

Passage de la Terre à l'aphélie en juillet 2023

P. ROCHER, © INSTITUT DE MECANIQUE CELESTE ET DE CALCUL DES EPHEMERIDES – OBSERVATOIRE DE PARIS

Introduction

Selon les lois de Kepler, le barycentre Terre-Lune suit en première approximation une orbite elliptique autour du Soleil. On peut donc calculer les distances minimales (périhélies) et maximales (aphélies) entre le centre du Soleil et le centre de la Terre. Ces deux positions correspondent aux extrémités du grand axe de l'ellipse (*l'axe des absides*). En raison de la loi des aires, la vitesse angulaire héliocentrique de la Terre est la plus lente à l'aphélie et la plus rapide au périhélie.

Définition

En réalité le problème est plus complexe. Le barycentre Terre-Lune tourne autour du centre de gravité du système solaire et la Terre tourne autour du centre de gravité du système Terre-Lune. On doit donc calculer la position du barycentre Terre-Lune dans un repère centré sur le Soleil, puis calculer la position de la Lune par rapport à la Terre et en déduire la position de la Terre par rapport au barycentre Terre-Lune, cela permet d'avoir les coordonnées du centre de la Terre par rapport au centre du Soleil et la distance géométrique entre le centre du Soleil et le centre de la Terre. De plus, l'orbite du barycentre Terre-Lune n'est pas képlérienne, mais subit les perturbations des autres planètes du système solaire. Cela se traduit par des variations des paramètres de l'ellipse osculatrice notamment son excentricité et son demi-grand axe et cela crée une avance de son périhélie (et de son aphélie). Le demi-grand axe tourne de 11,61" dans le sens direct (un tour en environ 111 600 ans). La période moyenne de révolution du barycentre Terre-Lune dans un repère tournant avec le demi-grand axe porte le nom de révolution anomalistique moyenne. C'est le temps moyen que met le barycentre Terre-Lune pour revenir à une même position dans un repère tournant avec le demi-grand axe. Cette période moyenne est de 365,25964134 jours, soit 365 jours 6h 13min 53,01s. Comme l'excentricité et le demi-grand axe ne sont pas constants, les distances Terre-Soleil au périhélie et à l'aphélie vont varier au cours du temps. De même, le temps séparant deux passages consécutifs à l'aphélie (la révolution anomalistique vraie) ne sera pas constant, mais va varier autour de la période de révolution anomalistique moyenne. Enfin, notre calendrier, le calendrier grégorien, est construit de manière à suivre les saisons (la révolution tropique), c'est-à-dire le mouvement rétrograde de la ligne des équinoxes, le mouvement du demi-grand axe se faisant dans le sens direct cela va se traduire par des dates des passages à l'aphélie (et au périhélie) qui vont avancer dans notre calendrier au cours du temps.

Le passage à l'aphélie en juillet 2023

Si l'on prend comme échelle de temps le Temps universel coordonné (UTC), le passage à l'aphélie de la Terre en 2023 tombe le 6 juillet à 20h 6min 38s UTC et sa distance au Soleil est de 152 093 250,543 km, le diamètre apparent du Soleil est alors de 31,4628'.

Le tableau ci-dessous donne les dates des passages à l'aphélie pour les années 2015 à 2025 ainsi que les distances de la Terre au Soleil.

Dates en UTC ¹	Distances au Soleil	Écart de distance avec le passage précédent	Révolution anomalistique vraie
06/07/2015 à 19h 40min 22s	152 093 480,551 km	74km	367,81037 j
04/07/2016 à 16h 24min 12s	152 103 775,487 km	10 295km	363,86377 j
03/07/2017 à 20h 11min 21s	152 092 504,048 km	-11 271km	364,15774 j
06/07/2018 à 16h 46min 45s	152 095 565,623 km	3 062km	367,85792 j
04/07/2019 à 22h 10min 47s	152 104 285,097 km	8 719km	363,22502 j
04/07/2020 à 11h 34min 44s	152 095 295,258 km	-8 990km	365,55830 j
05/07/2021 à 22h 27min 25s	152 100 527,044 km	5 232km	366,45325 j
04/07/2022 à 07h 10min 44s	152 098 455,102 km	-2 072km	363,36341 j
06/07/2023 à 20h 06min 38s	152 093 250,543 km	-5 205km	367,53876 j
05/07/2024 à 05h 05min 58s	152 099 968,251 km	6 718km	364,37459 j
03/07/2025 à 19h 54min 37s	152 087 737,601 km	-12 231km	363,61712 j

Tableau 1: Dates des passages à l'aphélie.

On remarque que la date du passage à l'aphélie évolue sur cette période entre le 3 et le 6 juillet. Les différences de distances entre deux passages consécutifs s'expliquent en partie par le mouvement de la Terre autour du barycentre Terre-Lune, par la phase de la Lune et par la position de la Lune par rapport à son apogée et son périhélie. Les autres écarts sont dus au mouvement du centre du Soleil par rapport au centre de gravité du système solaire et aux perturbations planétaires sur l'orbite du barycentre Terre-Lune.

La distance entre le barycentre Terre-Lune et le centre de la Terre varie en fonction la distance Terre-Lune donc de la position de la Lune sur son orbite par rapport à son périhélie et son apogée (~ 4950km à l'apogée et ~ 4500km au périhélie). La distance Terre-Soleil est la somme dans l'espace du vecteur Soleil barycentre Terre-Lune et du vecteur barycentre Terre-Lune centre de la Terre. Les plus gros écarts ont lieu entre un aphélie à la nouvelle Lune et un aphélie à la pleine lune.

¹ Ces valeurs dépendent des théories planétaires utilisées, ainsi que des théories de précession et de nutation. Attention, il peut y avoir aussi des écarts de l'ordre de la seconde en fonction des estimations des valeurs extrapolées des TT-UTC pour le futur.

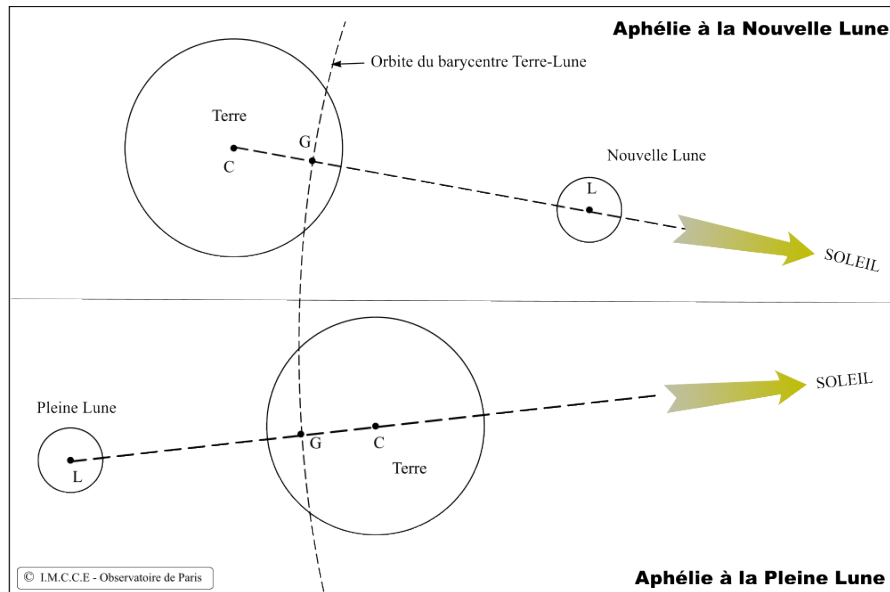


Figure 1 : Différence de distance entre deux aphélie consécutifs.

La figure ci-dessus nous montre le cas des passages à l'aphélie de 2019 et 2020. Sur la figure G est le barycentre Terre-Lune dont l'orbite est presque elliptique, L le centre de la Lune, C le centre de la Terre et S le centre du Soleil. Pour simplifier la figure, on a mis la Lune dans le plan de l'écliptique et on a supposé que les aphélie avaient lieu à la nouvelle Lune et à la pleine lune. En 2019, la Terre passe à l'aphélie le 4 juillet, deux jours après la nouvelle Lune, la distance ST est donc proche $SG+CG$. En 2020 la Terre passe à l'aphélie le 4 juillet et la pleine Lune a lieu le 5 juillet, la distance ST est donc proche $SG - CG$. La différence de distance à l'aphélie est donc de l'ordre de moins $2 CG$, ce qui est bien le cas ($-8\ 990\text{km}$).

Évolution sur un siècle

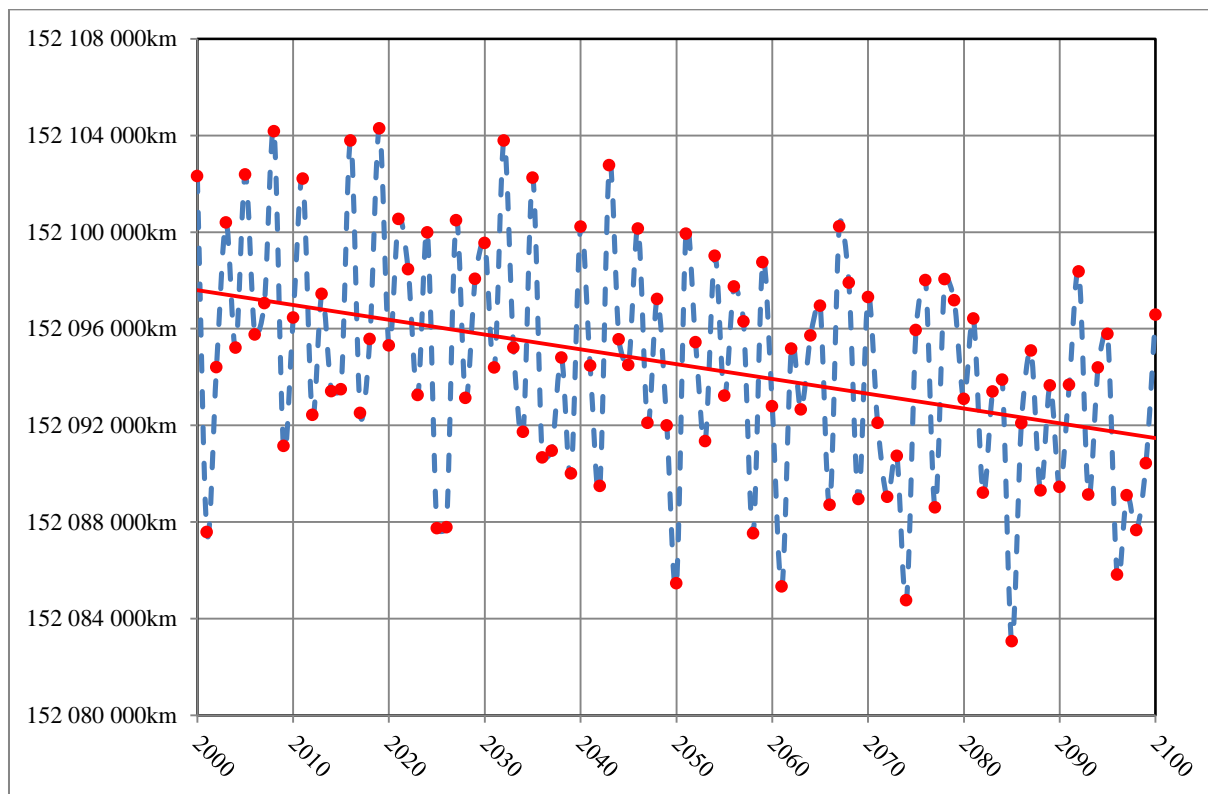


Figure 2 : Évolution des passages à l'aphélie entre 2000 et 2100

La figure ci-dessus montre l'évolution des distances à l'aphélie sur la période de 2000 à 2100, la ligne rouge montre l'évolution moyenne de la distance aphélie sur cette période. Vers la fin du siècle, les dates des passages à l'aphélie évoluent entre le 4 et le 7 juillet.

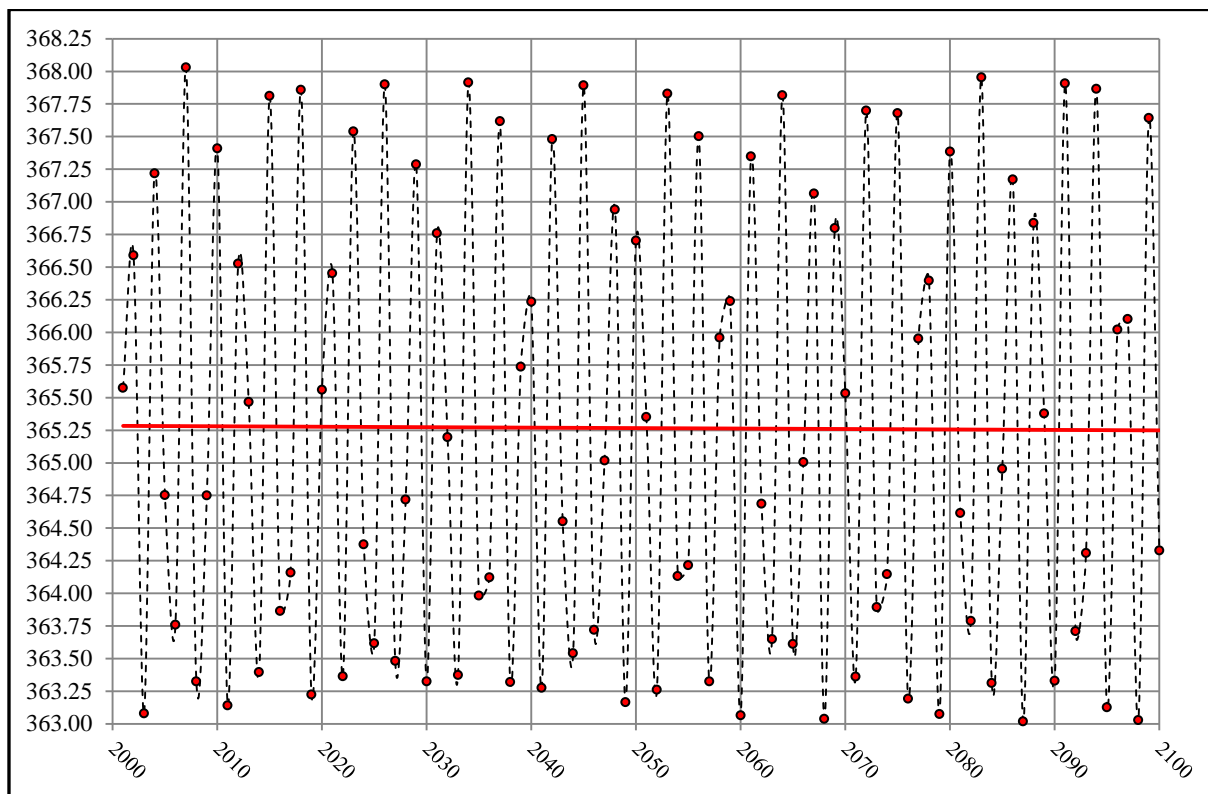


Figure 3 : Évolution de la durée des révolutions anomalistiques vraies à l'aphélie en 2001 et 2100

La figure ci-dessus donne l'évolution de la durée des révolutions anomalistiques vraies séparant deux passages consécutifs à l'aphélie. On constate que ces durées évoluent dans un intervalle dont l'amplitude est de l'ordre de quatre jours. La plus faible période est celle comprise entre 2086 et 2087 (363,01811 jours) et la plus longue est celle comprise entre 2006 et 2007 (368,02957 jours). La valeur moyenne des révolutions anomalistiques sur cette période est de 365,26672 jours, cette valeur est légèrement supérieure à la valeur de la révolution anomalistique moyenne (365,24964 jours) calculée à l'aide des éléments moyens de l'orbite terrestre. Cet écart s'explique par le fait que la révolution anomalistique moyenne de 365,24964 jours est indépendante de la position sur l'ellipse, alors que la valeur moyenne que nous calculons dépend d'un point spécifique de l'ellipse, son aphélie. Donc pour rattraper l'aphélie la vitesse angulaire de la Terre est plus lente (car proche de l'aphélie) donc la période moyenne est un peu plus longue.

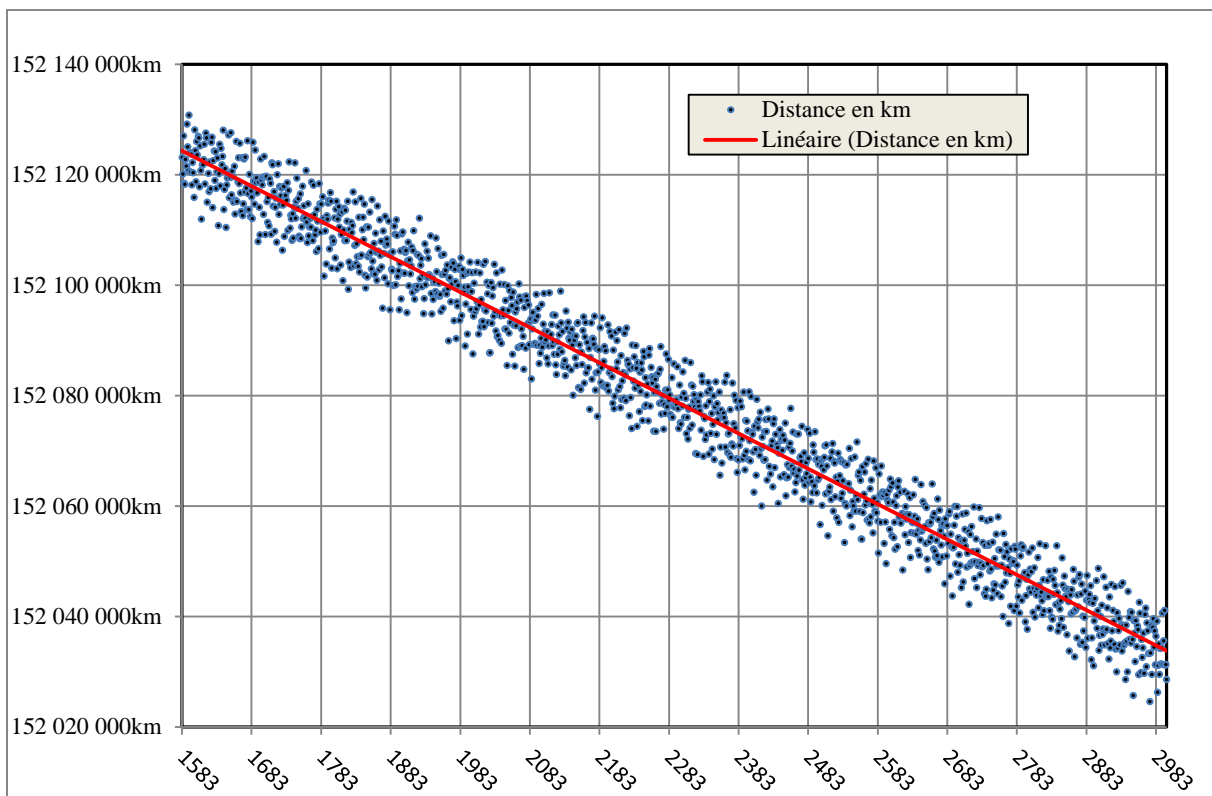


Figure 4 : Évolution des distances à l'aphélie entre 1583 et 3000.

La figure ci-dessus montre l'évolution des distances à l'aphélie entre 1583 (début du calendrier grégorien) et l'an 3000. La ligne en rouge montre l'évolution moyenne de ces valeurs. On observe bien une diminution de la distance moyenne sur cette période.

À l'époque de la création du calendrier grégorien, les dates des passages à l'aphélie évoluaient entre le 26 et le 29 juin. Vers la fin du millénaire, les dates des passages à l'aphélie évolueront entre le 20 et le 23 juillet.