

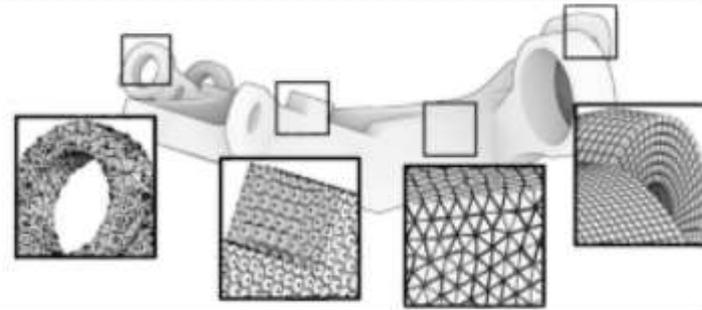


COMMUNICATION ORALE *En Ingénierie aérospatiale*

GTMG : Journées
du Groupe de Travail
en Modélisation Géométrique

LORIA Nancy

2 et 3 juillet 2020



Thermal attitude of a Cubesat by geometric modeling « Attitude Thermique d'un Cubesat par modélisation géométrique »

Présentée par :

AKKA Amine

Sous la direction du :

Dr. BENABDELOUAHAB Farid

le 03/07/2020



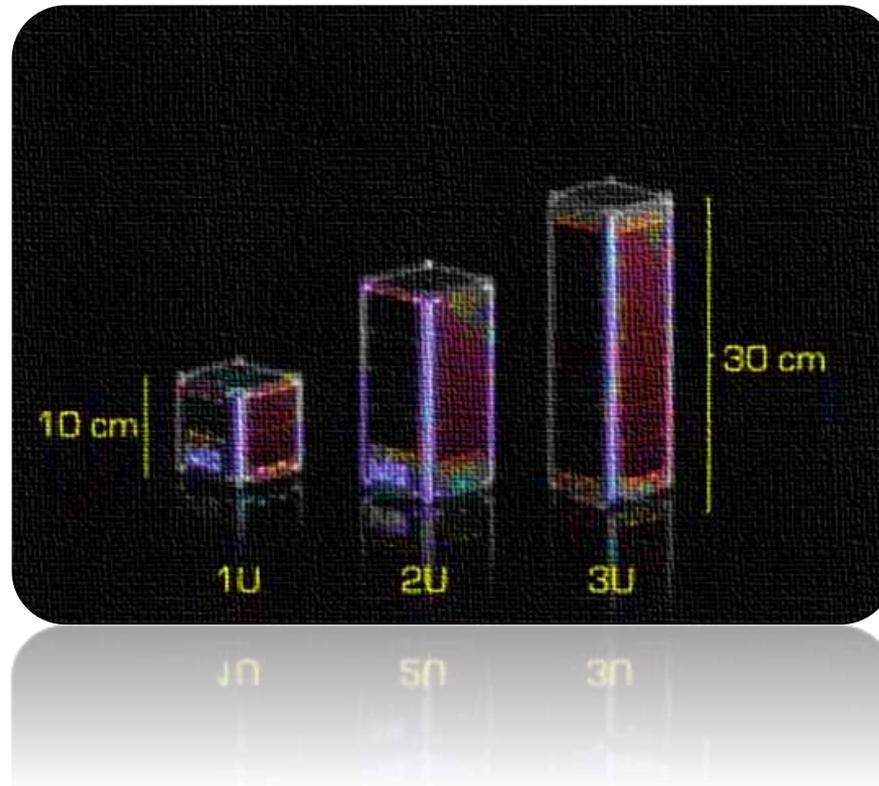
Attitude Thermique d'un Cubesat par modélisation géométrique

PLAN

- **Introduction**
- **Contexte et objectifs**
- **Méthodologie**
- **Résultats**
- **Conclusion**

Introduction

Définition

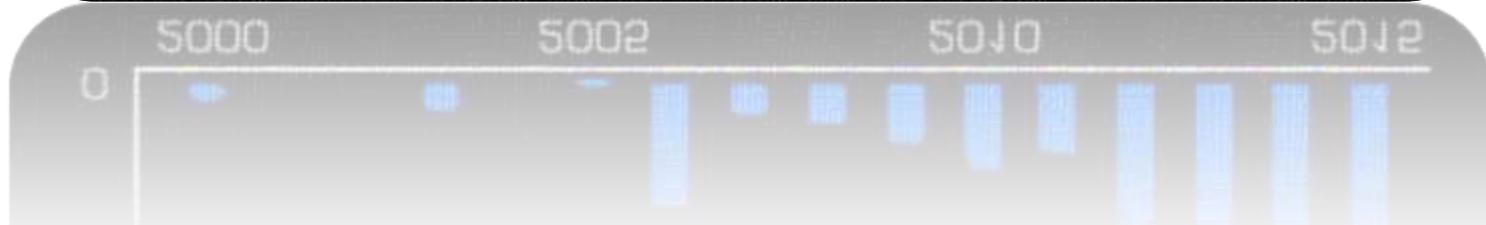
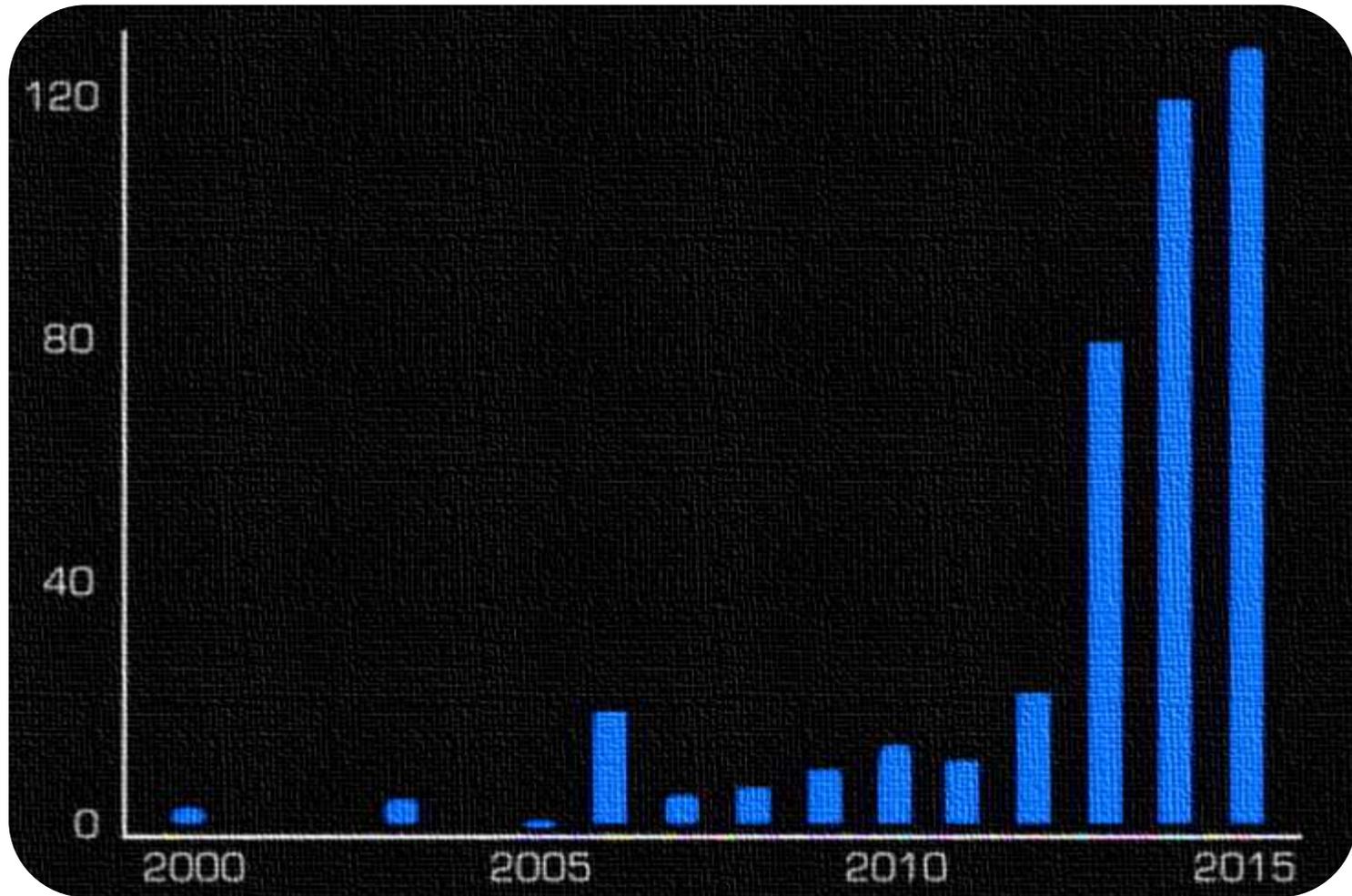


Lorsqu'on s'intéresse à la nomenclature des CubeSats, on les définit en termes d'unité 1U.

À première vue, ces CubeSats apparaissent inutiles, mais ceci a rapidement changé grâce à la miniaturisation de l'électronique..

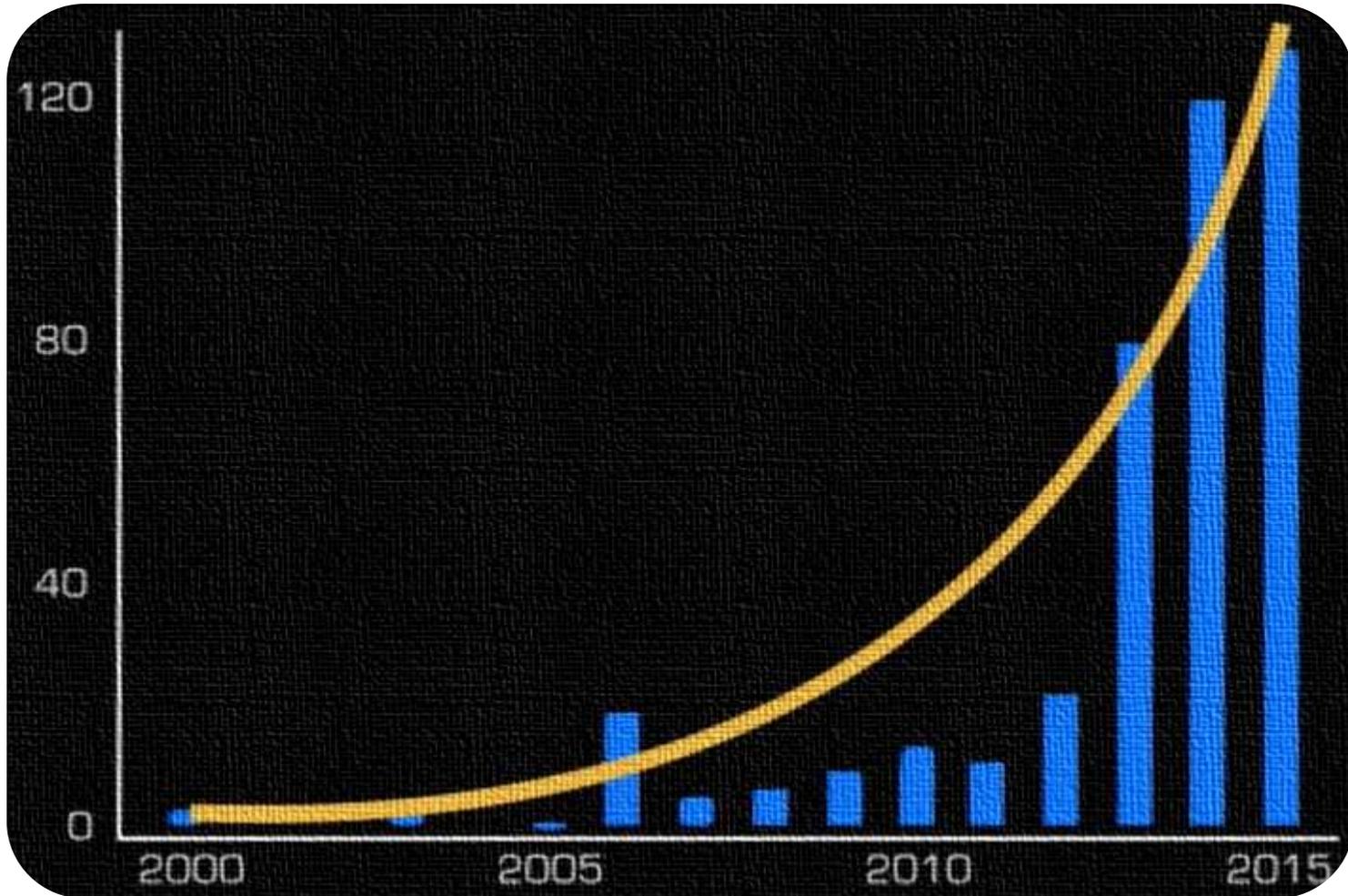
Introduction

Cubesats lancés depuis les années 2000



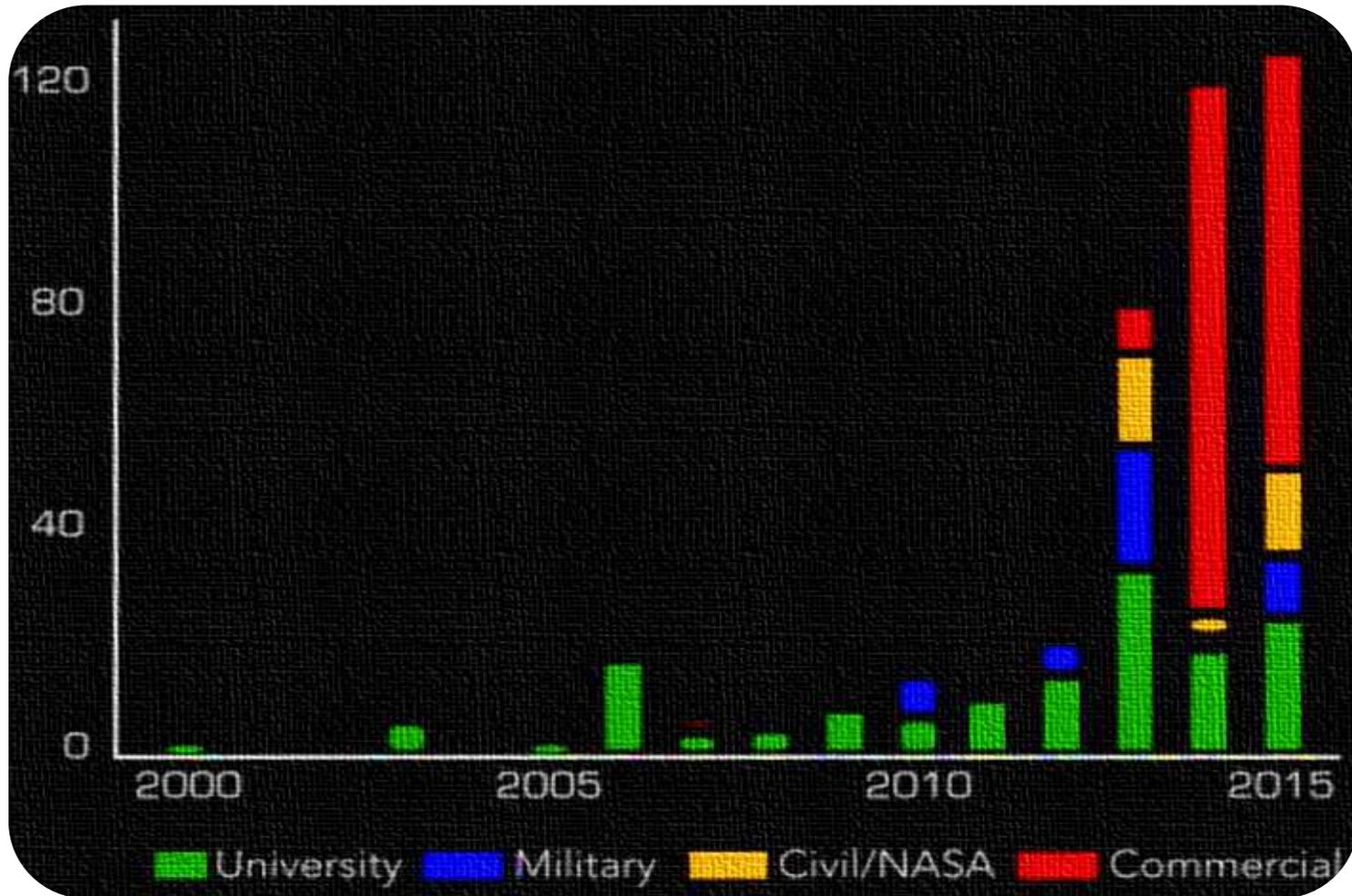
Introduction

Cubesats lancés depuis les années 2000



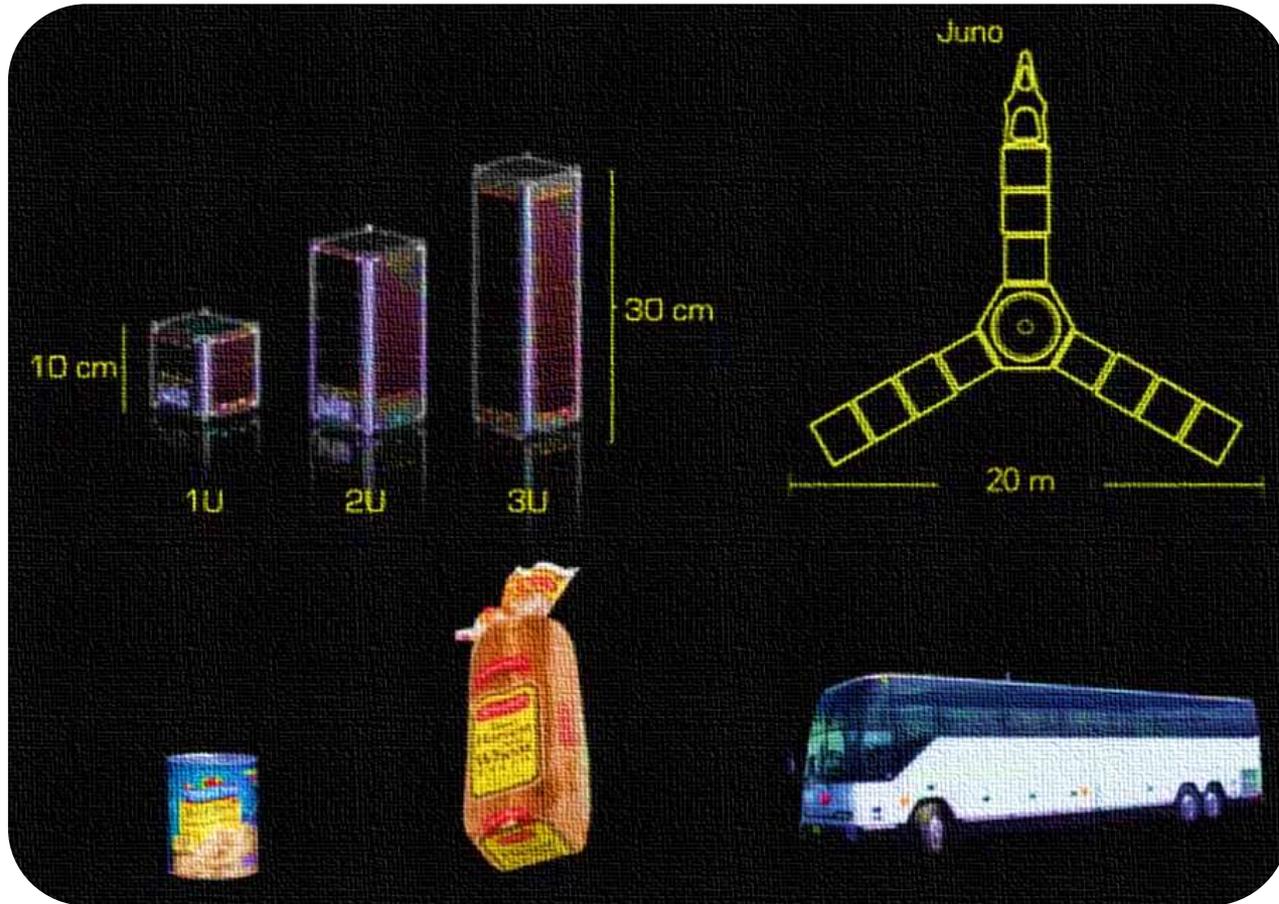
Introduction

Cubesats lancés depuis les années 2000



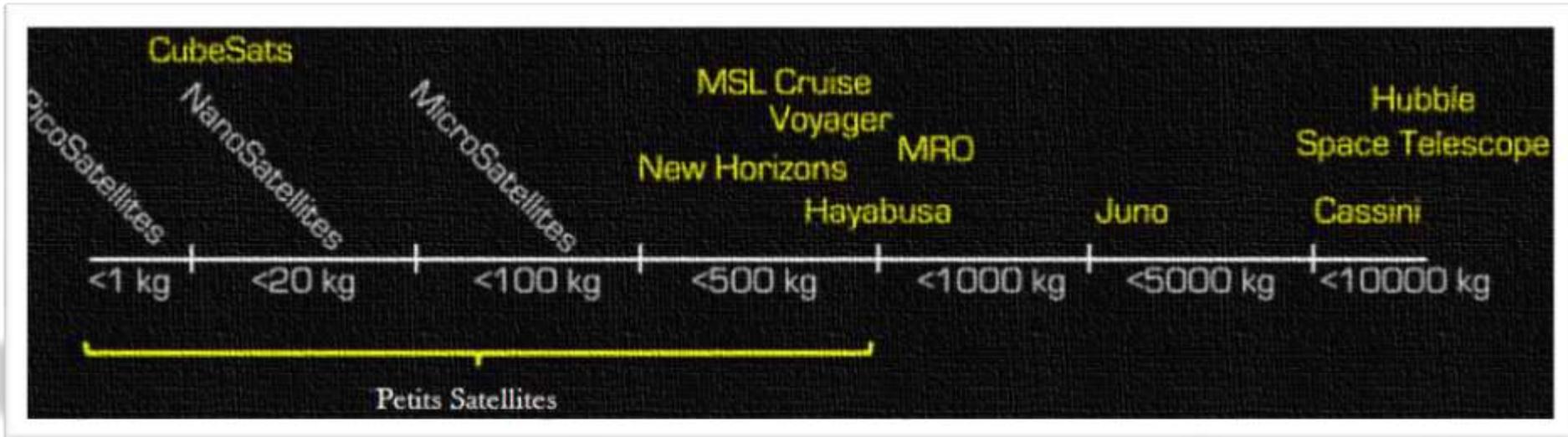
Introduction

Pour donner une idée...



Introduction

Poids des Cubesats



Plusieurs satellites qui ont été envoyés pour l'exploration du système solaire pesaient entre 500Kg jusqu'à 10000Kg .

Introduction

L'idée du Cubesat

Prof Bob Twiggs
Stanford University



Prof Jordi Puig-Suari
CalPoly - San Luis Obispo



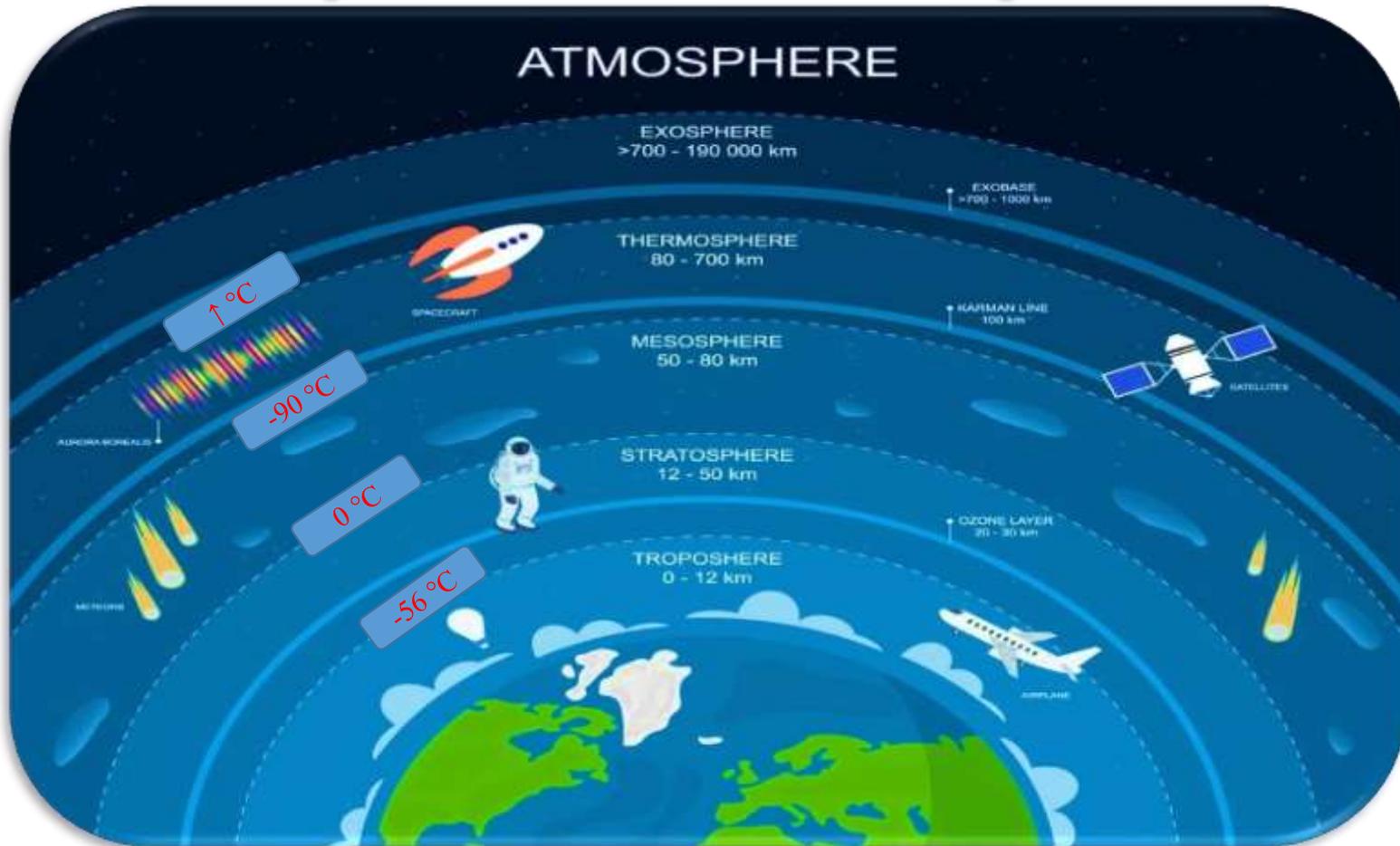
Introduction

L'idée du Cubesat



Introduction

A quoi sert le contrôle thermique?



Un contrôle thermique a donc pour objectifs de :

- Adapter les échanges avec l'environnement de façon à assurer une température moyenne convenable.
- Jouer sur les échanges internes de façon à faciliter l'évacuation des puissances dissipées en interne.

A quoi sert le contrôle thermique?

Maintien dans des intervalles précis:

- Gradient de température
- Stabilité de température
- flux du Rayonnement/ flux par Conduction

De quoi:

- Composants électroniques
- Instrument à bord ex. banc optique
- Structure
- Les interfaces entre les modules

Intervalles étroits de températures (Composants électroniques):

Sous-système	Equipement	Température limite (°C)
		Fonctionnement en vol
Communication	Emetteur/Récepteur	-10/+60
	Antenne	-100/+100
Energie de bord	Batterie	-10/+25
	Panneau solaire	-100/+100
	Régulateur	-45/+65
Ordinateur de bord	Calculateur	-20/+50

Pourquoi est ce que c'est trop important???

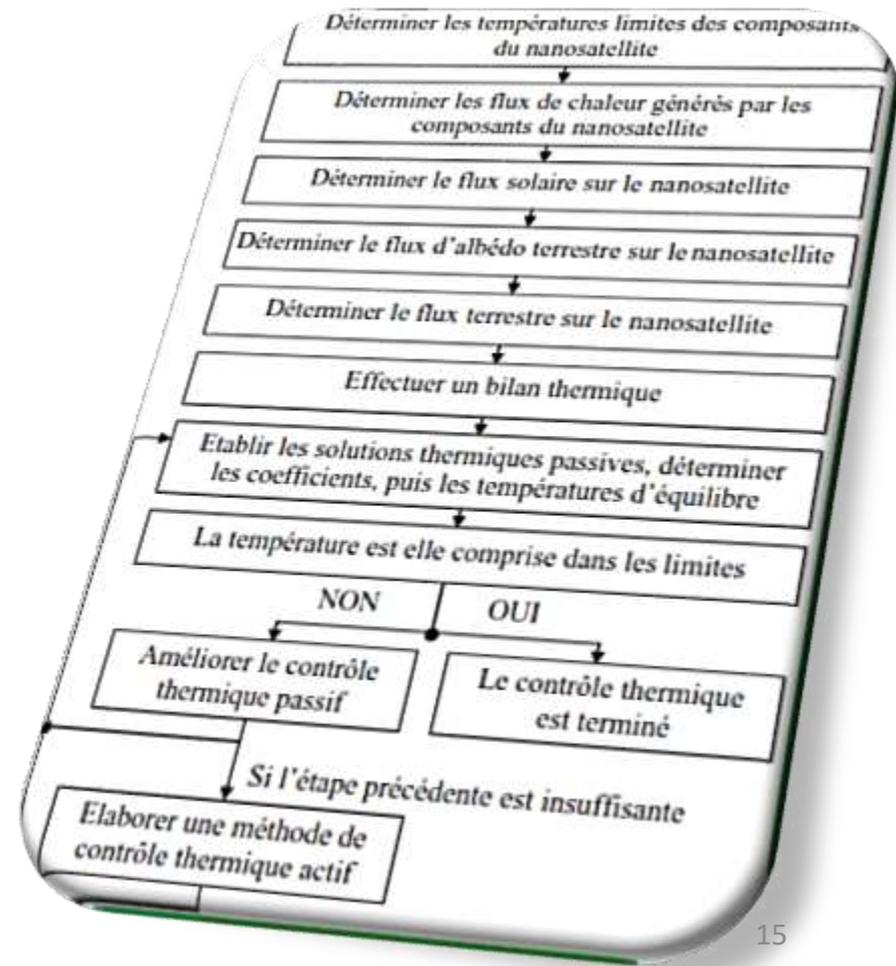
- Basses températures
- Intervalles étroits de températures
- Petits gradients de températures

Fiabilité des composants
Sensibilité des détecteurs
Soudage des instruments à bord

Organigramme de conception du contrôle thermique

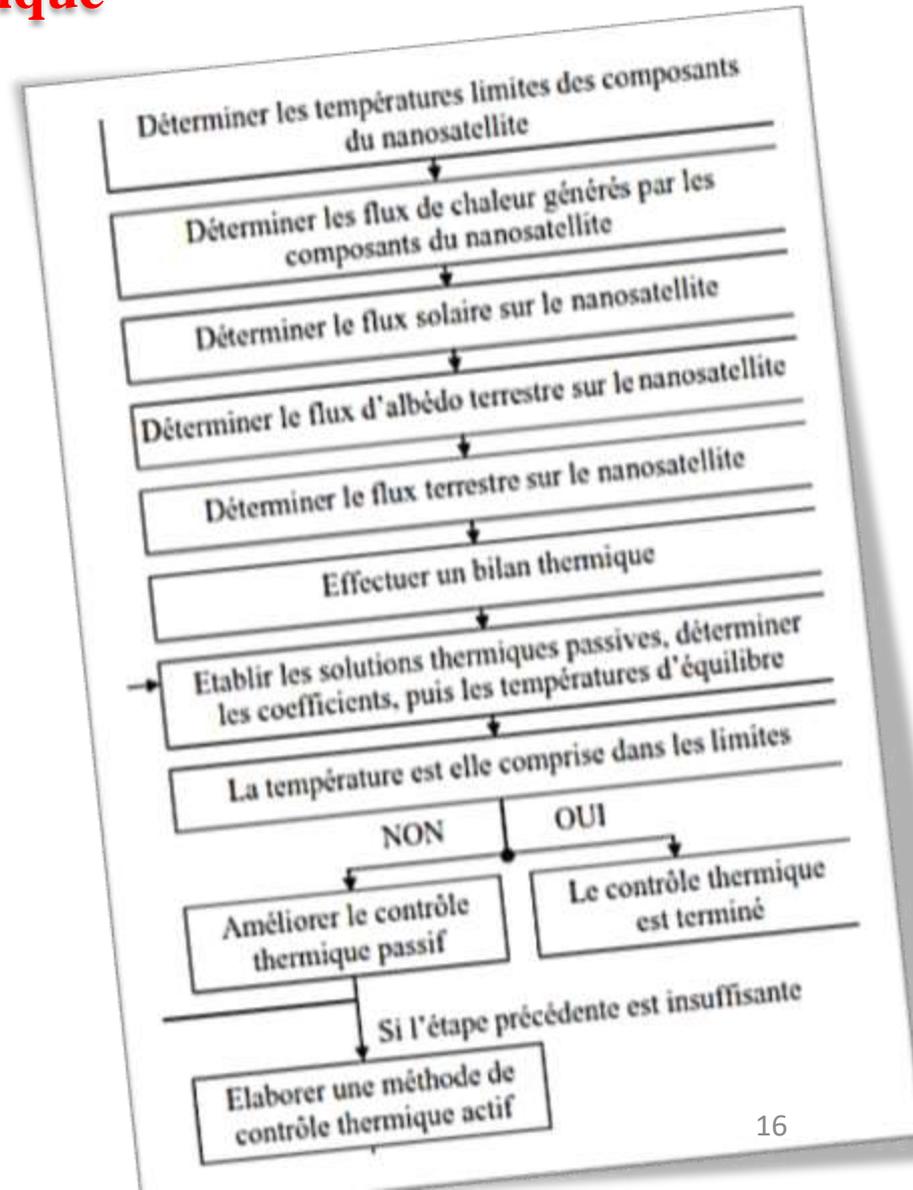
On distingue deux types de contrôle thermiques :

- Le contrôle thermique passif, au moyens de dispositifs passifs (peintures, isolants multicouches, réflecteurs, ...) à maîtriser les transferts de chaleur qui s'effectuent par conduction et par rayonnement thermiques. C'est une solution moins coûteuse, légère, fiable et qui a peu d'incidence sur l'estimation de masse et de puissance.



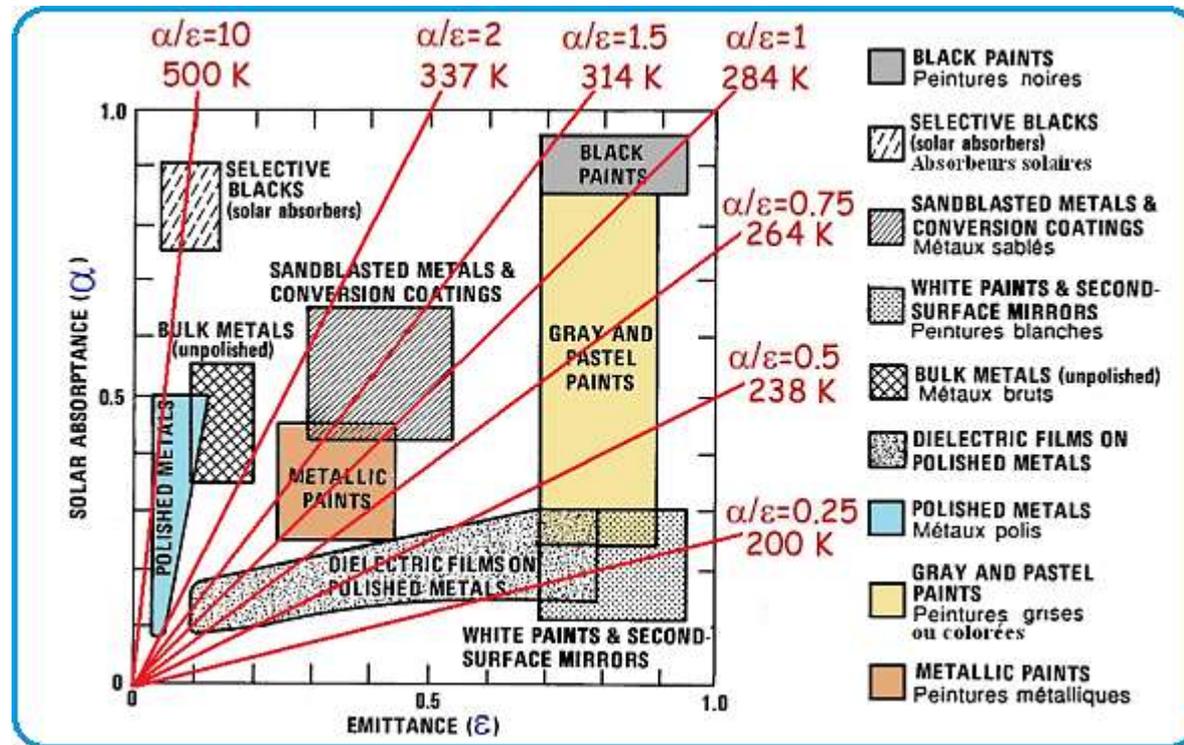
Organigramme de conception du contrôle thermique

- Le contrôle thermique actif applique des boucles classiques de régulation pour réchauffer certaines zones au moyen de résistances chauffantes. Il est mis en œuvre pour des situations qui nécessitent une très étroite tolérance de contrôle de la température ou pour les composants qui dissipent une grande quantité d'énergie.



Moyens de contrôle des échanges radiatifs

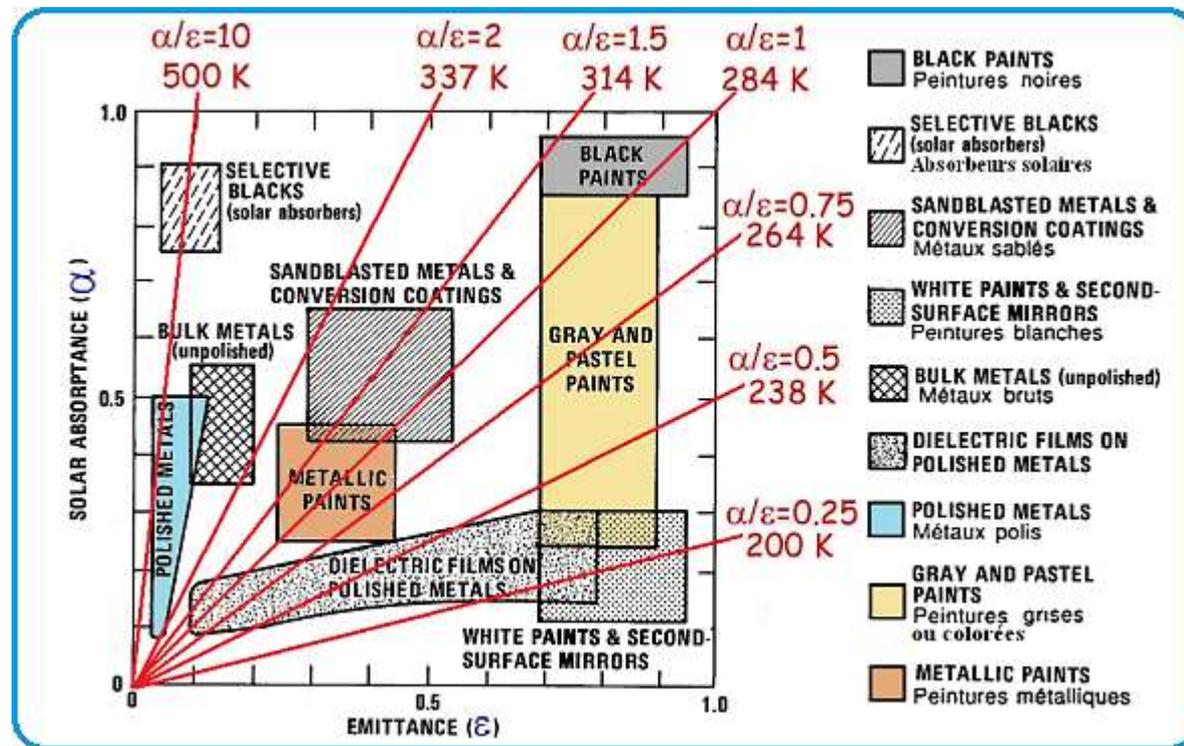
La température d'un corps dans l'espace dépend fortement des caractéristiques thermo-optiques de ses revêtements : Absorptivité solaire et émissivité IR.



Moyens de contrôle des échanges radiatifs

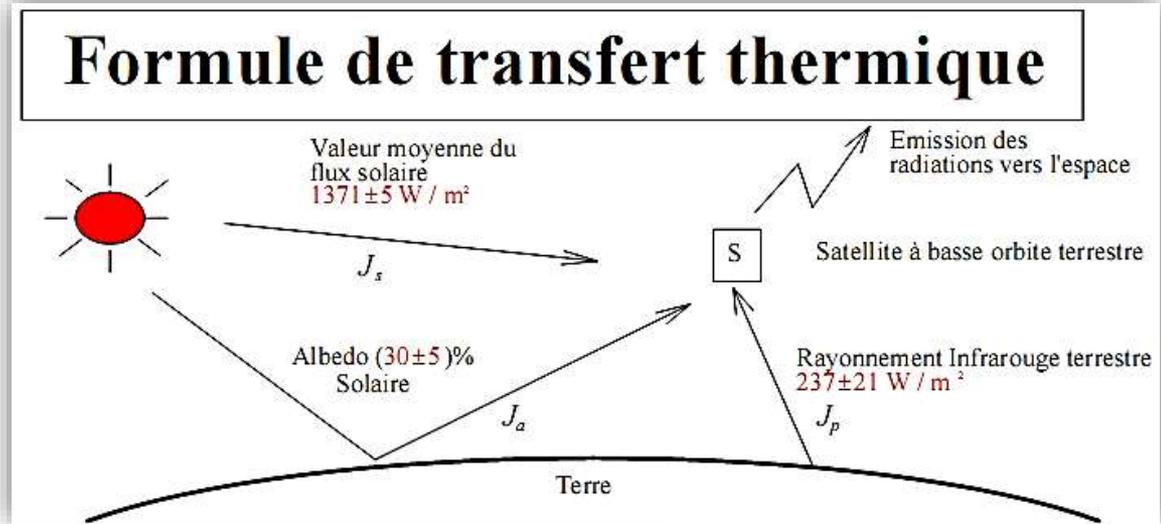
Si on considère le rapport α/ε comme critère, ces revêtements peuvent être classés en quatre catégories :

- Les revêtements froids à faible $\alpha/\varepsilon < 1$: Peinture blanche.
- Les revêtements moyens à $\alpha/\varepsilon \sim 1$: Peinture noire.
- Les revêtements chauds à $\alpha/\varepsilon > 1$: Aluminium doré poli.
- Les revêtements super chauds à $\alpha/\varepsilon > 4$: Chrome noir.



Processus de l'analyse thermique

La principale source thermique lorsque le Cubesat est en orbite est la Photosphère, ainsi le transfert thermique est régi par :



$$\sigma A_{Sat} \epsilon T^4 = Q_i \quad \text{(Flux Interne)}$$

$$+ \alpha J_s A_{Sun} \quad \text{(Rayonnement Solaire)}$$

$$+ \alpha J_a A_{albedo} \quad \text{(Rayonnement Terrestre Visible)}$$

$$+ \epsilon J_p A_{Earth} \quad \text{(Rayonnement Terrestre Infrarouge)}$$

(Emission Thermique)

Hypothèses et conditions aux limites

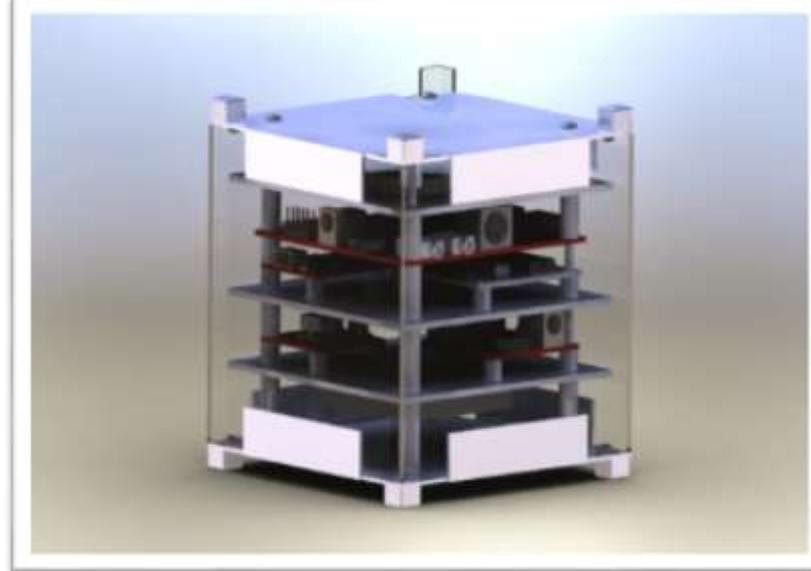
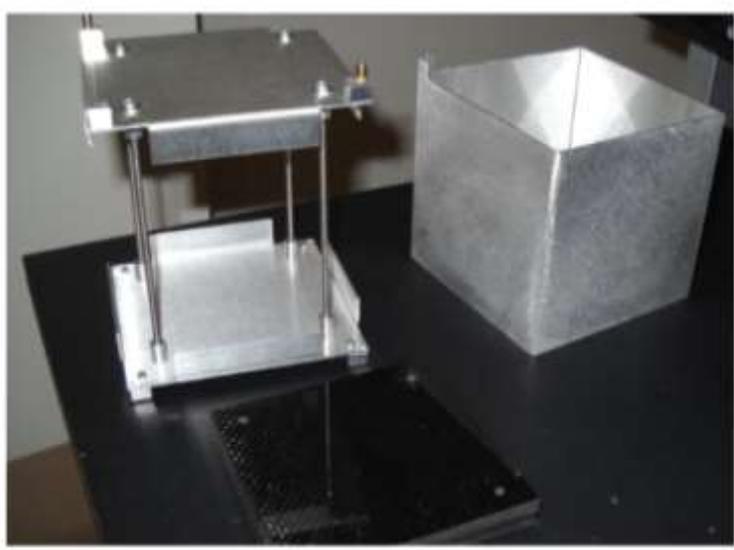
L'expression du calcul de la température est :

$$T^4 = \frac{A_{Earth} J_p}{A_{Sat} \sigma} + \frac{Q_i}{A_{Sat} \sigma \varepsilon} + \left[\frac{A_{Sun} J_s}{A_{Sat} \sigma} + \frac{A_{albedo} J_{albedo}}{A_{Sat} \sigma} \right] \times \frac{\alpha}{\varepsilon}$$

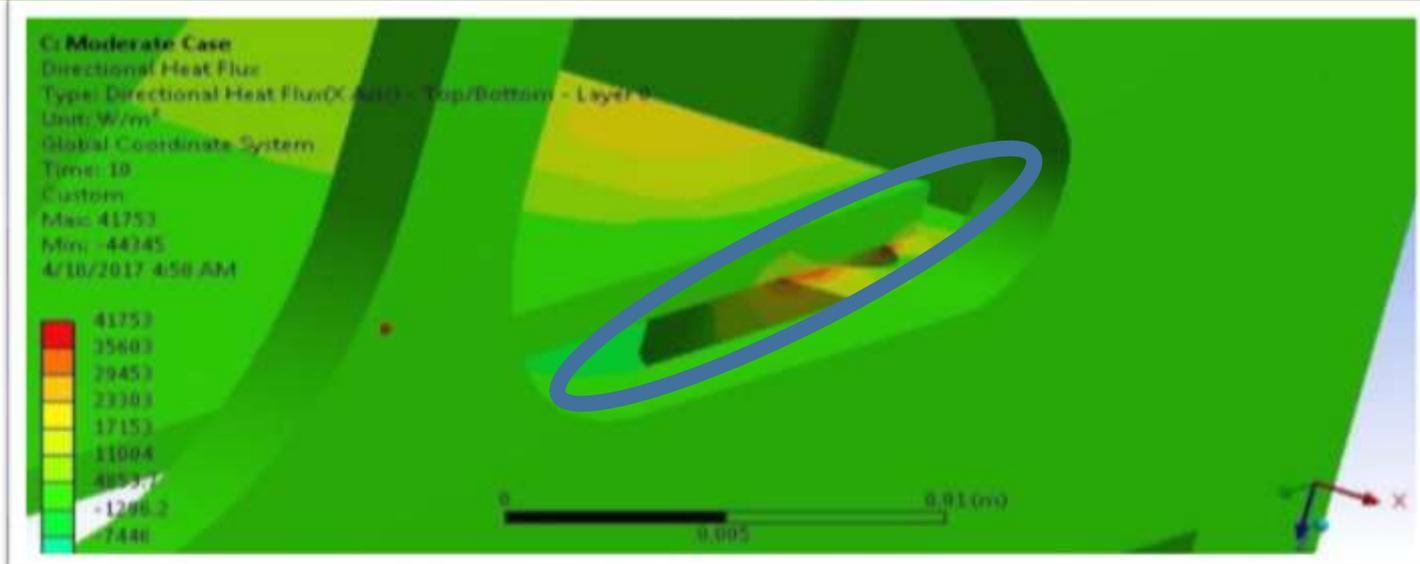
Avec,

- Orbite de l'aube pénombre est une orbite polaire à basse altitude qui ne subit pas d'éclipses.
- J_s , J_a , J_p et Q_i restent constants.
- La température sidérale est de 2,7K.
- Le flux solaire, l'albedo et le flux terrestre infrarouge atteignent le nanosatellite perpendiculairement.
- Le nanosatellite est considéré comme étant un corps réel.
- Orbite à 240Km
- $J_s = 1371 \text{ W/m}^2$
- $J_a = 67,8645 \text{ W/m}^2$
- $J_p = 220 \text{ W/m}^2$
- $Q_i = 0 \text{ W/m}^2$

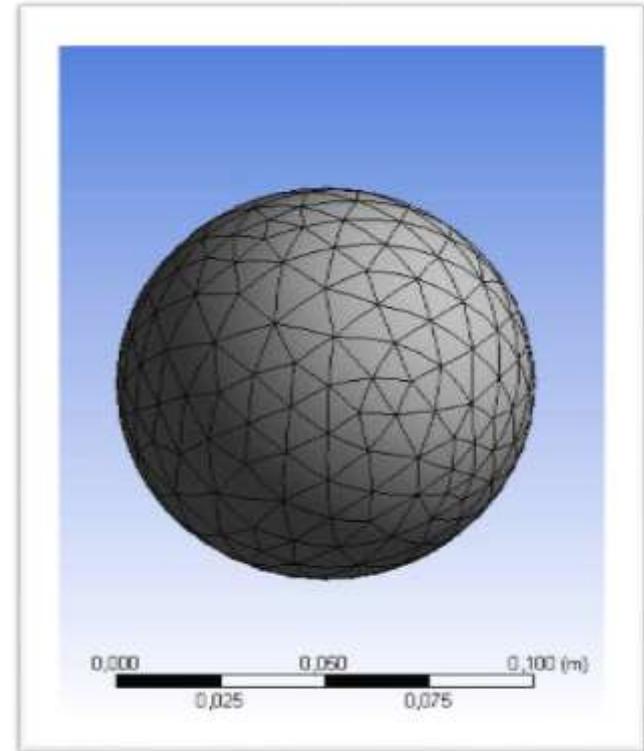
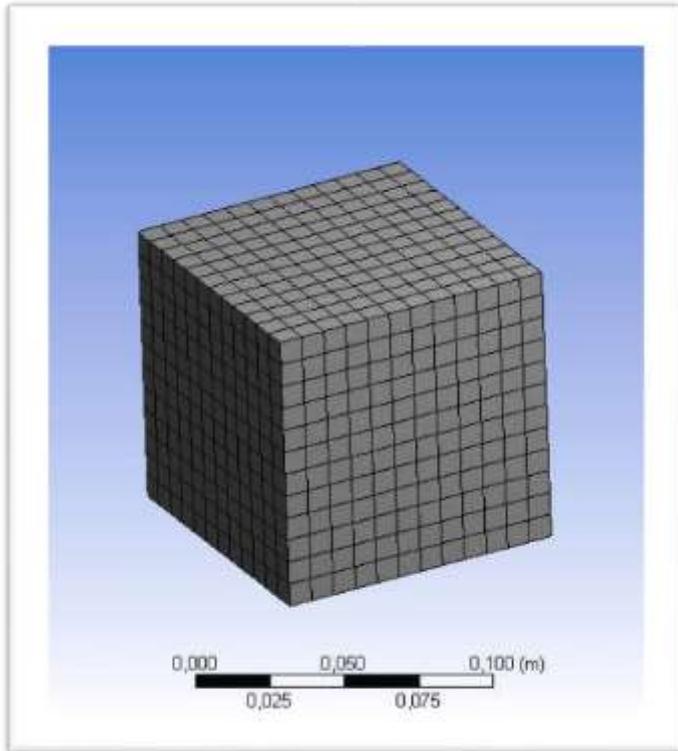
Importance du maillage



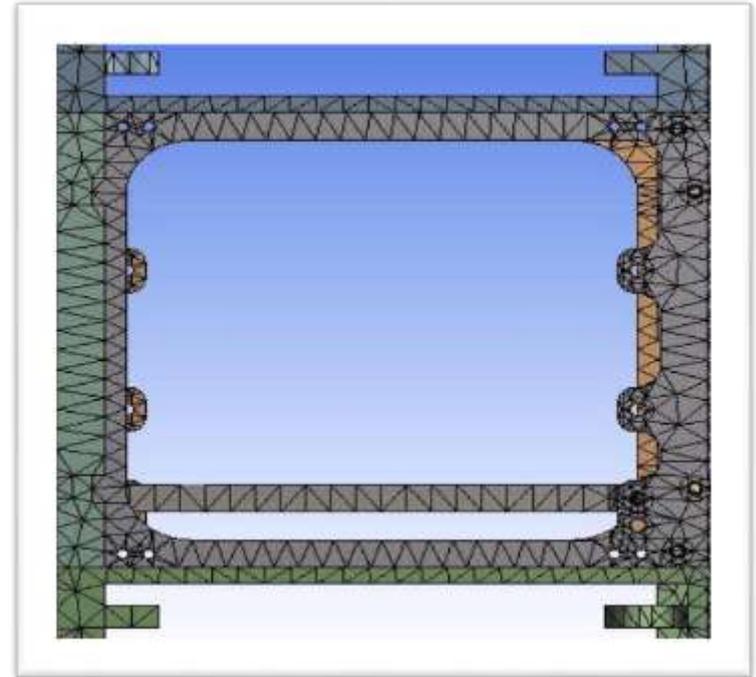
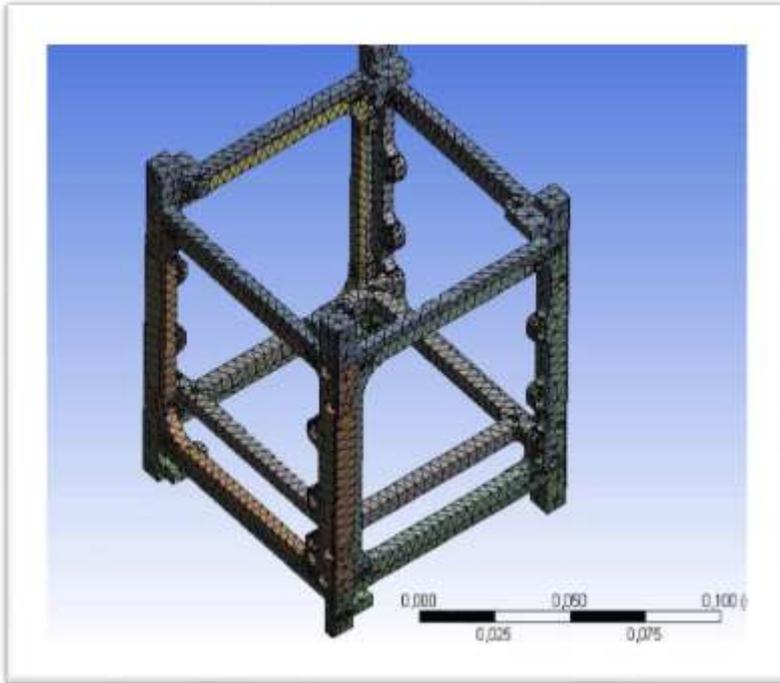
Cube Satellite Design Florida International University, MME Department



Importance du maillage

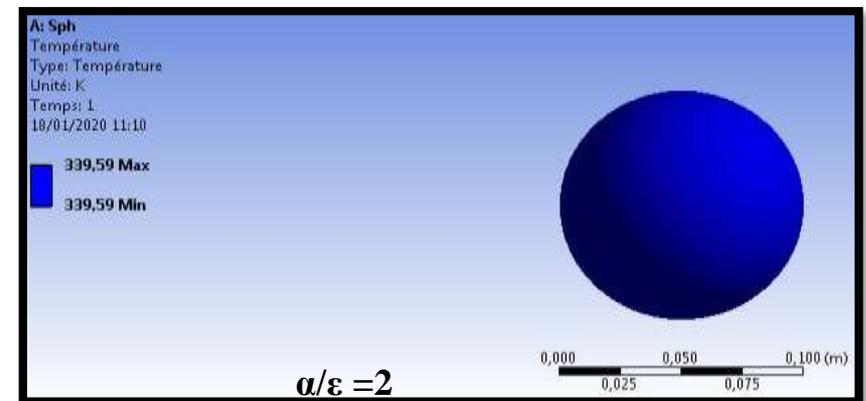
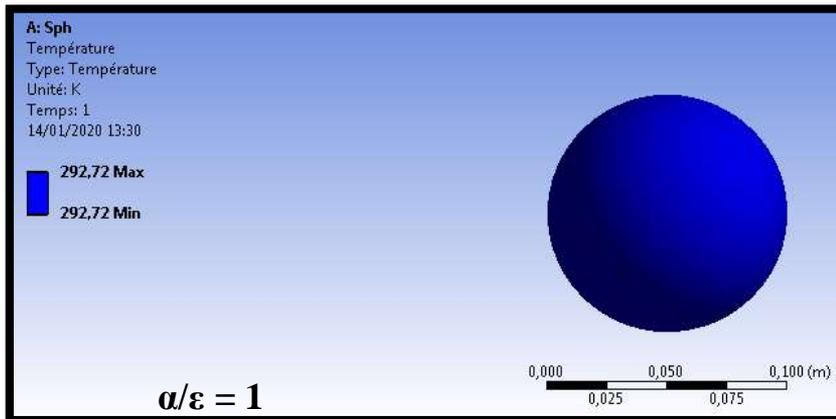
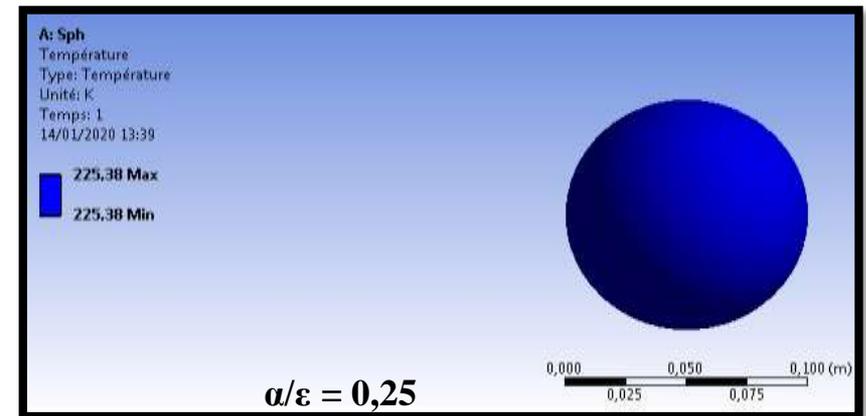
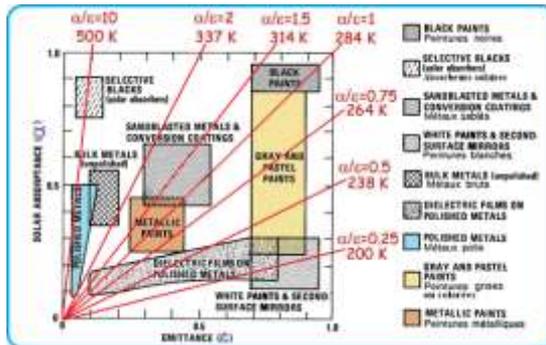


Importance du maillage



Validation du système de simulation

On retrouve les résultats suivants:

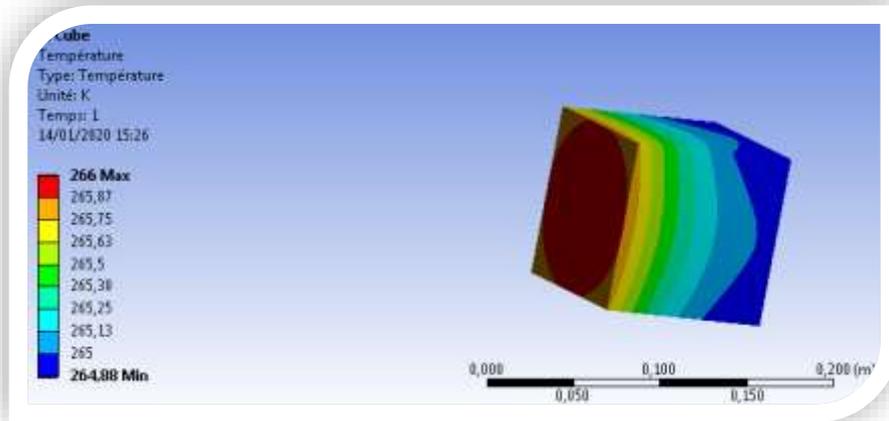


Analyse du Cubesat

On retrouve pour le Cubesat:

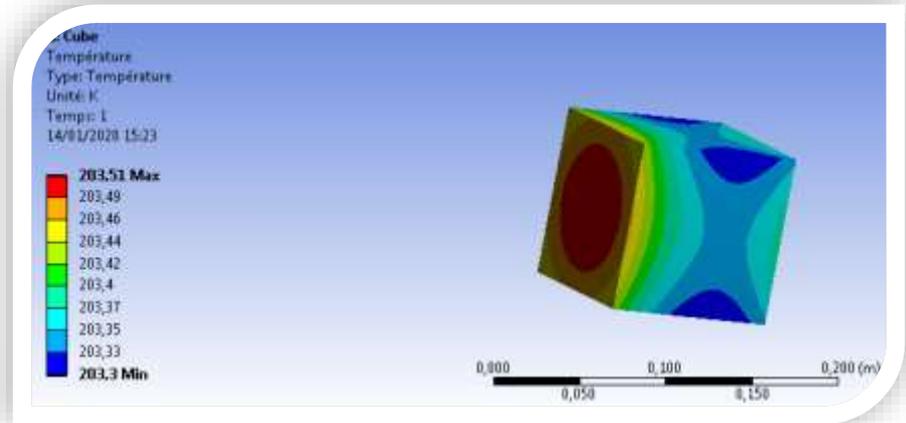
$$\alpha/\varepsilon = 0,25 ; T = -69,64 \text{ °C} \sim -69,85 \text{ °C}$$

Ex: Peinture blanche



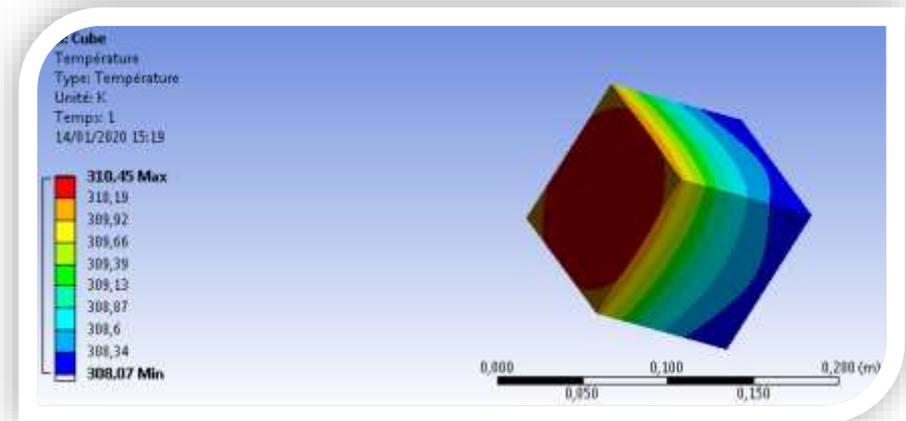
$$\alpha/\varepsilon = 2 ; T = 37,3 \text{ °C} \sim 34,92 \text{ °C}$$

Ex : Aluminium doré



$$\alpha/\varepsilon = 1 ; T = -7,15 \text{ °C} \sim -8,27 \text{ °C}$$

Ex : Peinture noire



Conclusion



Bibliographie

- ◆ Space environment, CNES, International course in space technology, Toulouse November 1990, Cépaduès Editions.
- ◆ P. Mauroy, Introduction au problème du contrôle thermique des véhicules spatiaux, Edition CNES - Toulouse, 1977.
- ◆ Robert Siegel, John R. Howell, “Thermal Radiation Heat Transfer”, Hémisphère Publishing Corporation Third Edition 1992.
- ◆ M. H. Heidt, J. Puig-Suari, A. S. Moore, S. Nakasuka, et R. J. Twiggs, « CubeSat: A new Generation of Picosatellite for Education and Industry Low-Cost Space Experimentation », p. 19
- ◆ Ingénierie des projets spatiaux, Mécanique — Partie 1 Contrôle thermique, Référence CNES : RNC-ECSS-E-30-1-0 Version A du 10/12/2002.



ANALYSE THERMIQUE D'UN CUBESAT À L'AIDE D'UN PROGRAMME DE MODÉLISATION PAR ÉLÉMENTS FINIS

Merci pour votre attention

TATGEGT hOUE AQEG SEEGITITOTT

Place maintenant à vos questions!
