourner dans l'univers; tout d'abord les particules élémentaires de la matière comme les protons, neutrons et électrons se comportent comme des corps tournant sur eux-mêmes, un mouvement qui induit un moment angulaire de spin. Les atomes et les molécules dans un gaz se déplacent rapidement et orientent le nuage de gaz dans un sens; lorsque le nuage de gaz s'effondre sous l'effet de la gravitation, il augmente sa vitesse de rotation et entraîne à l'entour de lui toute une panoplie d'objets célestes en formation. Étoiles et planètes forment des systèmes qui tournent à l'intérieur d'une galaxie; les galaxies tournent aussi sur elles-mêmes ainsi que les amas de galaxies; en fait, il semble qu'il n'y ait que l'univers qui pose encore question; il nous est impossible, pour le moment, de savoir si notre univers tourne vraiment sur lui-même, car nous ne pouvons l'observer, étant à l'intérieur de lui.

L'élément fondamental qui occasionne révolution et rotation des objets célestes est la gravité.

La circonférence des planètes du système solaire ne peut fournir une indication de leur vitesse de rotation. Pour connaître la vitesse, il faut aussi tenir compte de la période de rotation de la planète et il n'y a pas de lien direct entre la circonférence et la période de rotation. Regardez simplement les données pour Venus, Terre et Mars sur le tableau 3. La vitesse de rotation des étoiles est mesurée par spectroscopie.

La variation de la vitesse de rotation, des étoiles et des planètes, est très grande et difficile à formuler; en outre, les éléments, qui occasionnent ces variations, sont nombreux et ne semblent pas pouvoir être généralisés. En fait, même si nous pouvons classer les astres dans telle ou telle catégorie, chaque astre montre des particularités qui peuvent dépendre de plusieurs facteurs.

ANNEXE

Tableau 1 : Équivalence en degrés de valeurs d'ascension droite

Ascension droite	Déclinaison
24h	360°
1h	15°
4min	1°
1min	0,25°
1s	0,004 17°

Tableau 2 : Correspondance entre heure solaire et heure sidérale.

Date	Sidérale	Solaire	Correction
21 mars	12h	0h	12h
22 mars	12h	0h04	12h04
21 juin	12h	6h	18h
21 sept.	12h	12h	0h
21 déc.	12h	18h	6h

Tableau 3 : Vitesse de rotation des planètes du système solaire.

Planète	Circonférence	Période de rotation	Vitesse de rotation
Mercure	15 316,9 km	1 406 h	10,89 km/h
Venus	30 006,5 km	5 832 h	6,5 km/h

Terre	40 053,8 km	24 h	1 668,9 km/h
Mars	21 333,1 km	24,62h	886,5 km/h
Jupiter	448 392 km	9,83 h	45 614,65 km/h
Saturne	378 495,6 km	10,23 h	36 998,6 km/h
Uranus	160 516,8 km	17,2 h	9 332,4 km/h
Neptune	155 524,2 km	18 h	8 640,2 km/h

GLOSSAIRE

Écliptique : plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil; c'est aussi le grand cercle de la sphère céleste décrit par le Soleil dans son mouvement apparent annuel.

Effet Doppler : modification de la fréquence des vibrations sonores ou des rayonnements électromagnétiques perçus par un observateur, lorsque celui-ci et la source sont en mouvement relatif; utile pour mesurer la vitesse des étoiles et des galaxies.

Excentricité : éloignement de l'orbite d'une planète de l'étoile qui l'attire. Une excentricité de 0 c'est une planète sur une orbite parfaitement circulaire; la Terre est sur une orbite de 0,016 à l'entour du Soleil.

Force centrifuge : les effets de cette force tendent à éloigner de l'axe central de rotation une partie de cet objet.

Gravitation : phénomène selon lequel tous les corps matériels s'attirent réciproquement de façon proportionnelle à leur masse et inversement proportionnelle au carré de leur distance.

Moment cinétique : qui a le mouvement pour origine.

BIBLIOGRAPHIE

- Casoli, Fabienne et Encrenaz, Thérèse. Planètes extrasolaires. Belin, 2005.
 DeGrasse Tyson, Neil. Petite excursion dans le Cosmos. Belin, 2017.
 Frankel, Charles. Vous êtes ici. Dunod, 2008.

Gialis, Denis. Relativité générale et astrophysique : problèmes et exercices corrigés. EDP sciences, 2015.

Morissette, Gaétan. Astronomie, premier contact. Le Griffon d'argile, 2003.

Roy, Jean-René. Les carnets d'un astrophysicien : à l'écoute des étoiles. Éditions MultiMondes, 2013.

Urbain, Jean-Pierre. Le livre du ciel. Les 400 coups, 2002.

SITES INTERNET

Astronomia.fr

Astronoo.com

Astropolis.fr

Chaos94.free.fr

Cidehom.com

Ens-Lyon.fr

Formules-physiques.com

Jcboulay.free.fr

Jmmasuy.net

Obspm.fr

Planete.gaia.free.fr

Rocler.qc.ca

Systemesolaire.net

Unige.ch

Universalis.fr

Univ-Lyon1.fr

Villemin.gerard.free.fr

Wikipedia.org

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos.....	02
Partie 1 : Rotation des objets célestes.....	02
Chapitre 1.1 : Catégories et formes des objet célestes.....	02
Chapitre 1.2 : Est-ce que tous les objets célestes tournent?.....	05
Chapitre 1.3 : Pourquoi les objets célestes tournent-ils?.....	06
Partie 2 : Vitesse de rotation des objets célestes.....	06
Chapitre 2.1 : Est-ce que la vitesse de rotation est identique.....	06
Chapitre 2.2 : Vitesse maximum et minimum.....	10

Partie 3 : Facteurs qui influent sur la vitesse de rotation.....	11
Chapitre 3.1 : Pour la Terre.....	11
Chapitre 3.2 : Pour les objets célestes solides.....	13
Chapitre 3.3 : Pour les objets célestes gazeux.....	14
Conclusion.....	15
Annexe.....	16
Glossaire.....	17
Bibliographie.....	17
Internet.....	18
Table des matières.....	18