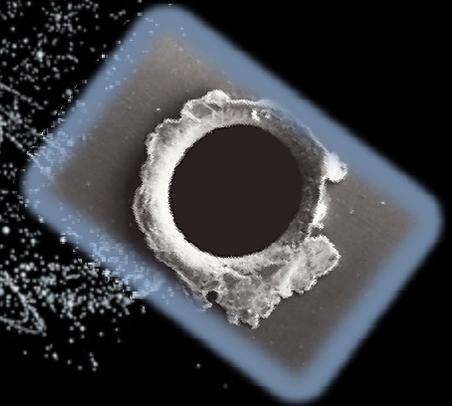


ESPACE:

Le Problème Des

Débris Spatiaux

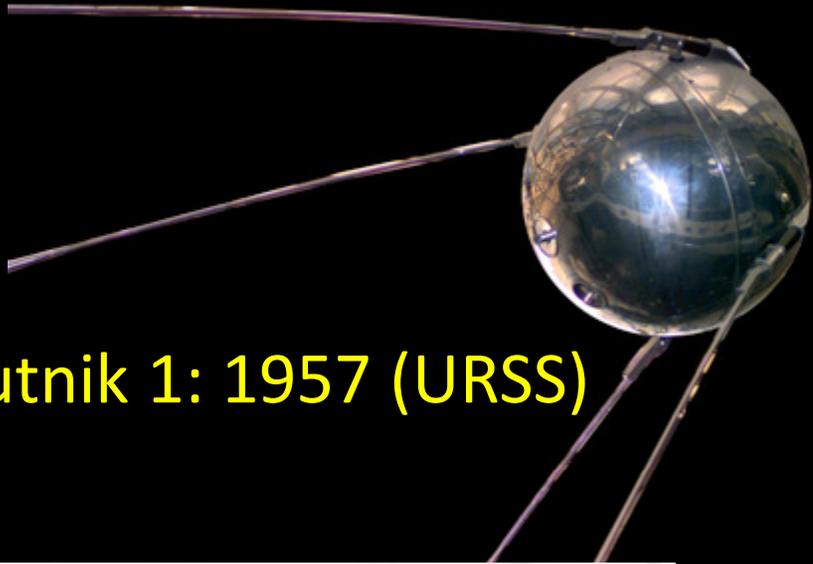


Dr. R. Pierre Martin
University of Hawaii (Hilo)

L'ESPACE AU QUOTIDIEN



ESPACE: LES DÉBUTS

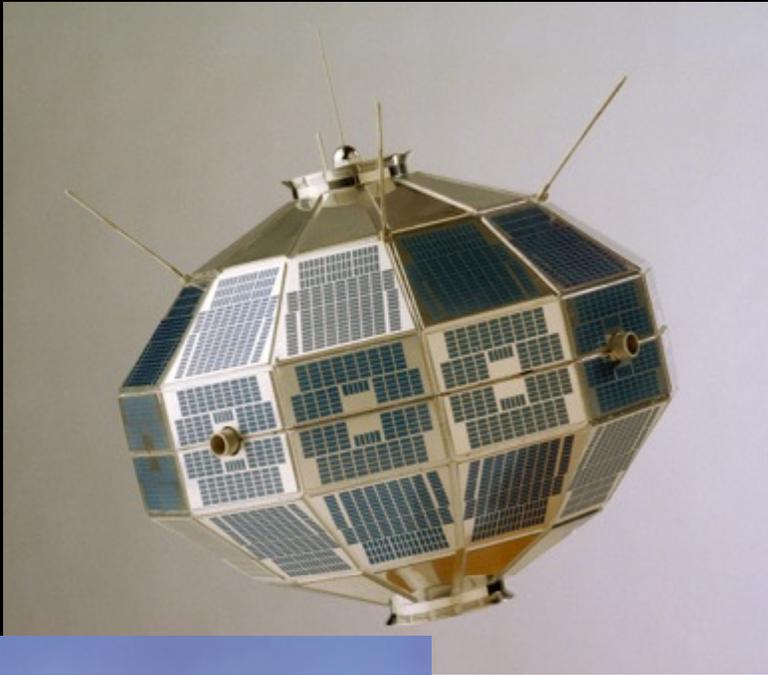


Sputnik 1: 1957 (URSS)



Explorer 1: 1958 (USA)

Alouette 1: 1962 (CANADA)



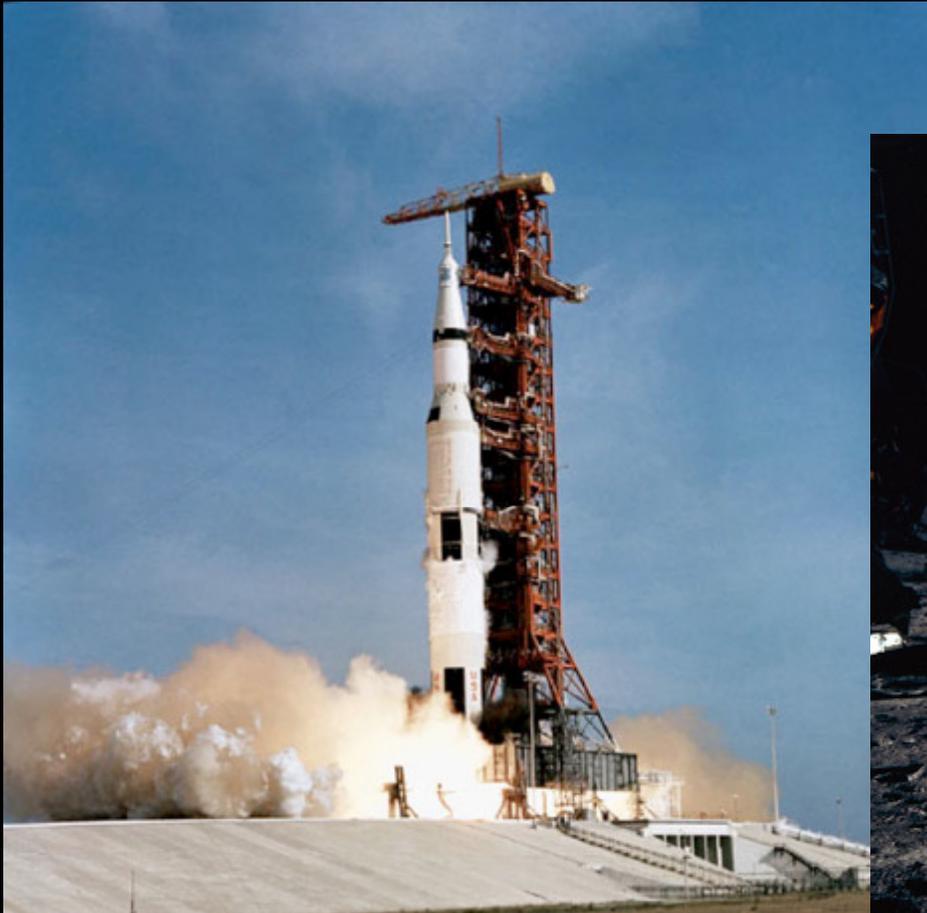
TELSTAR 1: Premier satellite de communication (1962 AT&T)



L'Espace et l'humain



Un saut sur la Lune...



Apollo 11 (1969)





Vivre Dans L'Espace...



SKYLAB (1973-79)

MIR (1986-2001)



Station Spatiale Internationale (présent)



L'ESPACE AUJOURD'HUI: UNE PANOPLIE DE SATELLITES



Meteo

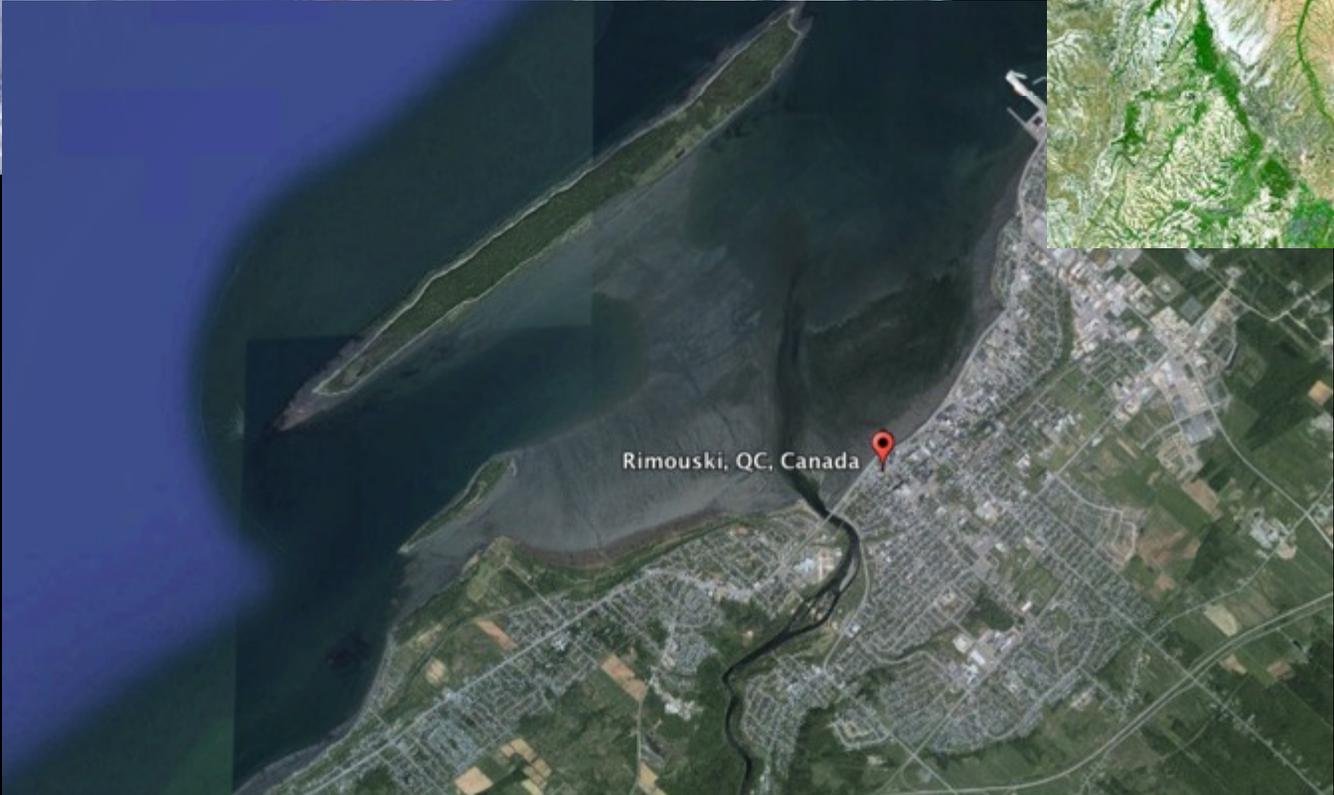


GPS

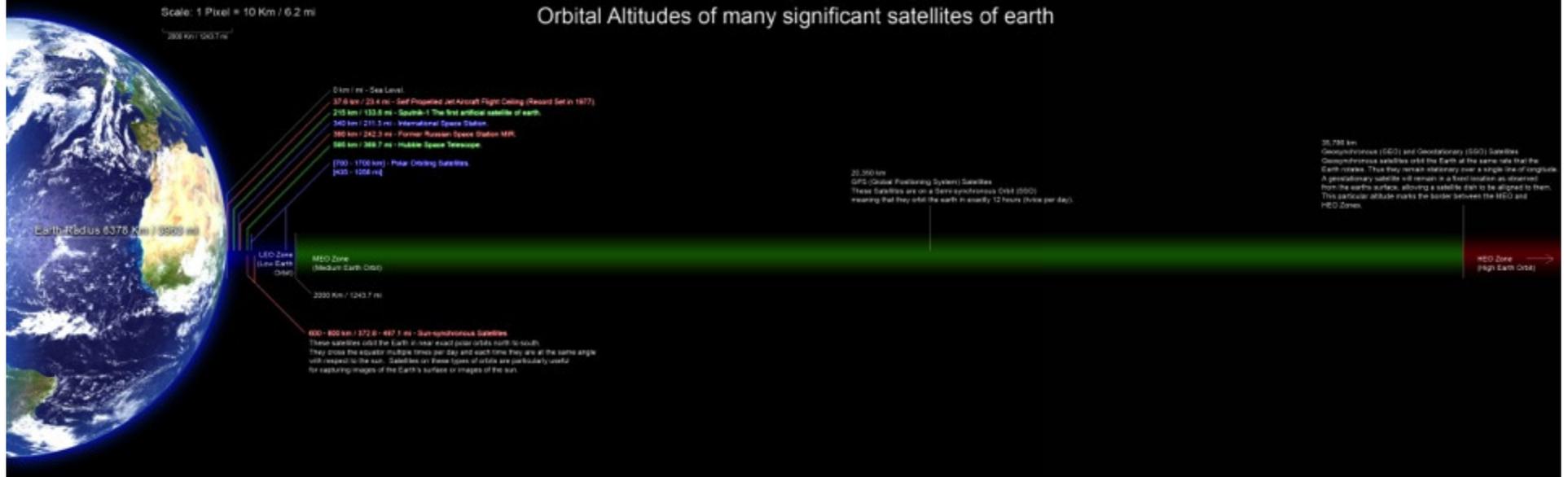


Communication





DISTRIBUTION DES SATELLITES



- **Orbite Terrestre Basse:** 160 – 2000 km
- **Orbite Terrestre Moyenne:** 2000 – 35000 km
- **Orbite Géostationnaire:** 36000 km

Orbite Terrestre Basse



Satellite trop bas



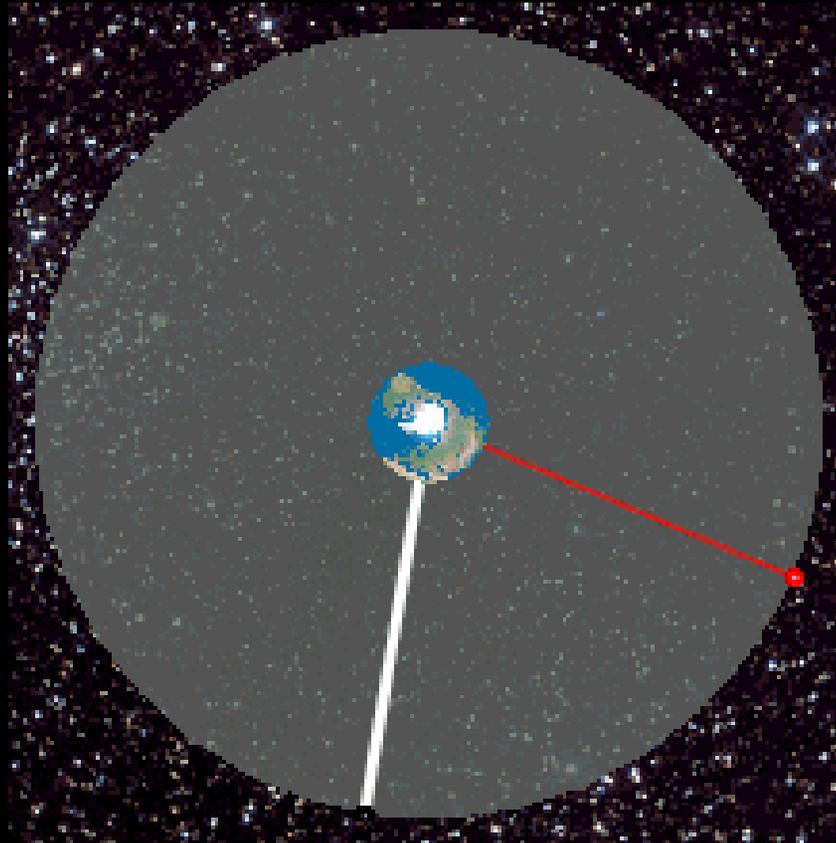
Ralentissement
atmosphérique



Destruction!

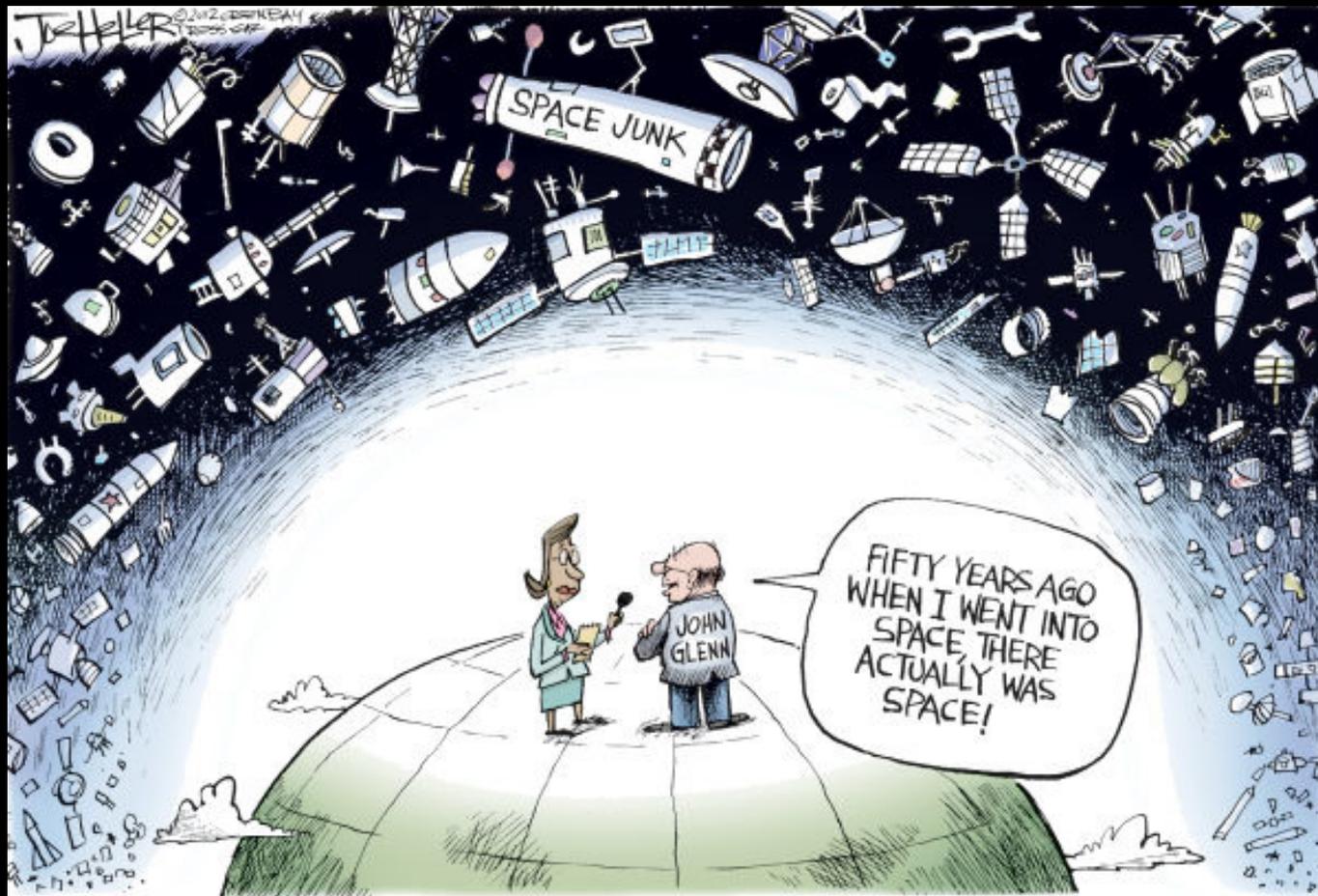


Orbite Géostationnaire



Avec une altitude de ~ 36000 km, les satellites géostationnaires demeurent en orbite en permanence

DÉBRIS SPATIAUX: QUOI, OÙ, et COMBIEN



DÉBRIS SPATIAUX: ORIGINES

- Depuis 1957, il y a eu environ 5000 lancements de satellites
- Présentement (2014):
 - Environ 1100 satellites qui fonctionnent
 - Environ 2600 satellites “inertes” (débris)
- Ces lancements produisent souvent aussi une multitude d’objets secondaires qui restent en orbite (débris)

Exemple 1: Etages de fusées



À cause de problèmes, ou d'un excès de carburant, ces étages de fusées en orbite peuvent exploser et laisser des milliers de débris

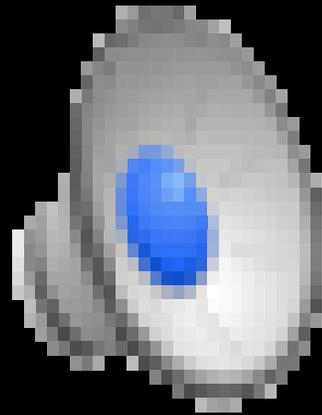
Au moins 200 explosions de ces étages sont survenues depuis le début de l'ère spatiale !!

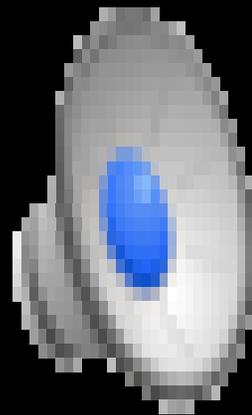


Millions de débris de toutes sortes et dimensions!

Exemple 2: Objets Perdus

Il arrive parfois que des objets soient perdus par les astronautes lors de missions spatiales ...



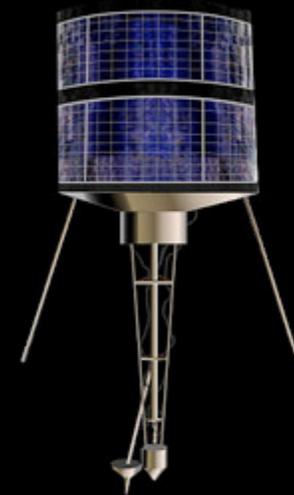


Exemple 3: Collisions de Satellites

Un accident est si vite arrivé...



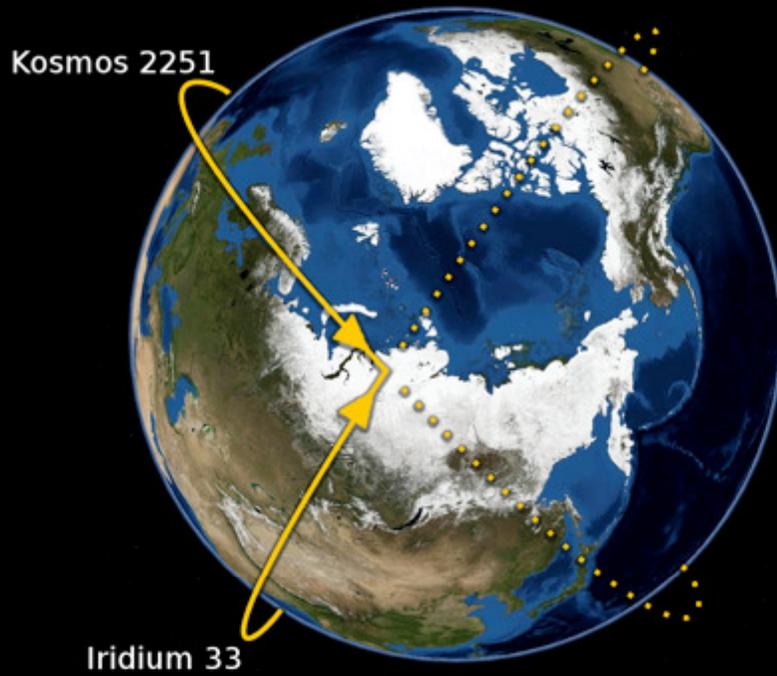
Iridium 33



Kosmos 2251

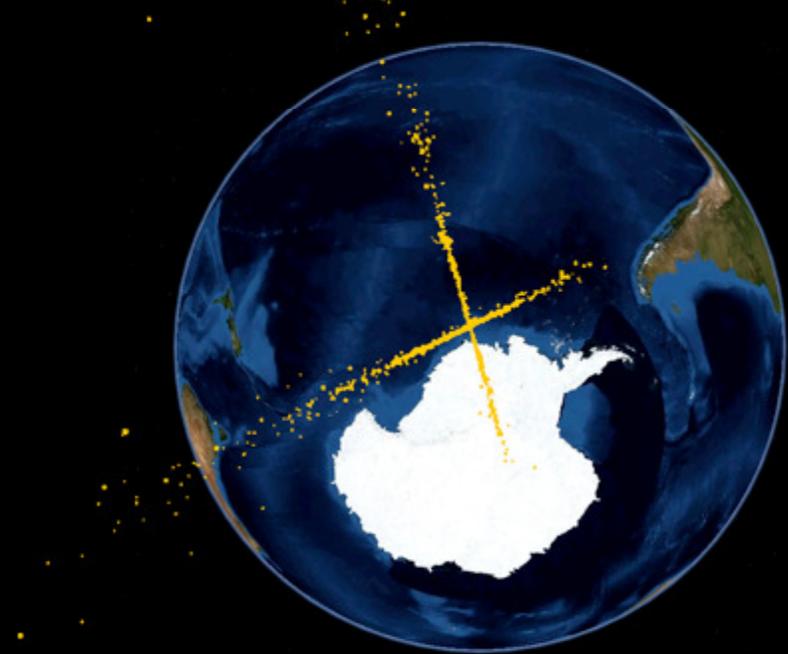
En 2009, un satellite Iridium 33 (en fonction)
a frappé de plein fouet un satellite russe inerte

Avant



Milliers de debris, 75%
sont toujours en orbite...

Une heure après collision



Plusieurs collisions
depuis 10 ans!

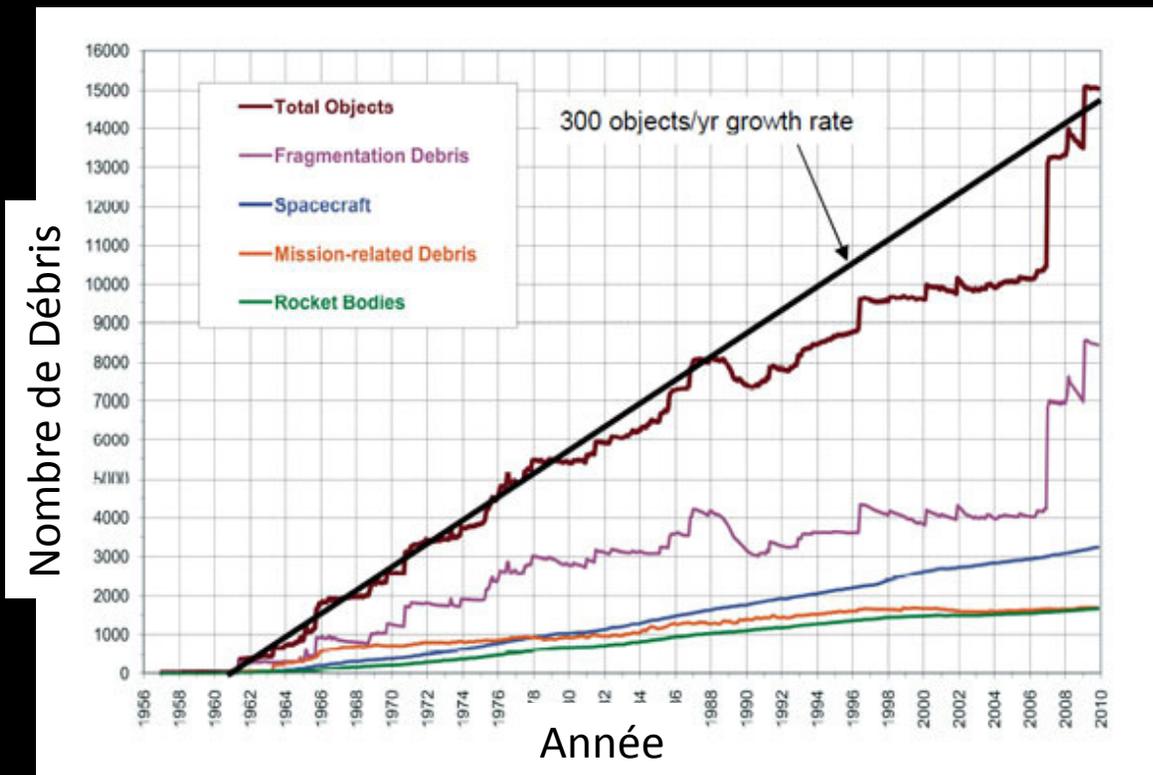
Plus gros débris spatial connu: ENVISAT



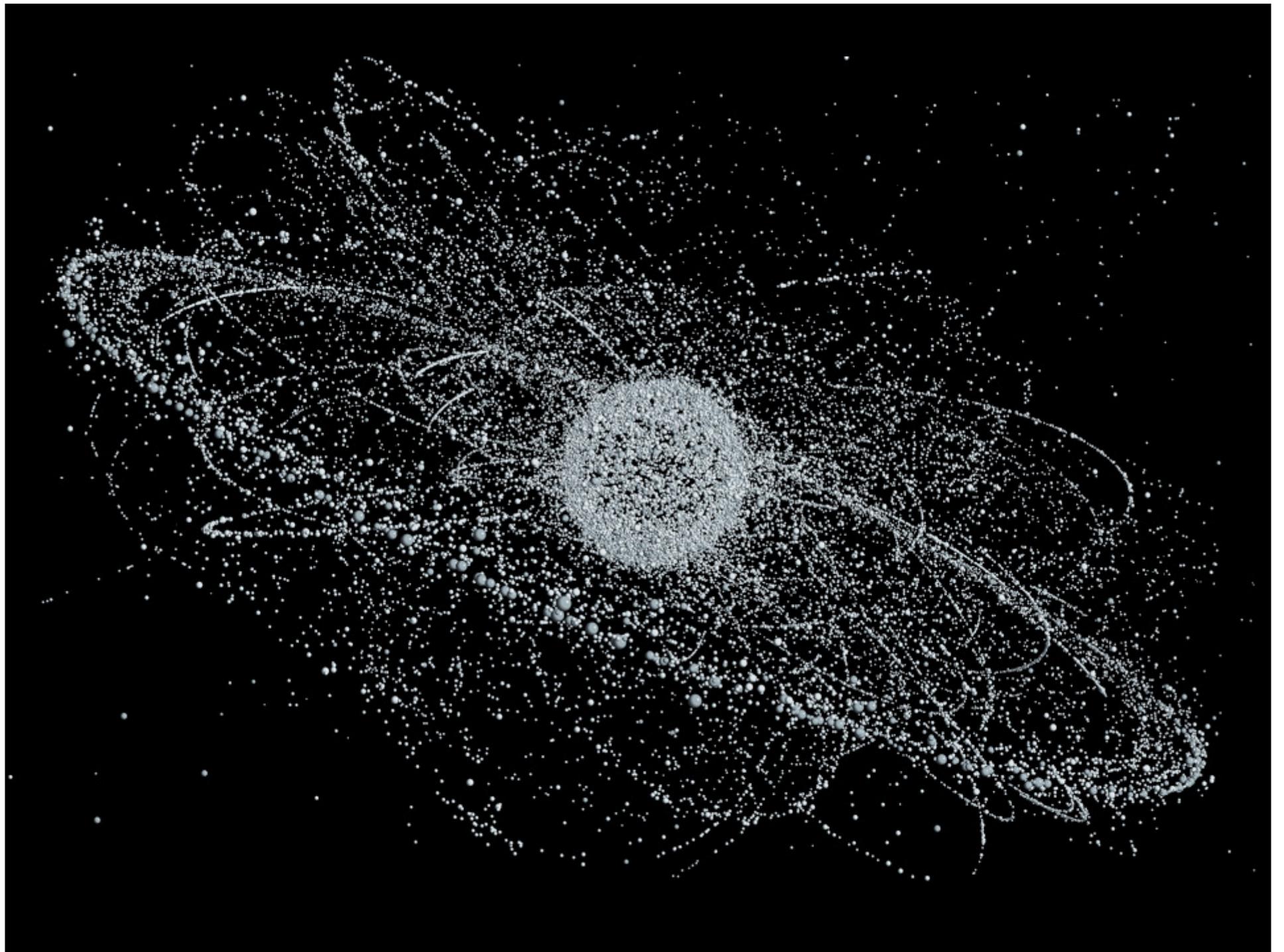
DÉBRIS SPATIAUX: UN PROBLÈME GRANDISSANT

En 2014, on estime:

- Nombre de débris > 10 cm: 23,000
- Nombre de débris 1 – 10 cm: 500,000
- Nombre de débris < 1cm: 100,000,000



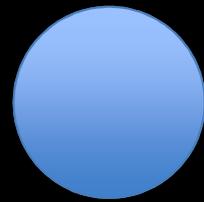
Total:
Environ 6000
tonnes de débris!



DÉBRIS SPATIAUX: LES DANGERS



UN (PETIT) PEU DE PHYSIQUE



1000 g



1 m/s



100 g



100 m/s

Mur



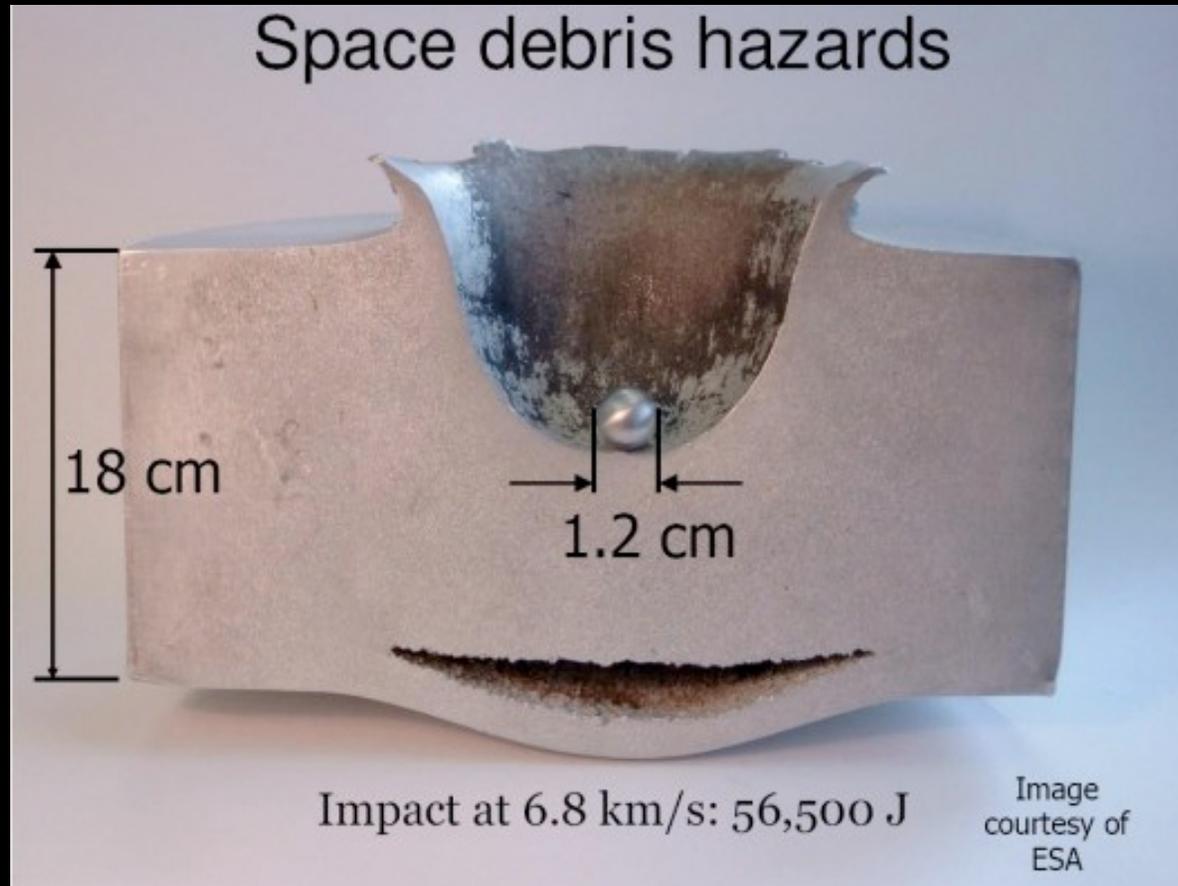
Energie = $\frac{1}{2}$ x masse x (vitesse x vitesse)

La petite bille a plus d'énergie que la grande et la collision endommagera le mur davantage...

Le danger des débris spatiaux vient de leur très grande vitesse orbitale



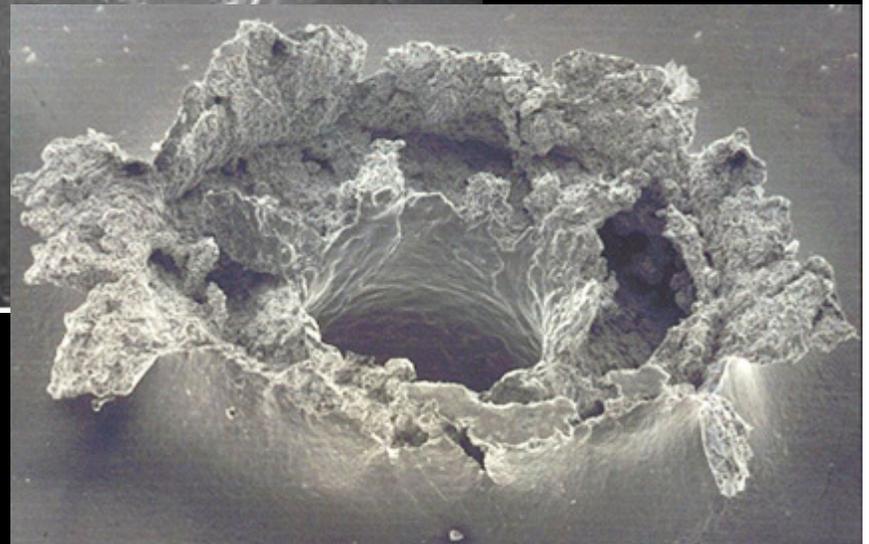
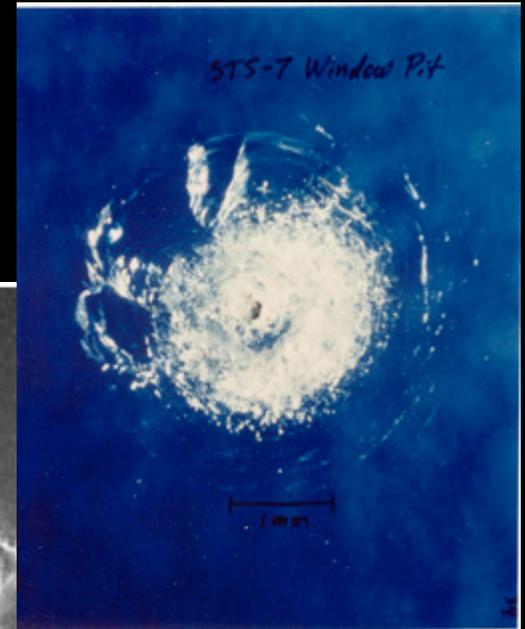
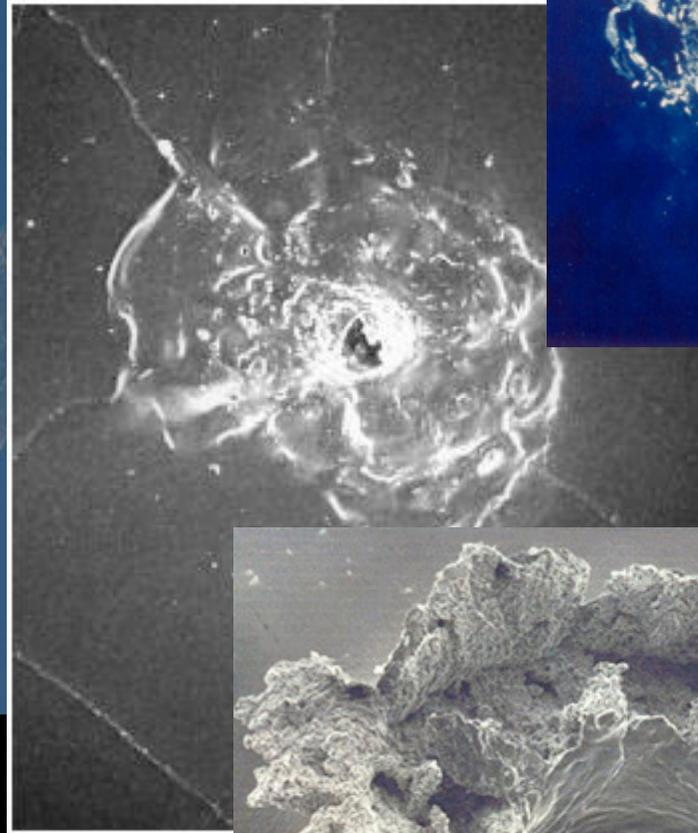
Vitesse: ~ 10 km par seconde !!!
(26000 km/h)

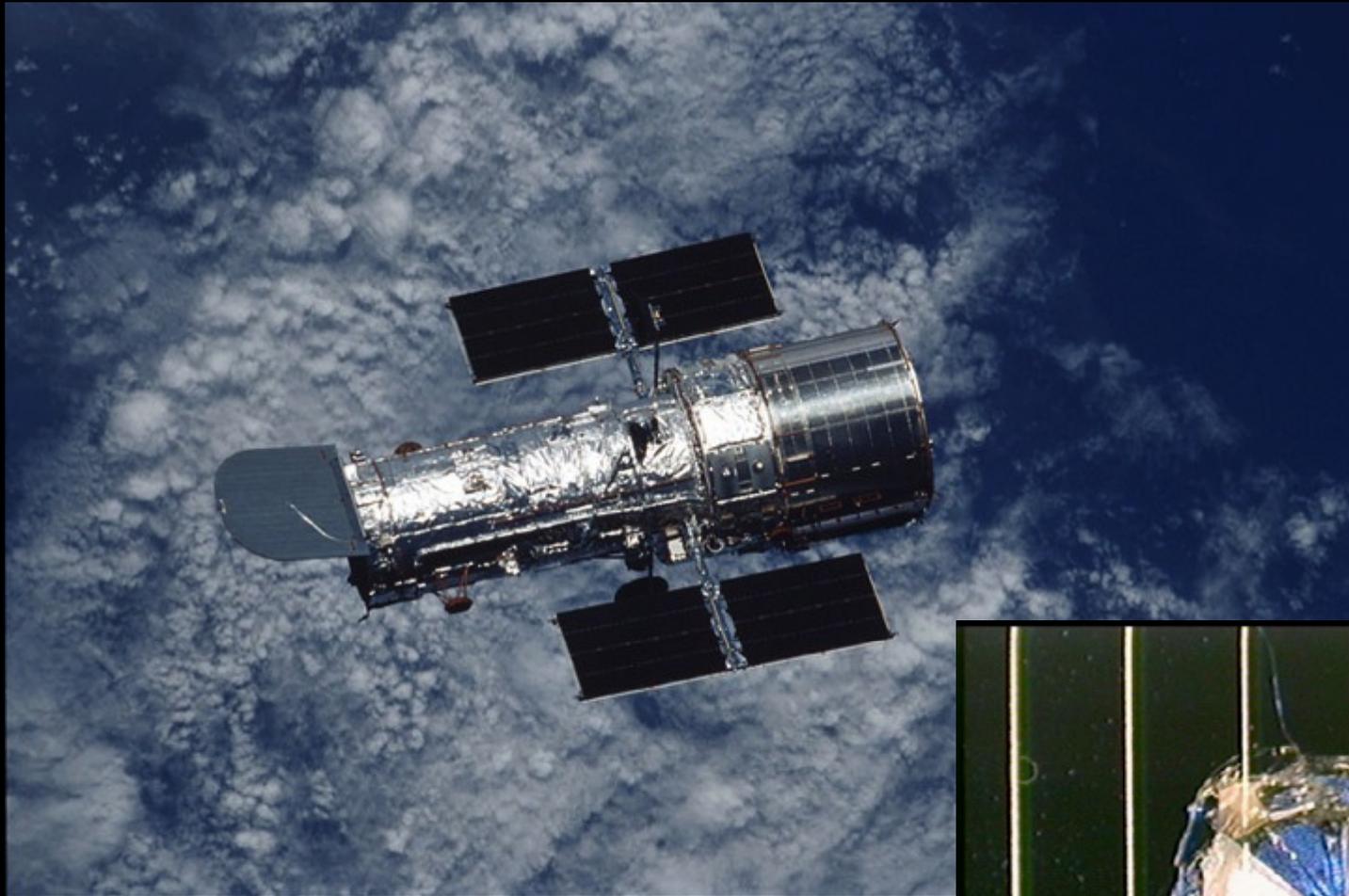


Exemples: Impacts

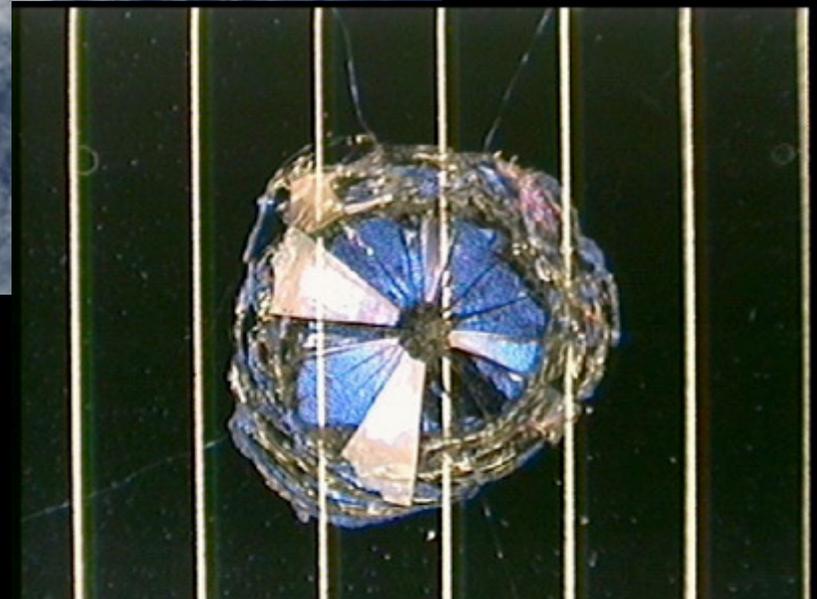


Navette Spatiale

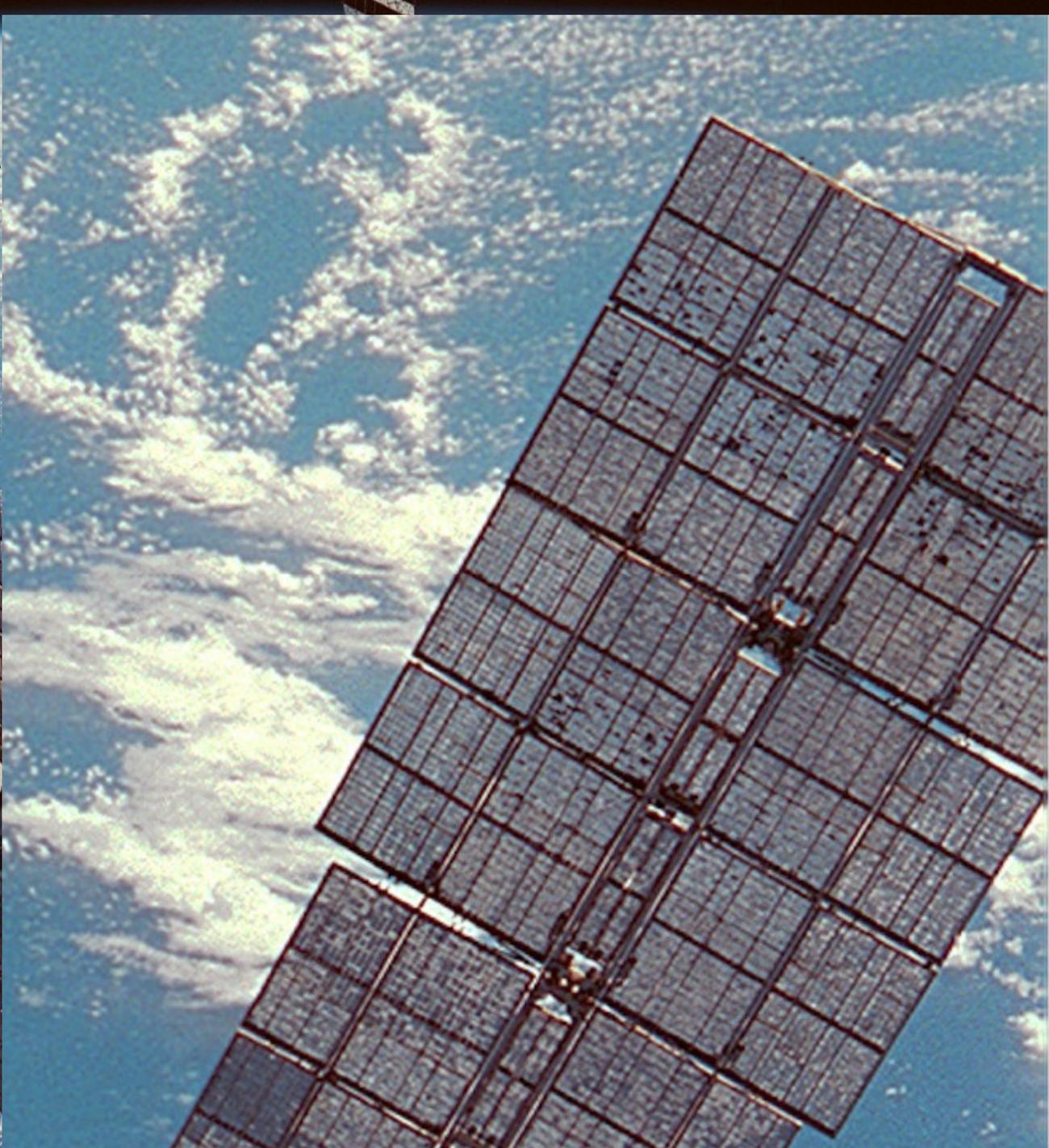




Telescope Spatial Hubble



Station MIR



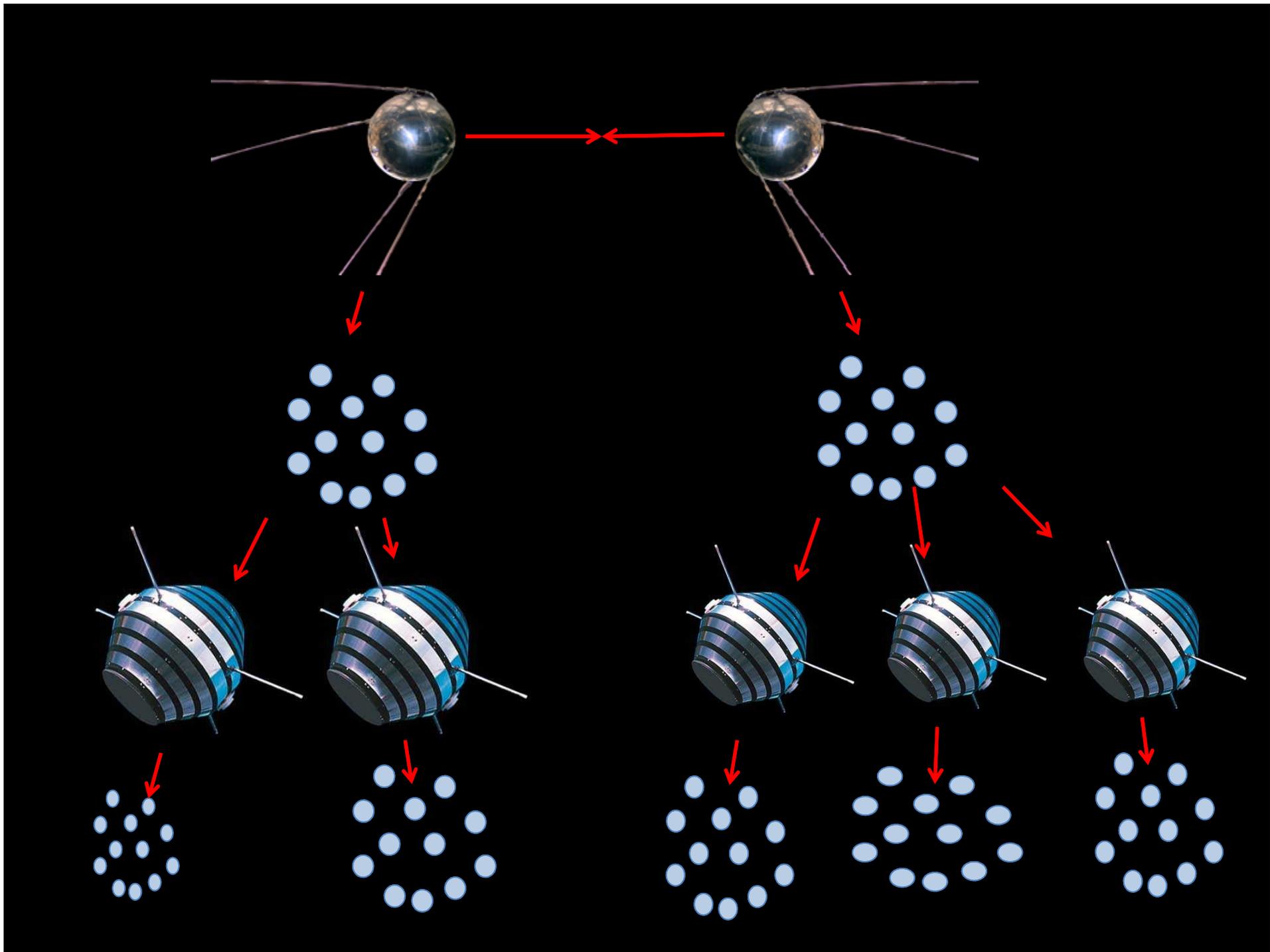
Quand Le Ciel Nous Tombe Sur La Tête...



DÉBRIS SPATIAUX: L'EFFET KESSLER

- Le nombre de débris en orbite terrestre basse est généralement limité par le nombre de débris qui entrent et brûlent dans l'atmosphère
- Qu'arrive t-il si le taux de création de débris devient plus grand que le taux de destruction de débris par l'atmosphère ?

Réaction En Chaîne:
"L'Effet Kessler"



GRAVITY!



Les experts s'entendent que nous sommes près de la limite qui mènera à l'effet Kessler.

Catastrophe pour l'exploration/exploitation spatiale

DEBRIS SPATIAUX: SOLUTIONS ?



DÉBRIS SPATIAUX: EXPLORER LES SOLUTIONS

- Pour le moment, il existe 4 solutions envisageables pour régler (ou diminuer) les problèmes liés aux débris spatiaux

1 - Evitement

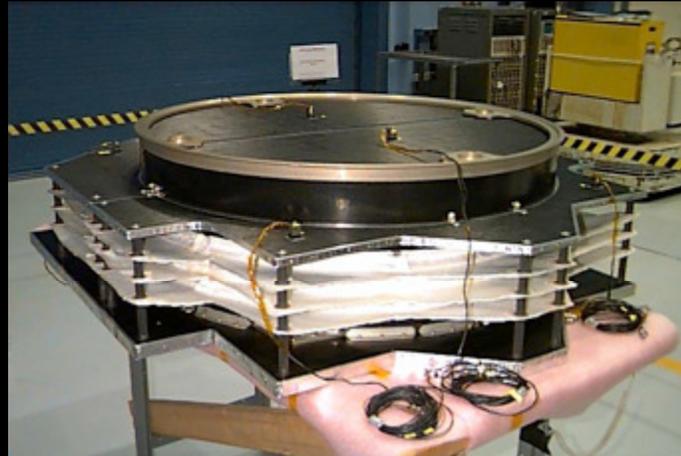
Lorsqu'une collision avec un débris connu et important est prévue, manœuvrer le satellite pour éviter le débris...



2 - Blindage

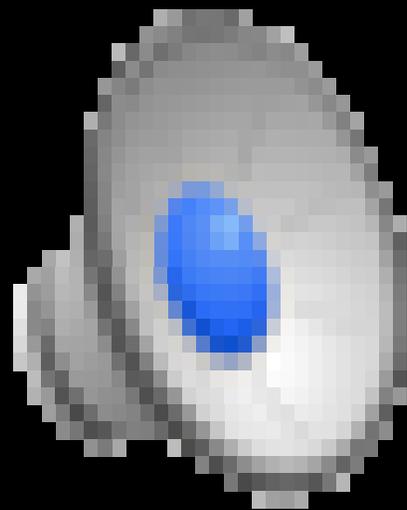
Munir les satellites de systèmes de protection (bouclier)

(Seulement efficace contre les plus petits débris)



3 - Elimination

Enlever les débris principaux (ex. satellites inertes) en utilisant un satellite "nettoyeur" robotisé...



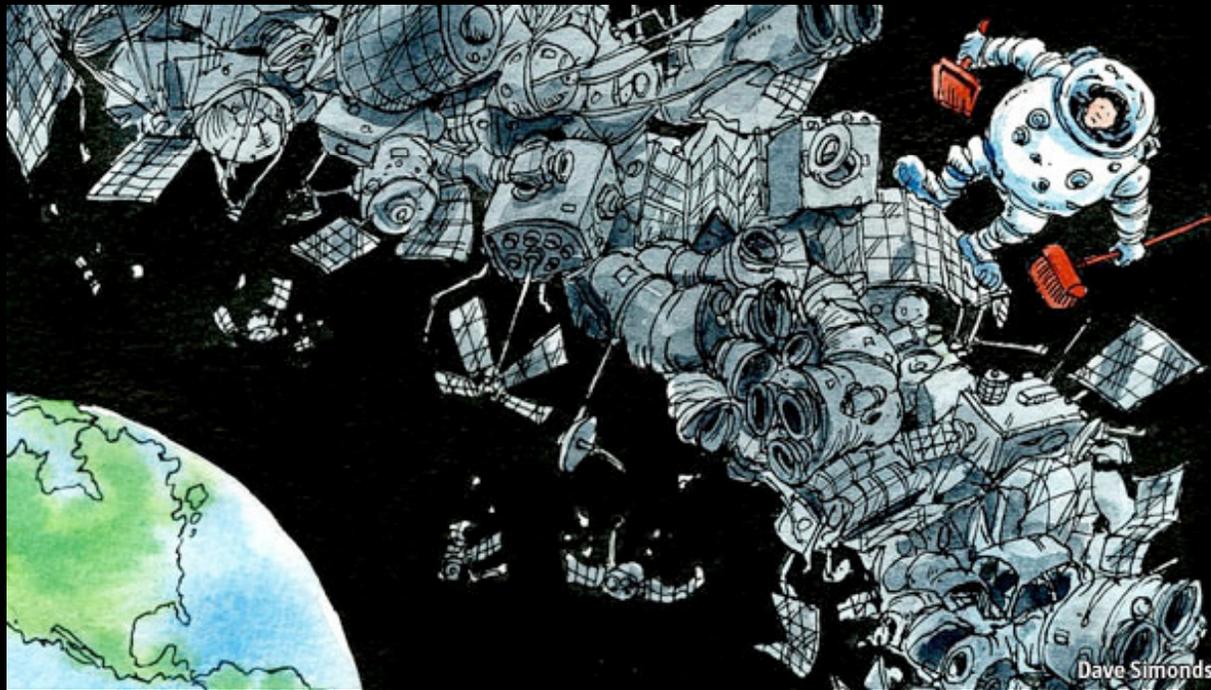
4 - Prévention

Limiter la possibilité de créer des débris supplémentaires en épuisant le carburant des étages de fusées, en déplaçant les satellites vers la fin de leur vie sur des orbites non-commerciales, en respectant de nouvelles normes de construction, etc.



La plupart des grandes agences spatiales internationales ont maintenant un protocole pour limiter la croissance des débris spatiaux. L'élimination par mesures robotisées demeurera cependant nécessaire....

CONCLUSIONS



- L'exploitation commerciale et scientifique de l'espace est présente quotidiennement dans nos vies...
- Le problème grandissant des débris spatiaux représente un réel danger pour le futur de l'exploration et l'exploitation spatiale...
- Des solutions technologiques et logistiques importantes doivent être prises et maintenues dès maintenant pour limiter la croissance du nombre de débris spatiaux...

Merci Beaucoup!



