



Distr.: Limitée
9 février 2000

Français
Original: Russe

**Comité des utilisations pacifiques
de l'espace extra-atmosphérique**

Sous-Comité scientifique et technique

Trente-septième session

Vienne, 7-18 février 2000

Point 6 de l'ordre du jour

Utilisation des sources d'énergie nucléaires dans l'espace

Collisions entre des sources d'énergie nucléaires et des débris spatiaux

Document de travail présenté par la Fédération de Russie

1. Depuis qu'ont été lancés, entre 1970 et 1988, des engins spatiaux équipés de générateurs nucléaires, les objets suivants, avec à leur bord un réacteur et du combustible nucléaire, se trouvent actuellement en orbite à des altitudes variant entre 700 et 1 100 km:
 - a) 29 générateurs nucléaires avec compartiment de retrait, qui équipaient les satellites de la série Cosmos, du modèle Cosmos-367 au modèle Cosmos-1932;
 - b) 13 grappes de combustible en vol autonome après leur éjection du corps du réacteur nucléaire en orbite de séparation, comme cela s'est fait à partir du satellite Cosmos-1176; s'agissant des satellites Cosmos-1670, Cosmos-1677 et Cosmos-1900, les grappes de combustible ne sont pas considérées comme des objets autonomes;
 - c) 2 générateurs nucléaires intégrés aux satellites Cosmos-1818 et Cosmos-1867.
2. Les durées de vie attendues des objets ayant à leur bord un réacteur et du combustible nucléaire et orbitant à une altitude de 700 à 1 100 km sont les suivantes: 1 millier d'années pour les générateurs nucléaires avec compartiment de retrait; plus de 2 000 ans pour les grappes de combustible; et au moins 400 ans pour les générateurs nucléaires se trouvant toujours à bord d'engins spatiaux. Le satellite Cosmos-1900 constitue à cet égard une exception, puisque sa durée de vie, à une altitude de 700-750 km, est évaluée à 120 ans.
3. L'orbite des générateurs nucléaires est inclinée de 64,70 à 66,10°, et celle des grappes de combustible de 64,78 à 65,66°.

4. Les éventuelles collisions entre des générateurs nucléaires se trouvant depuis longtemps sur une orbite relativement élevée et des débris spatiaux peuvent présenter des risques de contamination de l'environnement, y compris de l'espace extra-atmosphérique, ainsi que des risques de multiplication des débris.
5. En cas de collision entre un générateur nucléaire et un débris de taille relativement importante, les principales conséquences sont les suivantes:
 - a) Sortie prématurée du générateur nucléaire de l'orbite où il a été placé pour le long terme en raison de l'effet de freinage dû à l'impact;
 - b) Destruction du radiateur du générateur nucléaire et écoulement du fluide caloporteur métallique (sodium-potassium) du circuit secondaire, non radioactif;
 - c) Destruction des grappes de combustible avec dispersement dans l'espace et retombée sur Terre de fragments de combustible nucléaire.
6. Les calculs montrent qu'un générateur nucléaire peut sortir d'une orbite haute en cas de collision avec un débris mesurant plus de 60 mm s'il s'agit d'acier et plus de 85 mm dans le cas d'aluminium, en se basant sur l'hypothèse la plus probable d'un déplacement à 12 km/s environ au moment du choc.
7. Lorsqu'un générateur nucléaire sort de son orbite et retombe dans les couches denses de l'atmosphère, sa structure est détruite par les forces aérodynamiques à une altitude située entre 64 et 74 km (voir fig. 1), le réacteur et les éléments combustibles sont détruits à une altitude de 50 à 64 km (voir fig. 2) et, entre 47 et 50 km d'altitude, le combustible nucléaire est dispersé en particules de taille inférieure à 1 mm (voir fig. 2). La retombée de telles particules ne modifie pas le niveau de radioactivité par rapport au fond naturel de rayonnement gamma dans la zone de chute, étant donné que les produits de la fission de l'uranium se seront désintégrés avant une éventuelle collision du générateur nucléaire avec un débris.
8. La destruction du radiateur du générateur nucléaire peut entraîner une fuite du liquide caloporteur, la formation de gouttelettes de sodium-potassium et leur détachement du radiateur si la pression due aux forces centrifuges liées à la rotation du générateur autour de son axe transversal augmente jusqu'à un niveau supérieur à la tension superficielle des gouttes apparues à l'endroit de la perforation, compte tenu du fait que la vitesse de rotation du générateur est divisée par deux tous les trois ans et demi à partir du moment où le générateur parvient sur une orbite haute.
9. L'analyse d'éléments d'un radiateur (tubes et collecteurs) d'un générateur nucléaire détruit (voir fig. 3) après collision avec un débris a montré que les tubes étaient perforés lorsqu'un fragment mesurant plus de 0,25 mm, s'il s'agit d'acier, et plus de 0,45 mm dans le cas d'aluminium, percutait à la perpendiculaire la surface du radiateur à une vitesse de 12 km/s, éventualité qui n'entraînait cependant pas de fuite du sodium-potassium.
10. La pression due aux forces centrifuges atteint un niveau supérieur à la tension superficielle des gouttelettes lorsque le tube (d'un diamètre de 5 mm) est perforé transversalement suite à une collision avec un débris de plus de 6 mm, ce qui ne s'est produit que dans le cas des satellites Cosmos-1900 et Cosmos-1932, placés en orbite haute en 1988. Si la perforation du tube atteint un diamètre supérieur à la section du tube lui-même, ce qui arrive lorsqu'un débris de plus de 6 mm frappe la surface du radiateur selon un angle réduit, il peut y avoir fuite de sodium-potassium liquide, même si la pression due aux forces centrifuges est faible, dans le cas d'un générateur nucléaire mis en orbite après 1984, à savoir à partir du lancement du satellite Cosmos-1579.

11. On a étudié la destruction de grappes de combustible autonomes due à une perforation atteignant jusqu'à la moitié du diamètre de la grappe (20 mm) et entraînant une projection de particules et de fragments de combustible nucléaire. Ce phénomène se produit en cas de collision avec un débris lancé à 12 km/s et mesurant plus de 2,5 mm s'il s'agit d'acier et plus de 5 mm s'il s'agit d'aluminium, et donne ensuite lieu à une projection de fragments de combustible nucléaire (uranium) mesurant entre 7 et 20 mm.

12. Les fragments projetés atteignent une vitesse de 60 à 1 000 m/s selon l'angle de choc, et peuvent s'accompagner:

a) De l'entrée de fragments de combustible nucléaire dans les couches denses de l'atmosphère une heure après la collision environ;

b) De l'apparition de fragments de combustible nucléaire sur des orbites elliptiques de périhélie correspondant à l'altitude à laquelle se trouvaient les grappes de combustible au moment de la collision (soit 900 km) et d'apogée inférieure à 7 000 km.

13. Lorsque des fragments de combustible nucléaire rentrent dans les couches denses de l'atmosphère, les forces aérodynamiques provoquent la dispersion de ces particules en éléments mesurant de 0,9 à 8 mm, qui sont fort peu susceptibles de présenter des risques en termes de radioactivité (exposition extérieure à des rayonnements gamma dans la zone de retombée) considérant la teneur du combustible en césium 137, élément qui détermine le degré de rayonnement gamma provenant du combustible nucléaire ou de ses fragments, et supposant que le combustible a, avant la collision avec le débris, une durée de vie de plus de 50 ans.

14. La dispersion de fragments de combustible nucléaire due aux forces aérodynamiques en cas de rentrée dans les couches denses de l'atmosphère ne se produit pas de la même façon si l'uranium a préalablement subi une oxydation lors de sa présence dans les couches supérieures de l'atmosphère.

15. La formation, à la surface des fragments d'uranium, d'une pellicule de dioxyde d'uranium réfractaire retarde la dispersion des fragments due aux forces aérodynamiques, qui n'a lieu qu'à une altitude plus basse, lorsque la pellicule se rompt et que de l'uranium liquide est par suite projeté. Si les fragments de combustible nucléaire mesurent 20 mm de diamètre et de 5 à 55 mm de long, la taille des particules dispersées sera de 2,4 à 4,5 mm; les fragments de 20 mm de diamètre, de moins de 3 mm d'épaisseur et dont la surface a subi une oxydation ne sont pas détruits lors de leur retombée dans les couches denses de l'atmosphère.

16. S'agissant des grappes de combustible autonomes qui équipaient les satellites Cosmos-1176 à Cosmos-1932, un fragment de combustible nucléaire non détruit aurait, en 1999, une radioactivité en césium 137 inférieure à 10 mCi ce qui, selon les normes relatives aux rayonnements gamma auxquels peut être exposée la population, correspond à une contamination de moins de 1 mSv par an.

17. Les effets des collisions entre les générateurs nucléaires ou les grappes de combustible et des débris spatiaux sont fonction de la taille des objets en question, des dimensions des débris, de la répartition des débris sur les orbites situées à des altitudes de 700 à 1 100 km, et de l'accumulation prévue des débris.

18. Les degrés de probabilité qu'une collision entre un débris et un engin ayant à son bord un réacteur et du combustible nucléaire ait les effets envisagés plus haut sont les suivants:

a) Sortie prématurée du générateur nucléaire de l'orbite où il devait rester à long terme; degré de probabilité: 0,2 par siècle;

b) Destruction du radiateur du générateur nucléaire et formation de gouttelettes de fluide caloporteur (sodium-potassium); degré de probabilité: 0,007 par an (jusqu'en 2010 seulement). Après 2010, il ne pourra plus y avoir ni formation, ni détachement de gouttelettes de sodium-potassium, sauf dans l'éventualité où des éléments (collecteurs) du radiateur seraient en grande partie détruits par une collision avec un débris de plus de 12 mm; degré de probabilité: moins de 0,002 par an;

c) Destruction des grappes de combustible autonomes; degré de probabilité: 0,12 par siècle.

19. Ainsi, les études réalisées concernant la destruction de générateurs nucléaires et de grappes de combustible autonomes en cas de collision avec des débris ont montré que l'éventuelle retombée de fragments de combustible nucléaire à la surface de la Terre ne présentait pas de danger en termes de contamination radioactive.
