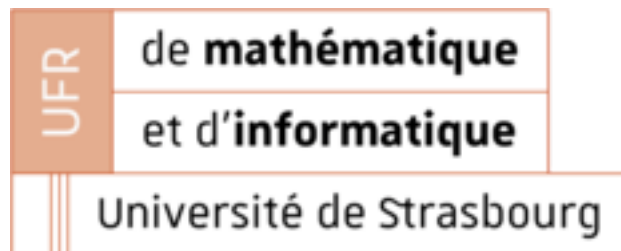


# Systemes Complexes et Optimisation Stochastique Massivement Parallèle

## Rapport de Projet

**Equipe:**  
ALLEMAND Fabien  
LEBOT Samuel



# Contents

<b>1</b>	<b>Sampling</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Algorithme Évolutionnaire</b>	<b>4</b>
2.1	Masse du Soleil . . . . .	4
2.2	Masse de la Terre . . . . .	4
2.3	Vitesse de la Terre à la Périhélie . . . . .	4

# List of Figures

1

Earth trajectories depending of the mass of the Sun . . . . .

4

# 1 Sampling

Let us study the Earth in the heliocentric referential.

**System:** Earth, assimilated to a material point of mass  $M_T$

**Referential:** Galilean assumed heliocentric referential

**Coordinates System:** Polar coordinates

**Balance of forces:** Attraction force of the Sun of mass  $M_S$ :  $\vec{F} = -G \frac{M_T M_S}{r^2} \vec{e}_r$

According to Newton's second law:

$$M_T \vec{a} = \vec{F} \iff \begin{cases} M_T(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2) = -G \frac{M_T M_S}{r^2} \\ M_T(2\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta}) = 0 \end{cases} \quad (1) \iff \begin{cases} \ddot{r} = r\dot{\theta}^2 - G \frac{M_T M_S}{r^2} \\ \ddot{\theta} = -\frac{2\dot{r}\dot{\theta}}{r} \end{cases} \quad (2)$$

In order to sample the Earth's trajectory, we perform two Euler methods in parallel: the first one allows us to obtain the speed and the second one gives us the actual position.

$$\begin{cases} r_{n+1} = r_n + \dot{r}_n \delta t \\ \theta_{n+1} = \theta_n + \dot{\theta}_n \delta t \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \dot{r}_{n+1} = \dot{r}_n + \ddot{r}_n \delta t \\ \dot{\theta}_{n+1} = \dot{\theta}_n + \ddot{\theta}_n \delta t \end{cases} \quad (4)$$

As we want to sample 1024 points:

$$\delta t = \frac{365,25 \times 24 \times 3600}{1024}$$

We also have to set the initial conditions. Let us suppose we start to sample when the Earth is located at the perihelion, as the distance between the Earth and the Sun and the speed of the Earth at this point are known, we obtain the following conditions:

$$\begin{cases} r_0 = 147,1 \times 10^9 \\ \theta_0 = \pi \\ \dot{r}_0 = 0 \\ \dot{\theta}_0 = \frac{2\pi \times 30,2 \times 10^3}{\pi \times (3(a+b) - \sqrt{(3a+b) \times (a+3b)})} \end{cases} \quad (5)$$

with  $a = 1521,0 \times 10^8$  and  $b = 1471,0 \times 10^8$

## 2 Algorithme Évolutionnaire

La première partie du sujet consistait à retrouver trois valeurs influençant l'orbite de la Terre autour du Soleil : la masse du Soleil, la masse de la Terre et la vitesse de la Terre à la périhélie en utilisant les algorithmes évolutionnaires présents dans EASEA.

Pour cela nous avons procédé en trois étapes distinctes car la méthode d'échantillonnage ne permet pas de retrouver les trois quantités simultanément. En effet, il n'est pas possible de retrouver la masse de la Terre et la masse du Soleil en une seule expérience car elles sont uniquement présentes dans un produit dans la formule de Newton. Il existe donc une multitude de couples de valeurs menant au même résultat.

La première étape consiste à effectuer un échantillonnage avec les valeurs réelles afin d'obtenir une liste de coordonnées polaires de la Terre dans le référentiel Héliocentrique.

Le génome de chaque individu correspond à la quantité à retrouver qui est initialisée à une valeur de l'ordre de grandeur attendu.

D'une génération à l'autre, un individu fils correspond à la moyenne de ses deux parents et chaque individu peut muter avec une certaine probabilité. Cette mutation correspond à une augmentation ou une diminution d'un certain pourcentage de sa valeur.

Afin de calculer le score, on procède à un nouvel échantillonnage de la position de la Terre dans le référentiel Héliocentrique avec la valeur trouvée.

**Remarque** || Dans le cas de la vitesse de la Terre à la périhélie, la vitesse trouvée est utilisée comme vitesse initiale. Le score correspond à la somme des distances entre les points des deux trajectoires ainsi obtenues. Ainsi le résultat du programme ne dépend pas directement de la valeur à trouver mais d'échantillons qui auraient pu être observés sans connaître la quantité.

Nous utilisons de l'élitisme faible, c'est à dire que le meilleur individu de la population globale (parents et enfants) est garanti d'être conservé dans la prochaine génération.

### 2.1 Masse du Soleil

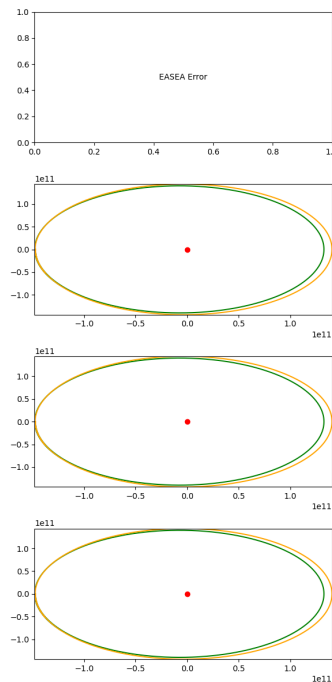


Figure 1: Earth trajectories depending of the mass of the Sun

### 2.2 Masse de la Terre

### 2.3 Vitesse de la Terre à la Périhélie