

# LES DÉBRIS SPATIAUX

**Albert Bijaoui**

**Observatoire de la Côte d'Azur**

*Conférence au*

*Centre Universitaire Méditerranéen*

*le 21 Juillet 1999*

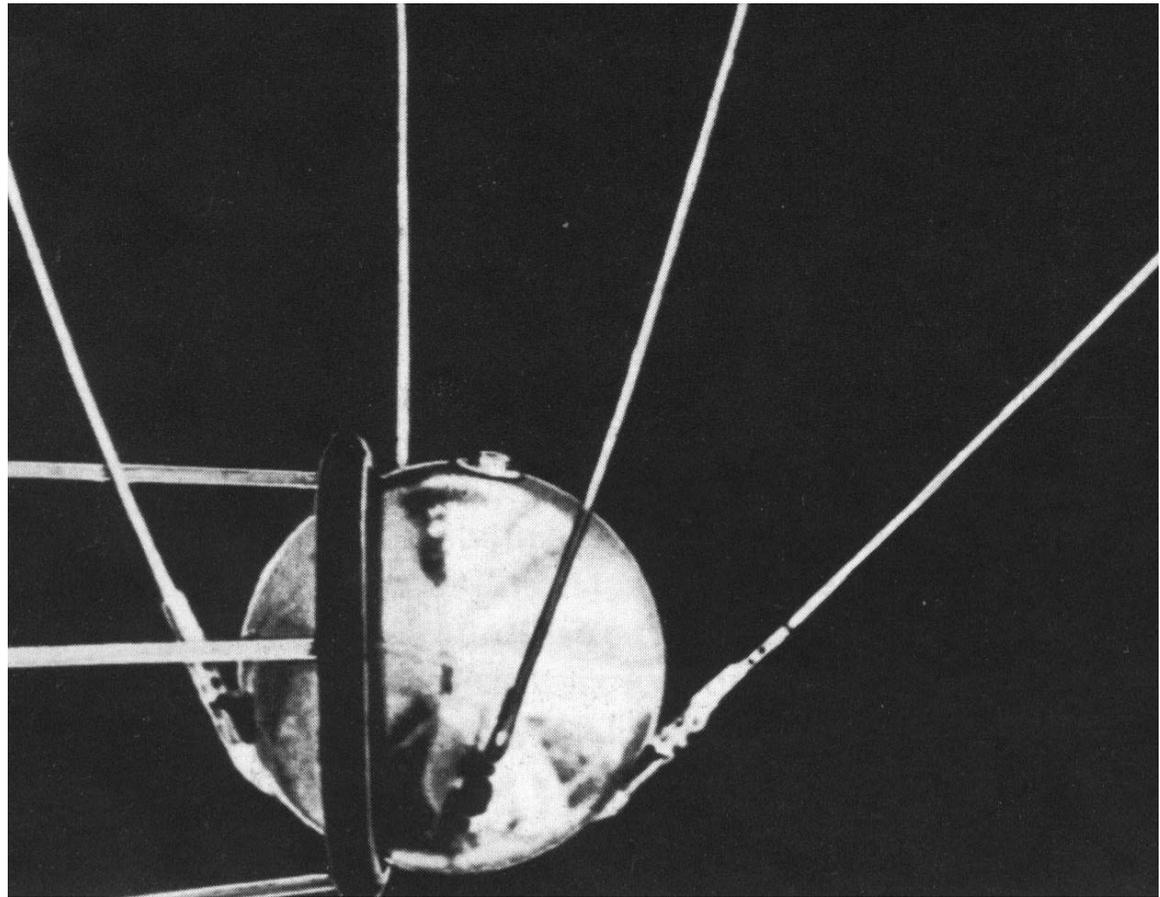
# Plan

- De la Conquête à la Pollution de l' Espace
- Déchets et débris spatiaux
- Impacts et retombées
- La surveillance des débris
- Le nettoyage de l' espace

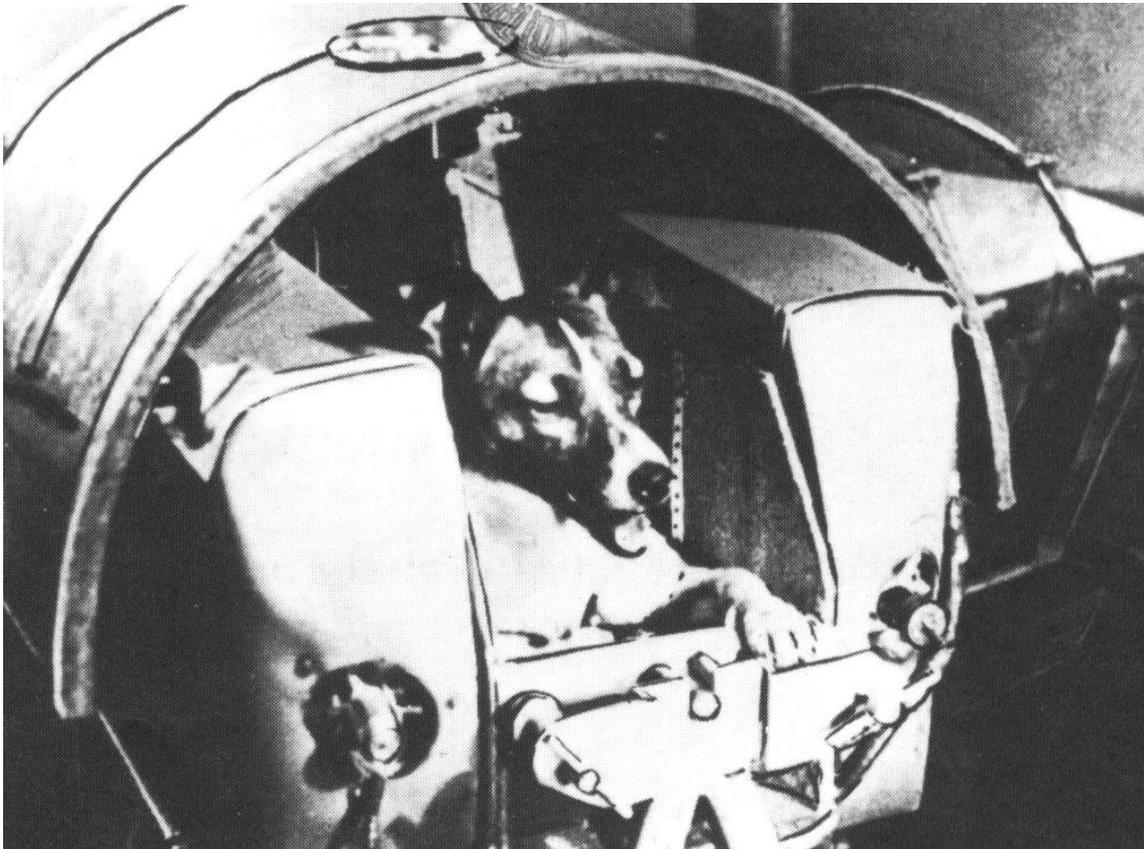
# De la Conquête à la Pollution de l'Espace

# Spoutnik 1

La conquête  
de l'espace a  
commencé le  
4 Octobre  
1957 par le  
lancement du  
satellite russe  
Spoutnik 1



# Sputnik 2

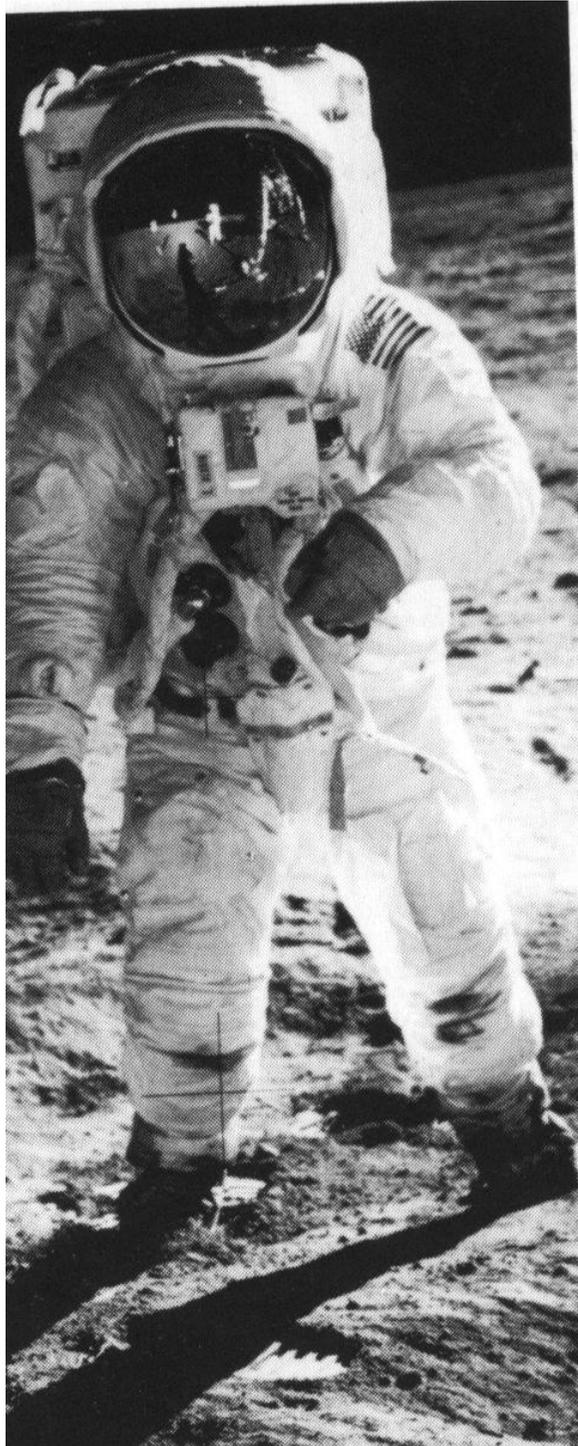


Pour le  
second  
lancement  
les  
soviétiques  
envoyèrent  
la chienne  
Leika

# L 'Homme dans l 'espace

Youri Gagarine  
effectue à 27 ans le  
premier tour de la  
Terre dans une  
cabine spatiale le 12  
Avril 1961





# **Un petit pas pour l'Homme Un bon de géant pour l'Humanité**

Grâce à la fusée SATURNE 5 les  
Américains rattrapent leur retard  
sur les Russes

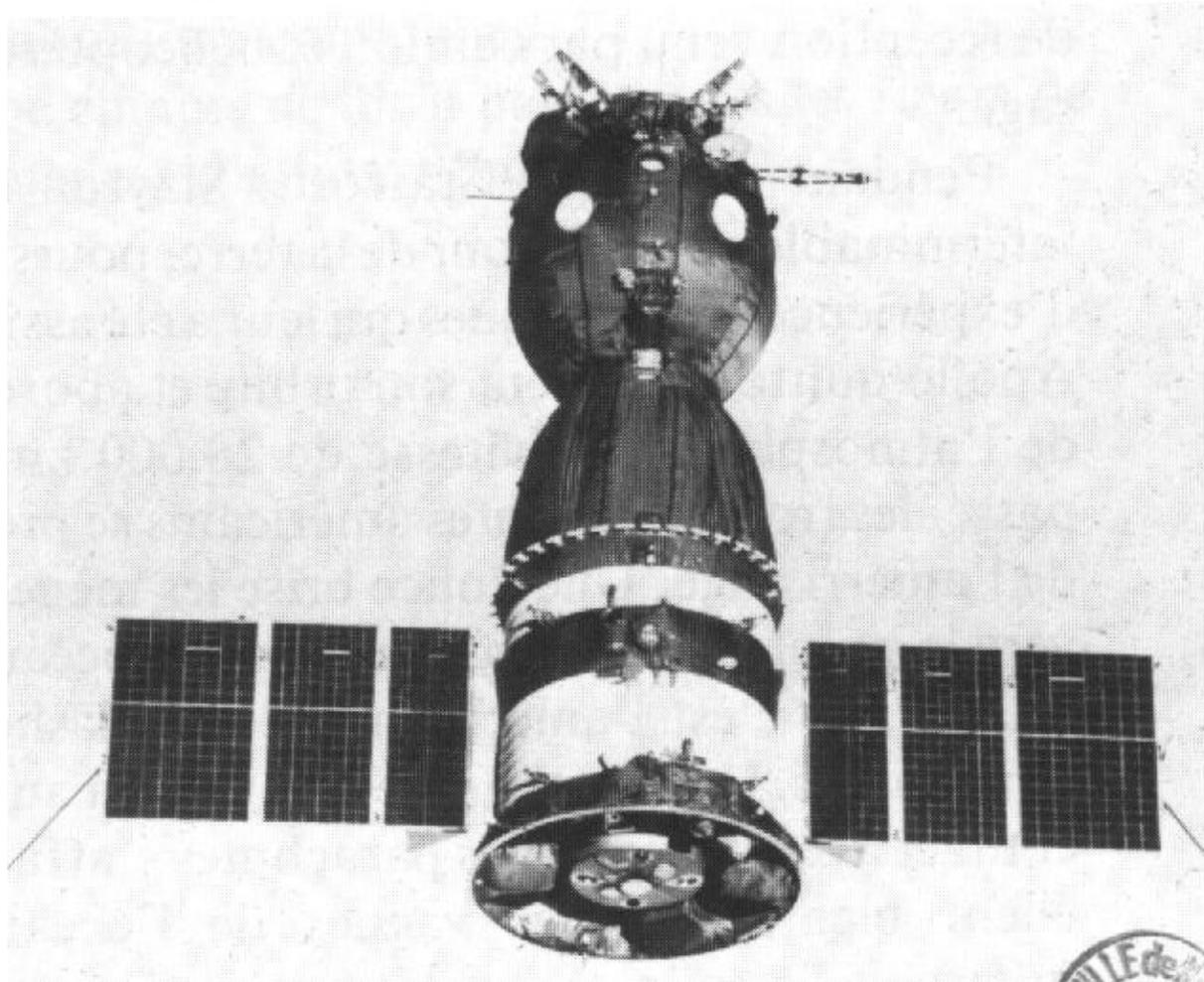
Le 21 Juillet 1969 N. Armstrong et  
E.Aldrin posent le pied sur la Lune  
On passe de la phase de  
conquête à celle de l'exploitation  
de l'Espace

# Skylab

En  
utilisant  
une fusée  
Saturne 5  
la NASA  
réalise la  
première  
station  
orbitale  
en 1973



# Soyouz



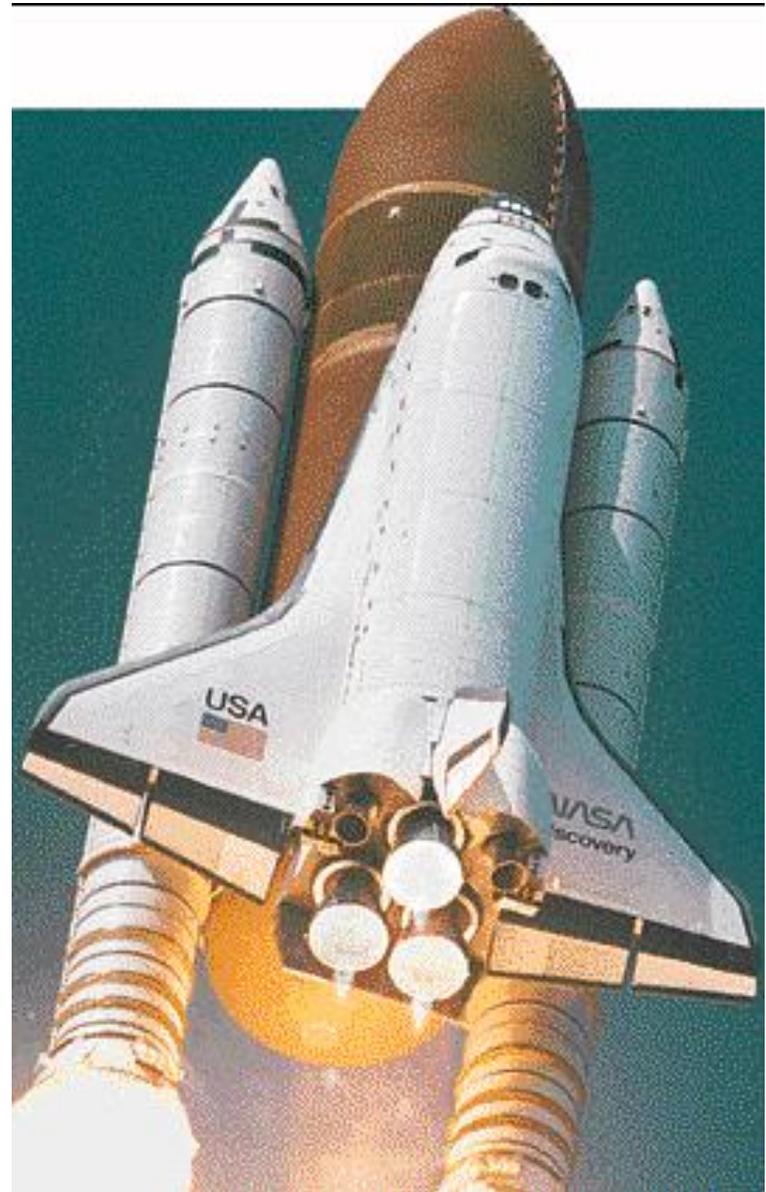
Les Russes  
mettent en  
orbite la  
station  
Soyouz

Un rendez-  
vous Apollo-  
Soyouz  
aura lieu en  
Juillet 1975

# La Navette spatiale

La navette Discovery

La navette a apporté une révolution dans l'exploitation de l'espace



# La fusée Ariane

L'Agence Spatiale Européenne est créée en 1975  
C'est avec la fusée Ariane que les Européens participent à l'exploitation de l'espace



# L 'exploration de l 'Espace

Depuis les missions lunaires  
l 'exploration du système solaire s 'est  
poursuivie avec des stations  
automatiques

Elles ont ramené des images et des  
analyses *in-situ* essentielles pour  
comprendre l 'origine et l 'évolution du  
Soleil et de son système

# L 'exploitation de l 'espace

Dès le début des années 1960  
l 'Espace est devenu essentiel  
pour de nombreuses activités  
humaines:

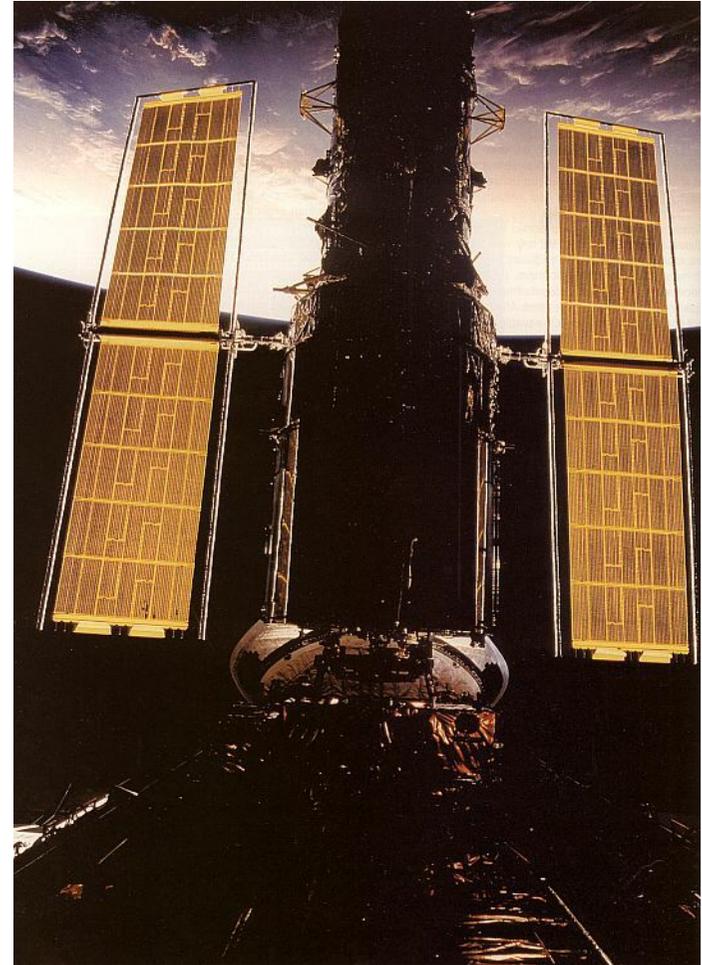
Voir la Terre, Voir l 'Univers,  
Transmettre les communications,

...

# L 'observation de l 'Univers

Les satellites astronomiques permettent de voir l 'Univers dans tous les domaines de longueurs d 'onde

Le télescope spatial Hubble en est le représentant le plus symbolique



# La Télévision et les Télécommunications

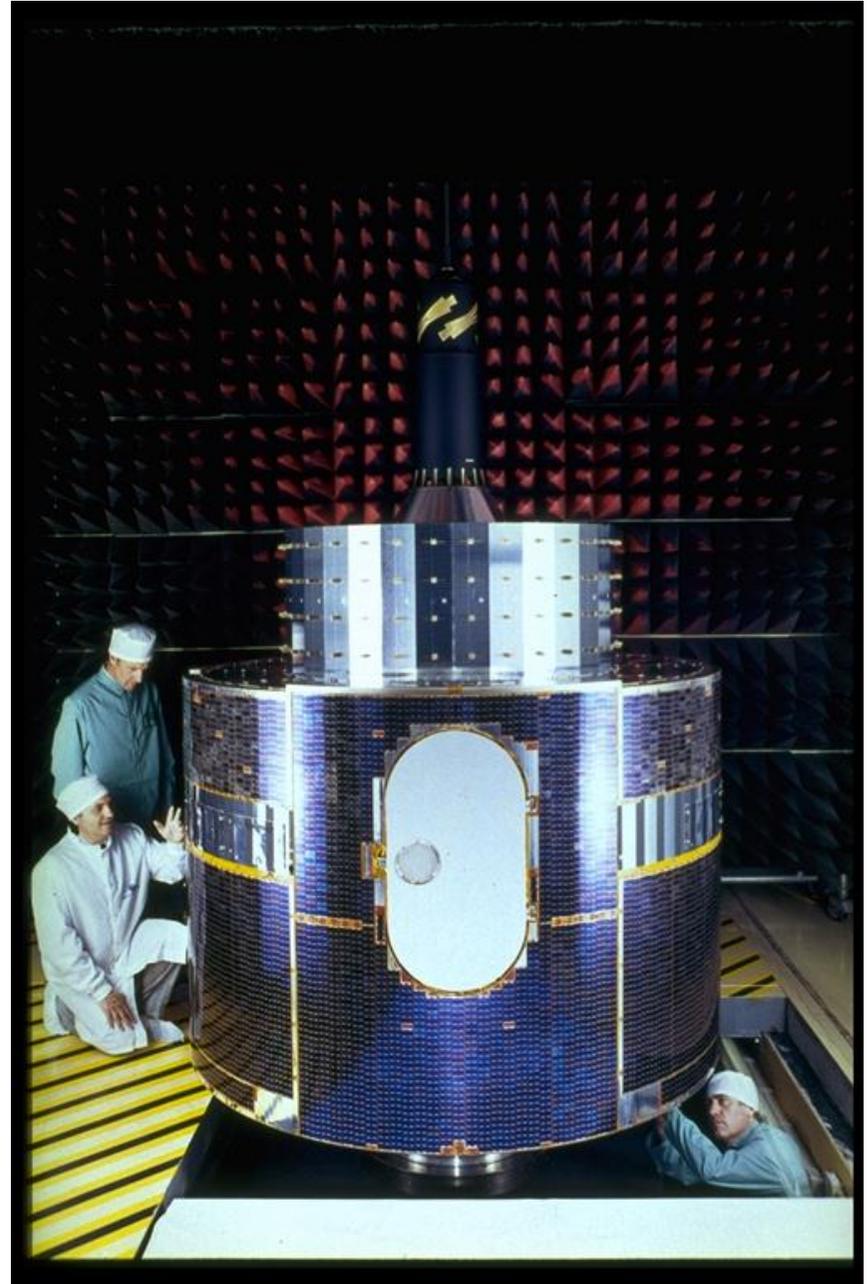
Avec Testar (1962) la Mondiovision est née

Depuis les nombreux satellites de  
télédiffusion et de communications ne  
cessent de transmettre et de relier les  
hommes

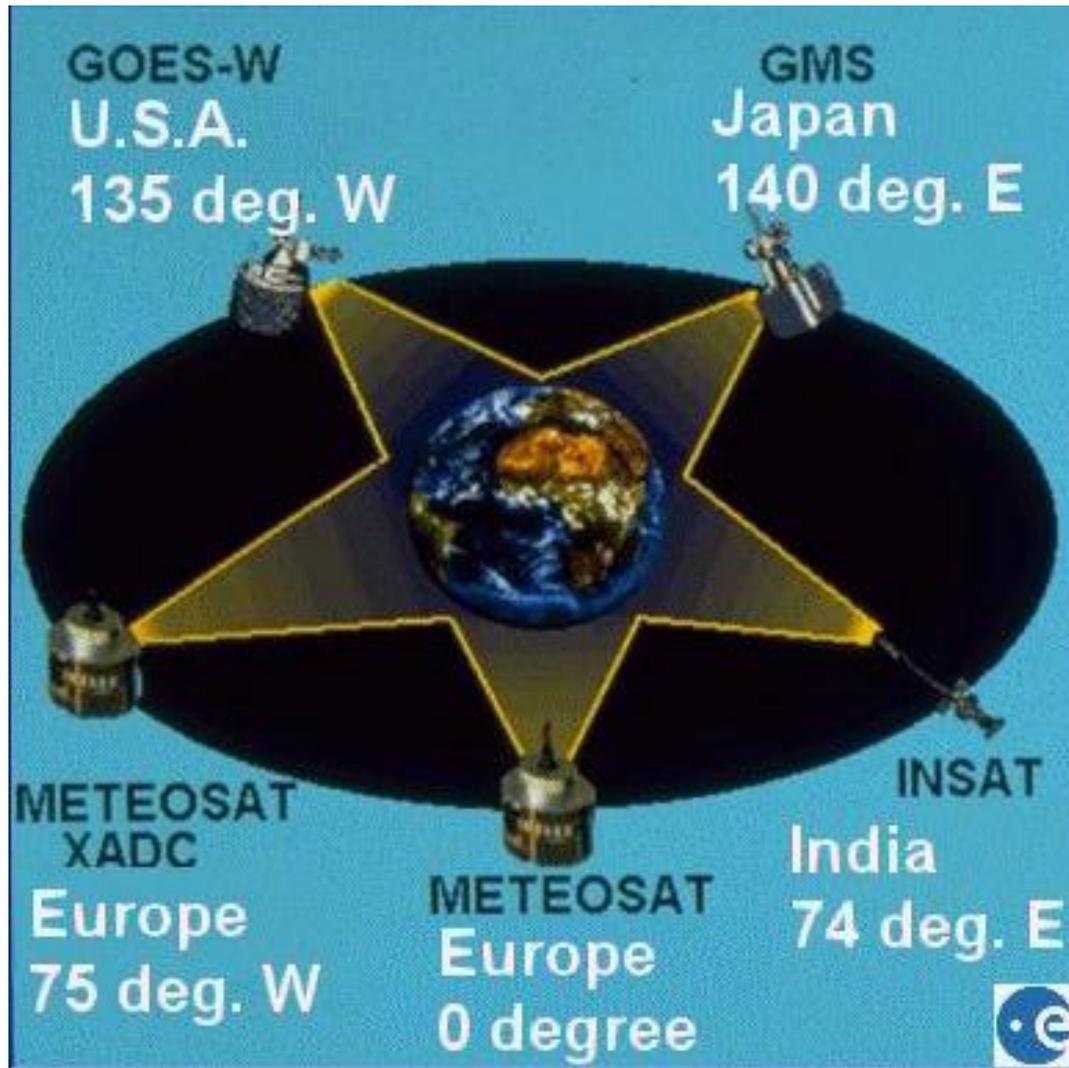
Les constellations (Iridium) permettent  
d'assurer une communication permanente  
entre deux points quelconques du Globe

# La météorologie

Le Satellite Météosat  
construit à Cannes pour  
l'Agence Spatiale  
Européenne joue un  
rôle essentiel dans la  
prédiction  
météorologique à court  
terme



# Couverture de la Terre



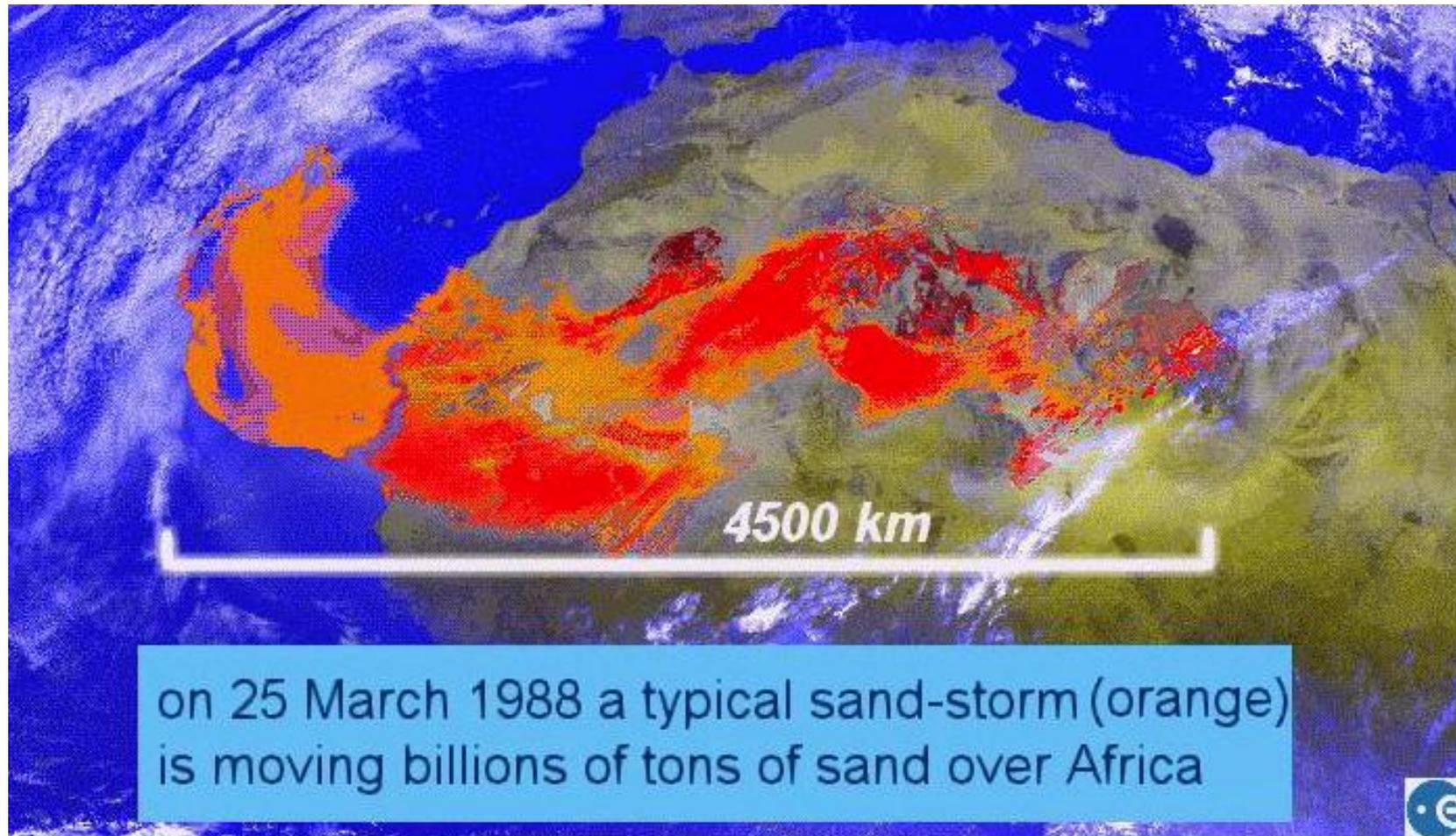
Avec cinq satellites géostationnaires et des satellites polaires il est possible de suivre de manière permanente les masses nuageuses



# Un rôle essentiel

Les satellites  
permettent de  
prédire les  
dangers:  
l'ouragan  
Andrews

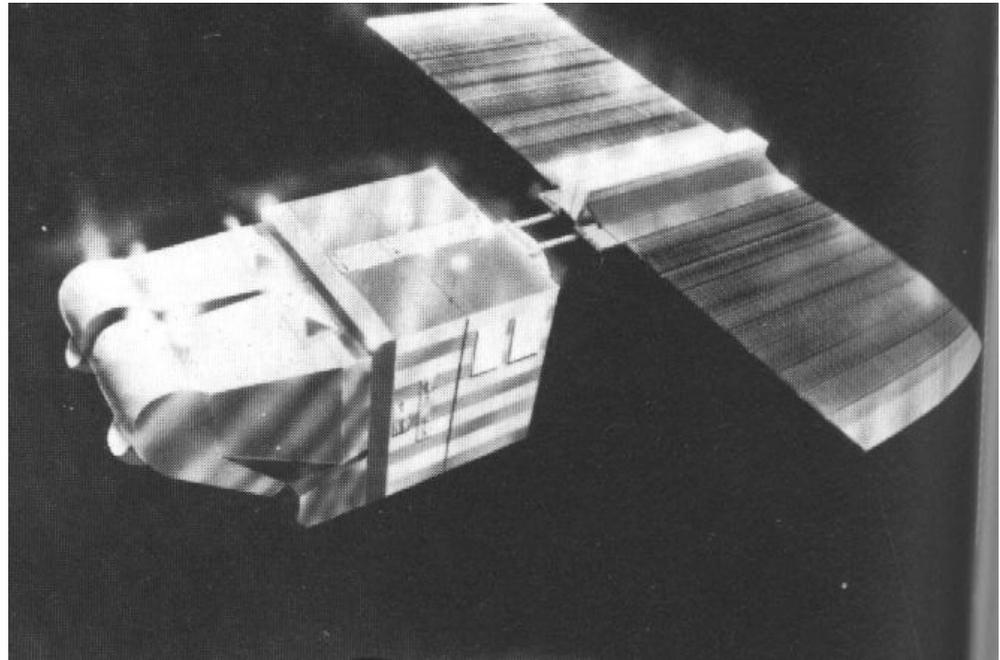
# Vision des phénomènes à grande échelle



# La télédétection spatiale

L'observation civile  
de la Terre  
commence avec  
LANDSAT

Les satellites SPOT  
permettent une  
observation à 10  
mètres de résolution



# Le Radar à Ouverture Synthétique



Il permet d'observer le sol en radio.

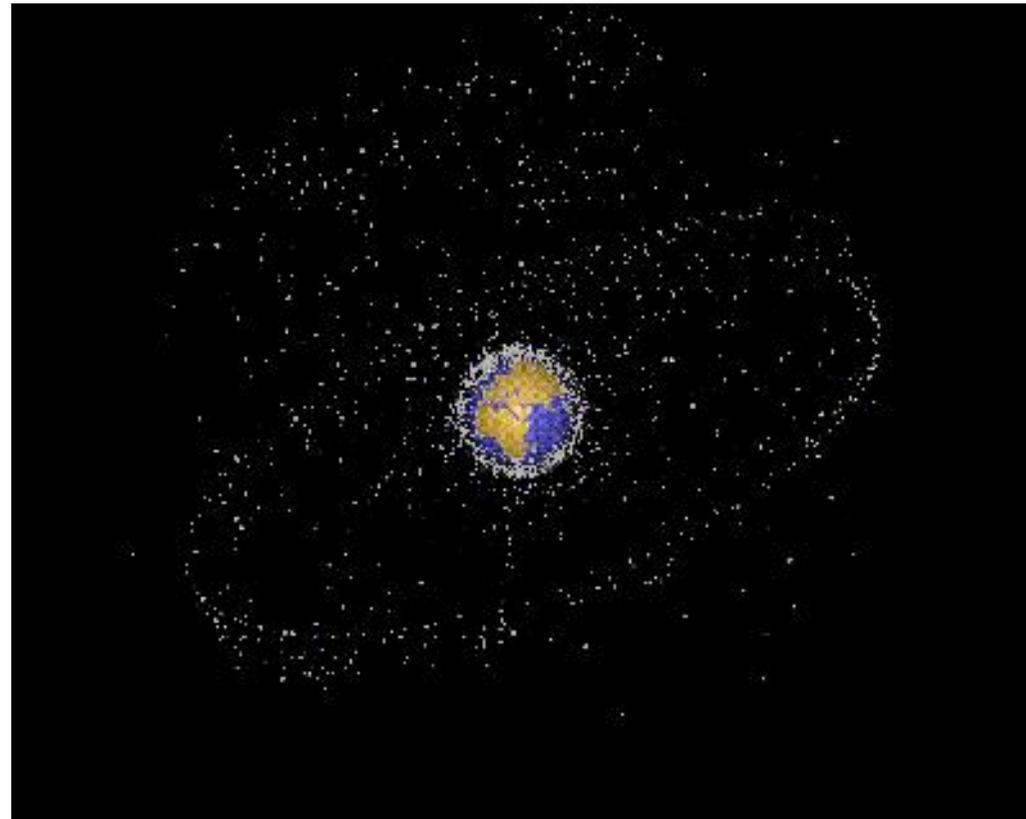
La résolution est excellente et les intempéries ne le gênent presque pas

Le satellite européen  
ERS1

# Déchets et Débris spatiaux

# Les objets satellisés

- Coquille proche de la Terre :
  - nombreux,
  - isotrope
- Anneau des Géostationnaires
- Objets polaires

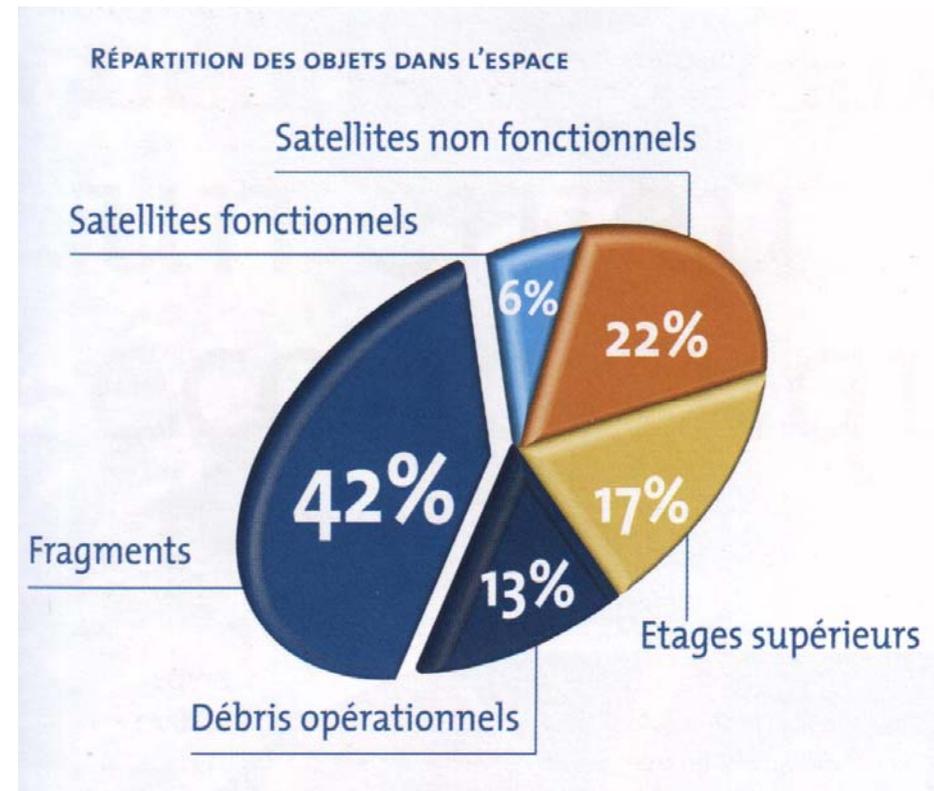


# Objets en orbite

- Fin 1996 il y avait eu 3750 lancements
- Ils ont conduit à plus de 23000 objets de plus de 10cm en orbite autour de la Terre
- Il ne restait plus qu'environ 7500 objets dans l'espace

# Répartition des objets en orbite

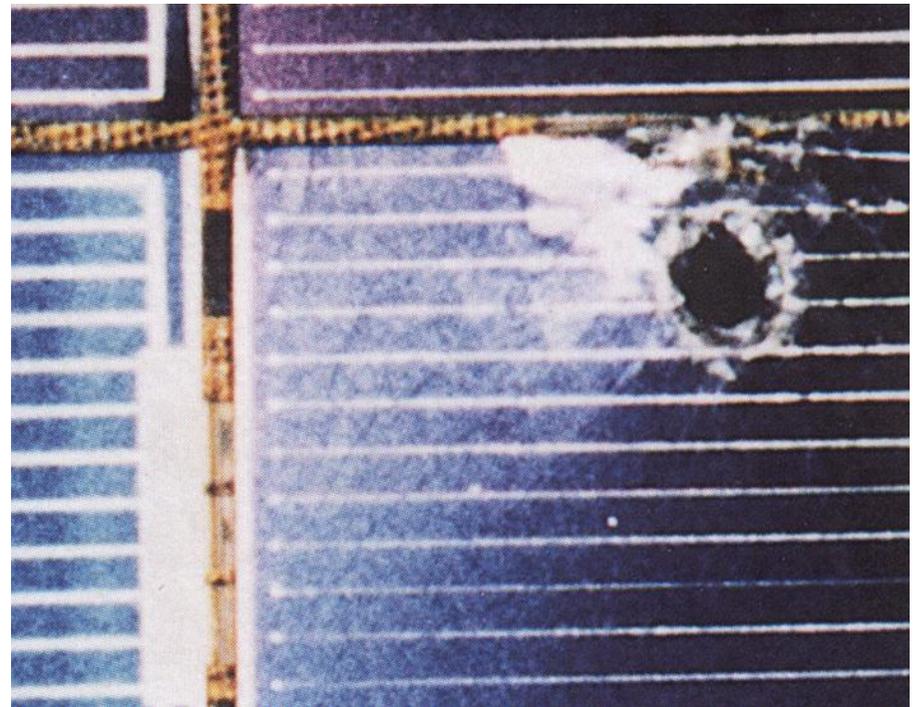
- Déchets :
  - Satellites abandonnés
  - Dernier étage de fusée
  - Coiffe de satellite
- Débris :
  - Dus à une explosion
  - Dus à une collision



# Impacts et Retombées

# Effet d 'un impact

- Impact sur un panneau solaire d 'Eureca
- Hypervitesse : entre 25000 à 50000 km/h
- Une écaille de peinture peut être mortelle



# Danger selon la taille

Taille	Caractéristiques	Protection
<0,01 cm	très grand nombre de particules effet cumulatif sur une longue période, érosion des surfaces	pas nécessaire
entre 0,01 et 1 cm	dommages significatifs pour la structure, perforations, conséquences variables suivant l'élément atteint	blindage architecture
entre 1 et 10 cm	dommages très importants	pas de solution
> 10 cm	objets répertoriés individuellement conséquences catastrophiques pour un satellite	manœuvres d'évitement

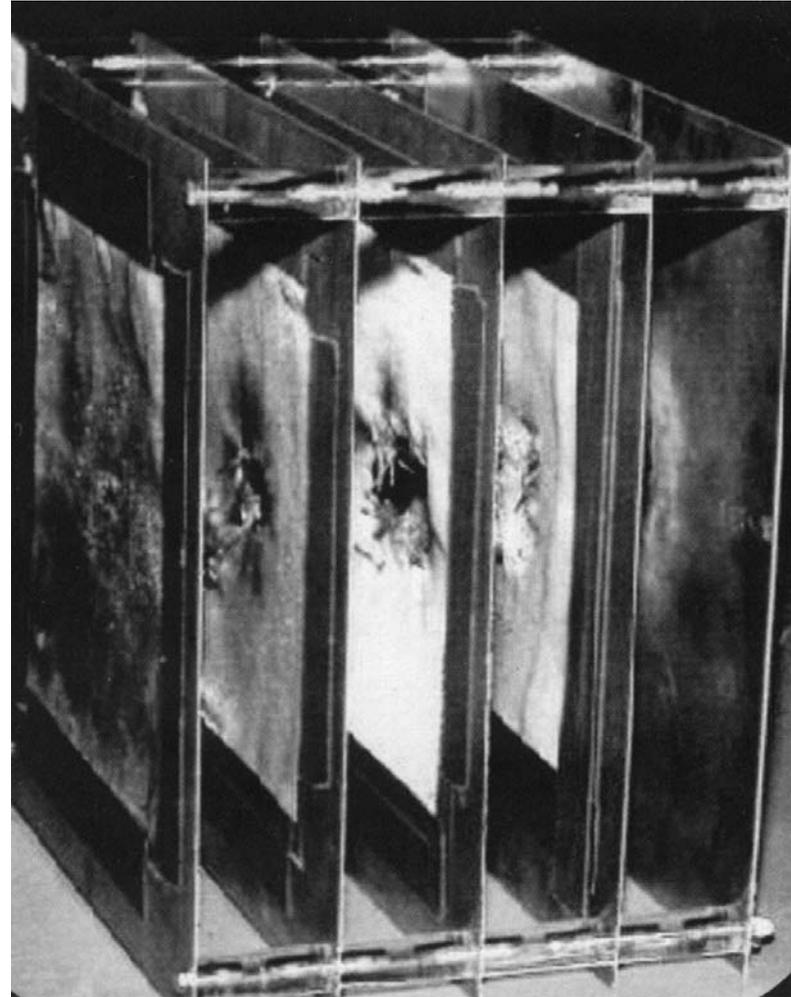
# Les risques potentiels

- Dépendent de la surface et de la durée

Diamètre (cm)	Durée (an)	Surface (m2)
0,01	1	1
0,1	10	100
1	100	1000
10	200	10000

# Bouclier Anti-Débris

La station spatiale orbitale aura une très grande envergure et devrait être opérationnelle de longues années : un bouclier est nécessaire



# Création de débris par explosion

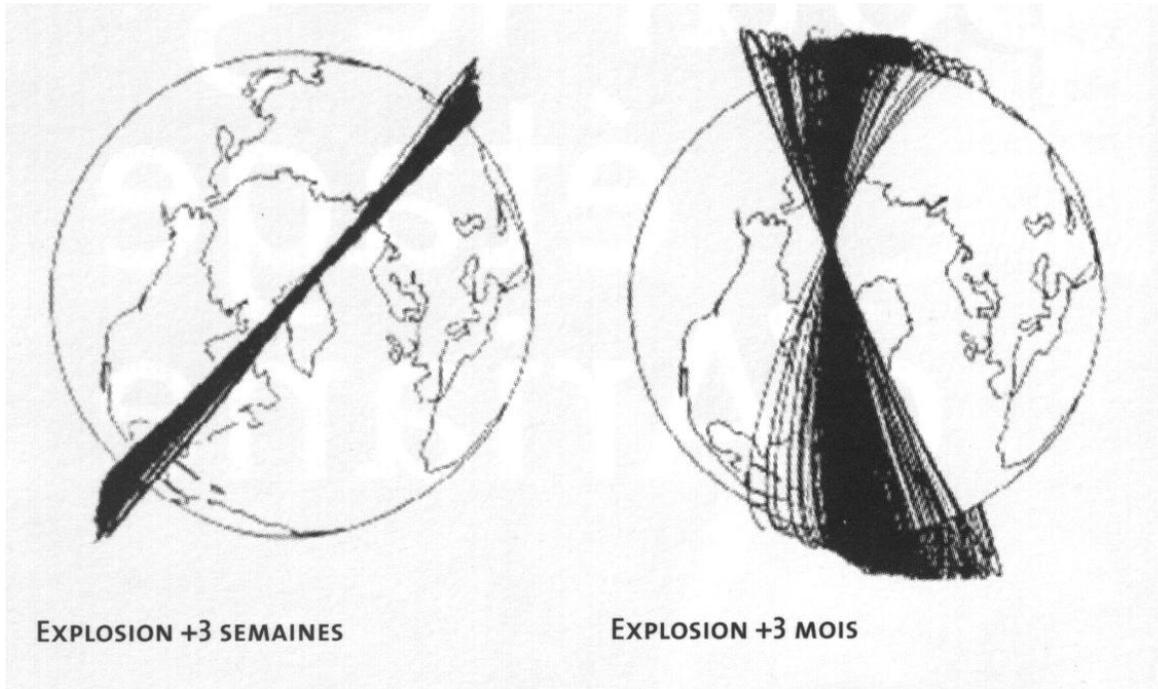


21 Juillet 1999

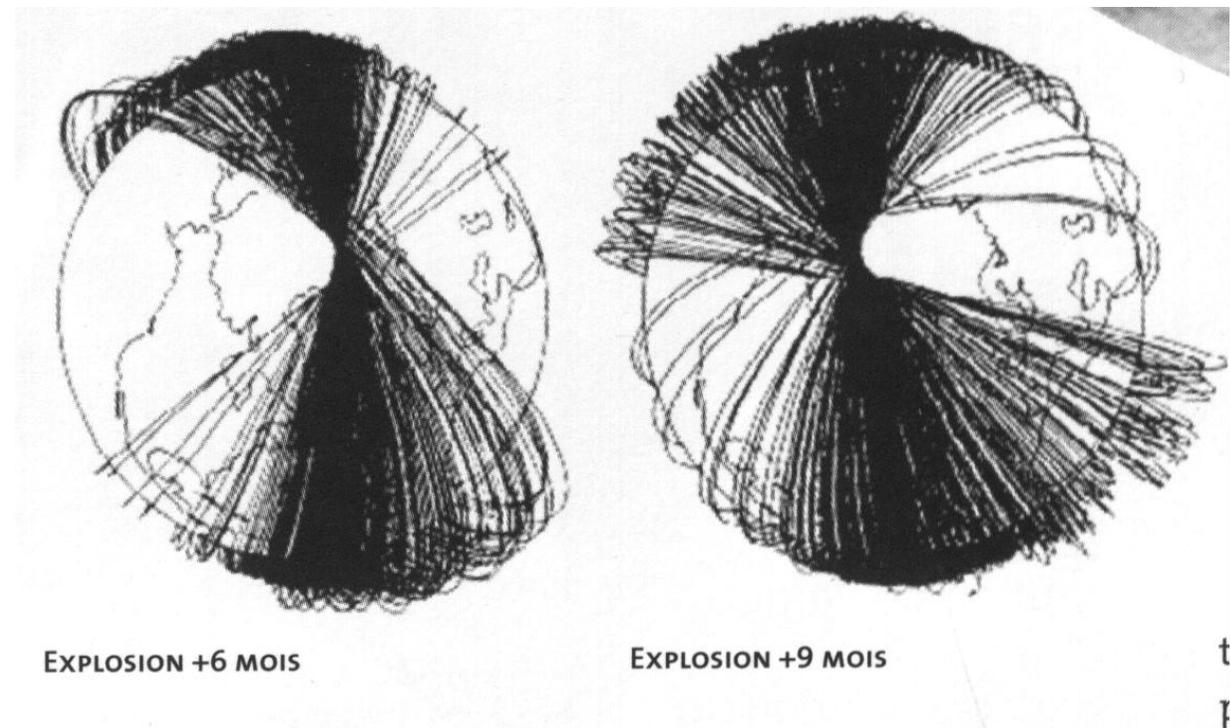
*Les débris spatiaux*

31

# Dissémination des débris



Problème des  
constellations  
de satellites  
(GPS, Iridium,..)



# Les Retombées

Ce réservoir de lanceur est tombé près d'une ferme aux Etats-Unis de nombreuses années après





# La surveillance des débris

# La politique américaine

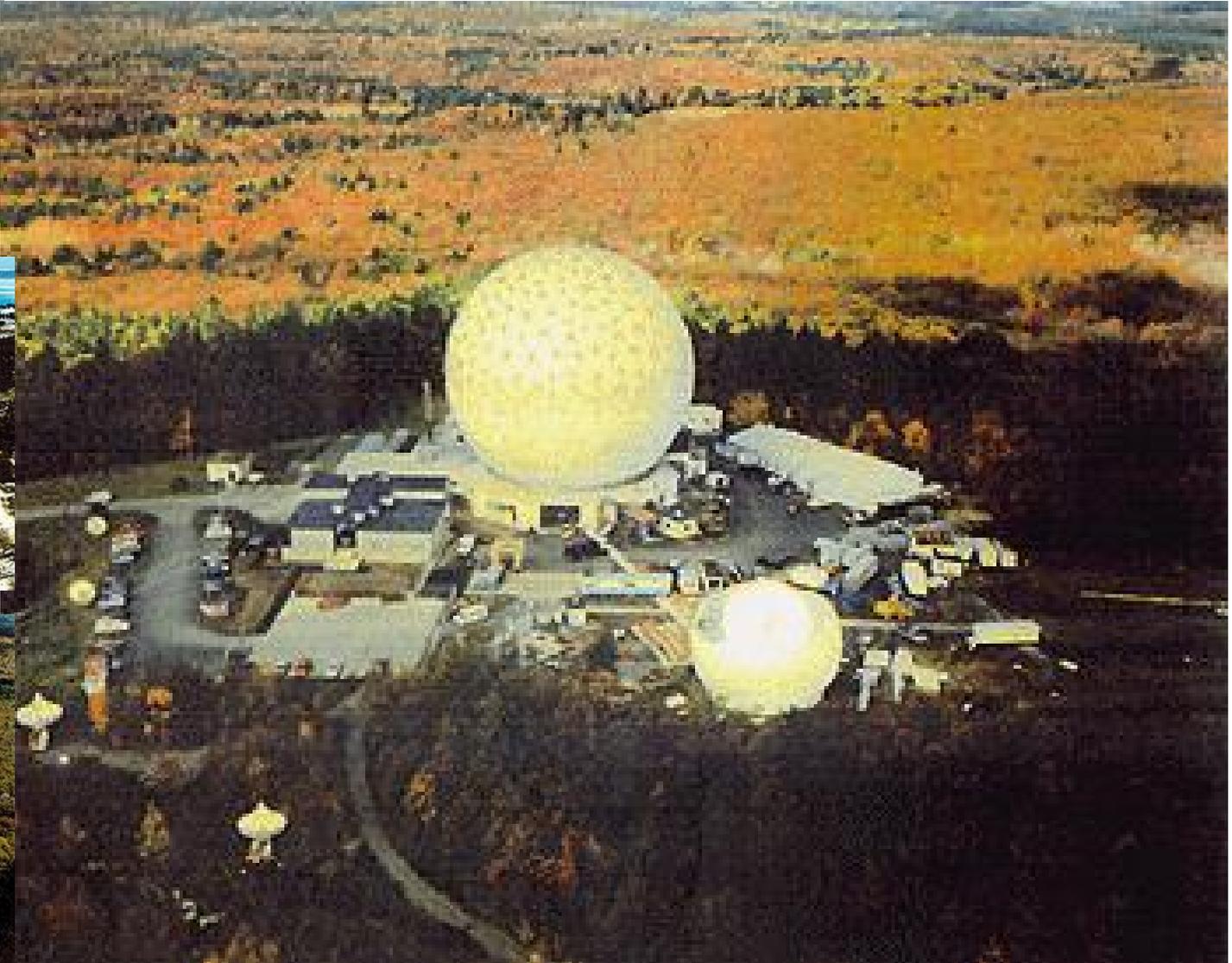
- Ancienne (1989)
- Moyens optiques
  - Petits télescopes de Schmidt
  - Télescope à miroir liquide
- Radars Haystack
- Un suivi permanent



# Le Télescope à Miroir Liquide



# Les Radars Haystack

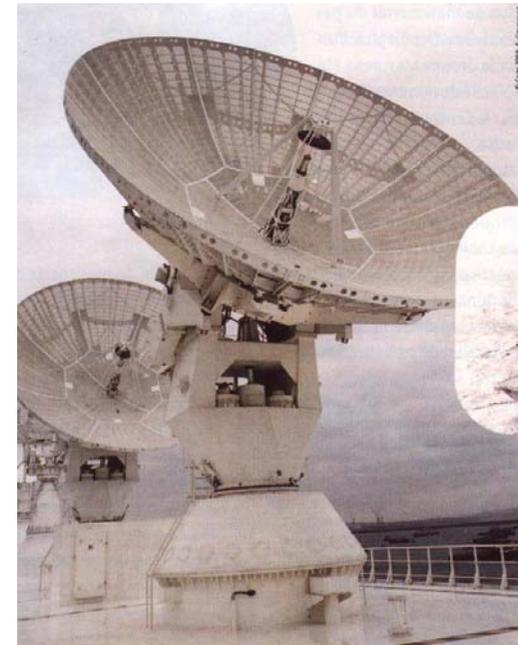


# Les autres Agences

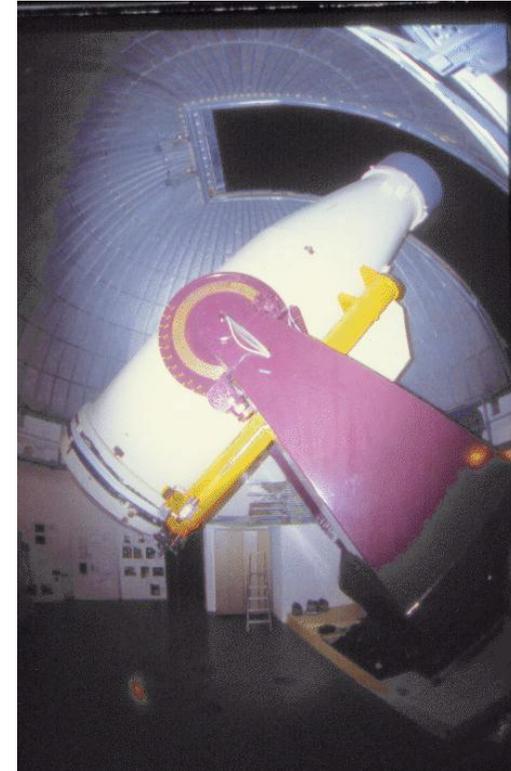
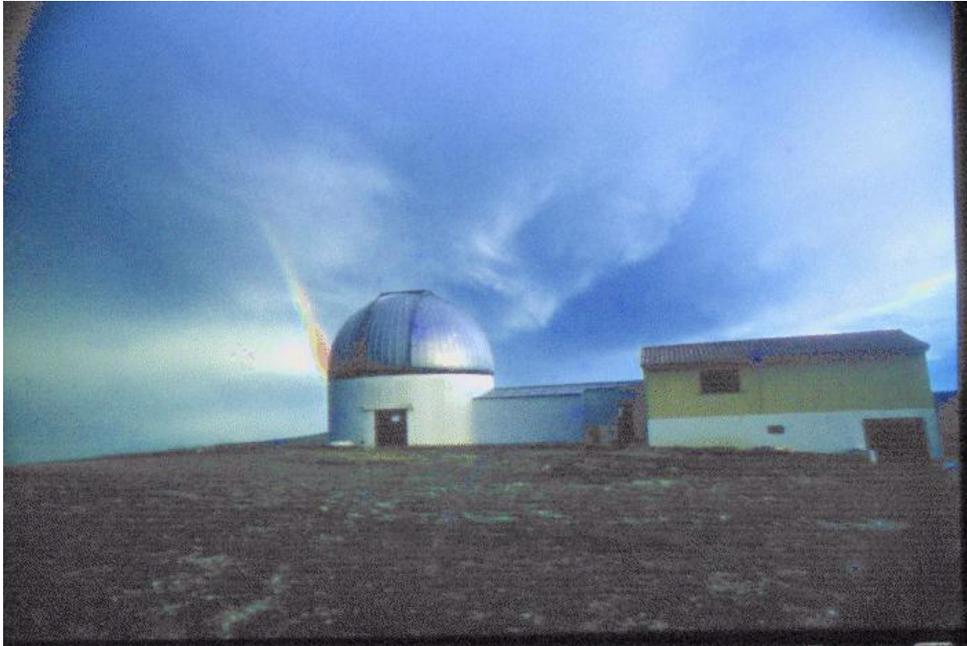
- Les Russes ont un réseau de surveillance
- Le Japon
- L 'Université de Berne
- L 'Agence Spatiale Européenne
- La France

# Le CNES : orbite basse

## Le BEM Monge et ses RADARS

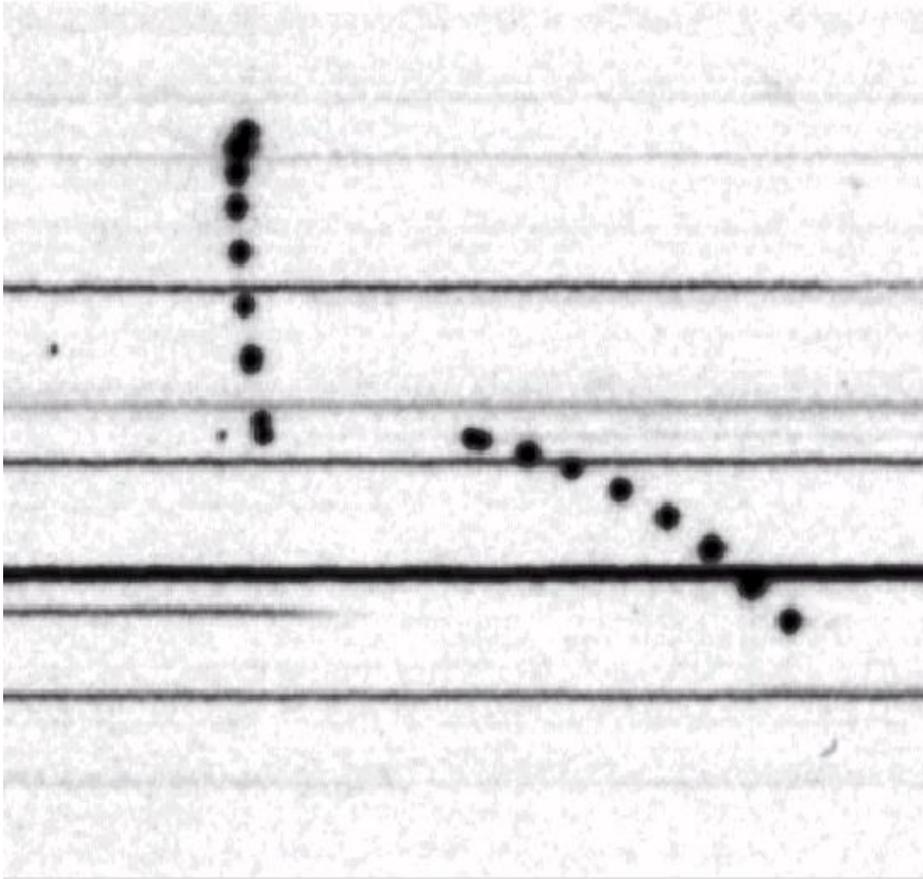


# CNES : Géostationnaires



Le télescope de Schmidt de  
l'Observatoire de la Côte d'Azur

# Satellites TDF1 et 2



Photographiés au  
foyer du télescope  
de Schmidt à  
Calern en 1996

# Utilisation d'une caméra à transfert de charges

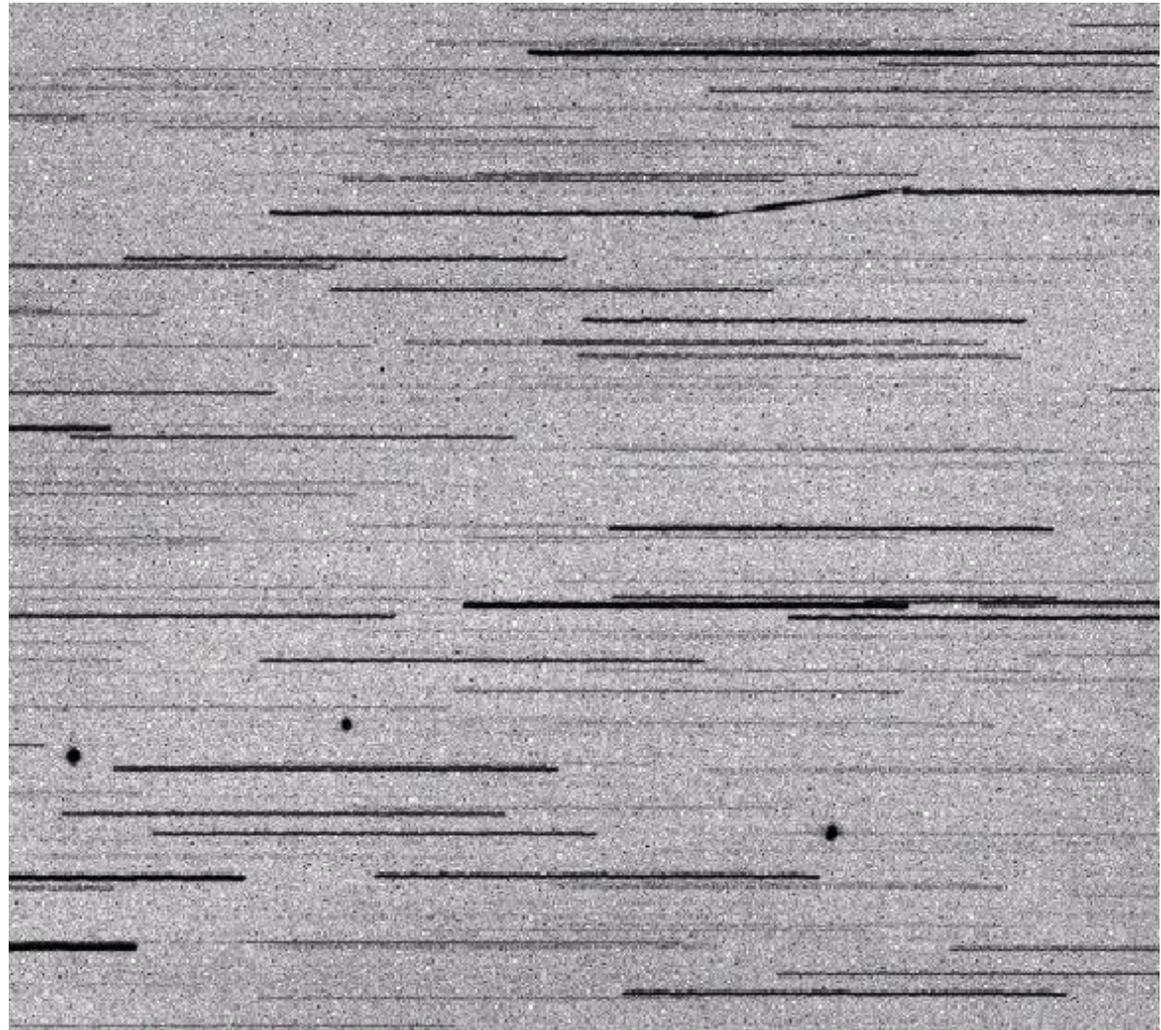
L'utilisation de la photographie ne permettait pas une automatisation de la mesure.

Avec la caméra à transfert de charges, le champ de vue est réduit d'un facteur 100, mais on a pu automatiser la détection, ainsi que la mesure des positions et des flux.

Les orbites des candidats débris sont ainsi déterminées.

# Champ TDF1/2 en Janvier 1998

Deux satellites  
sont  
géostationnaires  
Un seul a été  
identifié  
Le troisième est  
mobile et  
abandonné



# Le traitement

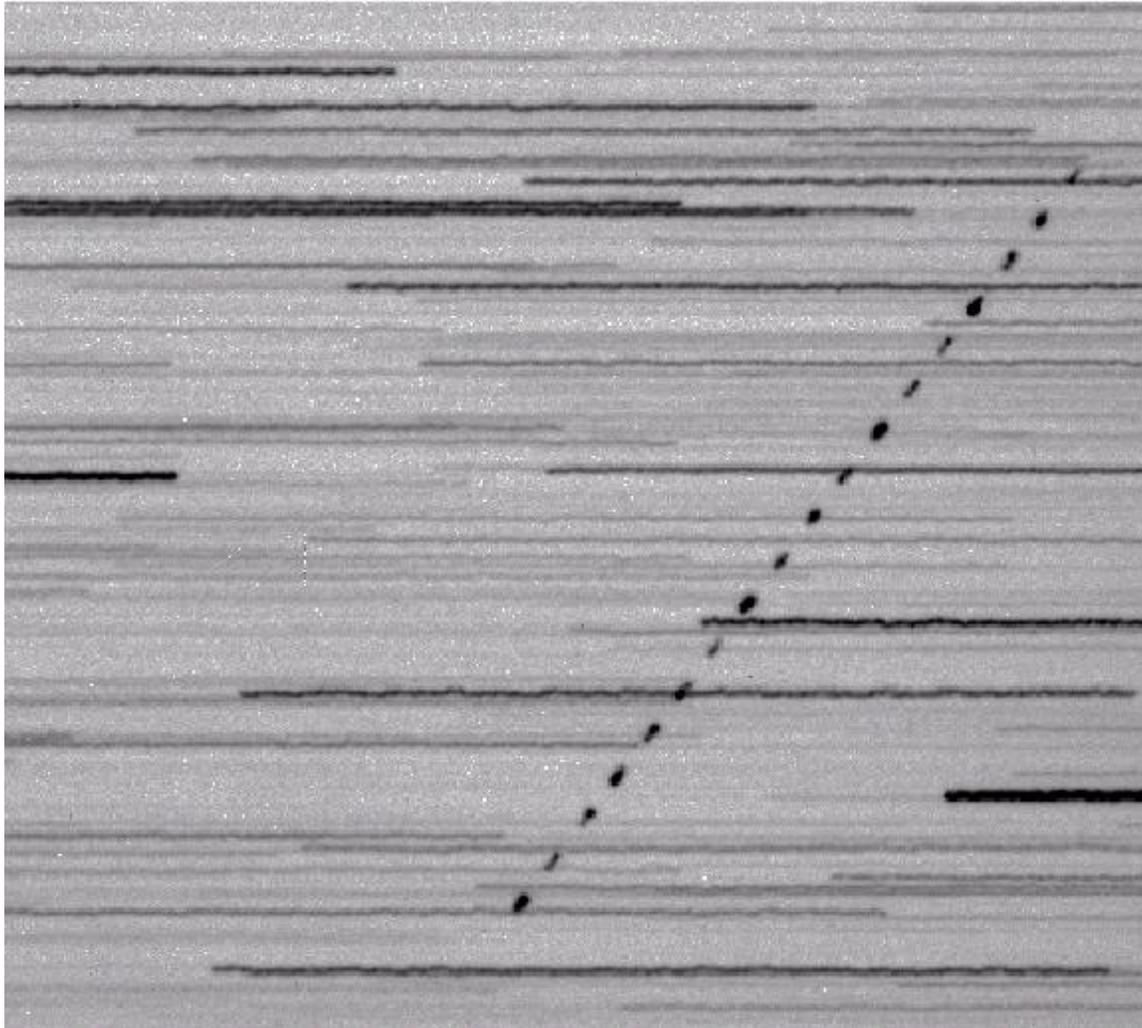


Un traitement  
mathématique  
permet de réduire  
les traînées

On détecte les  
objets résiduels

On poursuit les  
objets mobiles sur  
plusieurs images

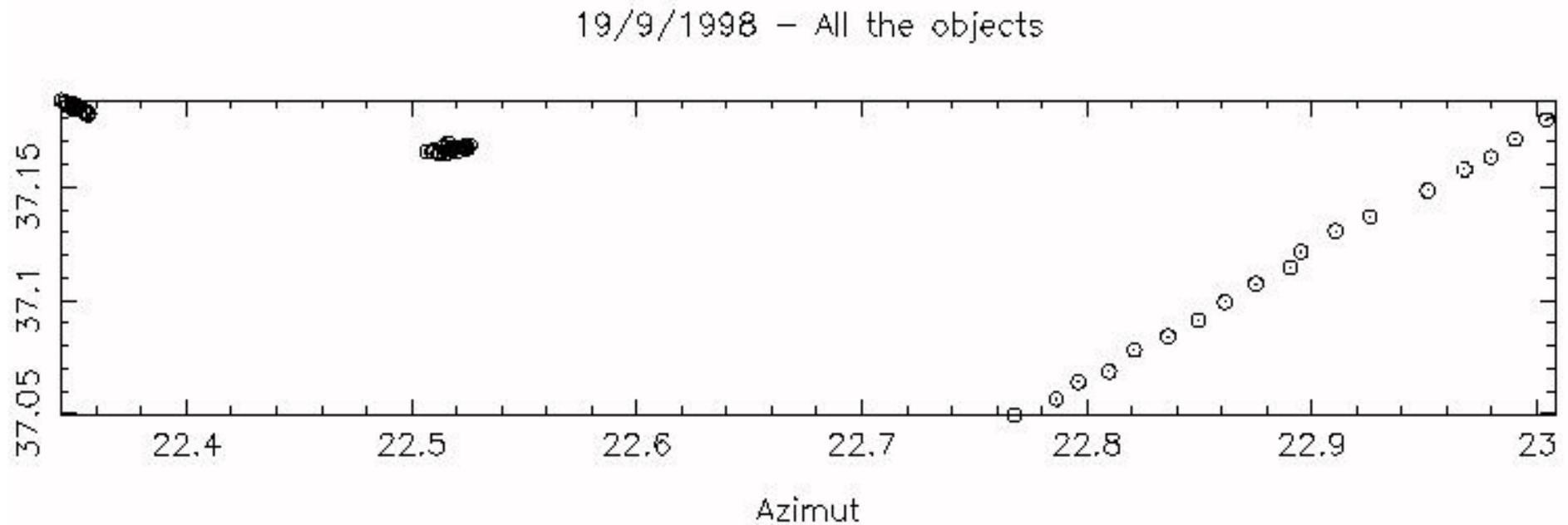
# Poursuite



Poursuite du  
débris sur une  
heure

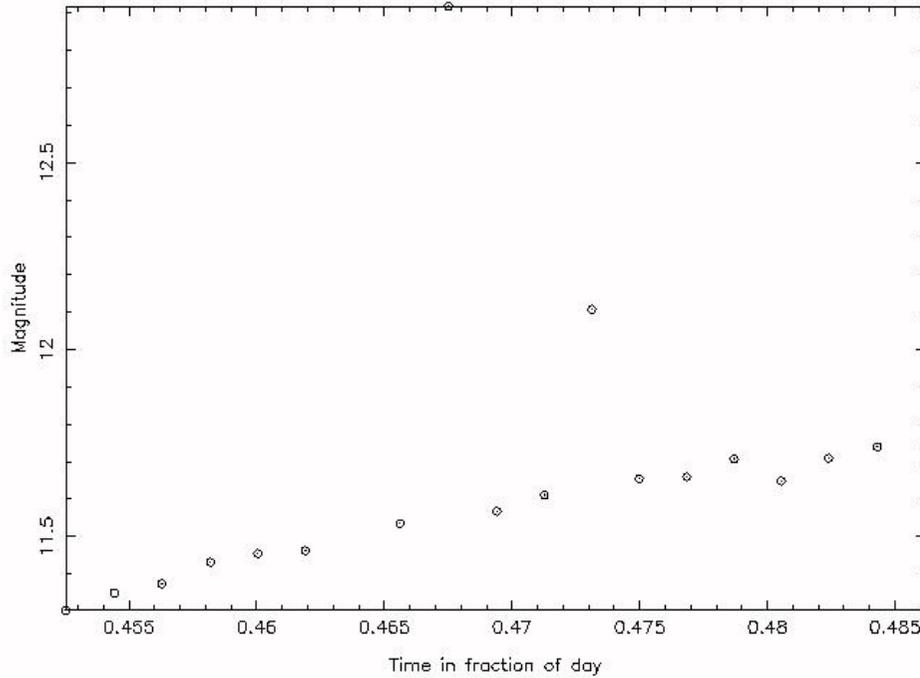
On constate les  
variations  
brutales d'éclat

# Positions des objets

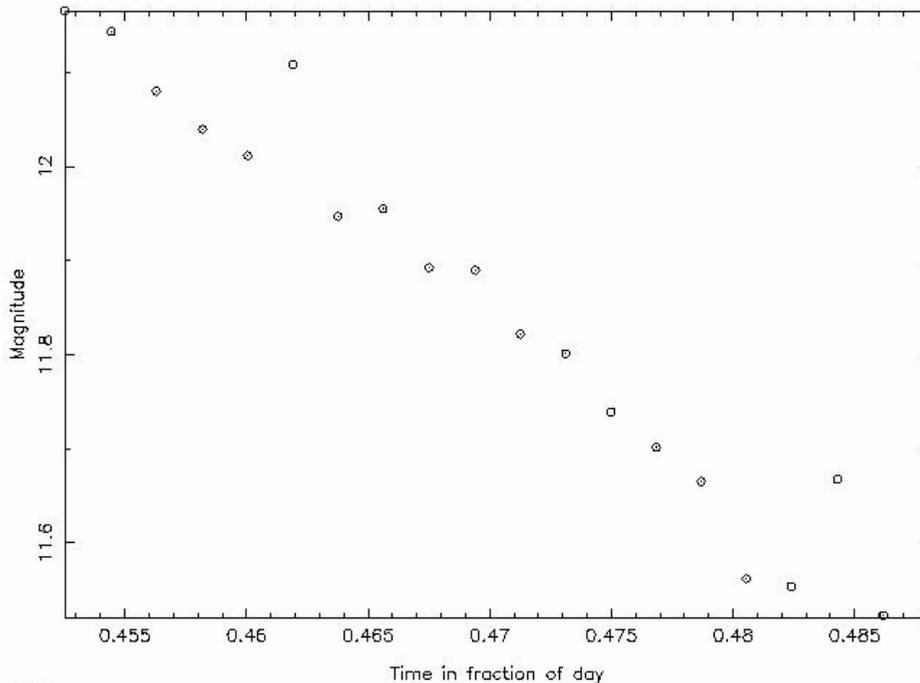


# Courbes de lumière

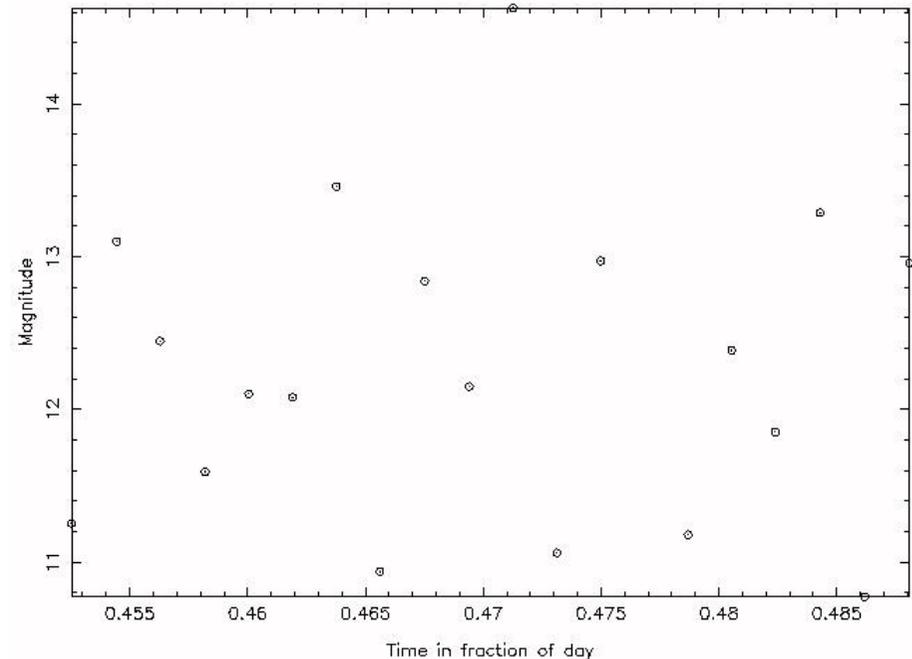
L'objet mobile présente des variations en flux lumineux d'un facteur de l'ordre de 50



19/1/1998 - Second object



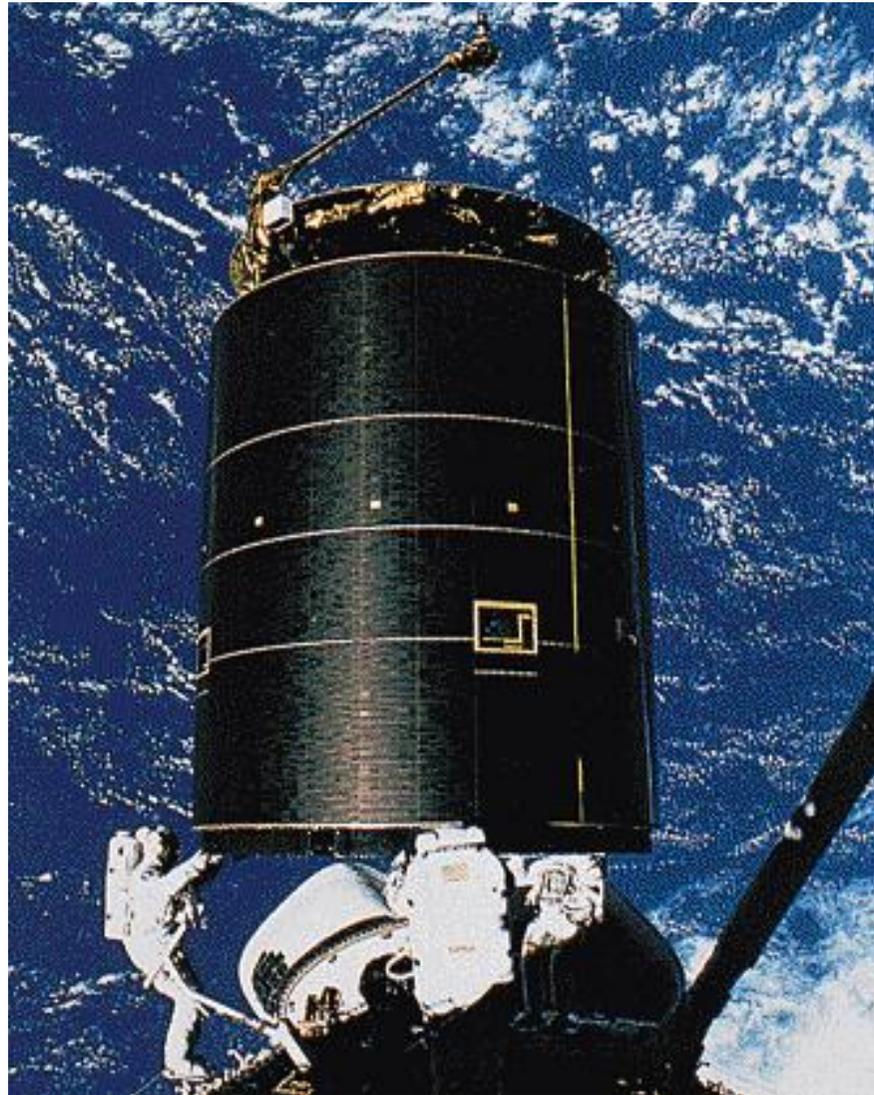
19/1/1998 - Third Object



# Le nettoyage de l'espace

# Doit-on récupérer les satellites après usage?

Récupération du satellite  
INTELSAT 6 par une  
équipe d'astronautes  
américains le 13 Mai  
1992



# Autres Solutions

- Les satellites balayeurs de l'espace
- Le projet ORION :
  - Tirs lasers sur les débris
  - Modification d'orbite : allongement
  - Réduction du périhélie
  - Retombée des débris
- Problème pour les Géostationnaires

# Accords internationaux

- Il existe aujourd'hui des protocoles d'accord sur les débris spatiaux
- Les agences ont pris des mesures pour réduire au maximum les risques de formation des débris :
  - Purge des carburants
  - Mise sur une orbite cimetière
  - Suivi des objets non opérationnels

# Conclusion

- La conquête de l' Espace a entraîné sa pollution
- Le danger pour les satellites est supérieur à celui dû aux météorites
- Surveillance de l'espace pour que les satellites évitent les gros débris
- Nettoyage nécessaire de l'espace
- Coût faible comparé à celui des destructions potentielles.