

**Assemblée générale**

Distr. générale
5 décembre 2008
Français
Original: anglais

**Comité des utilisations pacifiques
de l'espace extra-atmosphérique****Informations sur les activités de recherche menées par des
États Membres, des organisations internationales et
d'autres organismes sur les objets géocroiseurs****Note du Secrétaire**

Table des matières

	<i>Page</i>
I. Introduction	2
II. Réponses reçues d'États Membres	2
Allemagne	2
Japon	4
III. Réponses reçues d'organisations internationales et d'autres organismes	5
Comité de la recherche spatiale	5
Fédération internationale d'astronautique (FIA)	6
Union astronomique internationale	7
Conseil consultatif de la génération spatiale	15



I. Introduction

1. À sa quarante-cinquième session, en 2008, le Sous-Comité scientifique et technique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique a adopté le plan de travail pluriannuel modifié pour la période 2009-2011 (A/AC.105/911, annexe III, par. 11). Conformément au plan de travail, le Sous-Comité examinera, à sa quarante-sixième session, en 2009, les rapports communiqués par des États Membres, des organisations internationales et d'autres organismes en réponse à la demande annuelle d'informations sur leurs activités concernant les objets géocroiseurs.

2. Le présent document a été établi par le Secrétariat à partir des informations reçues des États Membres et des organisations internationales suivants: Allemagne, Japon, Comité de la recherche spatiale, Conseil consultatif de la génération spatiale, Fédération internationale d'astronautique et Union astronomique internationale. On trouvera dans le présent document les rapports reçus au 3 décembre 2008.

II. Réponses reçues d'États Membres

Allemagne

[Original: anglais]

Agence aérospatiale allemande (Institut de recherche planétaire), Berlin

Introduction

1. Des chercheurs de l'Institut de recherche planétaire de l'Agence aérospatiale allemande (DLR), à Berlin-Adlershof, participent depuis plusieurs années à l'étude internationale des objets géocroiseurs. Leur travail comprend notamment la planification et la mise en œuvre de missions spatiales de recherche sur les objets géocroiseurs, des campagnes d'observation visant la caractérisation physique de ces objets au moyen de grands télescopes astronomiques terrestres et spatiaux, qui disposent d'un temps d'observation attribué sur une base concurrentielle. Les simulations théoriques d'impact en deux dimensions, la réduction et l'analyse des données, la publication des résultats dans de grandes revues pratiquant l'examen collégial et des activités au sein du European Fireball Network font également partie du travail de ces chercheurs.

Missions spatiales liées aux objets géocroiseurs

2. L'Institut de recherche planétaire a été choisi pour fournir la charge utile du premier "Kompaktsatellit" de la DLR, série de petits engins spatiaux placés en orbite terrestre. Le concours interne de l'Agence a été remporté par le projet Asteroid Finder, qui consistera à chercher des objets intérieurs à l'orbite terrestre au moyen d'un télescope de 25 cm, d'un champ de vue de 2 x 2 degrés carrés et d'une nouvelle caméra CCD (dispositif à transfert de charge) à multiplication d'électrons. Cette mission, qui cherchera des objets intérieurs à l'orbite terrestre sera un complément idéal pour les programmes de recherche au sol sur les objets

géocroiseurs. Elle devrait être opérationnelle en 2012 et étendra les recherches à des régions du ciel difficiles ou impossibles à observer depuis la Terre.

3. L'Institut joue un rôle majeur dans la définition scientifique de l'Expérience sur les stratocumulus de transition au-dessus de l'Atlantique (ASTEX), qui est une étude de faisabilité financée par la DLR et effectuée par une mission d'exploration *in situ* sur deux objets géocroiseurs. Selon la planification actuelle, les cibles choisies doivent avoir des compositions minéralogiques différentes: un astéroïde devrait être de nature "primitive", l'autre devrait être un fragment d'un astéroïde différencié. L'objectif scientifique est d'explorer la nature physique, géologique et minéralogique des astéroïdes et de fournir des informations et de connaître les contraintes sur la formation et l'histoire de l'évolution du système planétaire de la Terre. Le scénario de la mission consiste en une phase de mise en orbite et d'atterrissage pour chaque cible. L'étude est menée en collaboration avec l'Institut Max Planck de recherche sur le système solaire et un certain nombre de partenaires industriels allemands.

Observation des objets géocroiseurs

4. Les observations dans la région spectrale infrarouge thermique avec des télescopes tels que ceux de l'Observatoire W. M. Keck et de la National Aeronautics and Space Administration des États-Unis (NASA), tous deux situés sur le Mauna Kea à Hawaii, ainsi qu'avec le télescope spatial Spitzer de la NASA, constituent actuellement l'un des principaux domaines d'activité. Les données de ces observations permettent de déterminer des paramètres essentiels tels que la taille et l'albédo des objets géocroiseurs et fournissent des informations sur leurs caractéristiques de surface grâce à l'inertie thermique. L'interprétation de ces observations exige d'importants travaux théoriques et de modélisation informatique des caractéristiques physiques des objets géocroiseurs. Dans certains cas, dans lesquels des informations détaillées sur un astéroïde, telles que l'axe de rotation et la forme, proviennent d'autres sources (voir ci-après), les données d'imagerie infrarouge thermique permettent d'obtenir des renseignements précis sur la taille, l'irrégularité de la surface, l'inertie thermique et les propriétés du régolite.

5. Ces travaux s'effectuent en collaboration avec des groupes de chercheurs situés aux États-Unis (Massachusetts Institute of Technology, Université d'Arizona et Université de Hawaii) et en Europe (Université de Belfast, Université d'Helsinki et Observatoire de la Côte d'Azur (France)). D'anciens étudiants chercheurs à l'Institut occupent aujourd'hui des postes à l'Observatoire Steward de l'Université d'Arizona et à l'Observatoire de la Côte d'Azur et continuent de collaborer avec le personnel de l'Institut.

6. En coopération avec l'observatoire de Calar Alto (Espagne), l'Institut s'apprête à signer un contrat d'une centaine de nuits par an pour exploiter à partir de 2009 le télescope télécommandé de 1,2 mètre permettant de réaliser des observations photométriques et astrométriques d'objets géocroiseurs. Ces observations peuvent fournir des informations sur la vitesse de rotation, les orientations de l'axe de rotation, la forme ainsi que d'autres paramètres particulièrement précieux en combinaison avec les observations d'imagerie infrarouge thermique et d'autres types d'observations.

7. En plus des activités susmentionnées, l'Institut gère une base de données en ligne sur les propriétés physiques de tous les objets géocroiseurs connus, qui est mise à jour quotidiennement¹.

Études théoriques et simulations

8. Une étude théorique appelée "Planetary evolution and life", comportant des modélisations et des simulations informatiques avancées fondées sur un hydrocode multimatériaux, analyse la formation de cratères et les effets d'impacts d'astéroïdes et de comètes sur la Terre, tels que la répartition des éjecta, les processus chimiques en jeu dans le panache de vapeur lors d'un impact et l'évolution du nuage provoqué par le souffle de l'impact. Cette étude fait partie d'une alliance pour la recherche lancée en 2007, qui devrait se poursuivre jusqu'en 2012 et est financée par l'Association Heimboltz des centres de recherche allemands.

European Fireball Network

9. L'Institut participe à l'exploitation du European Fireball Network, réseau de caméras plein ciel qui enregistrent les traces de grands météoroïdes entrant en collision avec la Terre. Le réseau fournit des données fondamentales pour le calcul du flux de masse près de la Terre et la probabilité de collisions avec des objets de plus grande taille.

10. Les caméras du European Fireball Network surveillent régulièrement le ciel nocturne au-dessus de l'Europe centrale. Le réseau comprend 10 stations de prise de vue en République tchèque, 2 en Slovaquie et 13 en Allemagne, en Autriche et en France, déployées à environ 100 km les unes des autres afin de couvrir une superficie totale de 10⁶ km². En 2007, le réseau a détecté 31 boules de feu

Publications

11. Les publications relatives aux activités de recherche décrites ci-dessus peuvent être obtenues sur demande. Les rapports annuels sont disponibles sur Internet².

Japon

[Original: anglais]

1. Les activités du Japon concernant les objets géocroiseurs ont commencé avec la création de la Japan Spaceguard Association en 1996. L'Association a construit un télescope à grand champ de 1 mètre pour la détection des objets géocroiseurs, qui est entré en service en 2002 et a principalement servi à effectuer des observations de suivi. Elle a réparé le télescope en 2006 et peut désormais détecter des objets jusqu'à une magnitude de 20,5, ce qui est comparable aux détections du Catalina Sky Survey et du Spacewatch Project aux États-Unis. Le tableau ci-après dresse une liste des observations de suivi d'objets géocroiseurs.

¹ La base de données en ligne de l'Institut de recherche planétaire, qui enregistre les propriétés physiques de tous les objets géocroiseurs connus, est accessible à l'adresse <http://earn.dlr.de>.

² Les rapports annuels de l'Institut de recherche planétaire sont disponibles à l'adresse <http://solarsystem.dlr.de/KK/>.

2. L'Association a mené diverses activités éducatives au cours des 10 dernières années. Elle a produit, en anglais, en espagnol et en japonais, un dossier pédagogique utile destiné à informer le public sur la détection des objets géocroiseurs et a publié deux ouvrages ainsi que des articles dans des revues et des journaux. En 2008, elle a organisé le colloque sur la veille spatiale en 2008 et publié le premier numéro de son bulletin, intitulé "Spaceguard Research".

Observations d'objets géocroiseurs par la Japan Spaceguard Association (septembre 2008)

Année	Astéroïdes géocroiseurs			Comètes	
	Nombre observé	Nombre de relevés de position	Total des relevés de position	Nombre observé	Nombre de relevés de position
2000	23	205	4 240	20	113
2001	29	560	5 907	16	275
2002	24	243	2 018	13	339
2003	54	567	4 938	18	165
2004	23	233	2 908	4	20
2005	8	42	2 431	0	0
2006	25	297	3 224	5	66
2007	34	408	7 219	15	108
2008	23	129	1 387	11	95
Total	243	2 684	34 272	102	1 181

3. Une autre activité importante relative aux objets géocroiseurs est la mission Hayabusa, qui a pour cible l'objet "Itokawa". Elle a pour but scientifique de recueillir de précieux renseignements sur les mystères qui entourent la genèse du système solaire en analysant la composition de l'astéroïde. Il est donc indispensable de mettre au point une technologie permettant d'en rapporter des échantillons. À l'automne 2005, lorsque l'objet Itokawa s'est rapproché de la Terre, de nombreuses images de grande dimension ont été obtenues et une analyse d'échantillons de matériaux prélevés à la surface d'Itokawa a été effectuée. La mission a entamé son retour, prévu pour juin 2010. La Japanese Aerospace Exploration Agency réfléchit actuellement à la prochaine mission de prélèvement d'échantillons sur un autre type d'objet géocroiseur et l'on espère qu'elle aura lieu dans un avenir proche.

III. Réponses reçues d'organisations internationales et d'autres organismes

Comité de la recherche spatiale

[Original: anglais]

1. À sa 37^e Assemblée scientifique en 2008, le Comité de la recherche spatiale a organisé une conférence spéciale intitulée "The asteroid impact threat: decisions upcoming". La présentation, qui a été faite par Russell L. Schweickart, Président du

Comité des objets géocroiseurs de l'Association des explorateurs de l'espace³ visait spécialement à mobiliser la communauté scientifique internationale pour qu'elle dialogue avec des personnalités politiques au cours des prochaines années, car cette question est débattue et des mesures possibles sont envisagées. Un article sur ce sujet devrait paraître dans le prochain numéro du bulletin d'information du Comité *Space Research Today*. De nombreux membres du Comité estiment que le moment est venu pour le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique d'examiner la question de la menace que représente l'impact des objets géocroiseurs et la réponse de la communauté internationale.

2. En outre, dans le cadre du principal programme scientifique de sa 37^e Assemblée scientifique, le Comité de la recherche spatiale a organisé une réunion intitulée "Small body exploration into the 2010s: materials, structures, and temporal evolution" dont une séance a été consacrée aux recherches structurelles sur les astéroïdes et aux risques d'impact ("Structural Investigations of Asteroids and Impact Hazards"). Plusieurs documents relatifs aux objets géocroiseurs y ont été présentés, et s'ils sont soumis et acceptés, ils seront publiés dans les prochains numéros de *Advances in Space Research*. Le Comité continuera de traiter la question des objets géocroiseurs dans les programmes scientifiques futurs.

Fédération internationale d'astronautique (FIA)

[Original: anglais]

1. La Fédération internationale d'astronautique (FIA) a récemment mis en place un Comité technique pour les objets géocroiseurs dont les principaux objectifs sont les suivants:

a) Encourager, suivre et évaluer les progrès de notre compréhension de la population d'objets géocroiseurs et des risques d'impact qui leur sont associés et dans l'application innovante de la technologie spatiale pour la reconnaissance et l'atténuation des objets géocroiseurs;

b) Échanger des informations sur les activités actuelles et futures en vue de comprendre l'environnement des objets géocroiseurs et d'utiliser les techniques spatiales pour les surveiller et les atténuer; et

c) Fournir un point de contact, en particulier pour les organismes nationaux et internationaux ainsi que pour les médias, pour donner des informations et des avis faisant autorité sur les risques d'impact des objets géocroiseurs et les possibilités d'atténuation.

2. Grâce aux moyens électroniques, aux réunions et aux ateliers sur des sujets ayant trait aux risques d'impacts aux initiatives d'atténuation, le Comité vise à devenir un forum pour la discussion et la publication des idées et des résultats. Selon les besoins, il assure la liaison et coordonne ses activités avec celles d'autres comités administratifs et techniques compétents de la FIA ainsi qu'avec l'Académie internationale d'astronautique, le Comité de la recherche spatiale, l'Institut international de droit spatial et d'autres organisations intéressées.

³ Un résumé de la conférence est disponible à l'adresse www.unoosa.org/oosa/en/natact/neo/2008.html.

3. Les membres du Comité technique de la FIA se rendront disponibles pour consulter ou informer le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, si des questions ou le besoin d'informations générales supplémentaires dans ce domaine se posent.

Union astronomique internationale

[Original: anglais]

1. Centre des planètes mineures

1. Le Centre des planètes mineures est géré par l'Observatoire d'astrophysique Smithsonian de Cambridge (États-Unis d'Amérique) sous les auspices de l'Union astronomique internationale (UAI). Le Centre est chargé de recueillir, valider et diffuser tous les relevés de position, effectués dans le monde entier, de planètes mineures, de comètes et de satellites naturels irréguliers se trouvant dans l'espace extra-atmosphérique. Bien qu'il traite les données de toutes les classes d'objets, il se concentre sur la collecte et la publication rapide des observations et des informations sur les orbites des objets géocroiseurs.

2. Les données d'observateurs du monde entier sont envoyées au Centre par courrier électronique ou par protocole de transfert de fichiers (FTP). Au moyen d'un ensemble de programmes et de mécanismes de vérification, le Centre identifie automatiquement chaque objet soit comme connu, soit comme non confirmé et demandant des observations plus poussées. Un logiciel calcule la probabilité que chaque nouvel objet soit un nouvel objet géocroiseur inconnu. Si la probabilité est supérieure à 50 %, l'objet est affiché sur une page Web, appelée "page de confirmation des objets géocroiseurs", ce qui permet aux utilisateurs du monde entier de calculer la position prévisible de l'objet afin d'obtenir des relevés de position additionnels et affiner le calcul de l'orbite. Lorsque ces relevés sont obtenus, de nouvelles observations sont envoyées au Centre par courrier électronique, ce qui permet à ce dernier d'affiner ses calculs orbitaux. Ces données sont accessibles au public à tout moment, de sorte que quiconque, dans le monde entier, peut déterminer le statut d'un nouvel objet géocroiseur potentiel.

3. Une fois l'orbite du nouvel objet géocroiseur suffisamment déterminée pour permettre des prévisions raisonnables dans l'avenir, le Centre publie une annonce sous la forme de circulaires électroniques sur les planètes mineures, affichées sur le Web et envoyées plusieurs fois par jour par courriel aux abonnés. Ces circulaires sont le moyen d'informer officiellement le public sur les objets géocroiseurs, notamment en utilisant la désignation provisoire des objets, de manière que l'on puisse s'y référer de manière appropriée.

4. Une fois les objets géocroiseurs affichés sur la page de confirmation, on vérifie leurs orbites pour calculer les impacts éventuels avec la Terre dans les 10 jours qui suivent. Bien que cela soit extrêmement rare, récemment, un petit objet, 2008 TC3, a été découvert la veille de sa collision avec la Terre. Le logiciel du Centre a accepté le courriel entrant, affiché l'objet sur la page de confirmation, confirmé les observations de suivi additionnelles, prévu l'impact et alerté le personnel. Le système, dans ce cas, a fonctionné presque parfaitement et l'objet a

été signalé au public comme impacteur plusieurs heures avant de se consumer sans dommages dans l'atmosphère.

5. Les prévisions d'impact à plus long terme sont effectuées par le Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA ou par l'équipe de l'Université de Pise. Ces calculs commencent après la diffusion des circulaires électroniques sur les planètes mineures où l'on trouve les observations relatives à la découverte d'objets géocroiseurs.

6. Le Centre diffuse toutes les observations sur les objets géocroiseurs recueillies la veille dans une circulaire publiée vers 2 heures du matin (Heure normale ou Heure avancée de l'Est). Ainsi, les observateurs des objets géocroiseurs et de leur orbite disposent quotidiennement de toutes les informations actuelles sur ces objets.

7. Outre la collecte et la diffusion des observations et des orbites, le personnel du Centre facilite la coopération entre les observateurs du monde entier assurant un suivi en gérant la page de confirmation sur les objets géocroiseurs et d'autres pages de suivi, et en échangeant fréquemment des courriers électroniques avec les observateurs. Le personnel du Centre siège dans divers comités et commissions du Congrès des États-Unis, de la NASA et de l'Union astronomique internationale, lorsque c'est nécessaire, pour aider à faire avancer les connaissances sur les objets géocroiseurs.

8. Le 6 octobre 2008, à 6 h 39 GMT, Richard Kowalski a découvert un objet géocroiseur à l'aide du télescope de 1,5 mètre d'ouverture du Mont Lemmon près de Tucson (Arizona). Lorsque ces premières observations ont été communiquées au Centre des planètes mineures, le calcul préliminaire de l'orbite de cet objet a immédiatement indiqué qu'il allait entrer en collision dans les 21 heures suivantes. Le Centre a rapidement fait connaître la découverte et les observations de suivi. Il a également informé le siège de la NASA de cet impact imminent pour que le Gouvernement des États-Unis déclenche les alertes interinstitutions et les notifications intergouvernementales. Au moment où cet objet (aujourd'hui désigné 2008 TC3) est entré dans l'ombre de la Terre, 19 heures après sa découverte, quelque 570 observations astrométriques relatives à sa position avaient été communiquées par 26 observatoires internationaux, professionnels et amateurs. Les centres de calcul des paramètres orbitaux du Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA et de Pise ont constamment amélioré le calcul de l'orbite de l'objet 2008 TC3 à mesure que des données parvenaient du Centre des planètes mineures et ils ont procédé à des vérifications croisées de leurs résultats. Dans l'heure qui a suivi la réception des premières données, le JPL avait prévu que l'objet atteindrait l'atmosphère terrestre à 50 km d'altitude au-dessus du nord du Soudan le 7 octobre à 02 h 46 GMT. Les mises à jour de la prévision de l'impact ont été transmises au siège de la NASA. L'orbite finale, calculée avant l'impact, a permis de préciser l'heure de l'impact à 2 h 45 mn 44 s TU. L'heure et le lieu de l'impact prévu concordaient parfaitement avec plusieurs observations d'entrée dans l'atmosphère, y compris celles d'un satellite des États-Unis non identifié, de signaux infrasons de deux stations au sol, d'images du satellite météorologique Meteosat 8 et de l'observation d'un pilote de ligne de la compagnie aérienne KLM en vol au-dessus du Tchad. D'après la brillance de l'objet observée et une réflectivité typique supposée, sa taille a été évaluée entre 2 et 5 mètres de diamètre. Les détections de l'impact ont suggéré une explosion à une altitude de 37 km, d'un équivalent énergétique d'une kilotonne de TNT environ.

9. Cette prévision remarquable d'un impact réel a mis en évidence le succès du processus actuel de découverte d'objets géocroiseurs et de prévision de leur orbite. La découverte a eu lieu, des observations ont été fournies par 26 observatoires internationaux, les calculs de l'orbite et de l'impact ont été calculés, vérifiés et annoncés bien avant l'impact, qui s'est produit 20 heures et 30 minutes seulement après la découverte elle-même. Bien qu'il soit encore nécessaire d'améliorer le processus de prévision des impacts, le système a bien fonctionné pour cette première prévision de l'impact d'un objet géocroiseur.

2. Programme d'observation des objets géocroiseurs de la NASA

10. La grande majorité des découvertes d'objets géocroiseurs ont été faites lors d'observations par télescope à large champ financées par la NASA. La sélection des propositions concurrentielles examinées par des pairs sert de point de départ au financement des recherches par la NASA sur les objets géocroiseurs, les programmes d'observation de suivi de ces objets et les efforts visant à déterminer leurs caractéristiques physiques. Actuellement, les équipes d'observation des objets géocroiseurs, appuyées par la NASA, comprennent le Catalina Sky Survey, le programme Lincoln Near-Earth Asteroid Research (LINEAR) du Lincoln Laboratory du Massachusetts Institute of Technology, le programme Spacewatch du laboratoire lunaire et planétaire de l'Université d'Arizona et le programme Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System géré par l'Université d'Hawaii.

11. Ces quatre programmes sont brièvement présentés ci-après:

a) Le programme Catalina Sky Survey utilise actuellement deux télescopes près de Tucson (Arizona): un télescope de 0,74 mètre d'ouverture situé sur le Mont Bigelow et un télescope de 1,5 mètre d'ouverture sur le Mont Lemmon proche. Ce programme exploite également un télescope de 0,5 mètre d'ouverture à l'observatoire de Siding Spring (Australie). Il s'agit actuellement du programme d'observation le plus productif pour la découverte d'objets géocroiseurs⁴;

b) Le programme Lincoln Near-Earth Asteroid Research (LINEAR) est exécuté près de Socorro (Nouveau Mexique). Les observations sont faites à l'aide de deux télescopes copositionnés, d'un mètre d'ouverture et disposant d'imageurs à dispositif à transfert de charge à lecture rapide. Il y a encore quelques années, le programme LINEAR était à l'origine de la grande majorité des découvertes d'objets géocroiseurs et n'est dépassé aujourd'hui que par le programme Catalina Sky Survey⁵;

c) Le système Spacewatch utilise un télescope de 0,9 mètre d'ouverture pour découvrir des objets géocroiseurs ainsi qu'un télescope de 1,8 mètre d'ouverture, essentiellement pour "suivre" les découvertes réalisées par le premier télescope ou par d'autres observatoires. Les deux télescopes se trouvent à l'observatoire Steward, près de Tucson (Arizona). Le système Spacewatch a l'un des

⁴ Le site Web du Catalina Sky Survey est à l'adresse www.lpl.arizona.edu/css.

⁵ Des informations sur le programme LINEAR sont disponibles à l'adresse www.ll.mit.edu/mission/space/linear/.

meilleurs programmes pour de telles observations de suivi, fonction très importante cruciale pour déterminer les orbites des objets géocroiseurs⁶;

d) Le système Pan-STARRS de l'Université d'Hawaii met actuellement en place un télescope de 1,8 mètre d'ouverture sur le Mont Haléakala, sur l'île de Maui. Ce télescope à très grand champ est le premier télescope de recherche spécifiquement conçu pour couvrir un grand champ (7 degrés carrés) de tout le ciel nocturne accessible chaque mois, et devrait, lorsqu'il entrera en service fin 2008, devenir le premier instrument de découverte d'objets géocroiseurs. Il est également prévu de construire quatre télescopes, copositionnés de 1,8 mètre d'ouverture (fonctionnant à l'unisson) sur la Grande Île d'Hawaii, au sommet du Mauna Kea⁷.

12. Outre son appui aux installations d'observation susmentionnées, la NASA offre également un soutien à plusieurs observatoires qui assurent des observations de suivi pour les découvertes récentes. Les observations de suivi sont nécessaires pour déterminer de manière suffisamment précise l'orbite des objets nouvellement découverts pour qu'ils ne soient pas perdus. Ces observatoires essentiels de suivi, outre ceux du Catalina Sky Survey et de Spacewatch, comprennent aux États-Unis l'Observatoire Magdalena Ridge et l'Institut de recherche astronomique. Nombre de ces observations de suivi sont effectuées par la communauté internationale des astronomes professionnels et amateurs. Ces derniers n'ont d'ailleurs d'amateurs que le nom, car la plupart mène des activités de haut niveau technique, dispose d'un matériel impressionnant et réalise des travaux de professionnels. Des programmes d'observation visant à étudier les caractéristiques physiques des objets géocroiseurs sont également financés par la NASA.

3. La prochaine génération de programmes de recherche d'objets géocroiseurs

13. Toutes les installations actuelles de recherche d'objets géocroiseurs par télescope appuyées par la NASA utilisent des télescopes qui, initialement, n'étaient pas conçus pour cela. La prochaine génération d'installations fera appel à des télescopes d'observation à très large champ, capables de détecter des objets beaucoup moins brillants à une exposition donnée. Le système Pan-STARRS et le Panoramic Survey Telescope mentionnés ci-dessus sont des exemples de la nouvelle génération d'instruments.

14. Financé en partie par le Département de la défense des États-Unis, le télescope Pan-STARRS 1 actuellement exploité est un télescope de 1,8 mètre d'ouverture (PS1) en service à Haleakala, sur l'île de Maui (Hawaii). L'objectif est de réaliser des images CCD de parties du ciel (de 7 degrés carrés) deux fois chaque soir et de couvrir le ciel entièrement accessible trois fois par mois lunaire (28 jours) en utilisant la caméra CCD très grand format de 1,4 giga-pixels récemment mise au point. Ainsi, un objet géocroiseur en mouvement sera observé deux fois le soir de la découverte et deux fois de plus pendant deux autres nuits au cours de chaque période de 28 jours. Lorsque le télescope Pan-STARRS 4 (PS4) entrera en service avec ses quatre télescopes de 1,8 mètre d'ouverture, le système pourra donner des images des champs célestes avec une sensibilité deux fois supérieure (pénétration

⁶ Des informations sur le projet Spacewatch sont disponibles à l'adresse <http://spacewatch.lpl.arizona.edu/>.

⁷ Des informations sur le système Pan-STARRS sont disponible à l'adresse (<http://pan-starrs.ifa.hawaii.edu/public/>).

0,75 magnitude de plus) à celle du système Pan-STARRS 1 à un seul télescope, qui fera des observations jusqu'à une magnitude visuelle de 23. Le système Pan-STARRS 1 est maintenant construit et devrait être pleinement opérationnel fin 2008.

15. Le télescope Large Synoptic Survey Telescope doit être financé par la Fondation nationale pour la science des États-Unis, le Ministère de l'énergie, des donateurs privés et plusieurs autres donateurs de milieux universitaires et institutionnels. L'ouverture prévue du télescope est de 8,4 mètres de diamètre, avec un champ de vision de 9,6 degrés carrés. Il sera situé à Cerro Pachón, au nord du Chili, et si les fonds supplémentaires nécessaires sont obtenus, il devrait être mis en service en 2016. Son objectif est d'observer le ciel entièrement accessible toutes les trois nuits jusqu'à des magnitudes inférieures à la magnitude apparente de 24⁸.

16. Aucun des programmes Pan-STARRS 1, Pan-STARRS 4 et LSST ne sera entièrement consacré à l'étude des objets géocroiseurs, mais tous trois incluent la découverte des objets géocroiseurs comme objectif scientifique essentiel. On utilise souvent le produit du champ de vision d'un télescope de recherche par l'ouverture du télescope pour mesurer l'efficacité avec laquelle une étude peut découvrir un objet géocroiseur. Ce produit, désigné "étendue du système" est d'environ 2 pour le système de découverte le plus performant actuellement en service (Catalina Sky Survey). L'étendue des télescopes PS1, PS4 et LSST sera d'environ 12, 51 et 319, respectivement.

4. Échange d'informations entre le Centre des planètes mineures et les centres de calcul des trajectoires du JPL et de Pise

17. Bien que l'objet principal du présent rapport porte sur le NEO Program Office du JPL, on trouvera ci-après une brève présentation des activités et des échanges du Centre des planètes mineures des États-Unis et des centres de calcul des trajectoires des objets géocroiseurs situés au Jet Propulsion Laboratory et à Pise (Italie). Le Centre des planètes mineures est le centre international d'échange de données astrométriques des objets géocroiseurs et des autres corps du système solaire. Reconnu par l'Union astronomique internationale (UAI), il collecte ces données, les désigne et les vérifie, fournit les désignations des objets et attribue le mérite des découvertes, et met les données à la disposition du public, y compris aux centres de calcul des trajectoires au Jet Propulsion Laboratory et à Pise. Le Centre des planètes mineures est chargé de nombreuses autres tâches, notamment établir les orbites préliminaires des objets géocroiseurs, notifier en ligne aux observateurs de suivi les nouvelles découvertes possibles d'objets géocroiseurs et de produire des données éphémérides qui permettent des observations de suivi.

18. Pour les objets géocroiseurs en particulier, le Centre des planètes mineures communique rapidement des données astrométriques et des calculs d'orbite préliminaire au Jet Propulsion Laboratory et à Pise. Au Jet Propulsion Laboratory, lorsque les données sont reçues, un processus automatique de détermination de l'orbite et de la future trajectoire entre en jeu et les informations sur les futures approches d'objets géocroiseurs sont diffusées immédiatement sur le site Web consacré aux objets géocroiseurs. Si le système de logiciel automatique note qu'une

⁸ Le site web du Large Synoptic Survey Telescope se trouve à l'adresse http://www.lsst.org/lsst_home.shtml.

approche particulièrement étroite est possible, l'objet entre dans le système automatique Sentry, qui calcule les probabilités d'impact potentiel avec la Terre et les informations associées comme le moment de l'impact, la vitesse relative, l'énergie d'impact, les valeurs d'échelle de l'impact, etc. Les alertes du système Sentry sont automatiquement publiées sur le site Web du NEO Program Office⁹. Pour les objets ayant une probabilité d'impact relativement élevée, une énergie d'impact élevée et/ou de brefs délais avant l'impact, le système Sentry informe le personnel du Program Office, qui procède à une vérification manuelle avant de publier les résultats sur le site. Dans ces cas, on contrôle dans un premier temps la précision de ces résultats, qui sont ensuite envoyés à Pise pour vérification. À Pise, un processus similaire a lieu et si le système Sentry et le système Near-Earth Objects Dynamic Site de Pise donnent des résultats équivalents, les informations pertinentes sont publiées presque simultanément sur les sites Web du Jet Propulsion Laboratory et de Pise. Comme les deux systèmes sont totalement indépendants, cette vérification croisée constitue un processus de vérification précieux avant la publication d'informations sur les objets suscitant un grand intérêt pour lesquels une collision avec la Terre ne peut pas encore être écartée.

5. Near-Earth Object Program Office de la NASA

19. En juillet 1998, la NASA a créé au Jet Propulsion Laboratory un NEO Program Office chargé de coordonner et suivre la découverte d'objets géocroiseurs et leurs mouvements futurs, pour calculer les approches d'objets et, s'il y a lieu, leur probabilité d'impact avec la Terre. En mars 1999, l'Office a lancé un site Web d'information sur les objets géocroiseurs¹⁰

20. L'Office reçoit des données astrométriques ainsi que les orbites préliminaires calculées par le Centre des planètes mineures, puis améliore constamment le calcul de ces orbites, ainsi que les prévisions d'approche étroite de la Terre, à mesure que sont reçues des données supplémentaires. Lorsqu'une nouvelle orbite correspond aux données observationnelles (astrométriques) disponibles, la trajectoire de l'objet est intégrée numériquement vers l'aval dans le temps pour indiquer toute approche étroite de la Terre au cours des 100 années à venir. Les calculs d'orbite du Jet Propulsion Laboratory sont effectués à l'aide de modèles informatiques de pointe qui tiennent compte des perturbations gravitationnelles des planètes, de la Lune, des grands astéroïdes, ainsi que des effets relativistes, de la réflexion thermique et/ou des effets (non gravitationnels) du dégazage. Ces mises à jour du calcul de l'orbite et des informations sur l'approche étroite de la Terre sont calculées automatiquement et publiées immédiatement sur le site Web du NEO Program Office. Les données relatives aux objets pour lesquels un impact avec la Terre ne peut encore être écarté sont automatiquement soumises au système Sentry pour une analyse plus poussée des risques.

21. Dans le système Sentry, les orbites futures possibles d'un objet sont examinées et les probabilités d'impact avec la Terre sont calculées pour des dates futures déterminées. Les résultats sont immédiatement publiés sur le site Web du Jet

⁹ Les alertes Sentry se trouvent sur le site Web du NEO Program Office, à l'adresse <http://neo.jpl.nasa.gov>.

¹⁰ Le site Web sur les objets géocroiseurs du NEO Program Office du Jet Propulsion Laboratory se trouve à l'adresse <http://neo.jpl.nasa.gov>.

Propulsion Laboratory consacré aux objets géocroiseurs. La seule exception à cette séquence d'évènements se produit lorsque des objets relativement grands ayant une probabilité d'impact relativement élevée et/ou de brefs délais avant l'impact avec la Terre sont découverts par le système Sentry. Dans ce cas de figure, un courrier électronique est envoyé au personnel du NEO Program Office pour demander une vérification des informations avant publication sur le site Web. Ce processus de vérification manuelle passe par une correspondance électronique avec le personnel de Pisa pour comparer les résultats qui une fois vérifiés, sont communiqués au siège de la NASA. Une autre vérification des informations est également faite au Jet Propulsion Laboratory par un processus de Monte Carlo indépendant, qui détermine des milliers d'orbites variant légèrement qui pourraient correspondre aux observations disponibles et intègre numériquement en aval chaque orbite au moment de son impact possible avec la Terre. L'étendue de cette famille de trajectoires au moment de l'impact possible avec la Terre donne une probabilité d'impact avec la Terre rigoureuse. Du fait que le processus de Monte Carlo demande d'importantes ressources informatiques, il n'est utilisé que pour vérifier les résultats du système Sentry beaucoup plus rapide.

22. Outre les informations actualisées sur les orbites, les futures approches étroites de la Terre, les probabilités et circonstances d'un impact avec la Terre (données par le système Sentry), le site Web du Jet Propulsion Laboratory consacré aux objets géocroiseurs fournit les informations suivantes:

- a) Descriptions des programmes de recherche des objets géocroiseurs et liens vers leurs sites Web respectifs;
- b) Graphiques et statistiques montrant l'historique des découvertes d'objets géocroiseurs, qui met en évidence l'augmentation spectaculaire du taux de découverte depuis 1998;
- c) Descriptions des missions spatiales ayant pour cible les objets géocroiseurs et liens vers chaque programme;
- d) Foire aux questions sur les objets géocroiseurs;
- e) Diagrammes orbitaux interactifs de toutes les comètes et de tous les astéroïdes;
- f) Éléments orbitaux et magnitudes absolues (évaluations de la brillance);
- g) Rapports récents de la NASA relatifs aux objets géocroiseurs¹¹;
- h) Rapports sur les récentes études réalisées par l'équipe du NEO Program Office, notamment sur l'utilité des remorqueurs gravitationnels pour dévier un objet géocroiseur menaçant la Terre;
- i) Articles récents publiés sur le site Web consacré aux objets géocroiseurs¹²;

¹¹ Les rapports récents de la NASA relatifs aux objets géocroiseurs se trouvent à l'adresse <http://neo.jpl.nasa.gov/links/>.

¹² Les articles récents affichés sur le site web consacré aux objets géocroiseurs se trouvent à l'adresse <http://neo.jpl.nasa.gov/news/>.

j) Éphémérides utilisées par les astronomes pour déterminer la position céleste, la vitesse, la distance par rapport au Soleil et à la Terre, la brillance apparente, et plus de 100 autres catégories de renseignements sur tout objet particulier. Ce système en ligne Horizons du Jet Propulsion Laboratory, qui a été primé, est également utilisé par la communauté scientifique internationale pour produire des données éphémérides précises pour les 450 000 objets actuellement connus du système solaire. Ces objets comprennent le Soleil, les planètes, leurs satellites, les astéroïdes, les comètes et de nombreux engins spatiaux. Ce système est largement utilisé par les observateurs, les chercheurs et les organisateurs de missions pour planifier les observations et suivre les cibles des télescopes spatiaux et au sol, ainsi que les engins spatiaux. Depuis sa création en octobre 1996, le système Horizons a répondu à plus de 10 millions de demandes (plus de 2 200 en moyenne par jour) reçues de 300 000 lieux différents.

k) Un rapport complet sur le déplacement futur de l'objet géocroiseur Apophis, qui passera à une distance inférieure à cinq rayons terrestres de la surface de la Terre (distance inférieure à celle des satellites de télécommunication) le 13 avril 2029 et qui a actuellement 1 chance sur 45 000 d'entrer en collision avec la Terre sept ans plus tard, le 13 avril 2036¹³.

23. Certains des succès les plus récents du NEO Program Office comprennent:

a) La prévision rapide et correcte de l'entrée au-dessus du nord du Soudan du petit astéroïde 2008 TC3 (quelques mètres) entré en collision avec la Terre le 7 octobre 2008 à 2 h 46 TU;

b) La prévision correcte de l'approche étroite de la Terre de l'objet géocroiseur 2007 TU24, objet d'environ 330 mètres de diamètre, à moins de 1,4 distance lunaire (554 200 km) le 29 janvier 2008;

c) La prévision correcte de l'approche de Mars de l'astéroïde géocroiseur 2007 WD5, objet d'environ 50 mètres de diamètre, à moins de 26 000 km, le 30 janvier 2008;

d) Établissement par le personnel du NEO Program Office d'excellents contacts avec la nouvelle génération d'équipes d'observation des objets géocroiseurs de Pan-STARRS et du Large Synoptic Survey Telescope.

24. Le développement du logiciel automatique déjà en place au NEO Programme Office a tenu compte de la prochaine génération de recherche, où l'on s'attend à une augmentation du taux de découverte de plus d'un ordre de grandeur. La charge supplémentaire sera alors traitée à l'aide d'ordinateurs supplémentaires fonctionnant en parallèle et aucune modification importante du logiciel ne devrait être nécessaire. La prochaine génération de recherche découvrira probablement 40 fois plus d'alertes d'impacts avec la Terre qu'actuellement (principalement des cas dans lesquels une orbite initiale imprécise n'exclut pas encore un impact avec la Terre). Si certains processus et interfaces devront être affinés, le NEO Program Office au Jet Propulsion Laboratory est bien placé pour faire face à l'augmentation des activités.

¹³ Le rapport sur l'astéroïde Apophis est disponible à l'adresse <http://neo.jpl.nasa.gov/apophis/>.

Conseil consultatif de la génération spatiale

Original: anglais

1. Introduction

1. Ces dernières années, les objets géocroiseurs ont beaucoup retenu l'attention. Avec la menace potentielle qu'ils représentent pour la Terre, le problème est manifestement mondial, et comme la moitié de la population de la planète a moins de 25 ans, il concerne aussi les jeunes. Le Conseil consultatif de la génération spatiale a créé un groupe de travail de projet sur les objets géocroiseurs pour s'attaquer à ces questions. En collaboration avec l'Association des explorateurs de l'espace et d'autres entités s'occupant des objets géocroiseurs, le Conseil s'est efforcé de trouver des activités qui feraient participer les jeunes et leur permettraient de faire part de leurs idées.

2. Le projet a trois thèmes principaux:

a) *Cadre juridique*. L'Association des explorateurs de l'espace travaille à un projet de cadre juridique qui devra être examiné par le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique. En tant qu'observateur au sein du Comité, le Conseil consultatif de la génération spatiale soutient les efforts de l'Association des explorateurs de l'espace dans ce domaine;

b) *Concepts de déviation des astéroïdes*. Après une recherche approfondie sur les propositions existantes de technologies d'atténuation des objets géocroiseurs, le Conseil consultatif de la génération spatiale a invité ses membres à proposer des idées novatrices pour appuyer les efforts mondiaux dans ce domaine;

c) *Activités de sensibilisation*. Plusieurs méthodes de sensibilisation ont été analysées pour décider la question de savoir si les informations concernant la menace que représentent les objets géocroiseurs pouvaient et devaient être diffusées dans le grand public et dans certains groupes du public, comme les jeunes, et dans ce cas, quels moyens de diffusion il serait indiqué d'adopter.

3. Le Conseil consultatif de la génération spatiale est une organisation non gouvernementale dont le but est de représenter les étudiants et les jeunes professionnels de l'espace par le dialogue avec l'Organisation des Nations Unies, des États et les agences spatiales. Il est doté du statut d'observateur permanent auprès du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique.

4. Une équipe d'étudiants et de jeunes professionnels du Conseil consultatif de la génération spatiale a discuté des risques réels pour l'humanité d'une éventuelle collision et a examiné les méthodes de prévention et de déviation.

5. Le Conseil consultatif de la génération spatiale traite de nombreux aspects des objets géocroiseurs, comme les questions relatives au cadre juridique, les concepts de déviation technique et les activités de sensibilisation, présentés en détail ci-dessous.

2. Cadre juridique

6. Le Comité des objets géocroiseurs de l'Association des explorateurs de l'espace a été créé pour observer les travaux sur les objets géocroiseurs et en

informer les principales organisations spatiales du monde entier. Le Comité a préparé une lettre sur les impacts potentiels d'objets géocroiseurs et sur les précautions à prendre. Cette lettre indique que si les catastrophes naturelles peuvent entraîner la mort et créer la panique au niveau régional ou local, l'impact d'un objet géocroiseur pourrait provoquer une catastrophe à l'échelle planétaire mondiale, étant donné en particulier l'état d'impréparation du monde. Elle souligne que, bien que les impacts d'objets géocroiseurs soient rares, ils pourraient avoir des conséquences, allant de dégâts mondiaux à l'extinction totale. La technologie spatiale de pointe aujourd'hui disponible pourrait permettre à l'humanité de se préparer, de se protéger et de survivre. La lettre suggère d'élaborer des lois et des politiques opérationnelles pour permettre de prendre des décisions en cas de crise ou d'envisager de dévier un objet géocroiseur par l'énergie spatiale et des dispositifs de propulsion.

7. L'Association des explorateurs de l'espace a participé à des conférences et à des ateliers pour sensibiliser à l'importance de la prise de décisions concernant la déviation des objets géocroiseurs. Le Conseil consultatif de la génération spatiale l'appuie dans ses efforts visant à créer un cadre juridique international pour faire face aux menaces que représentent les objets géocroiseurs.

8. En tant que membre de l'Équipe sur les objets géocroiseurs du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, le Conseil consultatif de la génération spatiale participe aux discussions en cours sur ce sujet et apporte son soutien et coopère avec les autres membres de l'Équipe pour trouver des solutions.

3. Concepts de déviation des astéroïdes

9. De très nombreux concepts sont lancés actuellement pour la déviation des astéroïdes; ils tiennent compte des progrès technologiques modernes et futurs et sont étayés par de solides calculs scientifiques et des justifications quant à leur faisabilité. Ils comprennent notamment l'ablation par rayons laser et solaires, des explosions nucléaires et même l'utilisation d'engins spatiaux de grande masse servant de "remorqueurs" gravitationnels écartant l'objet de sa trajectoire pour éviter une collision avec la Terre. Il faut aborder les aspects juridiques et politiques de ces stratégies, tels que le financement, la participation des pays et l'utilisation d'ogives nucléaires ou militaires.

10. Les membres du Conseil consultatif de la génération spatiale ont examiné un certain nombre de concepts qui pourraient aider à l'atténuation des astéroïdes, y compris des aimants très puissants pour les objets métalliques, et le transfert de chaleur pour faire fondre les corps glacés, afin de modifier la quantité de mouvement et par conséquent l'orbite.

4. Activités de sensibilisation

11. Il faut faire preuve de prudence dans les activités de sensibilisation au thème des objets géocroiseurs, car s'il est nécessaire d'informer le public, la tendance des médias à généraliser, à simplifier à l'extrême et à dramatiser risque d'entraîner une réaction excessive du public et aboutirait à l'inverse de l'effet souhaité.

12. Conscient de ces difficultés, le Conseil consultatif de la génération spatiale a décidé de limiter ses activités de sensibilisation aux étudiants et jeunes professionnels déjà impliqués dans le domaine de l'espace. Le groupe consacré aux

objets géocroiseurs du Conseil entend utiliser l'expérience acquise dans son travail avec les jeunes pour donner à la génération des idées en vue d'étendre les activités de sensibilisation au grand public.

13. Le Conseil consultatif de la génération spatiale a organisé un concours intitulé "Dévier un astéroïde 2008 dont l'objet était d'encourager les jeunes à trouver des idées originales et innovantes pour dévier un astéroïde ou une comète risquant d'entrer en collision avec la Terre. Deux contributions techniques de grande qualité ont été sélectionnées par un jury et leurs auteurs ont gagné un voyage à Glasgow où ils les présenteront au Congrès de la génération spatiale et au 59^e Congrès international d'astronautique. Le Conseil consultatif de la génération spatiale a annoncé les résultats du concours lors du 100^e anniversaire du dernier impact majeur d'un astéroïde ou d'une comète avec la Terre, connu sous le nom d'explosion de Toungouska¹⁴.

14. Une enquête auprès des membres du Conseil consultatif de la génération spatiale pour connaître leur avis sur les efforts de l'Association des explorateurs de l'espace visant à soumettre un projet de protocole au Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique concernant un cadre juridique pour l'atténuation de la menace des objets géocroiseurs a également suscité l'intérêt. Le Conseil consultatif de la génération spatiale a présenté les résultats de cette enquête au Sous-Comité scientifique et technique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique à sa quarante-cinquième session, en 2008, et prépare actuellement une enquête de suivi auprès des membres¹⁵.

15. Une conséquence directe de cette présentation est la participation du Conseil consultatif de la génération spatiale au comité d'organisation de la première Conférence de l'Académie internationale d'astronautique sur la défense planétaire qui se tiendra en avril 2009 à Grenade (Espagne) pour soutenir la participation d'étudiants à la conférence.

16. Le groupe consacré aux objets géocroiseurs du Conseil consultatif de la génération spatiale est ouvert à tous les étudiants et jeunes professionnels intéressés. L'enthousiasme et la contribution des jeunes pourraient grandement aider à protéger la planète contre la menace que représentent les objets géocroiseurs¹⁶.

¹⁴ Des informations sur le concours "Move an asteroid 2008" sont disponibles à l'adresse www.spacegeneration.org/asteroid.

¹⁵ Les résultats de la première enquête, intitulée "NEOs: a youth perspective" sont disponibles à l'adresse www.unoosa.org/pdf/pres/stsc2008/tech-21.pdf.

¹⁶ Des informations sur le Conseil consultatif de la génération spatiale sont disponibles à l'adresse <http://www.spacegeneration.org/neo>.