
RAPPORT DE STAGE, PROJET ...

Intitulé du stage, projet ...



Thomas Sandri
PPMD

Commanditaires
Abdel Kader

Janvier 2025

Sommaire

1 Frottement atmosphérique	5
1.1 Définition	5
1.1.1 Une première sous-section	5
1.2 Une deuxième section	5
Une première sous sous-section	5
2 Modèle de décroissance	7
2.1 Les satellites	7
Annexe A Codes sources	9

Liste des figures

1.1 Évolution de la densité atmosphérique	5
2.1 Modèles de décroissance	7

Liste des tableaux

1.1 Ordre de grandeur de la durée de vie moyenne d'un satellite en fonction de son altitude	6
---	---

Introduction

Le freinage atmosphérique est le principal phénomène physique responsable de la rentrée des débris spatiaux dans l'atmosphère

Chapitre 1

Frottement atmosphérique

Sommaire

1.1 Définition	5
1.1.1 Une première sous-section	5
1.2 Une deuxième section	5

1.1 Définition

La force de freinage atmosphérique est définie par l'équation 1.1 :

$$\vec{f}_{atm} = -\frac{1}{2} \frac{m \rho}{S} \frac{\vec{v} \cdot \vec{v}}{\|\vec{v}\|} \vec{v} \quad (1.1)$$

Cette équation nous vient de [King-Hele, 1964] mais aussi de [Pierre Exertier, 2003]. Pour plus de détails sur cette formule voir l'annexe A.

1.1.1 Une première sous-section

Les images 1.1a et 1.1b de 1.1 montrent l'évolution de la densité atmosphérique pour

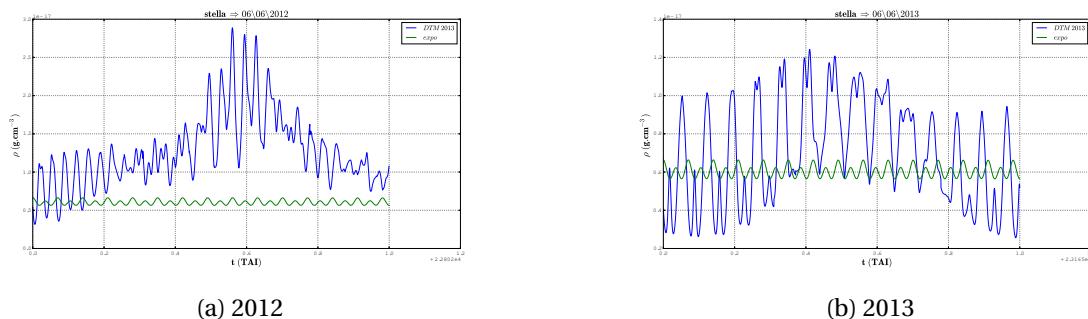


FIGURE 1.1 – Évolution de la densité atmosphérique

1.2 Une deuxième section

Le tableau 1.1 montre l'effet du freinage atmosphérique sur la période de vie des satellites.

Une première sous sous-section

200	60 jours
250	220 jours
500	quelques années
1000	plusieurs siècles
1500	10000 ans

TABLE 1.1 – Ordre de grandeur de la durée de vie moyenne d'un satellite en fonction de son altitude

Chapitre 2

Modèle de décroissance

Sommaire

2.1 Les satellites	7
-------------------------------------	----------

2.1 Les satellites

Des modèles de décroissance sous forme polynomiale ont été établis. La figure 2.1 résume tout ceci.

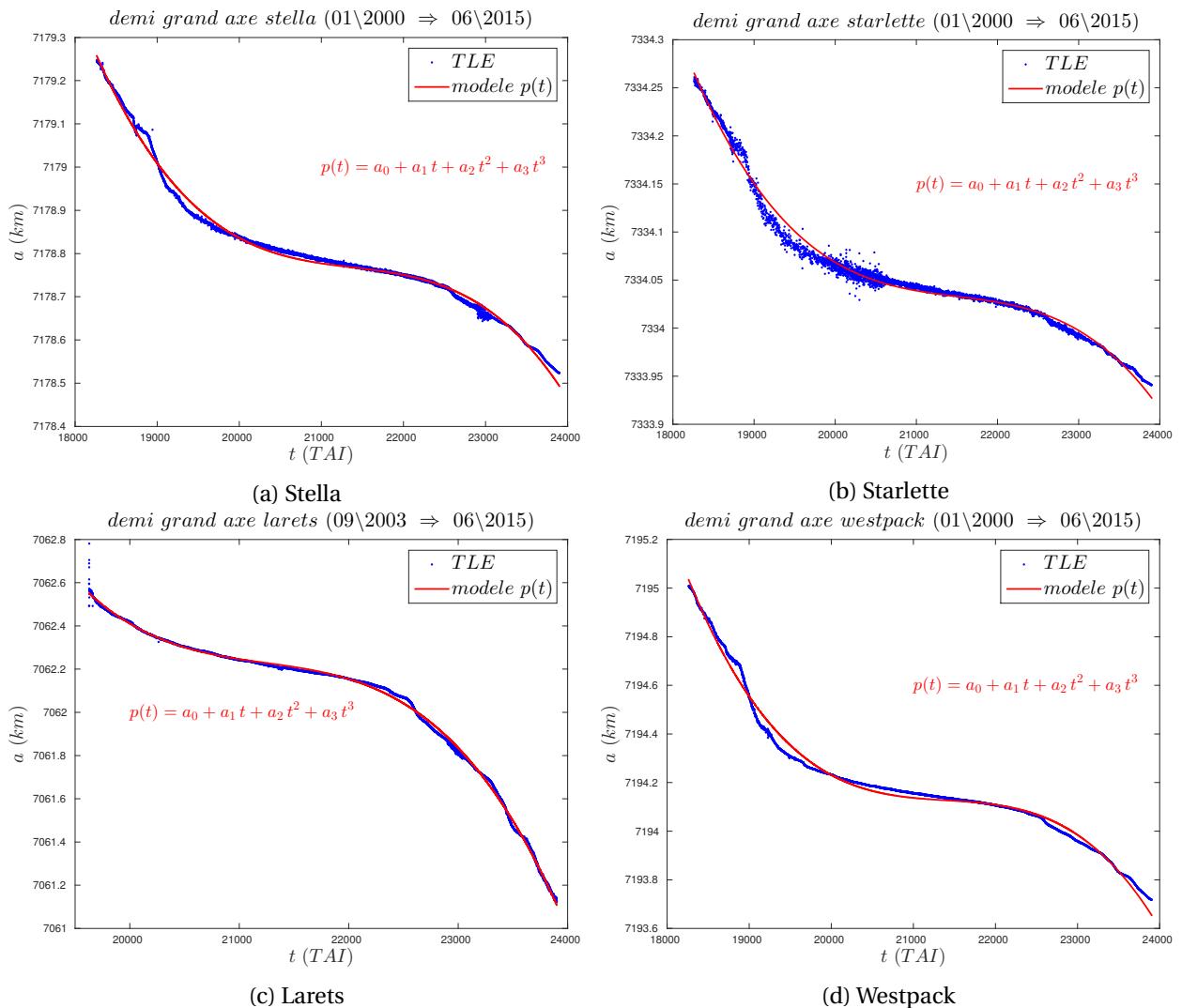


FIGURE 2.1 – Modèles de décroissance

Allez une belle équation bien sale avec une belle couleur

$$\dot{a} = \frac{2a^2}{h} [e \sin v \cdot a_r + (1 + e \cos v) \cdot a_\theta] \quad (2.1)$$

$$\dot{e} = \frac{h}{\mu} \left[\sin v \cdot a_r + \left(\frac{e + \cos v}{1 + e \cos v} \right) \cdot a_\theta \right] \quad (2.2)$$

$$\dot{i} = \frac{r \cos(v + \omega)}{h} \cdot a_h \quad (2.3)$$

$$\dot{\omega} = \frac{h}{e\mu} \left[-\cos v \cdot a_r + \frac{2 + e \cos v}{1 + e \cos v} \sin v \cdot a_\theta \right] - \frac{r \sin(v + \omega) \cos i}{h \sin i} \cdot a_h \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} \dot{\Omega} &= n - \frac{h \sqrt{1 - e^2}}{\mu} \left[\left(\frac{2}{1 + e \cos v} - \frac{\cos v}{e} \right) \cdot a_r + \frac{\sin v}{e} \left(\frac{2 + e \cos v}{1 + e \cos v} \right) \cdot a_\theta \right] \\ &= n - \sqrt{1 - e^2} \left(\frac{2r}{h}; a_r + \dot{\omega} + \dot{\Omega} \cos i \right) \end{aligned} \quad (2.5)$$

Annexe A

Codes sources

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main()
6 {
7
8     cout << "Hello World \n";
9
10    return 0;
11
12 }
```

```
1 program test
2
3 implicit none
4
5 write(*,*)"Hello world"
6
7 end program test
```

```
1 clear all
2 close all
3
4 %%% Boucle %%%
5
6 x=zeros(10,1);
7
8 for i=1:10
9     x(i)=i;
10 end
```

Bibliographie

- [King-Hele, 1964] King-Hele, D. (1964). *Theory of satellite orbits in an atmosphere*. London Butterworths.
- [Pierre Exertier, 2003] Pierre Exertier, F. D. (2003). Les Équations du mouvement orbital perturbé. Technical report, Observatoire de la Côte d'Azur.