

Traduction de deux extraits de “Six pièces faciles” de Richard P. Feynman, dans lesquels il est question d’ellipses (Denise Vella-Chemla, 16.11.2020)

Ellipses et lois physiques

R. P. FEYNMAN

Les lois de Kepler

Avant tout, Kepler trouva que chaque planète tournait autour du soleil en suivant une courbe appelée ellipse, avec le soleil positionné à l’un des foyers de l’ellipse. Une ellipse n’est pas simplement une forme ovale, c’est une courbe très spécifique et précise qui peut être obtenue en utilisant deux piquets, l’un positionné à chaque foyer, une bobine de ficelle et un crayon ; plus mathématiquement, c’est la ligne formée par tous les points dont la somme des distances qui les séparent de deux points fixés (les foyers) est constante. Ou, si vous voulez, c’est un cercle raccourci (Fig. 1).

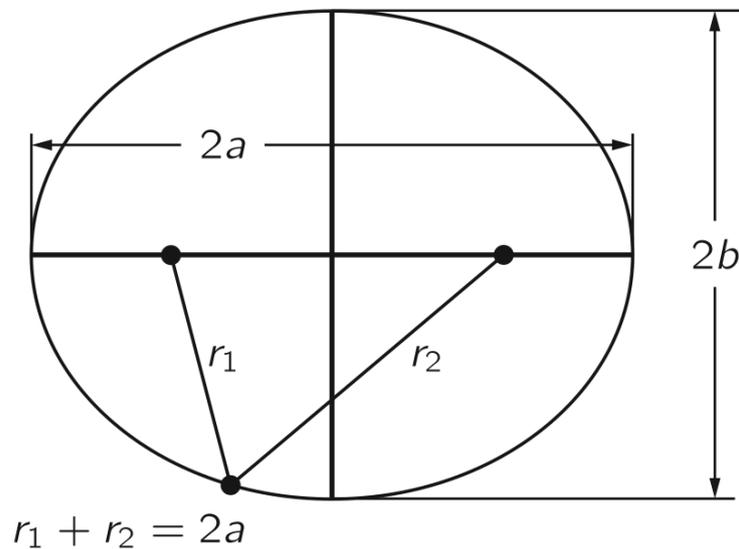


FIGURE 1 : une ellipse

La seconde observation de Kepler fut que les planètes ne tournaient pas autour du Soleil à une vitesse uniforme, mais qu’elles tournaient plus vite quand elles en étaient plus proche et moins vite quand elles en étaient plus éloignées, précisément de cette manière : supposons qu’une planète est observée à deux instants successifs, disons à une semaine d’intervalle, et qu’un rayon vecteur¹ est dessiné depuis le Soleil vers la planète pour chaque position observée. L’arc orbital traversé par la planète durant une semaine, et les deux rayons vecteurs, délimitent une certaine aire plane, l’une des deux aires hachurées dans la figure 5-2.

1. Un rayon vecteur est un segment de droite du Soleil vers tout point d’une orbite de planète.

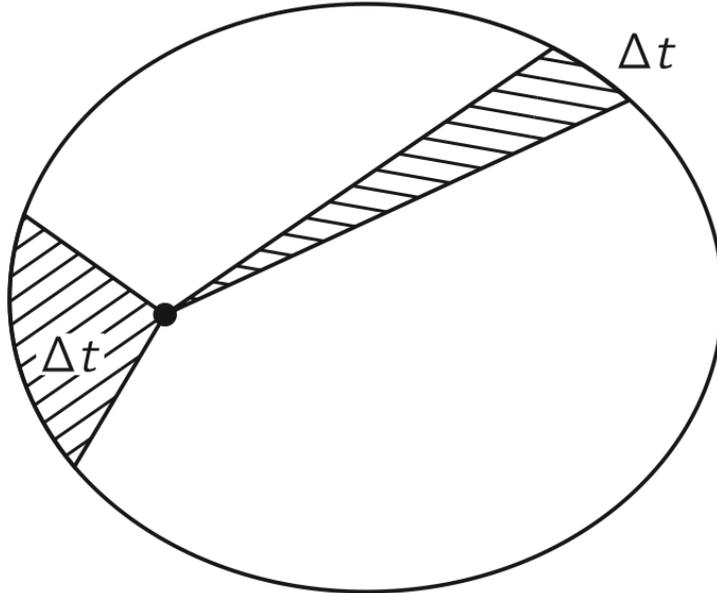


FIGURE 2 : la loi de Kepler pour les aires

Si deux observations sont alors faites à une semaine d'intervalle, dans un endroit de l'orbite dans lequel la planète est plus éloignée du Soleil (où la planète se meut plus lentement), l'aire délimitée (en l'occurrence la seconde aire hachurée sur la figure 5-2) aura exactement la même aire que dans le premier cas. Ainsi, en accord avec la seconde loi, la vitesse orbitale de chaque planète est telle que le rayon "balaye" des aires égales pendant des durées égales.

Finalement, une troisième loi fut découverte par Kepler bien plus tard ; cette loi est d'une catégorie différente des deux précédentes, parce qu'elle ne traite pas seulement le cas d'une seule planète, mais elle relie une planète à une autre. Cette loi dit que quand la période orbitale et la taille de l'orbite de deux planètes quelconques sont comparées, les périodes sont proportionnelles à la puissance $\frac{3}{2}$ ^{ième} de la longueur de l'orbite. Dans cette assertion, la période est le temps qu'il faut pour qu'une planète fasse un tour complet de son orbite, et le temps est mesuré par la longueur du plus grand diamètre de l'orbite elliptique, techniquement appelé le grand axe. Plus simplement, si les planètes décrivaient des cercles, comme elles le font presque, le temps requis pour parcourir le cercle serait proportionnel à la $\frac{3}{2}$ ^{ième} puissance du diamètre (ou du rayon). Ainsi, les trois lois de Kepler sont :

- I. Chaque mouvement décrit par une planète autour du Soleil est une ellipse, avec le Soleil à l'un des foyers.
- II. Le rayon vecteur du Soleil à une planète balaye des aires égales durant des durées égales.
- III. Les carrés des périodes de deux planètes quelconques sont proportionnels aux cubes des demi-grands axes de leurs orbites respectives : $T \propto a^{3/2}$.

Une autre question qui s'est posée aux astrophysiciens a été : les étoiles tournent-elles en respectant les lois de Newton ? Des mesures minutieuses des positions relatives d'un système de deux étoiles sont montrées dans la Figure 3. Nous voyons là une belle ellipse, les mesures ont commencé en 1862 et ont continué jusqu'aux environs de 1904 (elles ont dû continuer bien davantage). Tout coïncide avec les lois de Newton, excepté le fait que l'étoile Sirius A n'est *pas située au foyer de l'ellipse*. Comment cela peut-il être ? C'est dû au fait que le plan de l'ellipse n'est pas le "plan du ciel". Nous

ne regardons pas le plan de l'orbite à angle droit, et quand une ellipse est vue de biais, elle reste une ellipse mais le foyer n'est plus à la même place. Ainsi nous pouvons analyser les étoiles doubles, bougeant l'une par rapport à l'autre, en accord avec les contraintes de la loi de la gravitation.

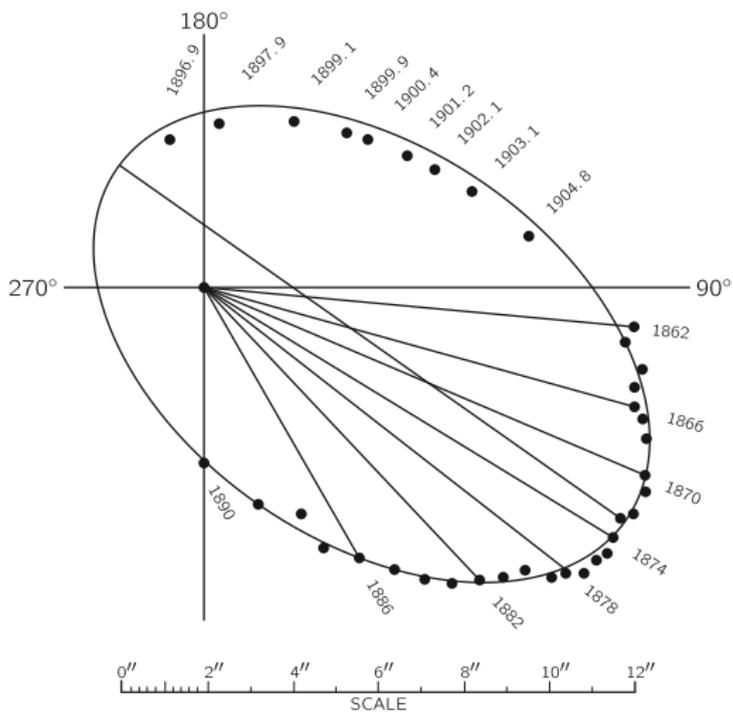


FIGURE 3 : l'orbite de Sirius B par rapport à l'orbite de Sirius A



Derrière ce lien, un gif animé d'une conchoïde d'ellipse trouvé sur la toile.

<http://denisevellachemla.eu/coquille-d-ellipse.gif>