



# Assemblée générale

Distr. limitée  
24 décembre 2021  
Français  
Original : anglais

**Comité des utilisations pacifiques  
de l'espace extra-atmosphérique**  
Sous-Comité scientifique et technique  
**Cinquante-neuvième session**  
Vienne, 7-18 février 2022

## Protection du ciel sombre et silencieux

### **Document de travail établi par le Chili, l'Espagne, la Slovaquie, l'Union astronomique internationale, l'Observatoire européen austral et le Square Kilometre Array Observatory**

#### **I. Introduction**

1. Au cours des 60 dernières années, l'astronomie a connu un élan spectaculaire grâce à l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique. Des dizaines de satellites scientifiques ont ouvert l'accès à toute la gamme des signaux électromagnétiques cosmiques, des micro-ondes aux rayons gamma les plus énergétiques. Les nouvelles données ont permis aux scientifiques non seulement d'élaborer un modèle complet de l'ensemble de l'univers et de son histoire, mais aussi de décrire de nouveaux phénomènes à haute énergie qui sont largement hors de portée de toute installation expérimentale terrestre actuelle ou future. L'espace extra-atmosphérique s'est révélé un laboratoire incomparable pour faire progresser la physique fondamentale.

2. Toutefois, l'astronomie spatiale à elle seule n'aurait pu accomplir de telles prouesses sans la contribution essentielle des grandes installations astronomiques terrestres. Seule l'association de données spatiales et terrestres permet de faire véritablement avancer notre connaissance de la réalité physique. De même, l'exploration des corps du système solaire, des astéroïdes aux planètes, repose de manière cruciale sur des observations détaillées provenant d'installations astronomiques à la fois terrestres et spatiales. Par conséquent, il est dans l'intérêt de toute la communauté scientifique internationale de protéger les infrastructures mondiales d'observation astronomique contre les interférences artificielles néfastes qui sont à l'origine de perturbations et de dommages importants.

3. Les interférences artificielles qui nuisent aux observations astronomiques se classent dans trois catégories : a) l'éclairage urbain ou la lumière artificielle nocturne ; b) les traînées optiques/infrarouges des satellites en orbite terrestre basse ; et c) les transmissions radioélectriques des émetteurs terrestres et spatiaux, en particulier celles provenant des satellites en orbite terrestre basse.



4. Parmi ces interférences, les plus récentes sont celles dues au déploiement de nombreux satellites de communication en orbite terrestre basse, qui constitue une prouesse technologique innovante. L'objectif est principalement d'établir des réseaux de communication à faible latence Terre vers espace et espace vers Terre pour toutes les zones habitées de la planète. Cette évolution est très prometteuse en matière de connectivité et pourrait être une composante importante du système mondial à large bande.

5. Les grandes constellations de satellites posent un nouveau défi à l'astronomie en raison de leur nombre, de leur luminosité dans le ciel (due aux réflexions optiques ou aux émissions thermiques), de leur omniprésence dans le ciel (comparativement aux satellites en orbite géostationnaire, qui sont circonscrits à une « ceinture » unique) et de leur proximité de la Terre (qui est un facteur de faible latence).

6. Toutes les catégories d'interférences susmentionnées ont été les principaux sujets de l'atelier et de la conférence sur le ciel sombre et silencieux au profit de la science et de la société organisés par le Bureau des affaires spatiales, le Gouvernement espagnol et l'Union astronomique internationale (UAI). Le rapport de l'atelier, qui s'est tenu en ligne du 5 au 9 octobre 2020, est disponible à l'adresse [www.iau.org/static/publications/dqskies-book-29-12-20.pdf](http://www.iau.org/static/publications/dqskies-book-29-12-20.pdf).

7. Un résumé des conclusions de l'atelier a été porté à l'attention du Sous-Comité scientifique et technique à sa cinquante-huitième session, dans un document de séance qui comportait des recommandations visant à préserver un ciel sombre et silencieux au profit de la science et de la société (A/AC.105/C.1/2021/CRP.17), présenté par les délégations du Chili, de l'Espagne, de l'Éthiopie, de la Jordanie et de la Slovaquie, et par l'UAI. Un document de séance connexe contenant une proposition de thème/point de discussion distinct à examiner à la cinquante-neuvième session du Sous-Comité scientifique et technique en 2022, intitulé « General exchange of views regarding satellite system effects upon terrestrial-based astronomy » (Débat général concernant les conséquences des systèmes satellitaires sur l'astronomie terrestre) (A/AC.105/C.1/2021/CRP.24) a été présenté par les délégations du Canada, des États-Unis d'Amérique et du Japon. Le Sous-Comité, dans le rapport sur les travaux de sa cinquante-huitième session, a encouragé le Bureau des affaires spatiales à engager un échange avec toutes les parties prenantes concernées, notamment l'UAI et d'autres, sur la question du ciel sombre et silencieux, et a noté que la conférence qui devait être organisée en 2021 pourrait donner matière à un débat approfondi sur les possibilités offertes par la coopération internationale (A/AC.105/1240, par. 233).

8. La conférence sur le ciel sombre et silencieux au profit de la science et de la société, qui s'est tenue en ligne du 3 au 7 octobre 2021, a analysé les résultats de près de deux années d'étude sur les interférences susmentionnées et, lors de débats fructueux entre la communauté astronomique et les acteurs de l'industrie spatiale, a axé ses travaux sur les mesures envisageables pour limiter les effets négatifs sur la science et la société. Le rapport de la conférence est publié sous la cote [A/AC.105/1255](http://www.unoosa.org/pdf/2021/12/2100001main.pdf). On pourra également consulter le rapport technique détaillé des groupes de travail qui ont préparé cette manifestation à l'adresse <https://noirlab.edu/public/products/techdocs/techdoc051>. Le présent document de travail porte sur les mesures qui relèvent du mandat du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique.

## II. Lumière artificielle nocturne

9. Les interférences que la lumière artificielle nocturne cause aux observations astronomiques, dont pâtissent tant les astronomes amateurs que professionnels, sont devenues un problème majeur du fait de l'avènement des diodes électroluminescentes, en particulier de celles présentant un niveau élevé de lumière bleue. L'UAI a fixé pour les sites astronomiques un seuil tolérable maximal recommandé de pollution lumineuse qui s'établit à 10 % au-dessus des niveaux de fond naturels. La pollution lumineuse, dont on estime qu'elle augmente de 2 % à 6 % par an à l'échelle mondiale,

réduit l'obscurité partout, y compris sur les sites des observatoires : les sites de niveau mondial risquent d'atteindre le seuil de 10 % au cours des 10 prochaines années, et de nombreux sites plus petits subissent déjà des effets négatifs. Outre son impact sur l'astronomie, la lumière artificielle nocturne pourrait avoir de lourdes conséquences d'ordre biologique sur la flore et la faune, qu'il s'agisse des vertébrés ou des invertébrés, ce qui appelle un examen plus poussé par des spécialistes.

10. La lumière artificielle nocturne a de graves répercussions sur la science astronomique en général, et par conséquent sur l'astronomie spatiale. Les délégations sont donc encouragées à envisager d'adopter les recommandations détaillées et quantitatives figurant dans les rapports de l'atelier en ligne et de la Conférence, en particulier à proximité des installations astronomiques terrestres.

### III. Constellations de satellites et astronomie optique/infrarouge

11. D'après les fiches de notification soumises à l'Union internationale des télécommunications (UIT) et aux organismes de réglementation nationaux, près de 100 000 satellites pourraient être lancés en orbite terrestre basse au cours des 10 prochaines années, et plusieurs entreprises ont déjà commencé à construire et à lancer des constellations de satellites.

12. Malgré l'intérêt incontestable des constellations de satellites de communication, le nombre sans précédent de satellites appelés à évoluer dans l'enveloppe des orbites terrestres basses crée une situation inédite qui pose plusieurs défis, notamment en ce qui concerne la visibilité parfaite du ciel nocturne et la science astronomique.

13. Comme il est ressorti de l'atelier et de la Conférence sur le ciel sombre et silencieux au profit de la science et de la société, les grandes constellations de satellites constituent un problème pour l'astronomie optique/infrarouge en raison des interférences lumineuses résultant de la réflectivité et des facteurs thermiques des satellites. Il s'agit d'un problème nouveau pour l'astronomie du fait de la forte hausse du nombre de satellites, de leur omniprésence dans le ciel et de leur proximité de la Terre. De nuit, la visibilité et la luminosité d'un satellite dépendent de l'altitude de son orbite (comprise actuellement entre 350 et 1 200 km environ), de la réflectivité de sa surface et de son attitude par rapport à l'observateur, ainsi que de la configuration orbitale du système. En orbite, seule une petite partie des satellites (ceux de magnitude inférieure à 7) est visible à l'œil nu, mais tous sont susceptibles d'être détectés par les télescopes très sensibles, que ce soit en orbite ou lors du relèvement et de l'abaissement d'orbite. Ils laissent alors des traces de leur passage sur les images astronomiques, ce qui réduit considérablement l'exploitabilité scientifique des données collectées. Le post-traitement des images concernées n'apparaît pas comme une solution. En effet, les traînées les plus lumineuses (celles de magnitude inférieure à 7) peuvent saturer les détecteurs, rendant ainsi inutilisables certaines parties des images, tandis que la suppression des traînées moins brillantes comporte des effets résiduels très néfastes pour d'importants programmes scientifiques, comme les études statistiques automatiques des galaxies de faible luminosité.

14. Il existe deux voies possibles pour limiter les incidences sur l'astronomie : a) les mesures que les astronomes peuvent prendre au niveau des observations ; et b) les mesures que l'industrie des satellites et les organismes réglementaires peuvent prendre concernant la conception et l'exploitation des constellations. L'expérience acquise à ce jour montre qu'une collaboration étroite entre la communauté astronomique et les acteurs industriels permet d'obtenir les meilleurs résultats.

15. Les mesures que les astronomes peuvent prendre pour atténuer l'impact des constellations de satellites sont décrites dans les rapports de l'atelier et de la Conférence et comprennent, entre autres : a) des observations coordonnées des différents satellites depuis plusieurs sites ; b) l'élaboration d'algorithmes servant à repérer et à masquer les traînées et à prévoir les passages de satellites dans des zones

précises qu'il est prévu d'observer ; c) la mise au point détecteurs optiques/infrarouges et de systèmes de réception radio « intelligents » ; d) l'utilisation de solutions logicielles et le post-traitement des données ; et e) la diffusion d'informations et l'appui à l'application des meilleures pratiques en matière d'observation et de traitement des données.

16. Dans la section de son rapport relative à l'industrie<sup>1</sup>, le Groupe de travail de la Conférence sur les constellations de satellites a conclu que les exploitants de satellites seraient plus enclins à adopter des pratiques volontaires ou des outils d'atténuation s'ils collaboraient avec les astronomes dès le début du cycle de leurs projets, avant que la conception des astronefs ne soit achevée et à un stade où l'apport de modifications à l'architecture, à la conception des astronefs ou aux modalités d'exploitation aurait moins d'incidence sur les coûts ou la programmation. Le rapport de la Conférence comprend un résumé d'un ensemble de lignes directrices sur les meilleures pratiques, qui couvre cinq domaines prioritaires : a) réduire la lumière visible des satellites telle qu'elle est perçue depuis la Terre ; b) limiter l'impact sur la science astronomique, en matière de visibilité, des grandes constellations de satellites en orbite terrestre basse situés à une altitude supérieure à 600 km ; c) fournir l'accès à des données publiques de haute précision sur les positions prévues des différents satellites (éphémérides) dont les astronomes se serviraient pour éviter les traces de satellites lors de leurs observations ; d) tenir compte du relèvement d'orbite et de la désorbite, de façon à réduire au minimum les perturbations des observations astronomiques causées par les satellites immédiatement après le lancement et pendant la désorbite et la rentrée dans l'atmosphère ; et e) entretenir la collaboration entre la communauté astronomique et l'industrie des satellites. Le Groupe de travail a également mis au point un projet de plan d'action qui pourrait servir de base concernant les sujets à examiner au titre d'un point distinct de l'ordre du jour.

17. L'impact global d'une constellation de satellites sur l'astronomie dépend de l'ensemble des facteurs susmentionnés. Par conséquent, plutôt que de proposer des limites précises pour chacun d'entre eux (altitude de l'orbite, réflectivité de la surface, etc.), il est proposé dans le présent document de travail que les entreprises qui prévoient de concevoir, de lancer et d'exploiter une constellation réalisent une étude quantitative des incidences à prévoir sur l'astronomie. Le Centre de l'UAI pour la protection du ciel sombre contre les effets des constellations de satellites, créé récemment, produira et diffusera de nouvelles données et informations relatives à l'impact des satellites que chaque groupe de parties prenantes pourra exploiter. Le Centre pourrait, sur demande, contribuer à l'étude et proposer des mesures qui, si elles étaient adoptées volontairement dès la phase initiale de la conception, pourraient limiter les incidences sur l'astronomie sans faire augmenter sensiblement les coûts ni remettre en cause les objectifs de la constellation.

18. Il reste encore de nombreuses questions en suspens et des domaines nécessitant une étude plus approfondie. L'impact sur l'astronomie optique/infrarouge n'a pas encore été déterminé ; en effet, il s'agit d'un problème multidimensionnel, et des questions telles que le nombre total recommandé de satellites dans diverses configurations orbitales demeurent sans réponse. Il est recommandé de poursuivre l'étude de ce sujet et d'autres questions connexes.

#### IV. Constellations de satellites et radioastronomie

19. La gestion du spectre radioélectrique est une tâche qui relève du Secteur des radiocommunications de l'UIT. À cet égard, le Règlement des radiocommunications prévoit des attributions à différents services, et notamment à la radioastronomie. En effet, la radioastronomie est depuis longtemps l'objet de négociations visant à protéger les bandes de fréquences présentant un intérêt astronomique contre les interférences préjudiciables dues aux émissions radioélectriques artificielles dans la

<sup>1</sup> Disponible à l'adresse <https://noirlab.edu/public/products/techdocs/techdoc051>.

gamme de longueurs d'onde correspondante, y compris par des attributions, des identifications et des protections prévues dans des notes de bas de page du Règlement.

20. La situation créée par la mise en service de grandes constellations de satellites de télécommunication comporte pour la radioastronomie de nouvelles menaces qu'il convient d'étudier plus avant. Plusieurs problèmes particuliers sont mentionnés dans le rapport de la Conférence, qui met en lumière l'insuffisance des protections existantes, même dans les zones de silence radioélectrique. Les recommandations formulées dans le rapport de la Conférence en vue de la protection de la radioastronomie sont, notamment, les suivantes : a) la conception des satellites devrait permettre d'éviter toute illumination directe des radiotélescopes et des zones de silence radioélectrique ; et b) la puissance surfacique équivalente des rayonnements électromagnétiques non intentionnels, y compris les émissions cumulatives, hors bande, harmoniques et non essentielles, devrait être maintenue sous la limite convenue par l'UIT (tant au cas par cas que cumulativement). Il est souligné qu'il importe d'appeler l'attention générale sur la vulnérabilité de la radioastronomie.

21. S'agissant de la radioastronomie, outre les recommandations susmentionnées, il convient d'accorder une attention particulière à l'étude du fond diffus cosmologique depuis la Terre, qui repose sur l'utilisation de bolomètres, instruments très sensibles à toute énergie émise dans leur bande passante. Il est proposé que les spécialistes du fond diffus cosmologique et les exploitants de satellites évaluent conjointement l'impact à attendre des émissions cumulatives des constellations dans les bandes hyperfréquences et envisagent des stratégies d'atténuation.

## V. Conclusion

22. L'atelier en ligne de 2020 et la Conférence de 2021 sur le ciel sombre et silencieux au profit de la science et de la société organisés par le Bureau des affaires spatiales, le Gouvernement espagnol et l'UAI ont permis d'évaluer, sur les plans scientifique et technique, l'impact que les grandes constellations de satellites en orbite terrestre basse auront sur l'astronomie. Ils ont également débouché sur des propositions de mesures d'atténuation viables, un ensemble de lignes directrices sur les meilleures pratiques actuelles et une description des futurs travaux à mener en vue de limiter les incidences potentielles des constellations sur les observations astronomiques.

23. Le présent document de travail vise à soumettre aux délégations auprès du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique un résumé de haut niveau du rapport de la Conférence et plusieurs propositions en faveur de la mise en œuvre rationnelle de mesures d'atténuation et de lignes directrices sur les meilleures pratiques applicables par les exploitants de constellations de satellites.

24. Plus particulièrement, il est proposé que les délégations examinent et, à l'issue de la discussion, approuvent en tout ou partie les mesures suivantes :

a) Inclure la recherche astronomique, sur Terre ou dans l'espace, parmi les activités spatiales essentielles ;

b) Appeler l'attention de leurs autorités gouvernementales respectives sur les dommages causés par le développement incontrôlé de la lumière artificielle nocturne, non seulement pour l'astronomie, mais aussi pour d'autres domaines ;

c) Appuyer l'adoption de l'ensemble de lignes directrices sur les meilleures pratiques volontaires à l'intention des exploitants de constellations de satellites en orbite terrestre basse et de la communauté astronomique, concernant à la fois la radioastronomie et l'astronomie optique/infrarouge, qui figurent dans le rapport de l'atelier et le rapport de la Conférence ;

d) Inscrire à l'ordre du jour du Sous-Comité scientifique et technique un point intitulé « Impact des constellations de satellites sur les installations astronomiques ». Au vu de la rapidité du déploiement des constellations de satellites, leur impact sur

l'astronomie est appelé à augmenter, d'où l'apparition de nouveaux défis, qui pourraient nécessiter de nouvelles stratégies d'atténuation. Le point de l'ordre du jour proposé offrirait aux délégations un cadre approprié pour présenter leur vues respectives sur la question et en débattre, notamment afin d'actualiser ou de modifier, du point de vue technique, l'ensemble actuel de lignes directrices sur les meilleures pratiques. Il pourrait être supprimé une fois atteint un équilibre satisfaisant.

---