

DD-DR 15 de Physique du 27/03/25

Des objets astronomiques, de Mars à Sirius

Mines 2024 MP Physique I (3 heures, calculatrices interdites)

Ce sujet comporte deux problèmes totalement indépendants étudiant différents aspects de l'astronomie (la science des planètes et des étoiles) et en particulier de l'astrophysique (l'étude des modèles physiques des astres). Le problème **I** décrit des notions connues depuis le XVII^e siècle (la mécanique céleste des trajectoires des planètes et les lois de KEPLER et NEWTON). Le problème **II** propose une étude de quelques propriétés énergétiques des étoiles en comparant leur énergie gravitationnelle avec des termes comparables liés aux autres interactions au sein de l'étoile.

Pour toutes les applications numériques, on se contentera de deux chiffres significatifs. Les notations des *constantes fondamentales* utiles, des *données numériques* et des rappels de *syntaxe Python* sont regroupés en fin d'énoncé. On pourra noter $\hat{u}_x, \hat{u}_y, \hat{u}_z$ la base cartésienne associée au repère $(Oxyz)$ et $\hat{u}_r, \hat{u}_\theta$ la base locale associée aux coordonnées polaires r, θ du point M situé dans le plan (Oxy) , cf. figure 1.

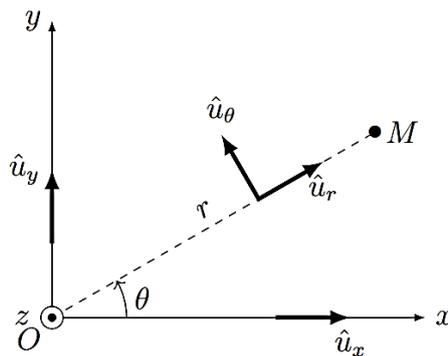


FIGURE 1 – Base locale associée aux coordonnées polaires

On posera $j^2 = -1$. On notera par un point les dérivées temporelles, $\dot{f} = \frac{df}{dt}$. Les vecteurs \vec{w} sont surmontés d'une flèche, sauf les vecteurs unitaires notés \hat{u} .

I- Les lois de Kepler et l'unité astronomique

Ce problème est consacré aux lois de KEPLER (1609 et 1618) et à une mesure historique de l'unité astronomique par CASSINI (1672). On notera que ces travaux sont tous deux nettement antérieurs à la publication de la loi de la gravitation universelle par NEWTON (1687).

On s'intéressera en particulier aux orbites de la Terre et de Mars, la planète la plus proche de la Terre avec une trajectoire extérieure. Le plan de sa trajectoire est presque confondu (à moins de 2° près) avec le plan de l'écliptique (la trajectoire terrestre). Ces deux trajectoires sont proches de cercles autour du Soleil.

I.A Mouvements d'une planète sous l'action d'un astre attracteur

On étudie ici, relativement à un référentiel galiléen (\mathcal{R}_0) , le mouvement d'un astre \mathcal{P} assimilé à un point P de masse m_P sous l'action du seul champ de gravitation exercé par un autre astre attracteur \mathcal{A} de masse m_A et de centre fixe A . On notera $\vec{r} = \overrightarrow{AP}$, $r = \|\vec{r}\|$ et $\vec{r} = r\hat{u}_r$.

□ – 1. Quelle condition (inégalité forte) permet de considérer A comme fixe ?

Quelle est l'expression de la force gravitationnelle \vec{F} exercée par \mathcal{A} sur \mathcal{P} si les deux astres sont assimilés à des points ?