



Assemblée générale

Distr.: Limitée
3 décembre 2007

Français
Original: Anglais

**Comité des utilisations pacifiques de
l'espace extra-atmosphérique**
Sous-comité scientifique et technique
Quarante-cinquième session
Vienne, 11 - 22 février 2008
Point 10 de l'ordre du jour provisoire *
Objets géocroiseurs

Objets géocroiseurs

Rapport intérimaire de l'Equipe sur les objets géocroiseurs (2007-2008)

I. Introduction

1. L'Equipe sur les objets géocroiseurs a été constituée en réponse à la recommandation 14 de la troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (UNISPACE III), et elle a reçu le mandat suivant :

a) Examiner la teneur, la structure et l'organisation des efforts en cours dans le domaine des objets géocroiseurs ;

b) Identifier toute lacune dans le travail en cours qui doit donner lieu à une coordination additionnelle et/ou rend nécessaire que d'autres pays ou organismes apportent des contributions ;

c) Proposer des mesures pour l'amélioration de la coordination internationale en collaboration avec des organes spécialisés.

2. À sa cinquantième session, en 2007, le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique a noté avec satisfaction le travail effectué par le Groupe de travail sur les objets géocroiseurs du Sous-Comité scientifique et

* A/AC.105/C.1/L.293



technique et par l'Equipe sur les objets géocroiseurs, et a approuvé le nouveau plan de travail multi-annuel pour 2008-2010 ¹ :

- 2008 Poursuivre les travaux intersessions et examiner les rapports soumis en réponse à la demande annuelle d'informations sur les activités relatives aux objets géocroiseurs. Les présentations seront axées sur les activités menées en collaboration aux niveaux national, régional et international dans le domaine de l'observation et de l'analyse des objets géocroiseurs. Quand bien même de nombreux progrès ont été accomplis pour atteindre les objectifs actuels et de nouveaux objectifs sont à l'étude, il reste nécessaire d'améliorer la coordination des observations et d'assurer une action consécutive opportune. Mettre à jour le rapport intérimaire de l'Equipe sur les objets géocroiseurs.
- 2009 Poursuivre l'activité redditionnelle annuelle sur les objets géocroiseurs et travail intersessions de préparation du thème 2009, qui inclura une mise à jour sur les missions sur les objets géocroiseurs et la proposition d'un programme cadre de projets de procédures liées au traitement de la menace au niveau international. Examiner et mettre à jour le rapport intérimaire.
- 2010 Poursuivre la rédaction (ou parvenir à un accord sur) des procédures internationales de traitement de la menace et examiner les progrès en matière de coopération et de collaboration sur les observations. Examiner et mettre à jour le rapport intérimaire.

3. Le présent rapport intérimaire est un résumé fondé sur les apports des membres de l'Equipe sur les objets géocroiseurs pour 2007-2008 et il tient lieu de mise à jour du rapport intérimaire précédent établi pour 2006-2007 (A/AC.105/C.1/L.290). Il couvre les activités et les questions concernant le risque que représentent les objets géocroiseurs, la connaissance du risque que posent ces objets, et les mesures nécessaires pour atténuer la menace. Conformément au mandat de l'Equipe, il est attendu qu'un rapport intérimaire mis à jour soit établi chaque année pour refléter l'état des connaissances, les activités connexes, et le consensus général sur le classement par ordre de priorité des questions à traiter et des solutions possibles. Des descriptions plus détaillées des activités figurent dans les rapports nationaux annuels communiqués au Comité par les Etats membres ainsi que dans les présentations faites par les membres du Comité et les observateurs devant le Sous-comité à sa session annuelle.

II. Rapport intérimaire de l'Equipe sur les objets géocroiseurs

A. Détection d'objets géocroiseurs et caractérisation à distance

4. La première étape pour traiter du risque posé par un objet géocroiseur est de détecter sa présence et d'inférer sa taille de sa trajectoire et de son éclat observé. Ce sont les Etats-Unis d'Amérique qui apportent la contribution la plus significative au

¹ *Documents officiels de l'Assemblée générale, soixante-deuxième session, Supplément No. 20 (A/62/20), par. 138.*

domaine de la détection des objets géocroiseurs et de leur caractérisation à distance. Le programme sur les objets géocroiseurs de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) des Etats-Unis finance cinq équipes de recherche sur les objets géocroiseurs pour exploiter neuf télescopes distincts de la classe de 1 mètre d'ouverture répartis dans le sud-ouest des Etats-Unis, et un en Australie, qui permettent de détecter des objets, en moyenne, jusqu'au seuil de la magnitude 20. Ces cinq équipes de recherche sont énumérées ci-après, avec les sites Web correspondants où trouver des informations complémentaires :

a) Le projet Spacewatch du Laboratoire lunaire et planétaire de l'Université de l'Arizona exploite deux télescopes à Kitt Peak, en Arizona (<http://spacewatch.lpl.arizona.edu/>) ;

b) Le programme de suivi des astéroïdes géocroiseurs du Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA exploite une caméra de détection montée sur un télescope à l'observatoire du Mont Palomar, en Californie (<http://neat.jpl.nasa.gov/>);

c) L'équipe Lincoln de recherche sur les astéroïdes géocroiseurs du Lincoln Laboratory, du Massachusetts Institute of Technology, dans le cadre d'un contrat de l'Armée de l'Air des Etats-Unis financé par la NASA, exploite deux télescopes près de Socorro, au Nouveau-Mexique (<http://www.ll.mit.edu/LINEAR/>);

d) L'équipe de recherche sur les objets géocroiseurs de l'Observatoire de Lowell, près de Flagstaff, en Arizona, exploite un télescope à large champ de 0,6 mètre d'ouverture (<http://asteroid.lowell.edu/asteroid/loneos/loneos.html>);

e) Le Catalina Sky Survey, mené par une équipe distincte au Laboratoire lunaire et planétaire de l'Université de l'Arizona, exploite deux télescopes au Mount Lemmon, en Arizona, et un autre à Siding Spring, en Australie, le premier équipement dédié dans l'hémisphère sud (<http://www.lpl.arizona.edu/css/>).

5. Les Etats-Unis exploitent également deux radars planétaires capables d'observer les objets géocroiseurs. Pour un arc de données bref, la solution de l'orbite sur apparition unique, les données radar sont extrêmement puissantes pour réduire l'incertitude orbitale ; les observations radar permettent d'étendre la capacité de prévision orbitale à environ 4,5 fois la durée d'une solution orbitale comparable faite en utilisant exclusivement des observations optiques. Le radar de Goldstone, situé dans le sud de la Californie, dans le désert Mojave, utilise l'antenne de 70 mètres du Deep Space Network de la NASA, qui est actuellement équipée d'un émetteur de 450 kilowatts, et reçoit les signaux sur cette parabole ou sur d'autres antennes voisines du réseau. Parce qu'elle est orientable, l'antenne permet d'observer une grande partie du ciel et de suivre les mouvements apparents souvent rapides des objets géocroiseurs. Le deuxième radar, situé à Arecibo, Porto Rico, est la propriété de la National Science Foundation et il est exploité par la Cornell University aux termes d'un accord de coopération conclu avec la Fondation. Le radar a une ouverture de 305 mètres et une puissance d'émission de 900 kilowatts. Sa portée est plus grande que celle du radar de Goldstone, mais parce que l'antenne est fixe elle ne couvre qu'un champ d'environ 20 degrés à partir du point zénithal.

6. En Europe, des scientifiques de l'Institut de recherche planétaire du Centre aérospatial allemand (DLR) ont pris part à des campagnes d'observation en vue de la caractérisation physique d'objets géocroiseurs à l'aide de télescopes optiques au

sol et embarqués dans l'espace. À la différence du statut opérationnel des systèmes de détection des Etats-Unis, le temps d'observation au moyen de ces télescopes est attribué sur une base concurrentielle plutôt qu'à titre spécialisé. Le travail d'observation dans l'infrarouge thermique est mené par les Etats-Unis et des entités comme la DLR de l'Allemagne, le Massachusetts Institute of Technology et l'Université d'Hawaï pour les Etats-Unis, la Queens University à Belfast pour le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, l'université de Helsinki et l'Observatoire astronomique de Turin pour l'Italie.

7. Actuellement, un grand domaine d'activité pour l'Allemagne consiste en l'observation dans la région spectrale de l'infrarouge thermique au moyen de télescopes tels ceux de Keck et le télescope infrarouge de la NASA, tous deux à Mauna Kea à Hawaï, et le télescope spatial Spitzer de la NASA. Les données produites par ces observations permettent de déterminer des paramètres cruciaux comme la taille et l'albédo des objets géocroiseurs, et donnent des informations sur les caractéristiques de surface par le biais de leur inertie thermique. L'interprétation de ces observations exige un travail théorique approfondi et une modélisation informatique des caractéristiques physiques des objets. Outre ces activités de recherche de première ligne, une base de données en ligne des propriétés physiques de tous les objets géocroiseurs connus est entretenue par la DLR (<http://earn.dlr.de>) et elle est mise à jour quotidiennement.

8. Par ailleurs, un partenariat d'astronomes du Royaume-Uni, de l'Université de Durham, de la Queens University Belfast et de l'Université d'Edimbourg, s'est associé à un groupement d'établissements d'Allemagne et des Etats-Unis pour exploiter un nouveau télescope avancé, à savoir le télescope d'observation panoramique et son système de réponse rapide, qui est équipé de la caméra numérique la plus puissante au monde et est installé à Hawaï, sur l'île de Maui, pour découvrir, observer, et déterminer les caractéristiques des objets géocroiseurs.

9. Les observations photométriques de la déviation de la lumière permettent d'inférer les propriétés de rotation et indiquent la présence d'objets binaires. En 2006, l'Observatoire de Calar Alto en Espagne a commencé à exploiter un télescope de 1,2 mètre pour l'observation photométrique et astrométrique des objets géocroiseurs.

10. La Chine rapporte qu'à l'Observatoire de la Montagne Pourpre, situé par 118°28' E et 32°44' N, un télescope Schmidt de 105/120-centimètres équipé d'une caméra à dispositif de couplage de charge de haute sensibilité de 4Kx4K est devenu opérationnel et contribuera à l'effort mondial pour découvrir et suivre les objets géocroiseurs.

11. Le Japon contribue au domaine de l'observation à distance au Centre Spaceguard de Bisei, qui dispose d'un télescope optique de 1 mètre et d'un télescope de poursuite de 50 centimètres, spécifiquement conçu pour l'observation des objets géocroiseurs.

12. L'Equipe conjointe de projet sur les objets géocroiseurs de l'Institut d'astronomie et des sciences spatiales de Corée et l'Observatoire de l'Université de Yonsei exploite des télescopes robotisés de 50 centimètres en Afrique du Sud et en Australie. Fonctionnant en mode entièrement automatisé, ils servent à découvrir et à suivre les objets géocroiseurs rapides parallèlement à d'autres programmes scientifiques. L'équipe conjointe de projet signale les détections d'astéroïdes et

d'objets géocroiseurs au Minor Planet Center. Outre ce travail de dépistage, l'équipe effectue des simulations d'inventaire des objets géocroiseurs pour évaluer combien de temps il faudrait pour découvrir tous les objets de classe kilométrique et dériver des stratégies de détection améliorées pour les programmes d'inventaire en cours.

13. En 2006, l'Institut d'astronomie de l'Académie des sciences de Russie a commencé à exploiter un télescope de 2 mètres, à Terskol (Fédération de Russie), pour l'observation photométrique et astrométrique des objets géocroiseurs.

14. Avec l'observatoire d'Ondrejov en République tchèque, la DLR exerce un rôle de premier plan dans le Réseau européen sur les aérolithes, réseau de toutes les caméras célestes qui enregistrent les trajectoires des grandes météorites qui entrent en collision avec l'atmosphère terrestre.

15. En Lettonie, le Centre international de radioastronomie de Ventspils (VIRAC) et l'Institut d'astronomie de l'Université de Lettonie, en coopération avec les académies des sciences de la Fédération de Russie et de l'Ukraine, sont en train de se joindre à un réseau d'observation et de radiolocalisation dans la plage de fréquence des 5-GHz d'objets géocroiseurs. Le récepteur correspondant a été conçu et testé. L'intégration complète dans le programme d'observation était prévue pour 2007. Les chercheurs du VIRAC et de l'Institut d'astronomie traitent les données recueillies.

16. L'Equipe a constaté que, globalement, des efforts significatifs étaient fournis au plan international pour détecter et, à un degré moindre, effectuer des observations de suivi des objets géocroiseurs potentiellement dangereux d'une taille supérieure au kilomètre. En date du 15 septembre 2007, 721 objets de taille supérieure au kilomètre avaient été répertoriés, sur une population estimative inférieure au millier d'objets. Toutefois l'Equipe a noté que les objets dont la taille se situe dans la plage comprise entre 100 mètres et 1 kilomètre, pour laquelle les campagnes de détection actuelles ne sont pas optimisées, continuent de constituer une menace significative d'impact.

17. Ces dernières années, la NASA a étudié la magnitude du risque pour la vie humaine et les biens lié à la menace que représentent les objets plus petits, ce qui a conduit le Congrès des Etats-Unis à demander, dans la loi de finance concernant la NASA pour 2005, à ce que la NASA projette, élabore et mette en œuvre un programme d'évaluation des objets géocroiseurs pour détecter, suivre, cataloguer, et caractériser les propriétés physiques des objets géocroiseurs de taille égale ou supérieure à 140 mètres de diamètre, et a fixé pour objectif que le programme d'inventaire soit achevé à 90 pour cent dans un délai de 15 ans. L'analyse des solutions de remplacement effectuée par la NASA en 2006, dont il a été rendu compte au Congrès des Etats-Unis en mars 2007, a conduit à constater que cet objectif était réalisable en utilisant une combinaison de capteurs au sol et/ou dans l'espace. Certains systèmes de télescopes au sol, déjà aux stades de planification ou d'acquisition par les agences fédérales des Etats-Unis, auront la possibilité de détecter des objets géocroiseurs jusqu'à la limite basse de 140 mètres, mais pas de réaliser l'objectif de 90 pour cent de l'inventaire avant 2021. Pour réaliser cet objectif, un grand télescope au sol totalement dédié à la détection des objets géocroiseurs devrait être acquis d'ici à 2015, ou bien une mission spatiale modeste d'acquisition d'observations devrait être planifiée et lancée pour être opérationnelle

avant 2017. Bien que l'une ou l'autre de ces solutions ait été jugée comme dépassant les priorités budgétisées pour la NASA, celle-ci s'est engagée, afin de tenter de réaliser l'objectif de réalisation du catalogue des objets géocroiseurs dangereux dans les délais prévus par la loi, à continuer de chercher à réunir les capacités requises en exploitant les solutions offertes par l'exploitation mixte des télescopes terrestres et spatiaux et par les partenariats avec d'autres agences.

18. Reconnaissant que les objets géocroiseurs de diamètre égal ou supérieur à 140 mètres constituent une menace plus immédiate pour la Terre que les objets de taille kilométrique, en nombre plus petit, l'Equipe a encouragé la NASA, avec ses partenaires internationaux, à continuer de chercher les solutions permettant d'abaisser le seuil de détection des objets géocroiseurs à 140 mètres. L'Equipe a noté que la découverte et la détermination précise des orbites sont les premières étapes critiques pour caractériser la menace que représentent les objets géocroiseurs et lancer une action d'atténuation des effets, et que les moyens physiques et les capacités à rassembler pour recueillir et traiter rapidement les données relatives aux découvertes étaient essentiels. L'Equipe a également noté qu'un certain nombre d'objets géocroiseurs sont de nature binaire (à savoir accompagnés d'une lune), que le satellite est lui-même assez grand pour poser un risque, et que ces objets doivent être inclus dans les plans de déflexion. L'Equipe a donc exprimé sa préoccupation que le radar planétaire d'Arecibo, qui est l'instrument qui présente la meilleure capacité au monde pour déterminer l'orbite d'objets géocroiseurs tels Apophis, estimer leur taille et leur rotation, et détecter les corps qui les accompagnent, soit programmé pour être mis à l'arrêt lors du passage d'Apophis en 2012-2013. L'Equipe a jugé que l'utilisation du radar d'Arecibo dans cette période serait essentielle pour déterminer si Apophis représente une menace sérieuse d'impact pour la Terre en 2036, et qu'il présentera un intérêt critique analogue à mesure que de nouveaux objets seront découverts.

B. Détermination et catalogage des orbites

19. Il importe que les objets détectés depuis le sol terrestre reçoivent un identificateur unique et que leurs orbites soient affinées pour évaluer la menace d'impact avec la Terre. Le Minor Planet Center joue un rôle fondamental pour ce processus. Il est administré par le Smithsonian Astrophysical Observatory, en coordination avec l'Union astronomique internationale, sur la base d'un mémorandum d'accord qui donne au Centre statut international. Conformément au mémorandum d'accord, le Centre sert, depuis 1978, de lieu d'échange international pour tous les résultats relatifs aux astéroïdes, comètes, et mesures satellitaires astrométriques (positions) obtenus dans le monde entier. Le Centre traite les données et les organise, identifie de nouveaux objets, calcule les orbites, affecte des désignations expérimentales et diffuse quotidiennement des informations. Pour ce qui est des objets d'un intérêt particulier, le Centre sollicite des observations de suivi et demande des recherches dans les archives de données. Il est responsable de la diffusion des observations astrométriques et des orbites par le biais des Circulaires électroniques sur les planètes naines (diffusées comme de besoin, généralement au moins une fois par jour) et des catalogues connexes. Outre la diffusion des catalogues orbitaux et astrométriques complets pour tous les petits corps du système solaire, le Centre facilite les observations de suivi de nouveaux objets géocroiseurs potentiels en affichant les éphémérides candidats du plan céleste et les cartes d'incertitude sur l'Internet, à la page de confirmation des objets

géocroiseurs. Le Centre s'attache spécifiquement à l'identification, à la détermination de l'orbite sur arc court, et à la diffusion des informations concernant les objets géocroiseurs. Dans la plupart des cas les observations d'objets géocroiseurs sont diffusées publiquement et gratuitement dans un délai de 24 heures de leur réception. Le Centre fournit également divers outils à l'appui de l'initiative sur les objets géocroiseurs, y compris des cartes du ciel, les listes des objets géocroiseurs connus, les listes des découvreurs d'objets, et une page des objets géocroiseurs connus justifiant un suivi astrométrique. Le Centre entretient également une suite des programmes de calcul de la probabilité qu'un objet puisse être un nouvel objet géocroiseur, sur la base de deux positions sur le plan céleste et d'une magnitude. Les liens vers cette ressource Internet peuvent être affichés sur le site Web du Centre (<http://cfa-www.harvard.edu/iau/mpc.html>).

20. En 2006, le Comité exécutif de l'Union astronomique internationale a constitué un comité consultatif d'experts, qui atteste du rôle essentiel que joue l'Union en matière de formulation des politiques scientifiques officielles concernant les objets géocroiseurs et pour influencer et informer la société dans son ensemble.

21. L'Equipe a salué le rôle que joue le Minor Planet Center comme déterminant pour la diffusion et la coordination des observations. Le système actuel fonctionne déjà à pleine capacité et il n'est pas certain qu'il puisse faire face à l'augmentation significative des missions à assumer pour abaisser le seuil de détection systématique de 1 kilomètre à 140 mètres. L'Equipe considère qu'une manière possible d'aller de l'avant, qui offre plusieurs avantages, consisterait à établir une capacité « miroir » du Centre, probablement hébergée en Europe ou en Asie. Ces deux pôles pourraient partager les protocoles d'analyse, les processus, et pourraient mener une politique commune de gestion des données et des accès, mais seraient chargés de rôles opérationnels complémentaires, le cas échéant en effectuant les mêmes opérations sur des sous-ensembles différents de données d'observation, tout en entretenant indépendamment des bases de données complètes. Les deux sites pourraient aussi mutuellement valider et vérifier les résultats les plus critiques.

22. Dans le cadre de son programme d'observation des objets géocroiseurs, la NASA a établi un Bureau du Programme sur les objets géocroiseurs au sein de son Jet Propulsion Laboratory (JPL). Quotidiennement, le Minor Planet Center met à disposition les données astrométriques relatives aux objets géocroiseurs à l'intention du Bureau du Programme et du Centre, parallèle mais indépendant, de calcul des orbites de Pise (Italie), et du site miroir de Valladolid (Espagne). Au moyen du système Sentry (sentinelle) du JPL (<http://neo.jpl.nasa.gov/risk/>), des analyses du risque sont exécutées automatiquement sur les objets qui ont un potentiel d'impact de la Terre - habituellement quand l'objet a été découvert récemment et que l'on manque de recul entre les observations pour que son orbite puisse être considérée comme sûre. Ces objets sont classés par ordre de priorité pour le système sentinelle, en fonction de leur potentiel d'approche de l'orbite terrestre et de la qualité de définition de leur orbite. Le système sentinelle met à jour automatiquement et quotidiennement les orbites de quelque 40 objets géocroiseurs, et génère et affiche sur l'Internet des tables d'approche proximale (http://neo.jpl.nasa.gov/cgi-bin/neo_ca). Environ cinq analyses du risque sont exécutées chaque jour, chacune produisant 10 000 solutions multiples jusqu'à 2105. Ce processus est également effectué en parallèle à Pise et les probabilités d'impact terrestre sensiblement différentes de zéro sont vérifiées manuellement au JPL et au

Centre de Pise avant que les données d'analyse du risque soient affichées sur l'Internet. Depuis les débuts du système sentinelle en 2002, quelque 400 objets ont été affichés sur la page du système sentinelle (<http://neo.jpl.nasa.gov/risk/>). Pour les objets de découverte récente et présentant un intérêt peu commun, le Minor Planet Center, le JPL, et le Centre de Pise alertent fréquemment les observateurs pour leur faire savoir que des données additionnelles d'observation ou de sauvegarde sont nécessaires.

23. Le JPL tient à jour une base de données consultable sur les petits corps célestes, qui contient des données sur 350 000 corps pour la communauté internationale. Son système en ligne Horizons est un site interactif qui génère automatiquement quelque 3 000 éphémérides par jour pour la communauté scientifique internationale (<http://horizons.jpl.nasa.gov>).

24. L'Equipe a noté que le système Sentry et le site dynamique des objets géocroiseurs (NEODyS) sont des systèmes complètement indépendants qui se fondent sur des approches théoriques distinctes pour produire des évaluations des risques d'impact. Par conséquent si les propagations à long terme des orbites de chacun convergent vers une même solution, la communauté élargie pourra accorder plus de confiance aux résultats dérivés. Alors que le système Sentry est financé dans le cadre du programme sur les objets géocroiseurs de la NASA, ce qui fait que son avenir opérationnel peut être considéré comme relativement assuré, le financement à long terme du site NEODyS n'est pas aussi clair. Comme pour ce qui est du Minor Planet Center, l'Equipe a estimé qu'une capacité indépendante mais complémentaire du système Sentry était souhaitable aux fins de la vérification et de la validation indépendantes des trajectoires proches prévisibles.

C. Détermination des conséquences

25. Un travail important a été effectué aux États-Unis pour évaluer les risques d'impact posés par les objets géocroiseurs. Une partie importante de ce travail est dirigée par la NASA avec l'appui de l'Université de Californie à Santa Cruz, l'accent étant mis sur la menace que représentent les tsunamis causés par les impacts. L'Université d'Arizona a créé un site Web interactif et convivial pour évaluer les conséquences environnementales d'un impact sur la Terre. Grâce aux données sur la distance par rapport au point d'impact, le diamètre, la densité et la vitesse du projectile ainsi que l'angle d'impact, le programme évaluera les éjectas émis, le tremblement du sol, l'onde de souffle atmosphérique, les effets thermiques d'un impact et la taille du cratère provoqué (<http://www.lpl.arizona.edu/impac effects/>).

26. Au Royaume-Uni, l'Université de Southampton mène des recherches sur les effets des impacts d'objets géocroiseurs de petite taille. Un outil a été créé pour lutter contre ce risque à l'échelle locale et mondiale, et suivre les conséquences d'un impact sur la population humaine. L'évaluation du niveau global de risque d'impact d'un objet géocroiseur est classée en fonction du nombre éventuel de victimes et du niveau de dommage causé aux infrastructures.

27. L'Equipe a reconnu que lorsqu'ils examinent la politique scientifique visant à lutter contre le risque posé par les objets géocroiseurs, il importe que les gouvernements évaluent le risque que ces impacts font courir à la société et le comparent avec les seuils établis pour faire face à d'autres risques naturels (par

exemple les risques météorologiques et géologiques) afin d'élaborer une réponse proportionnée et cohérente. Il a donc été estimé que des travaux supplémentaires étaient nécessaires dans ce domaine, en particulier sur les impacteurs d'un diamètre inférieur à 1 kilomètre.

D. Caractérisation *in situ*

28. L'Équipe a reconnu l'importance de la mission Hayabusa (MUSES-C), qui avait rendez-vous avec l'astéroïde géocroiseur (25143) Itokawa à la fin de l'année 2005, en raison non seulement des connaissances scientifiques acquises sur les caractéristiques de l'astéroïde, comme sa topographie et sa composition, mais aussi des enseignements opérationnels importants tirés du rendez-vous et des opérations de proximité dans un environnement à très faible gravité, et des conséquences pour les enquêtes *in situ* à venir et d'éventuelles activités de prévention. Hayabusa s'inscrit dans une longue lignée de missions réussies, telles que Near Earth Asteroid Rendezvous, Deep Impact, DeepSpace 1 et Stardust, qui ont fourni des informations inédites sur les caractéristiques de la population d'objets géocroiseurs étonnamment diversifiée. Une caractérisation détaillée de ces objets ne peut être établie par téléobservation, et l'Équipe attend avec intérêt les missions à venir vers des objets géocroiseurs.

29. L'une des prochaines grandes possibilités d'examen *in situ* d'astéroïdes sera la mission Dawn Discovery de la NASA, qui a été lancée en 2007 et visitera Vesta en 2011 et Cérès en 2015. Outre le vaisseau spatial et l'instrumentation développés par les États-Unis, l'Italie et l'Allemagne ont fourni les principaux instruments pour la mission. L'Italie fournit un spectromètre de cartographie infrarouge et visible. La cartographie infrarouge et visible peut fournir des données sur la composition et la répartition minéralogiques des objets géocroiseurs, qui permettent de déterminer les processus d'évolution et de déduire la structure interne et les propriétés générales. L'Institut Max Planck, d'Allemagne, a fourni les appareils photographiques stéréoscopiques pour recueillir l'imagerie scientifique principale qui fait l'objet de la mission.

30. En coopération avec des pays comme la France, l'Allemagne, l'Espagne et la Suède, l'Italie a fourni un certain nombre de charges utiles pour l'orbiteur Rosetta et l'atterrisseur Philae, lancés vers la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko pour rendez-vous en 2014. Parmi les charges utiles figure un spectromètre de cartographie infrarouge et visible qui permettra d'étudier le coma de la comète, tandis qu'un système de forage prélèvera des échantillons pour examen et caractérisation *in situ*.

31. L'Open University du Royaume-Uni mène, outre les études théoriques visant à comprendre la formation des petits corps célestes du système solaire, un certain nombre de programmes expérimentaux, parmi lesquels l'élaboration d'une sonde pénétrométrique, afin de simuler l'impact à faible vitesse de la masse importante d'un pénétromètre fixé à un engin spatial se posant. Les pénétromètres permettront d'effectuer des relevés à la surface des objets géocroiseurs, opération qui sera probablement délicate, et de donner sur les caractéristiques structurelles et mécaniques de ces corps des informations essentielles pour l'anéantissement des géocroiseurs ou la réduction des risques qu'ils présentent.

32. L'Équipe a accueilli avec satisfaction la nouvelle selon laquelle la NASA évalue actuellement la proposition d'extension de mission présentée par des chercheurs de l'Université du Maryland afin que la sonde Deep Impact atteigne une nouvelle cible, la comète Boethin, en décembre 2008. La nouvelle mission, appelée Deep Impact Extended Investigation of Comets, utilisera les trois instruments de travail en état de marche de la sonde résiduelle, deux caméras couleur et un spectromètre infrarouge, pour étudier la comète. Une proposition appelée "Stardust Next", qui consiste à faire passer la sonde Stardust à proximité de la comète Tempel 1 (la cible de Deep Impact) en février 2011, et une proposition appelée "Origins Spectral Interpretation, Resource Identification and Security mission", qui vise à ramener un échantillon de la surface de l'astéroïde géocroiseur primitif 1999 RQ36. La décision de passer ou non à la phase B de la formulation du projet sera prise à l'automne 2007.

E. Réduction des risques

33. Dans ce contexte, la réduction des risques consiste à éliminer ou à minimiser le risque d'impact posé par la sous-classe d'objets géocroiseurs qui représente un risque d'impact terrestre, appelée objets potentiellement dangereux, en mettant en œuvre une forme d'intervention ou d'interaction avec le corps dangereux, ou en réduisant au minimum l'incidence de son impact sur la population par l'évacuation de celle-ci ou par une réponse similaire.

34. L'Agence spatiale européenne (ESA) a, dans le passé, soutenu des activités de recherche industrielle et universitaire sur les objets géocroiseurs. Ces activités ont permis d'identifier à projet adéquat qui a permis à l'Europe d'apporter une contribution significative et cependant réaliste aux efforts internationaux visant à évaluer les risques que représentent les objets géocroiseurs. Cette analyse a débouché sur la mission Don Quichotte de démonstration des technologies relatives aux objets géocroiseurs que des équipes industrielles européennes sont actuellement en train de définir. En réponse à la demande du Conseil de l'Europe de voir l'ESA participer activement à l'évaluation du risque d'impact posé par les objets géocroiseurs, plusieurs évaluations scientifiques et techniques ont été réalisées. Elles ont été immédiatement suivies par des études de faisabilité menées en parallèle dont le résultat a été évalué par le Groupe consultatif pour les missions spatiales sur les objets géocroiseurs de l'ESA, groupe indépendant de spécialistes éminents des divers aspects de la question des géocroiseurs. Conformément aux recommandations du Groupe présentées en juillet 2004, les efforts ont porté sur le projet de mission Don Quichotte, qui est composé de deux éléments, un minisatellite de la classe SMART-1 qui serait en orbite autour de l'astéroïde et un étage supérieur modifié qui servirait d'impacteur et viendrait percuter l'astéroïde. L'orbiteur, appelé Sancho, aurait rendez-vous avec un petit astéroïde géocroiseur de 500 mètres pour l'étudier avant l'arrivée de l'impacteur, appelé Hidalgo, qui le percuterait à une très grande vitesse relative. L'orbiteur Sancho observerait l'impact et ses résultats, en particulier la déviation de la trajectoire de l'astéroïde qui en résulterait. Les possibilités de lancement appropriées du premier élément, l'orbiteur, commencent en 2011. L'impacteur pourrait être lancé quatre à cinq ans plus tard, ce qui permettrait un développement indépendant ou progressif des deux minisatellites. Le choix du lanceur et des fenêtres de lancement appropriées dépend en grande partie de celui de l'astéroïde cible, qui sera réexaminé par le Groupe dans les prochains mois. La mission a une architecture modulaire, deux petites sondes séparées et la

possibilité d'une "sonde de surface" indépendante sur l'astéroïde, ce qui pourrait faciliter sa mise en œuvre dans le cadre d'un projet mené en coopération.

35. L'ESA reconnaît que les efforts des principales agences spatiales vont aujourd'hui dans la même direction et atteignent la masse critique nécessaire pour parvenir à des développements concrets en ce qui concerne les missions spatiales. Les activités préparatoires ont permis à l'ESA de bien comprendre les aspects essentiels d'une mission de démonstration réaliste des technologies relatives aux objets géocroiseurs et elles l'ont mise en bonne position pour chercher comment tirer parti de cette convergence d'intérêts ou, tout au moins, établir un partenariat d'opportunité avec une autre agence afin de déterminer les avantages en termes de partage des coûts et/ou de programmation.

36. En ce qui concerne les missions d'observation, le Groupe a noté que les améliorations dans l'exécution des prospections et, en particulier, des plans visant des installations de plus grande taille, ont conduit à une augmentation spectaculaire, au cours des dernières années, de la probabilité de découverte d'objets géocroiseurs depuis la Terre. Le Groupe a conclu que 80 à 90 pour cent du total des corps $H < 20,5$ (approximativement de l'ordre des 300 mètres) pourraient être répertoriés dans la décennie à venir sans nécessité d'un observatoire dans l'espace. Le Groupe a donc recommandé que l'opportunité d'un observatoire spatial des objets géocroiseurs soit réexaminée dans 10 à 15 ans, quand le risque résiduel représenté par les objets géocroiseurs non accessibles à l'observation depuis le sol pourra être mieux défini.

37. Par ailleurs, le Groupe a constaté que notre manque actuel de connaissances précises des caractéristiques physiques des objets géocroiseurs représentera une limitation critique si un impacteur potentiel venait à être identifié. Il a donc conclu que les missions de rendez-vous devaient avoir un rang de priorité sensiblement plus élevé en termes d'évaluation et de réduction des risques que les missions d'observation. Le Groupe a également précisé que vu la diversité des objets déjà connus, il est improbable qu'une quelconque mission de rendez-vous puisse étudier un objet géocroiseur identique au prochain impacteur éventuel. Il a donc souligné l'importance d'un concept de mission précurseur visant à déterminer toutes les grandeurs appropriées – taille, densité, structure interne, transfert d'énergie potentiel, etc. – nécessaires pour effectuer une mission de réduction des risques en vraie grandeur.

38. En février 2007, un Groupe de travail sur les risques liés aux astéroïdes et aux comètes a été constitué en Fédération de Russie. La plupart des organisations gouvernementales, de recherche et éducatives de Russie sont impliquées dans les activités de ce Groupe de travail. Celui-ci est sur le point de présenter un programme national sur le problème des risques liés aux astéroïdes et aux comètes, qui inclura la détection et la caractérisation à distance, la détermination de l'orbite et le catalogage, la détermination des conséquences et la réduction des effets sur une base internationale et locale.

39. L'Institut de recherche planétaire de l'Agence aérospatiale allemande étudie, en coopération avec l'Université technique de Dresde, les techniques potentielles permettant de dévier les astéroïdes et les comètes et élabore un outil capable de déterminer la stratégie optimale de déviation pour un impacteur donné. Diverses techniques potentielles permettant de détourner les astéroïdes et les comètes sur trajectoire de collision avec la Terre ont été étudiées et modélisées. Au cours de ce

travail, un progiciel permettant de simuler un éventuel scénario d'impact et de déterminer la stratégie optimale de parade a été développé. La formation de cratères et les effets connexes d'un impact d'astéroïde ou de comète sur la Terre, sur les continents et sur les océans sont actuellement analysés dans le cadre d'une étude théorique faisant intervenir des modélisations et des simulations informatiques avancées.

40. L'Institut de recherche planétaire a également proposé l'établissement d'un Centre allemand Spaceguard, qui, comme ses contreparties aux Etats-Unis (Laboratoire de propulsion par réaction) et au Royaume-Uni (Centre de d'information sur les objets géocroiseurs), devrait assurer la liaison entre les activités de recherche et le grand public, diffuser l'information scientifique en termes compréhensibles par le public et les services gouvernementaux, et serait en mesure de soutenir les politiques qui déterminent la participation allemande aux activités internationales en ce qui concerne le risque d'impact d'objets géocroiseurs et les plans d'atténuation des conséquences. Cette proposition a été examinée par les autorités de la DLR, et la décision sur l'établissement du centre devrait être prise prochainement.

41. Le Royaume-Uni finance plusieurs activités liées à la réduction des risques que représentent les objets géocroiseurs. L'objectif des travaux menés par l'Université de Glasgow est de mettre au point une théorie fondamentale du contrôle optimal et de l'appliquer à l'interception des objets géocroiseurs dangereux. L'étude a emprunté deux directions parallèles. La première est celle des algorithmes d'optimisation globale des trajectoires interplanétaires. Les outils élaborés servent à générer diverses trajectoires possibles pour intercepter les objets géocroiseurs. Les travaux à venir consisteront à concevoir des modèles plus précis des propriétés statiques et dynamiques des astéroïdes afin d'étudier la manière dont ces propriétés pourraient influencer sur les méthodes de déviation, voire les invalider. Les évaluations d'autres méthodes de déviation, comme le remorqueur gravitationnel et l'utilisation de l'effet Yarkovski, se poursuivront.

42. L'Equipe a noté avec l'intérêt le rapport récent de la NASA devant le Congrès des Etats-Unis, comme demande en avait été faite dans le projet de loi de finance 2005 pour cette Administration, à savoir analyser les solutions possibles que la NASA pourrait mettre en œuvre pour détourner un objet sur une trajectoire de collision probable avec la Terre. Dans cette étude, l'Equipe de la NASA a évalué diverses solutions susceptibles d'être appliquées pour dévier la trajectoire d'un objet géocroiseur menaçant la Terre. Ces solutions se répartissent en gros entre deux catégories - les options à impulsion courte, où l'énergie de déviation est appliquée lors d'un événement quasi instantané, et les options « à poussée lente », dans lesquelles l'énergie est appliquée sur une période prolongée. Les facteurs importants qui doivent être examinés pour déterminer quelles sont les techniques les plus efficaces sont les suivants : quel délai préalable exige l'option ou, en d'autres termes, de combien de temps dispose-t-on entre la détection d'une menace d'impact et l'événement de collision, généralement désigné sous le nom de « temps d'avertissement » ; quelle difficulté y a-t-il à atteindre l'objet menaçant – laquelle est principalement fonction de sa trajectoire orbitale relativement à celle de la Terre ; quelles sont les caractéristiques physiques de l'objet menaçant ; et quelles ressources sont nécessaires pour appliquer une force efficace à l'objet menaçant.

43. Selon les résultats obtenus par l'Equipe de la NASA, les techniques à impulsion courte les plus prometteuses se sont révélées être l'utilisation d'un dispositif nucléaire en attente, en particulier pour les objets les plus grands, particulièrement lorsque le délai d'avertissement est seulement de quelques années, et l'impacteur à énergie cinétique. Ces deux techniques exploitent des technologies relativement mûres, dont quasiment toutes ont été démontrée au moins dans des scénarios similaires aux missions dans l'espace interplanétaire, et pourraient être associés dans des systèmes efficaces placés sur des trajectoires interplanétaires au moyen des capacités actuelles de lancement.

44. Diverses techniques de poussée lente ont été présentées à l'Equipe de la NASA, et ont été analysées par celle-ci. Toutefois presque toutes sont techniquement immatures, certaines ne représentent que des concepts préliminaires, et n'auraient que des applications très limitées en ce qui concerne la menace des objets géocroiseurs, à moins que les délais d'avertissement n'autorisent des missions d'une durée de plusieurs années à quelques décennies d'application de la force de diversion. Les seules techniques viables de poussée lente retenues pour complément d'étude sont celle du « remorqueur spatial », qui s'amarrerait à l'objet menaçant et modifierait sa trajectoire par des systèmes de propulsion de haute efficacité, et celle du « tracteur gravitaire », qui aurait le potentiel de modifier la trajectoire d'un objet en exploitant l'attraction gravitationnelle d'un vaisseau spatial maintenu en position à proximité étroite de l'objet. Ces deux techniques pourraient être efficaces dans des scénarios où seuls de petits incréments de vitesse, de l'ordre de quelques millimètres par seconde, devraient être appliqués à des objets relativement petits, à savoir de moins de 200 mètres pour leur plus grande dimension. Mais les remorqueur spatial exige une caractérisation plus détaillée de l'objet, un guidage et un contrôle plus robustes, ainsi que des technologies d'amarrage en surface qui ne seront pas disponibles à court terme.

45. L'Equipe a noté que l'analyse faite par la NASA des options de déviation ne concernait que des objets géocroiseurs de taille relativement grande et ne tenait pas compte de la précision nécessaire pendant la déflexion pour éviter la possibilité de placer l'objet géocroiseur sur une trajectoire d'impact en retour.

46. L'Equipe a noté, globalement, qu'outre la probabilité et le moment prévu pour l'impact, les autres paramètres qui influenceront la stratégie de réponse seront le lieu d'intersection prévu sur la surface de la Terre et la vulnérabilité de cette zone à l'impact. Les différentes options de déflexion et les implications d'une stratégie donnée de déflexion - la préparation technique, l'acceptabilité politique, le coût de développement et d'exécution, la translation du lieu d'intersection - devront également être soupesés par rapport à d'autres solutions d'intervention. L'Equipe a reconnu qu'il est possible qu'un impact spécifique puisse ne menacer que des nations non dotées de capacités spatiales. Il pourrait être considéré comme plus judicieux qu'un acteur capable prenne la tête et monte une mission donnée de déflexion plutôt que répartir les rôles entre différentes agences, en raison de la complexité de la mission et de l'intérêt politique de protéger des informations techniques sensibles. L'Equipe a donc envisagé une matrice d'options et de réponses types pour une gamme de scénarios d'impact, en répartissant des rôles spécifiques entre les différents acteurs désignés. À cet égard l'Equipe a conclu à la nécessité d'un forum technique international qui permettrait de déterminer une gamme de scénarios probables en ce qui concerne les impacteurs possibles et les

matrices correspondantes d'options d'atténuation des conséquences à développer jusqu'à maturité pour autoriser l'établissement de calendriers de missions fiables et une chronologie des décisions à prendre par la communauté internationale devant une menace spécifique.

F. Orientations

47. L'Equipe a reconnu que la menace d'impact représentée par les objets géocroiseurs était réelle et qu'un tel impact, fût-il peu probable, serait potentiellement catastrophique. Il est également admis qu'un tel impact frapperait sans discrimination (c'est-à-dire que les effets se limitent au pays d'impact) et que ses effets seraient d'une ampleur telle que le risque que représentent les objets géocroiseurs devrait être reconnu comme un enjeu mondial qui ne peut être résolu efficacement que par la coopération et la coordination internationales. Aucun pays n'est connu pour avoir une stratégie nationale face aux objets géocroiseurs. L'Organisation des Nations Unies (ONU) a donc un rôle important à jouer dans la facilitation du processus d'élaboration des orientations nécessaires.

48. Autre défi pour les Nations Unies, dans les 15 années à venir elles seront probablement confrontées à la nécessité de prendre des décisions critiques sur les mesures à mettre en œuvre pour protéger la vie sur Terre de l'impact potentiel d'objets géocroiseurs. Cette situation tient à la fois à l'accélération de la découverte d'objets géocroiseurs et à la capacité croissante de l'humanité de prévenir un impact prévisible en déviant délibérément l'objet géocroiseur en cause. La probabilité que les Nations Unies aient à décider entre l'action et l'inaction est accrue par la nécessité probable de devoir prendre une décision avant de disposer de la connaissance certaine qu'un impact se produira. La fréquence de la prise de décisions pourra donc être d'un ordre de grandeur considérablement plus grand que l'incidence statistique des impacts. Vu que la détection précoce de la probabilité d'impact d'un objet géocroiseur et que la possibilité de prévenir cet impact sont désormais dans le domaine du faisable, il est admis que l'humanité ne peut pas éluder la responsabilité des conséquences de l'action ou de l'inaction. Puisque la planète tout entière est exposée à la menace d'impacts d'objets géocroiseurs et puisque le processus de déflexion occasionne en soi un accroissement provisoire du risque encouru par des populations qui ne seraient pas en danger par ailleurs, l'ONU sera inévitablement appelée à prendre des décisions et à évaluer des pour et des contres. Préoccupée par cette question, l'Association des explorateurs de l'espace a créé un comité sur les objets géocroiseurs et s'est engagée à porter cette question à l'attention des dirigeants et des institutions du monde, et à les aider à résoudre ce problème. À la quarante-troisième session du Sous-Comité scientifique et technique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, elle a exprimé son intention de faciliter ce processus grâce à l'organisation d'une série d'ateliers, en invitant des experts du monde entier possédant une expérience dans ce domaine à étudier cette menace en détail et à élaborer un projet de protocole sur la déviation des objets géocroiseurs pour examen par le Comité. Ces ateliers seront convoqués au cours des deux années à venir pour établir le projet de protocole, qui sera soumis par l'Equipe au Comité à sa cinquante-deuxième session en 2009. L'Association des explorateurs de l'espace a signalé qu'elle a tenu avec succès son premier atelier du 9 au 12 mai 2007 à l'Université internationale de l'espace à Strasbourg (France). Cet atelier, le premier des quatre prévus, a réuni un groupe sur la réduction de la menace des astéroïdes composé de scientifiques

expérimentés afin d'entreprendre la rédaction d'un accord sur une réponse internationale au risque d'impact d'objets géocroiseurs. Ce premier atelier a donné lieu à des interventions d'experts sur la menace d'impacts d'objets géocroiseurs: situation des programmes mondiaux de recherche et de détection ; méthodes techniques de déviation des objets géocroiseurs ; précédents juridiques internationaux concernant un accord sur les objets géocroiseurs ; et esquisse de l'action diplomatique et programmatique susceptible de traiter au mieux de la menace. Le groupe a établi des objectifs pour les trois ateliers suivants, y compris le profil du cadre international proposé pour la prise de décision en matière d'objets géocroiseurs. L'ONU était représentée à l'atelier par des observateurs du Comité et de l'Equipe. Le deuxième atelier s'est tenu du 12 au 15 septembre 2007 à Sibiu (Roumanie).

49. Certaines des questions scientifiques qui doivent être traitées, sont rapportées dans « *Impacts de comètes et astéroïdes et société humaine* ² », publié en 2007, qui récapitule les contributions à l'atelier de même titre parrainé par le Conseil international pour la science, tenu en 2004.

G. Conférence de la défense planétaire, 2007

50. Des experts de divers Etats membres ont pris part à la Conférence sur la défense planétaire qui a été tenue du 5 au 8 mars 2007 à l'Université George Washington, à Washington D.C.. Les principaux objectifs de cette manifestation étaient les suivants : mettre en lumière la situation actuelle en matière de détection, de caractérisation et de réduction des effets des objets géocroiseurs; apprécier la menace représentée par les astéroïdes et les comètes, et les réponses possibles à un impact d'objets géocroiseurs ; et envisager les aspects politiques, les politiques à mener, et les aspects juridiques et sociaux susceptibles d'affecter notre capacité de mettre en œuvre des moyens de défense efficace. Les participants à la Conférence sont convenus que si des progrès scientifiques et technologiques significatifs ont été accomplis depuis la conférence de 2004, il est manifeste que la défense planétaire contre les objets géocroiseurs et la planification de la réduction des effets d'un impact catastrophique, s'il s'en produit, en sont à leurs premiers balbutiements. Plus précisément, les principales conclusions de la Conférence peuvent se résumer comme suit :

- a) Tandis que nos efforts de recherche et de découverte ont permis de découvrir avec succès la plupart des grands objets « destructeurs de civilisation », de taille d'un kilomètre et plus, nous commençons tout juste à découvrir des objets beaucoup plus nombreux et, pour cette raison, plus fréquemment dangereux de la classe de grandeur de 140 à 300 mètres. L'impact d'un objet de cet ordre de grandeur peut se produire avec un délai d'avertissement très court ou nul, et causer des pertes graves de vies et de biens sur une superficie étendue.
- b) Les ressources au sol, comme le radar d'Arecibo, sont perçues comme déterminantes pour affiner une orbite potentiellement dangereuse et fournir des informations de base nécessaires pour une déviation. Arecibo jouera un rôle essentiel pour affiner l'estimation de la menace que représente le géocroiseur Apophis.

² Peter T. Brobrowsky and Hans Rickman, eds., *Comet/Asteroid Impacts and Human Society* (Berlin, Heidelberg, Springer, 2007).

c) La déflexion d'un objet menaçant en est actuellement à la phase de conception. Nous commençons tout juste à identifier les options disponibles pour dévier un objet et devons encore concevoir ou mettre à l'épreuve les méthodes qui pourraient être employées. Il reste à concevoir des missions complètes pour mettre en œuvre un ou plusieurs dispositifs de déviation, et nous n'avons pas encore étudié ce qui serait nécessaire pour assurer à une campagne globale de déflexion une probabilité élevée de succès.

d) De graves questions techniques, politiques, d'orientation, juridiques et sociales sont en cause pour décider s'il faut répondre à la menace d'impact d'un objet géocroiseur, et comment. Les impacts d'objets géocroiseurs ont le potentiel de provoquer des catastrophes qui égaleraient ou dépasseraient tout ce qu'ont pu connaître les civilisations récentes. Par ailleurs ce type de menace n'a jamais été envisagé de manière adéquate par aucune agence susceptible d'avoir la responsabilité d'y répondre. En outre à qui appartient la responsabilité de coordonner tous les aspects d'une réponse à une menace provenant d'objets géocroiseurs, de la détection à la déflexion et aux suites de l'impact, est incertain.

e) La compréhension, l'analyse et la réaction à mettre en œuvre devant la menace potentielle d'objets géocroiseurs est un problème international qui exige une coopération internationale. Le travail considérable est nécessaire pour élaborer la base d'une coopération et d'une action internationales dans tous les domaines liés à la défense planétaire. Cette base peut s'étendre au delà de la stricte défense et inclure un bonus d'exploration internationale de l'espace, par des vols habités ou non.

51. Il a également été proposé une série d'actions recommandées :

- a) Caractériser l'astéroïde 99942 Apophis et affiner son orbite lors de son passage en 2012-2013.
- b) Soutenir l'exploitation d'installations critiques en ce qui concerne la découverte, la détermination de l'orbite et le suivi des objets géocroiseurs.
- c) Lancer immédiatement des actions pour localiser les objets menaçants de la classe des 140 mètres.
- d) Lancer un programme, peut-être en parallèle avec des objectifs de sciences planétaires, de caractérisation *in situ* des objets potentiellement dangereux.
- e) Rechercher, caractériser et mettre à l'épreuve des technologies liées aux solutions les plus prometteuses d'impulsion rapide et de poussée lente.
- f) Caractériser les réponses d'objets géocroiseurs à une tentative de déviation.
- g) Développer et documenter des concepts exhaustifs de campagne de déviation, y compris les exigences en matière de véhicules de lancement et de charges utiles, les besoins d'appui au sol, la fiabilité globale de la mission, les chronologies et les étapes importantes des missions, et les coûts.
- h) Effectuer un exercice de réponse à un impact, sous la forme d'un exercice sur table répondant à un script fouillé et exigeant, faisant appel aux techniques les meilleures de la théorie des jeux, de la modélisation et de la simulation pour mieux appréhender l'évolution des effets d'un impact catastrophique et les sollicitations

auxquelles devront répondre les agences chargés de répondre et les sollicitations des systèmes de communications.

- i) Intégrer le risque correspondant aux objets géocroiseurs dans les mandats des organismes, tant nationaux qu'internationaux, qui sont effectivement chargés de répondre à des catastrophes, naturelles ou dues à l'homme, de très grande ampleur.
- j) Effectuer des recherches additionnelles pour comprendre le rapport entre la taille des objets géocroiseurs et les conséquences des événements, rapport qui est critique pour fixer la limite inférieure des efforts de détection.
- k) Elaborer un protocole international applicable dans les situations où des décisions critiques doivent être prises concernant la réduction de la menace et l'atténuation des conséquences des catastrophes.
- l) Accroître la collaboration internationale dans l'action de détection et de caractérisation, la planification de missions et la recherche liée à la déviation de la trajectoire des objets. Le concept suggéré est d'établir un groupe similaire au Comité de coordination interorganisations sur les débris spatiaux.
- m) Elaborer et mettre en œuvre un mécanisme permettant de maintenir le financement des technologies et de efforts critiques dans le long terme. Lancer des débats pour comprendre les enjeux et élaborer un cadre pour l'usage d'explosifs nucléaires avant qu'une menace crédible ne soit identifiée.
- n) Elaborer des accords internationaux limitant la responsabilité liée à la prévision d'un impact ou à la décision d'agir ou de ne pas agir devant la menace d'un objet géocroiseur.
- o) Solliciter et soutenir l'intérêt des professionnels et des praticiens des sciences sociales et comportementales.
- p) Élaborer une stratégie d'éducation des élus et des fonctionnaires ainsi que du public quant à la nature de la menace que représentent les objets géocroiseurs et à ce qui est à prévoir dans la perspective de la détection et des alertes aux objets géocroiseurs. Un horizon approprié pour présenter une telle stratégie et les initiatives connexes pourrait être 2009, qui sera l'Année astronomique internationale (<http://www.astronomy2009.org>). L'année astronomique internationale 2009 est coordonnée par l'Union astronomique internationale, qui a créé un secrétariat central pour cette occasion. L'Union astronomique internationale devrait être plus fortement impliquée dans le débat sur les objets géocroiseurs.
- q) Examiner en quoi les facteurs sociaux, comme la psychologie des individus et des groupes, la culture, et les convictions politiques et religieuses peuvent affecter la décision d'aller de l'avant pour tenter de dévier un objet géocroiseurs.

52. Un compte rendu plus détaillé de la réunion est accessible sur l'Internet (<http://www.aero.org/conferences/planetarydefense/>). L'Equipe a favorablement accueilli le rapport, et il est escompté que les actions recommandées seront discutées par l'Equipe à l'occasion de la quarante-cinquième session du Sous-Comité scientifique et technique.