

# Aide **ThreeBody**

5 février 2012



FIGURE 1 – **ThreeBody** Version 3.01

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Quel est l'usage de <b>ThreeBody</b> ?</b>	<b>2</b>
1.1	Ce qui est nouveau dans la version 3. . . . .	2
1.1.1	De nouvelles conditions initiales. . . . .	2
1.1.2	Une nouvelle présentation. . . . .	2
1.1.3	Ajout du menu fichiers récents. . . . .	3
<b>2</b>	<b>Installation de <b>ThreeBody</b> (sur Mac).</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Utilisation de <b>ThreeBody</b> .</b>	<b>4</b>
3.1	Mode Introduction. . . . .	4
3.1.1	Modification du ciel, du vaisseau et des trajectoires. . . . .	4
3.2	Mode Calcul . . . . .	5
3.2.1	Choix des conditions initiales . . . . .	5
3.2.2	Choix des conditions du calcul . . . . .	5
3.2.3	Modification des paramètres . . . . .	5
3.3	Démarrage, arrêt du calcul et retour au mode Introduction. . . . .	6
3.4	Enregistrement des conditions du calcul et de l'image. . . . .	6
3.4.1	Enregistrement des conditions du calcul. . . . .	6
3.4.2	Enregistrement de l'image. . . . .	7

# 1 Quel est l'usage de **ThreeBody** ?

Ce programme illustre le problème des 3 corps. C'est un problème classique en mécanique céleste : il s'agit de déterminer les trajectoires d'un univers limité à 3 planètes liées par la gravitation universelle. Ce qui est intéressant, c'est que ce problème, bien que son énoncé soit simple, n'a pas de solution explicite comme le problème des 2 corps où l'on sait, depuis Newton, que les trajectoires sont des coniques (ellipse, parabole ou hyperbole).

Dans le cas du problème à trois corps on ne peut rien dire en général du comportement asymptotique du système pour des conditions initiales arbitraires. Les ordinateurs n'apportent pas de réponse à ce problème puisqu'il ne peuvent travailler pendant un temps infini (où du moins pour des durées représentant la longévité approximative du système solaire, quelques milliards d'années), et qu'ils ont une précision limitée, qui conduit à une accumulation d'erreurs qui rend leurs prévisions à long terme erronées.

## 1.1 Ce qui est nouveau dans la version 3.

### 1.1.1 De nouvelles conditions initiales.

Cette nouvelle version de **ThreeBody** enrichit les cas remarquables du problème des 3 corps.

**Aux 2 cas disponibles dans les versions précédentes :**

- **Le cas dit de "Lagrange"** où les trajectoires sont périodiques, découvert au 18<sup>ième</sup> siècle par **Joseph Louis, comte de Lagrange** (Giuseppe Lodovico Lagrangia en italien, né le 25 janvier 1736 à Turin - mort le 10 avril 1813 à Paris) ).
- **Le cas des orbites en 8.** Ces orbites périodiques remarquables ont été découvertes par **Moore** en 1993 et redécouvertes par **Chenciner et Montgomery** en 2001. Montgomery 2001 indique que des «expériences numériques réalisés par **Heggie** suggèrent que la probabilité d'un huit est quelque part entre une par galaxie et d'une par univers." **Heggie** 2000 décrit une série d'expériences de diffusion. Si les coordonnées de la particule initiale centrale sont modifiées par autant que de 0,13 (en unités standard), le comportement en 8 ne persiste pas au bout de  $T = 100$ .

**On a ajouté 2 cas intéressants :**

- **Le problème de Pythagore.** Ces conditions initiales pour le problème de Pythagore sont donnés sur [www.sverre.com](http://www.sverre.com) et discuté dans le livre de **Aarseth**. Les masses sont dans le rapport 3,4,5, sur les sommets d'un triangle rectangle. En 1893, le mathématicien **Meissel** a conjecturé que ces conditions initiales serait de nature à produire une orbite périodique. **Burrau** en 1913 et **Szebehely et Peters** en 1967 ont enquêté sur cette intrigante configuration numérique.
- **Les orbites entrecroisées.** Ces orbites périodiques sont décrites dans un document publié en 2005 par **Moore et Nauenberg**. Elles ont d'abord été obtenues par **Henon** en 1976, et redécouvertes par **Moore** en 1993, et plus récemment rigoureusement avéré être un membre d'une famille d'orbites rétrogrades. Les auteurs assurent que des orbites semblables existent pour les différents rapports de masse. *Pouvez-vous en trouver un ?*

### 1.1.2 Une nouvelle présentation.

Le programme travaille suivant 2 modes :

- **Le mode Introduction.** Au démarrage **ThreeBody** est dans ce mode qui représente une simple animation avec trois planètes et un vaisseau spatial sur un fond de ciel. Le mouvement des 3 planètes n'est pas un mouvement calculé. Simplement, la planète la plus grosse décrit une ellipse, la planète de taille moyenne décrit une orbite circulaire autour de la planète principale et la petite planète décrit une orbite circulaire autour de la planète de taille moyenne. Quand au vaisseau spatial il effectue un mouvement rectiligne en rebondissant sur les bords de l'écran.
- **Le mode Calcul.** Pour entrer dans ce mode il faut choisir les conditions initiales, puis démarrer le calcul. Le calcul est fait suivant une méthode de **Runge et Kutta** au 4<sup>ième</sup> ordre à pas variable. Bien que cette méthode numérique soit précise, suivant les cas, on pourra s'apercevoir, qu'au bout d'un certain temps, elle accumule les erreurs.

**Un aspect plus ludique.** Enfin on a donné un aspect plus ludique au programme en utilisant tout l'écran. Il peut ainsi servir de fond d'écran animé.

### 1.1.3 Ajout du menu fichiers récents.

## 2 Installation de **ThreeBody** (sur Mac).

**ThreeBody** est distribué sous la forme d'une image disque compressée : **ThreeBody.dmg.zip**. Une fois cette image décompressée, il suffit de lancer l'image disque **ThreeBody.dmg** et de copier le dossier **ThreeBody\_3.0.0** dans le dossier **Applications**.

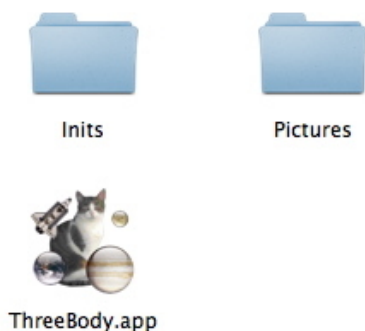


FIGURE 2 – Contenu du dossier **ThreeBody\_3.0.0** : ce dossier contient l'application **ThreeBody** et 2 dossiers. Le dossier **Pictures** contient des images de ciel, le dossier **Inits** est destiné à l'enregistrement des conditions du calcul.

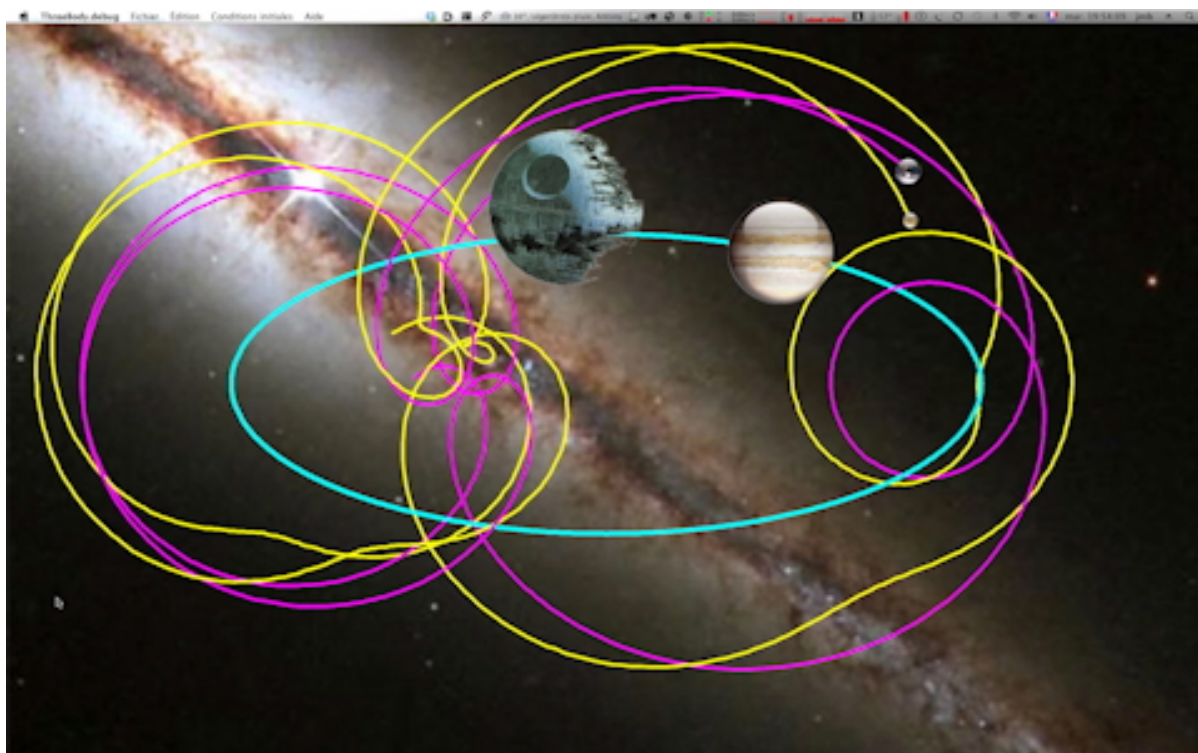


FIGURE 3 – **ThreeBody** en mode Introduction.

### 3 Utilisation de **ThreeBody** .

#### 3.1 Mode Introduction.

Au démarrage, **ThreeBody** est en mode **Introduction** (voir figure [3]). Dans ce mode qui représente une simple animation avec trois planètes et un vaisseau spatial sur un fond de ciel. Le mouvement des 3 planètes n'est pas un mouvement calculé. Simplement, la planète la plus grosse décrit une ellipse, la planète de taille moyenne décrit une orbite circulaire autour de la planète principale et la petite planète décrit une orbite circulaire autour de la planète de taille moyenne. Quand au vaisseau spatial il effectue un mouvement rectiligne en rebondissant sur les bords de l'écran.

##### 3.1.1 Modification du ciel, du vaisseau et des trajectoires.

On peut modifier le ciel, les trajectoires et le vaisseau en utilisant le dialogue **Préférences**. On accède à ce dialogue par le menu **ThreeBody**→**Préférences** (voir figure [4]).

- **Choix du ciel.** En cliquant sur le bouton (...) on peut choisir dans le dossier **Pictures** le ciel qui vous convient.
- **Le choix du vaisseau.** En cliquant sur le bouton radio correspondant.
- **Pour chaque planète** on peut afficher ou non sa **trajectoire**, choisir la **couleur** en cliquant sur l'image correspondante et l' de la trajectoire avec le bouton **Up/Down**.
- **Pour les 2 petites planètes**, on peut fixer le nombre de rotations qu'elles effectuent pendant le parcours de l'ellipse par la planète principale.
- **Retard au démarrage.** Il s'agit du délai au bout duquel la simulation commence après le démarrage du mode **Introduction**. Ceci peut être utile si on désire faire une capture d'écran.

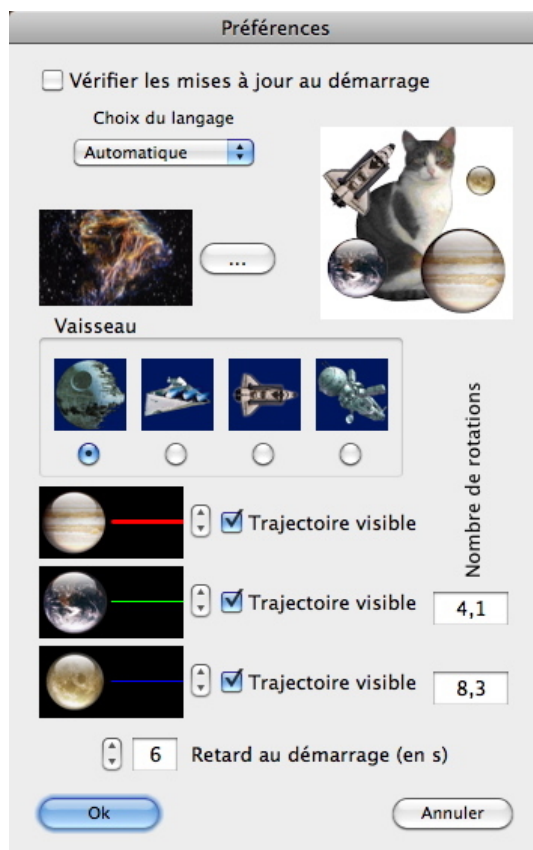


FIGURE 4 – **Dialogue Préférences**. Ce dialogue permet aussi d'opter pour une **vérification des mises à jour** à chaque démarrage du programme (le menu **ThreeBody**→**Vérifier les mises à jour** permet de le faire manuellement) et de **choisir la langue** de l'interface (*Anglais, Allemand ou Français*).

## 3.2 Mode Calcul

### 3.2.1 Choix des conditions initiales

Pour fixer les conditions initiales on utilise le menu **Conditions initiales**. On a le choix entre 6 types de conditions :

- **Lagrange**. Planètes de masses égales placées sur un triangle équilatéral.
- **Orbites en 8**. Planètes de masses égales.
- **Orbites entrecroisées**. Planètes de masses égales.
- **Le problème de Pythagore**. Les planètes sont placées au sommet d'un triangle rectangle et leur masses sont 3, 4, 5.
- **Orbites du système Soleil-Terre-Jupiter**. Pour illustrer la masse non négligeable de Jupiter.
- **Depuis un fichier**. À partir de conditions initiales sauvegardées.

### 3.2.2 Choix des conditions du calcul

Lorsqu'on a choisit des conditions initiales le dialogue Conditions du calcul apparaît (voir figure [5]).

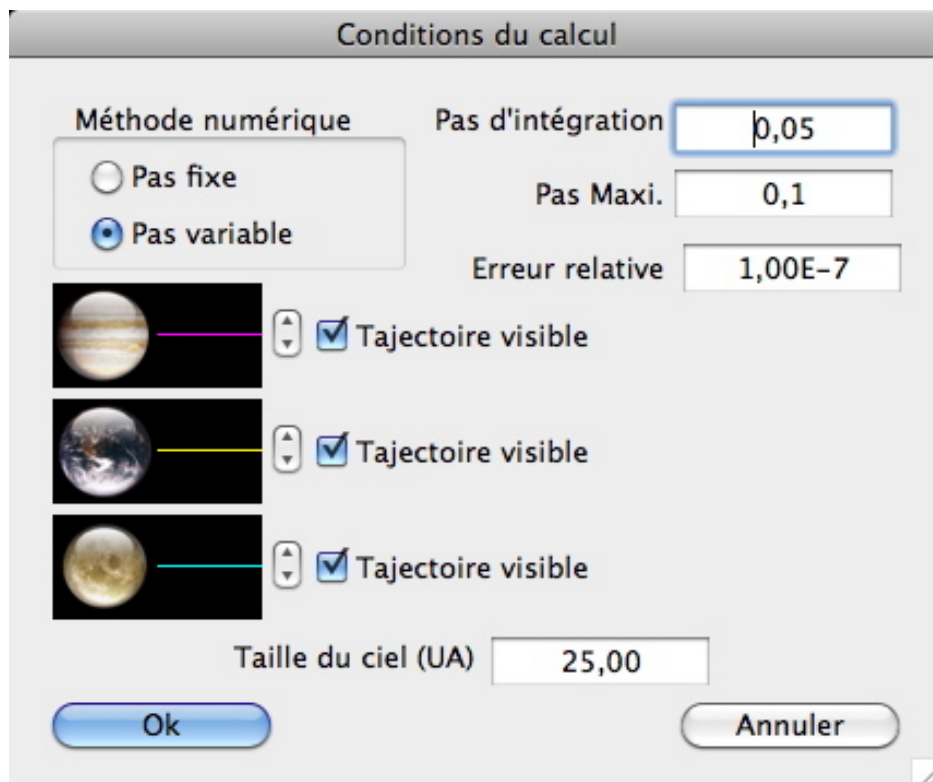


FIGURE 5 – Dialogue Conditions du calcul. L'unité de temps est l'année ( $\approx 365,25$  jours), l'unité de longueur est l'unité astronomique ( $1 \text{ UA} \approx 150$  millions de km). On peut donc choisir la méthode de Runge et Kutta à pas fixe ou variable, le pas de temps temporel initial, le pas maximal admissible et l'erreur relative tolérée qui fixe l'ajustement du pas. La "taille du ciel" désigne simplement l'espace représenté par l'écran. On peut également spécifier l'apparence des trajectoires, comme dans le dialogue Préférences (voir figure [4]).

À noter que le menu **Conditions initiales**→**Conditions du calcul** apparaît. Il permet d'accéder à nouveau au dialogue **Conditions du calcul**.

### 3.2.3 Modification des paramètres

Mais le dialogue **Conditions du calcul** ne modifie pas les paramètres qui sont proposées dans les cas standards (*masses, positions, vitesses*). Lorsque le dialogue *Conditions du calcul* se ferme, les planètes apparaissent sur l'écran dans leur positions initiales. On peut alors modifier leurs positions, masses et vitesses en cliquant l'une d'elles : le dialogue **Modifications des paramètres** apparaît alors (voir figure [6]).

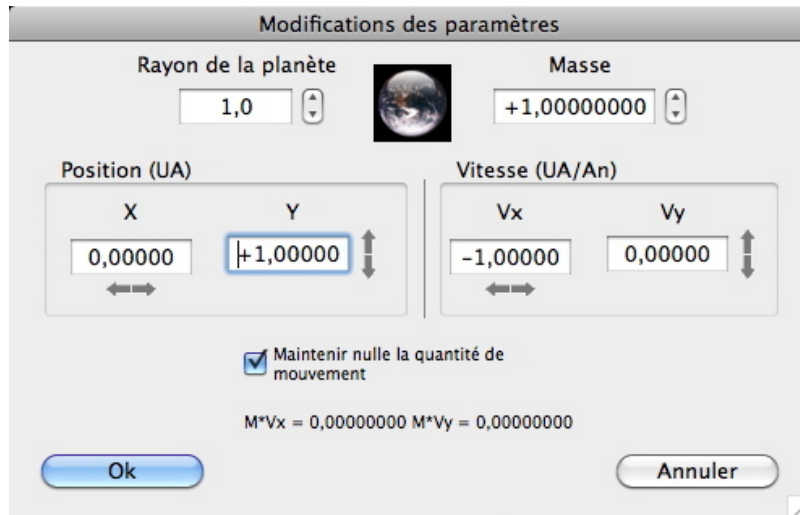


FIGURE 6 – **Dialogue Modifications des paramètres.** On peut modifier la **masse**, la **position** et la **vitesse** de la planète. Si la case **Maintenir nulle la quantité de mouvement** est cochée, cette propriété est conservée. On peut également modifier le rayon de la planète, c'est un paramètre purement esthétique qui n'a aucune influence sur le calcul.

### 3.3 Démarrage, arrêt du calcul et retour au mode Introduction.

Ces opérations sont lancées par le menu **Action** :

- **Action**→**Démarrer.** Lance ou relance (après un arrêt) le calcul. La fenêtre Temps apparaît (voir figure [7]).
- **Action**→**Arrêter.** Arrête le calcul.
- **Action**→**Introduction.** Retour au mode Introduction.

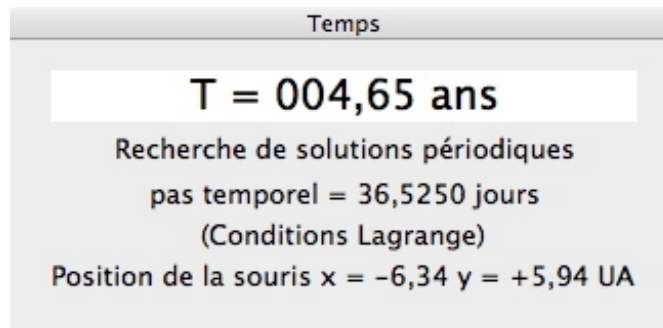


FIGURE 7 – **Fenêtre Temps.** Cette fenêtre indique le temps en années, le pas temporel du calcul, rappelle les conditions initiales choisies. Elle donne également la position de la souris dans le "Ciel".

### 3.4 Enregistrement des conditions du calcul et de l'image.

#### 3.4.1 Enregistrement des conditions du calcul.

Menu **Fichier**→**Enregistrer les conditions du calcul.** Lorsque les conditions du calcul ou les paramètres ont changé, il est possible d'enregistrer les conditions du calcul. Recommandé de sauvegarder ces conditions dans le dossier **Inits** (voir figure [2]).

### 3.4.2 Enregistrement de l'image.

Menu **Fichier**→**Enregistrer l'image**.



FIGURE 8 – **Sauvegarde d'une image**. Il est possible de sauvegarder l'image des trajectoires au format .jpg. On peut ajouter l'image des planètes en cochant la case **Avec les planètes**.