

Distr.: Limitée
30 novembre 2005

Français
Original: Russe

**Comité des utilisations pacifiques
de l'espace extra-atmosphérique**
Sous-Comité scientifique et technique
Quarante-troisième session
Vienne, 20 février-3 mars 2006
Point 9 de l'ordre du jour provisoire*
Utilisation de sources d'énergie nucléaires dans l'espace

Atelier technique conjoint ONU/AIEA sur les objectifs, la portée et les caractéristiques générales d'une éventuelle norme de sûreté technique pour les sources d'énergie nucléaires dans l'espace (Vienne, 20-22 février 2006)

**Document de travail présenté par la Fédération de Russie:
Aspects de la conception relatifs à la sûreté au regard des accidents au moment du lancement, lors du fonctionnement normal et en cours de mission (axés sur des approches spécifiques de la conception visant à assurer la sûreté et à réduire les risques compte tenu des conditions/ environnements prévisibles)**

Note du Secrétariat

1. Conformément au paragraphe [16] de la résolution A/RES/60/... de l'Assemblée générale, le Sous-Comité scientifique et technique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique organisera avec l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) un atelier technique sur les objectifs, la portée et les caractères généraux d'une norme potentielle de sécurité technique pour les sources d'énergie nucléaires dans l'espace, qui se tiendra à Vienne du 20 au 22 février 2006.

* A/AC.105/C.1/L.283.



2. Le document qui figure à l'annexe I du présent rapport a été établi dans la perspective de cet atelier conjoint en tenant compte du calendrier indicatif des travaux adopté par le Groupe de travail sur l'utilisation des sources d'énergie nucléaires dans l'espace à la réunion intersessions tenue à Vienne du 13 au 15 juin 2005¹.

¹ A/AC.105/L.260.

Annexe I

Document de travail présenté par la Fédération de Russie*

Aspects de la conception relatifs à la sûreté au regard des accidents au moment du lancement, lors du fonctionnement normal et en cours de mission (axés sur des approches spécifiques de la conception visant à assurer la sûreté et à réduire les risques compte tenu des conditions/ environnements prévisibles)

I. Situations d'urgence mettant en jeu des engins spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaires

1. Les situations d'urgence qui se produisent lors du lancement et de l'exploitation d'engins spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaires (réacteurs ou générateurs isotopiques) résultent d'accidents causés par des défaillances du lanceur ou de l'engin spatial au décollage, pendant la phase de lancement ou lors de l'accélération de l'engin spatial vers l'orbite opérationnelle ou vers une trajectoire de vol interplanétaire.

2. Pendant la phase d'insertion de lanceurs et d'engins spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaires, les types d'accident suivants peuvent se produire au décollage et pendant la phase de lancement:

a) Basculement, sur le pas de tir, d'un lanceur vide ou rempli de propergol, ou décollage et retombée du lanceur suite au lancement du fait d'une poussée inégale des moteurs du premier étage;

b) Défaillance du premier étage du lanceur (arrêt spontané du moteur) avant l'envoi de la commande d'interruption et l'arrêt du moteur;

c) Défaillance du premier étage du lanceur et arrêt du moteur suite à l'envoi de la commande d'interruption;

d) Non-éjection de l'élément séparable du premier étage du lanceur et non-allumage des moteurs du deuxième étage, ou éjection de l'élément séparable du premier étage et non-allumage des moteurs du deuxième étage;

e) Défaillance du deuxième étage du lanceur et arrêt du moteur avant ou après l'éjection de la coiffe;

f) Défaillances similaires dans le fonctionnement du deuxième étage et des étages suivants;

g) Explosion du lanceur (pression de l'onde de souffle et bombardement de débris) au décollage, sur la trajectoire de vol ou pendant sa chute vers la Terre suite à l'arrêt du moteur;

* La version russe du présent document n'a pas été revue par les services d'édition.

h) Incendie à bord du lanceur (température de la flamme pendant la combustion du propergol, durée de la combustion et variation de la température de la flamme);

i) Effet chimique du lanceur et du propergol.

3. Pendant la phase d'accélération d'un engin spatial équipé d'une source d'énergie nucléaire, lorsque l'étage supérieur est en fonctionnement suite à sa séparation du lanceur, il peut se produire des défaillances entraînant l'arrêt des moteurs de l'étage supérieur et/ou du système de propulsion de l'engin spatial à divers stades du vol, ou une défaillance des systèmes de navigation et de stabilisation de l'engin.

4. Pour analyser les conséquences de ce type d'accident, on recourt à des calculs et à la recherche analytique afin de déterminer les paramètres de l'impact d'accidents sur les structures de la source d'énergie nucléaire compte tenu de la destruction des structures du lanceur et de l'engin spatial, qui altère la structure de l'objet tombant pendant la descente balistique du lanceur et pendant la rentrée orbitale de l'engin spatial dans l'atmosphère terrestre.

5. Dans le cas de réacteurs nucléaires, de tels accidents font passer le réacteur non activé "froid" (réacteur partiellement détruit ou détruit jusqu'à certains ensembles combustibles ou jusqu'au cœur) à un état sous-critique prédéterminé; des fragments et des particules de combustible nucléaire peuvent également tomber suite à leur destruction aérodynamique et à leur dispersion.

6. Pendant le fonctionnement normal de réacteurs nucléaires embarqués sur un engin spatial, les situations d'urgence sont dues à des défaillances de systèmes (bien que celles-ci soient improbables), qui s'accompagnent d'une dépressurisation du circuit de métal liquide du réacteur, d'une perte partielle de fluide de refroidissement, d'une fusion (destruction thermique) de combustible nucléaire et d'émissions de radioactivité dans l'espace.

7. Si une source d'énergie nucléaire demeure dans l'espace pendant une période prolongée sur une orbite relativement haute suite à son retrait d'exploitation, des situations d'urgence ne peuvent se produire qu'en cas de collision d'un engin spatial équipé d'une source d'énergie nucléaire avec un fragment de débris spatial, ce qui peut détruire le réacteur (dans le cas de réacteurs nucléaires) ou l'ampoule de radionucléide (dans le cas de générateurs isotopiques), provoquant des émissions de radioactivité dans l'espace ou la sortie prématurée de l'orbite haute et l'entrée dans l'atmosphère terrestre de l'engin spatial équipé d'une source d'énergie nucléaire (ou d'une source d'énergie nucléaire autonome).

II. Conséquences de situations d'urgence mettant en jeu des engins spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaires

8. La gravité des situations d'urgence faisant intervenir des engins spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaires est déterminée par les paramètres de l'impact d'accidents sur la structure des sources d'énergie nucléaires en cas de défaillance du lanceur, de l'engin spatial ou de la source d'énergie nucléaire.

9. L'ampleur de l'impact dépend également du type de source d'énergie nucléaire (réacteur ou générateur isotopique), deux méthodes fondamentalement différentes étant utilisées pour assurer la sûreté nucléaire et radiologique pendant le fonctionnement normal de la source d'énergie nucléaire et en cas d'accident:

a) Dans le cas de générateurs isotopiques: maintien de l'intégrité et de l'herméticité des ampoules de radionucléide;

b) Dans le cas de réacteurs nucléaires: maintien à l'état sous-critique du réacteur non activé "froid" avant l'insertion de l'engin spatial sur orbite opérationnelle en cas de divers types de déformation et de destruction partielle ou aérodynamique de la structure du réacteur, ou de dispersion de combustible nucléaire ou d'éléments de structure.

10. Si un lanceur explose, ni l'onde de choc résultante – avec une pression, par exemple, de 60 à 80 kg/cm² – ni les fragments de structure qui se dispersent ne touchent directement le réacteur, qui est protégé par l'engin spatial, la source d'énergie nucléaire et les écrans antirayonnements. L'explosion d'un lanceur entraînera la destruction de l'engin spatial, la déformation de la cuve du réacteur, et l'éjection et la chute du réacteur vers la Terre à une vitesse d'impact équivalente.

11. En cas d'incendie à bord du lanceur, la flamme provenant du propergol en combustion agit sur le réacteur, l'écran antirayonnements et la source d'énergie nucléaire, changement – de 3 600 K à 400 K en 4 000 secondes dans le cas du lanceur Proton, par exemple – qui entraînera la fusion de la cuve du réacteur et la destruction (fusion) des éléments d'acier à fines parois de la structure du réacteur, de l'écran antirayonnements et de la source d'énergie nucléaire. En cas d'incendie à bord du lanceur, les éléments de béryllium du réflecteur latéral d'un réacteur de faible masse et de surface importante peuvent fondre et la couche externe d'hydrure de lithium de l'écran antirayonnements peut se déshydrogéner, un film liquide de lithium se formant à la surface de l'écran. La formation d'un nuage de particules (gouttes) de béryllium et de lithium, qui sont des éléments toxiques, peut provoquer une contamination chimique dans la zone d'impact du lanceur si les particules de béryllium et de lithium ne sont pas radioactives. La destruction du circuit de refroidissement par métal liquide de la source d'énergie nucléaire et de l'ensemble césium du réacteur convertisseur thermique entraînera une contamination chimique au sodium-potassium (lithium) et au césium. En cas d'explosion du lanceur et d'incendie, le combustible nucléaire ne sera pas détruit en raison des composés d'uranium à haute température utilisés. Dans le cas de réacteurs thermiques, le réacteur peut aussi passer à l'état sous-critique du fait de la déshydrogénation de la couche externe du modérateur à hydrure de zirconium.

12. En cas de défaillances survenant pendant la phase de vol du lanceur et entraînant l'arrêt des moteurs suite à l'envoi de la commande d'interruption, il peut se produire les événements suivants en fonction de l'altitude de vol et de la vitesse du lanceur et du moment auquel sa coiffe s'éjecte:

a) Accélération axiale pouvant atteindre 10 unités et accélération latérale pouvant atteindre six unités, lesquelles influencent le lanceur, l'engin spatial et la source d'énergie nucléaire;

b) Vitesse de 60 à 260 m/s à l'impact terrestre;

c) Destruction mécanique et aérodynamique des structures du lanceur, de l'engin spatial et de la source d'énergie nucléaire ainsi que des éléments externes de la structure du réacteur;

d) Destruction aérodynamique de la structure du réacteur rapide jusqu'à certains ensembles ou éléments combustibles ou, dans le cas d'un réacteur convertisseur thermique, jusqu'au cœur, qui contient un modérateur à hydrure de zirconium et des chaînes de génération d'électricité comportant du combustible nucléaire.

13. Toute défaillance survenant pendant l'accélération d'un engin spatial équipé d'une source d'énergie nucléaire vers l'orbite opérationnelle ou vers une trajectoire de vol interplanétaire entraînera la rentrée orbitale de l'engin spatial dans l'atmosphère, la destruction aérodynamique de sa structure vers 70 à 90 km d'altitude, et la destruction de la structure de la source d'énergie nucléaire et de la structure externe du réacteur non activé "froid" vers 50 à 60 km d'altitude. Lorsqu'un réacteur rapide atteint 35 à 40 km d'altitude, il se produit une destruction aérodynamique quasi totale du réacteur du fait de l'absence de modérateur à hydrure de zirconium, et la structure de l'ensemble combustible se détruit jusqu'à certains éléments combustibles (chaînes de génération d'électricité) ou certaines parties d'éléments contenant du combustible nucléaire formé de composés à haute température. Le réacteur convertisseur thermique, avec son modérateur à hydrure de zirconium, sera détruit jusqu'au cœur et la couche externe du modérateur sera déshydrogénée.

14. Conformément aux réglementations nationales et aux instruments internationaux qui régissent l'utilisation de réacteurs nucléaires et de générateurs isotopiques dans l'espace, il est envisagé de prendre l'ensemble suivant de mesures de protection dans le cas où serait reçue confirmation d'un incident provoquant le retour accidentel ou la chute de son orbite haute d'un engin spatial et d'une source d'énergie nucléaire:

a) Suivi des paramètres de la trajectoire de descente d'un objet contenant un réacteur et un radionucléide, éjecté de son orbite haute suite à une collision avec un fragment de débris spatial;

b) Prévision de la zone de rentrée de cet objet dans les couches supérieures de l'atmosphère et des régions possibles d'impact terrestre d'éléments de la structure du réacteur détruit et de fragments du réacteur et du générateur isotopique;

c) Information des autorités compétentes sur l'existence d'un risque dans la région d'impact et adoption de mesures de protection radiologique, y compris la création, lors de leur découverte, d'une zone d'accès restreint autour de l'objet et des fragments tombés;

d) Recherche, découverte et enlèvement de l'objet et des fragments du site d'impact;

e) Mise en place d'une surveillance radiologique sur le site d'impact et, au besoin, élimination de la contamination radiologique;

f) Examen et recensement de la population de la zone d'impact et évaluation des doses de rayonnement éventuellement reçues par les individus, une assistance étant fournie au public le cas échéant.

15. Les critères suivants sont utilisés pour déterminer la probabilité d'exposition du public aux rayonnements ionisants en cas de chute accidentelle d'un objet contenant un réacteur et un combustible nucléaire ou une ampoule de radionucléide suite à la défaillance d'équipements d'insertion d'un engin ou à une collision de l'engin et d'une source d'énergie nucléaire avec des fragments de débris spatiaux et à la destruction aérodynamique consécutive de la structure de l'objet pendant sa rentrée dans l'atmosphère terrestre:

a) La probabilité de défaillance d'équipements d'insertion et celle de collision avec un fragment de débris spatial de taille relativement importante;

b) La probabilité que l'objet retombe dans une zone habitée, ce qui, compte tenu de la trajectoire de vol du lanceur et de l'inclinaison orbitale de l'engin, pourra aller de 0,002 (infrastructure, système d'approvisionnement en eau) à 0,03 (système d'utilisation des sols).

16. La probabilité d'un événement final résultant de la chute accidentelle d'une source d'énergie nucléaire spatiale dans une zone habitée et d'une éventuelle irradiation de la population pourrait être de l'ordre de 10^{-5} .
