

## RECOMMANDATION UIT-R S.1003\*

**PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ORBITE DES SATELLITES GÉOSTATIONNAIRES**

(Question UIT-R 34/4 (1986)\*\*)

(1993)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que les satellites sont, de par leur conception, des structures fragiles, dont les chances de survie sont limitées en cas de collision sur orbite;
- b) qu'une collision sur orbite aurait pour effet de supprimer ou du moins d'altérer les fonctions de télécommunication d'un satellite;
- c) que la désintégration d'un satellite suite à une collision ou à une explosion créerait un nuage de débris orbitaux qui s'étalerait au voisinage de l'orbite et augmenterait la probabilité de collisions sur cette orbite;
- d) qu'un satellite en dérive sur son orbite après la fin de sa vie utile peut bloquer des liaisons radiofréquence de satellites actifs,

*recommande*

1. de réduire autant que possible le nombre des débris lâchés sur l'orbite des satellites géostationnaires (OSG) au cours de la mise sur orbite d'un satellite;
2. de s'efforcer de réduire la durée de vie des débris sur l'orbite de transfert;
3. qu'un satellite géostationnaire arrivé en fin de vie utile soit transféré, avant épuisement complet de son combustible, sur une orbite «cimetièr» supersynchrone, dont le tracé ne coupe pas celui de l'OSG (voir l'Annexe 1);
4. que le transfert sur l'orbite «cimetièr» soit effectué avec le plus grand soin, afin d'éviter le brouillage des liaisons radiofréquence des satellites actifs;
5. que la Note suivante soit considérée comme faisant partie de la Recommandation.

*Note 1* – La définition de ce qui constitue une orbite «cimetièr» effectivement utilisable doit faire l'objet d'études complémentaires.

## ANNEXE 1

**Protection de l'environnement de l'orbite des satellites géostationnaires**

En octobre 1991, on compte au voisinage de l'orbite des satellites géostationnaires (OSG), 322 engins spatiaux actifs ou abandonnés et 111 corps de fusée et autres objets liés à la mise sur orbite de ces satellites. La plupart de ces objets ne sont plus sous le contrôle de leurs exploitants d'origine. Outre la population d'objets à proximité de l'OSG, d'autres objets traversent périodiquement cette région. Il s'agit notamment d'étages de mise sur orbite de transfert géostationnaire dont le périégée est situé sur une orbite terrestre basse, mais aussi d'objets retirés vers des orbites de stockage, situées au-dessus ou au-dessous de la région de l'OSG (voir la Fig. 1).

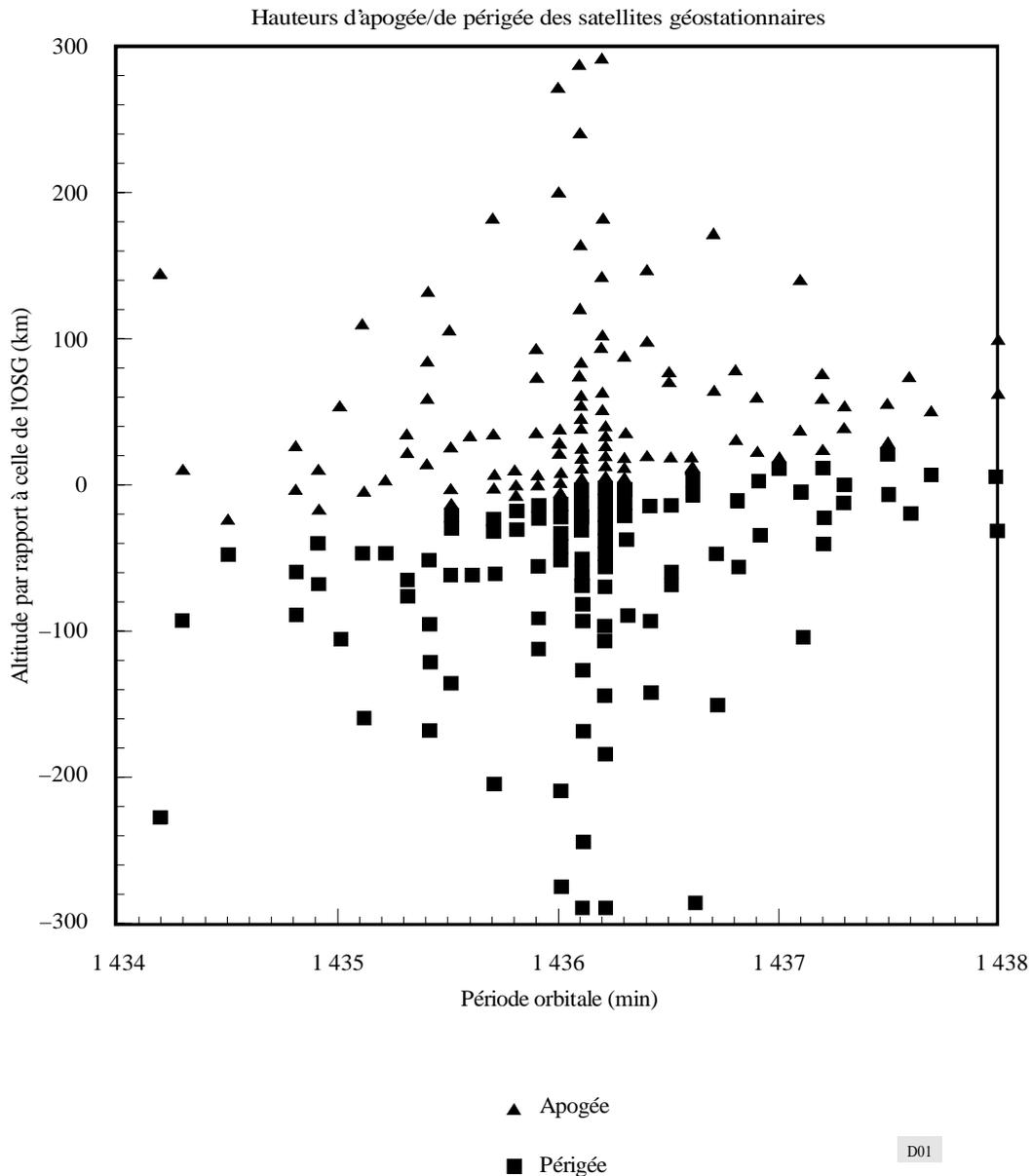
---

\* La présente Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 7, 8, 10 et 11 des radiocommunications. La Commission d'études 7 des radiocommunications est priée d'étudier la question des moyens à prévoir pour empêcher de laisser sur l'orbite des satellites géostationnaires des éléments de l'engin spatial ou de l'étage de transfert qui représentent un danger pour les engins spatiaux en service.

\*\* Antérieurement Question 34/4 du CCIR.

FIGURE 1

## Objets situés sur l'orbite des satellites géostationnaires ou à proximité



Les exploitants de satellites géostationnaires ont appliqué des stratégies de correction orbitale notablement différentes, et celles-ci ont évolué dans le temps. Nombre d'orbites diffèrent assez fortement par leur degré d'ellipticité et les récentes modifications des procédures de l'ex-IFRB (actuellement, Bureau des radiocommunications) autorisent des excursions assez importantes de l'inclinaison orbitale. Bien que les stratégies en question aient été jugées acceptables, elles ont eu pour effet d'étendre les dimensions réelles de la région dite géostationnaire. A des fins d'étude des dispositions de protection du milieu environnant, l'OSG peut être définie par la valeur moyenne de la distance géocentrique, soit  $42\,164 \text{ km} \pm 300 \text{ km}$ , avec une inclinaison pouvant atteindre  $15^\circ$  de latitude N/S soit jusqu'à une distance d'environ  $10\,000 \text{ km}$ . Les dimensions de cette région dépendent des conditions initiales au moment de la perte de contrôle de l'engin spatial ou des autres satellites et de l'influence des perturbations lunaires et solaires ainsi que de la pression solaire et des termes considérés des fonctions tessérales représentant l'aplatissement du sphéroïde terrestre.

La résolution des observations faites depuis la Terre limite la connaissance de l'environnement de l'OSG: à l'heure actuelle, la plus petite dimension des objets susceptibles d'être repérés et suivis sur cette orbite doit être d'au moins  $1 \text{ m}$ ; par comparaison, la population d'objets sur orbite proche de la Terre de dimensions supérieures à  $30 \text{ cm}$  est connue et répertoriée de façon déterministe, tandis que celle des objets dont les dimensions peuvent descendre

jusqu'à 5 mm est caractérisée de façon statistique par des données d'altitude et d'inclinaison. La position des engins spatiaux ou des objets spatiaux échappant au contrôle par liaison radiofréquence est moins bien connue que celle des engins spatiaux en service, telle qu'elle est établie par les exploitants.

Les dangers auxquels les engins spatiaux en service sont exposés, proviennent essentiellement des débris d'explosions imputables au combustible et aux gaz résiduels présents dans les corps de fusée, et plus rarement à l'énergie emmagasinée dans les accumulateurs. Plus de la moitié des objets recensés dans le Space Surveillance Catalogue sont des débris issus de la fragmentation d'objets spatiaux. De deux à quatre événements douteux se sont produits sur orbite basse et sont susceptibles d'avoir été des collisions, mais cela n'a pas été vérifié. Par ailleurs, deux événements ont été identifiés en tant qu'explosions survenues sur l'OSG. Il est au demeurant extrêmement probable que d'autres événements n'aient pas été décelés, du fait des lacunes des méthodes d'observation utilisées.

Les conséquences des collisions sur l'orbite géosynchrone, bien que moins graves que celles des collisions qui se produisent sur orbite proche de la Terre, peuvent être significatives. Les vitesses sont en effet largement suffisantes pour provoquer des dommages considérables dès lors que le rendement de couplage dépasse quelques dizaines de pour cent. A la vitesse caractéristique de collision à long terme (500 m/s), les conséquences pourraient être comparables à celles des dommages provoqués par la collision de deux avions à réaction.

Les activités passées des exploitants sont à l'origine de la forte densité spatiale de l'OSG. Toutefois, du fait que le mouvement des objets spatiaux se fait essentiellement dans un sens et que les vitesses relatives sont faibles, la probabilité de collision est plutôt limitée, non tant de par la nature même de l'évènement en question – lequel peut être très impressionnant quand il se produit – mais en raison de la rareté des occasions potentielles d'intersection des trajectoires. Comme l'indique la Fig. 1, la concentration est forte dans la région la plus stable, mais les régions voisines comptent des effectifs importants.

Relever l'orbite d'un satellite, vers la fin de sa vie utile, semble offrir l'avantage de réduire dans une certaine mesure la probabilité de collision à court terme. Il importe de noter que les forces perturbant l'orbite des engins spatiaux abandonnés sur l'OSG agissent également sur l'engin spatial placé sur l'orbite «cimetière». La Fig. 2 montre l'effet d'une explosion ou d'une collision majeure, chaque point correspondant à un fragment. Les fragments mis en mouvement dans le sens rétrograde parcourent une orbite dont le périhélie est plus bas et dont l'apogée se trouve à l'altitude initiale; quant à ceux dont le mouvement s'effectue dans le sens direct, leur périhélie se situe à l'altitude initiale et leur apogée à une nouvelle altitude plus élevée. Ce phénomène a pour effet de ramener sur l'OSG les fragments placés sur l'orbite «cimetière».

L'accélération requise correspond à 3,64 m/s/100 km soit 1,69 kg de combustible pour 1 000 kg de masse de l'engin spatial. Un gain d'altitude de 100 km par rapport à celle de l'OSG induit une dérive vers l'ouest de 1,28° par jour.

Il importe de signaler la présence sur l'OSG de nombreux objets autres que des engins spatiaux; par exemple des moteurs d'apogée séparés de l'engin spatial après passage d'une orbite elliptique à une orbite circulaire, afin de réduire la masse de l'engin et de limiter ainsi le combustible nécessaire au maintien en position. Il n'est pas certain qu'il soit avantageux de réamorcer une phase propulsée de l'engin spatial en fin de vie, si des objets de ce type continuent à accroître l'effectif de la population.

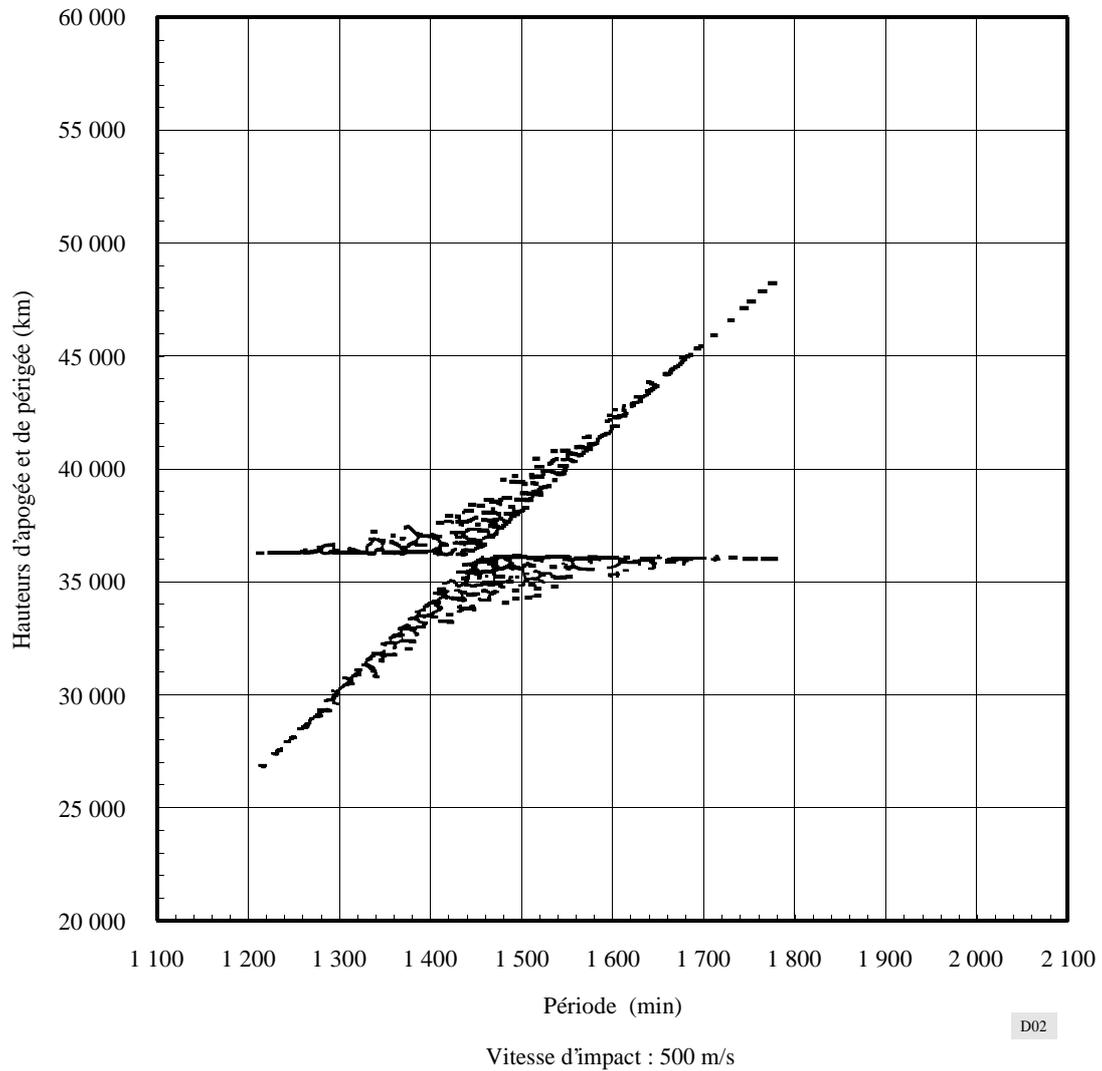
En raison des caractéristiques orbitales de la population actuelle d'objets situés sur l'OSG, l'application éventuelle d'une nouvelle poussée à un engin spatial devrait permettre d'accroître, par exemple, d'au moins 300 km l'altitude du périhélie et de réaliser un accroissement comparable de celle de l'apogée. Il est à signaler au demeurant que l'accroissement moyen d'altitude du périhélie des objets ayant connu une nouvelle phase propulsée dépasse à présent 250 km. La définition d'une véritable altitude minimum doit faire l'objet d'études complémentaires.

Pour que les manœuvres de réamorçage d'une phase propulsée puissent présenter à long terme un intérêt quelconque, elles doivent comporter l'adoption de mesures appropriées pour empêcher toute explosion. De telles procédures de limitation des débris ont été mises en œuvre en ce qui concerne tous les étages supérieurs laissés sur orbite terrestre basse; les quantités résiduelles de combustible et de gaz sous pression sont consommées ou dépressurisées. Des mesures analogues devraient être prises pour les objets laissés sur une orbite «cimetière», sur l'OSG ou sur des orbites de transfert géosynchrones.

Il existe une orbite inclinée de 7,3°, dont l'angle d'ascension droite est nul et dont la stabilité inertielle est due aux forces gravitationnelles lunaires et solaires; grâce à l'équilibre des forces d'attraction en présence, l'engin spatial placé sur cette orbite n'a pas besoin d'être maintenu en position nord-sud. Le redéclenchement d'un moteur de poussée à partir de cette orbite est également stable et le risque de collision à plus haute altitude est assez limité, compte tenu de la faiblesse des vitesses d'impact (5 m/s).

FIGURE 2

Diagramme de Gabbard relatif à la désintégration par collision d'un satellite de 1 000 kg placé sur l'orbite des satellites géostationnaires (423 morceaux > 10 cm)



Les débris d'engins spatiaux et les étages de fusée abandonnés sur l'orbite de transfert ont un périhélie qui se situe à une altitude peu élevée et un apogée à l'altitude des satellites géostationnaires. Ces débris traversent l'OSG au moins deux fois par jour. La durée de vie de l'objet en orbite de transfert dépend de l'altitude initiale de son périhélie, de la longitude initiale du nœud ascendant et de la saison. Il est possible de choisir convenablement ces trois paramètres de façon que l'apogée décroisse assez vite pour que l'étage de transfert ne risque pas d'entrer en collision avec des objets situés sur l'OSG. La contrainte résultante sur la fenêtre de lancement est souvent incompatible avec d'autres contraintes.