

Guide de conception des missions et des bus CubeSat

Frances Zhu

18 février 2025

Table des matières

1	Facteurs déterminants de la conception des engins spatiaux, espace et orbite	5
1.1	Conception de la charge utile	6

Chapitre 1

Facteurs déterminants de la conception des engins spatiaux, espace et orbite

1.1 L'Environnement Spatial et ses Effets sur les Engins Spatiaux

1.1.1 Comparaison entre l'Environnement Terrestre et Spatial

L'environnement terrestre et spatial présentent à la fois des similitudes et des différences fondamentales. La limite entre ces deux milieux est définie par la ligne de Kármán.

Similitudes

- Présence de rayonnement électromagnétique
- Influence de la gravité
- Interaction avec des particules atmosphériques

Spécificités de l'Environnement Spatial

- Radiation cosmique
- Plasma et vent solaire
- Vide spatial
- Micrométéoroïdes et débris orbitaux

1.1.2 Étude de l'Environnement Spatial

Plusieurs satellites collectent des données sur la météorologie spatiale :

- **DMSP** : Satellites météorologiques de défense
- **ACE** : Exploration avancée de la composition spatiale
- **SOHO** : Observation du Soleil et de l'héliosphère
- **GOES** : Satellites météorologiques opérationnels géostationnaires
- **TRACE** : Observation de la région de transition et de la couronne solaire
- **SMM** : Mission d'étude des maxima solaires

1.1.3 L'Influence du Soleil sur l'Environnement Spatial

Le Soleil impacte les engins spatiaux à travers plusieurs phénomènes :

- Vent solaire
- Flux d'ondes radio
- Éruptions solaires et éjections de masse coronale (CME)
- Chauffage coronarien
- Taches solaires
- Rayonnement électromagnétique (UV, rayons X, gamma)

Effets du Rayonnement Solaire sur les Engins Spatiaux

- Dégradation des panneaux solaires et des matériaux polymères
- Perturbations d'attitude
- Décroissance orbitale en raison du chauffage atmosphérique
- Interférences avec les transmissions radio

Rayonnement Électromagnétique

Le Soleil émet un large spectre d'ondes électromagnétiques, influençant les satellites et autres engins spatiaux.

- **Rayonnement ultraviolet (UV)** : Chauffage atmosphérique, fragilisation des matériaux
- **Rayons X** : Perturbation des communications et des systèmes électroniques
- **Rayons gamma** : Indicateurs précoces d'éruptions solaires majeures

1.1.4 Le Chargement Électrostatique des Satellites

Chargement de Surface

- **En éclipse** : Accumulation de charge électrostatique (jusqu'à plusieurs kilovolts)
- **En plein Soleil** : Photoémission d'électrons créant une charge positive
- **Facteurs déclencheurs des décharges** :
 - Variation de l'illumination solaire
 - Modification de l'environnement particulaire
 - Activité électrique embarquée

1.1.5 Impacts à Haute Vitesse sur les Satellites

Les satellites en orbite terrestre sont exposés à des impacts de haute vitesse de :

- Débris spatiaux (d'origine humaine)
- Météoroïdes et micrométéoroïdes (naturels)

Débris Spatiaux

- Sources : satellites hors service, collisions, explosions
- Nombre suivi : 23 000 objets catalogués (CSpOC - USA)
- Vitesse moyenne d'impact : 10 km/s
- Menace principale : impacts de petits débris (mm-cm)

Dommages Causés

- Spallation : Détachement de particules à l'impact
- Cratérisation : Déformation de la surface
- Pénétration : Perforation des parois
- Fragmentation : Rupture sous un impact énergétique élevé

Détection et Suivi des Débris

- Radars et télescopes terrestres (ex. radar Haystack - USAF/NASA)
- Inspection des satellites retournés sur Terre

Protection des Satellites contre les Impacts

- Blindage Whipple : Bouclier multicouche absorbant l'énergie des impacts
- Orientation stratégique : Minimisation de l'exposition

— Respect des réglementations (NASA, NOAA, DOD, traités internationaux)

1.1.6 Conclusion

L'environnement spatial présente de nombreux défis pour les satellites, notamment le rayonnement solaire, le chargement électrostatique et les impacts de haute vitesse. Une surveillance rigoureuse et une conception optimisée sont essentielles pour assurer la longévité et la fonctionnalité des missions spatiales.