Avec le déploiement de son système Starlink, Elon Musk a donné le coup d'envoi d'une nouvelle ère pour internet. Le principe : une multitude de petits satellites placés en orbite basse pour une couverture ultralarge et des connexions à grande vitesse. Derrière l'aspect commercial de ce type de projet se cachent de nouveaux enjeux pour la communauté internationale.

PAR **THOMAS ALLARD**

Internet par satellite

La course à la souveraineté est lancée

SPACEX - B.BOURGEOIS

LES 3 CHIFFRES À RETENIR

59 304

C'est le nombre de satellites qui seront lancés en orbite basse si tous les projets en cours vont à leur terme. Parmi eux, 42 000 émaneront du projet Starlink du milliardaire américain Elon Musk.

37 %

C'est la part de la population mondiale qui n'a jamais utilisé internet, selon une étude réalisée par l'Union internationale des télécommunications. Cela représente un total de 2,9 milliards de personnes.

6 milliards

C'est, en euros, le coût estimé de la future constellation de satellites en orbite basse qui sera lancée par l'Union européenne. Le démarrage du projet est prévu pour 2024 et devrait s'achever en 2027.

40 %

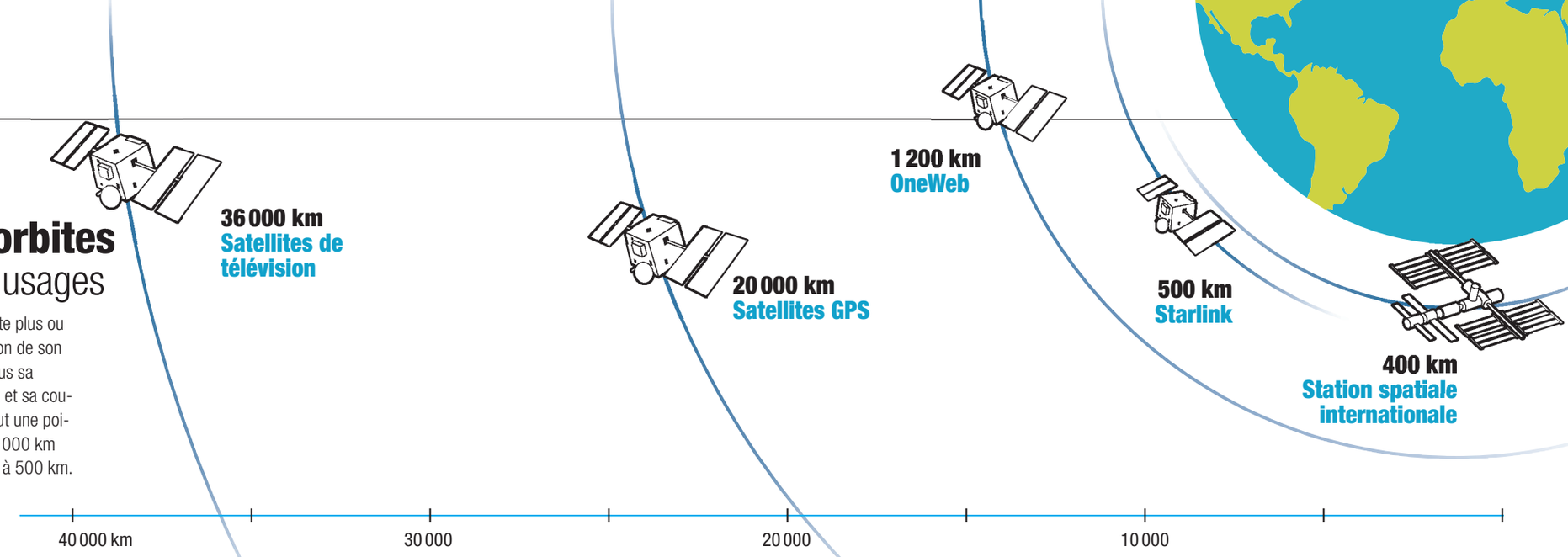
C'est le pourcentage de satellites en fonctionnement qui sont dédiés à internet, fin 2021. Les autres satellites sont consacrés à des usages divers, de la télévision à la recherche scientifique, en passant par la météo.

UNE PROGRESSION FULGURANTE DU NOMBRE DE SATELLITES

SOURCE: HARVARD SMITHSONIAN CENTER FOR ASTROPHYSICS - *SCIENCE*

Différentes orbites pour différents usages

Un satellite sera envoyé en orbite plus ou moins loin de la Terre en fonction de son utilisation. Plus il est proche, plus sa vitesse de connexion augmente et sa couverture diminue. Quand il en faut une poignée pour couvrir le globe à 36 000 km d'altitude, il en faut des milliers à 500 km.



L'offensive russe en Ukraine n'avait démarré que depuis 48 heures. Dans la nuit du 26 au 27 février 2022, le milliardaire américain Elon Musk annonçait la mise en route de son service d'internet à haut débit par satellite Starlink sur le territoire envahi. L'objectif? Permettre aux civils ukrainiens – mais aussi aux militaires – de continuer à communiquer et à échanger des messages sécurisés dans les zones où les réseaux terrestres étaient endommagés.

Dès le déploiement de cet internet de l'espace, les drones ukrainiens ont repris du service et éliminé quelques cibles; par la suite, un convoi d'approvisionnement russe a été immobilisé… Pour certains observateurs, le démarrage de Starlink n'y était pas étranger. Un coup de publicité bienvenu pour Elon Musk et, surtout, les tout premiers pas de cette nouvelle technologie dans une zone de guerre. Encore aujourd'hui, elle compte quelque 150 000 utilisateurs quotidiens en Ukraine.

Ces événements ont propulsé l'internet par satellite dans une autre dimension. Jusqu'ici, en effet, la technologie était présentée comme une simple solution pour apporter le haut débit dans les zones rurales ou, pour les plus cyniques, gonfler le chiffre d'affaires des grandes entreprises. Mais voilà soudain qu'elle peut influer sur le cours d'une guerre. Et comme qui contrôle internet contrôle l'information, se pose alors la question de la souveraineté – ou de la dépendance – des différents États dans ce web diffusé depuis l'espace…

Les grandes puissances mondiales se sont donc ruées vers ce nouvel eldorado, à la suite du célèbre milliardaire américain, dont l'avance est confortable avec ses quelque 2 000 satellites déjà en orbite, à 500 km d'altitude. Jugez un peu: l'opérateur britannique OneWeb a déjà lancé 428 satellites en orbite basse, et prévoit d'en lancer 220 supplémentaires. L'Américain Jeff Bezos, le propriétaire d'Amazon, souhaite, lui, déployer 3 226 satellites d'ici à 2029 avec son projet Kuiper. L'opérateur canadien Telesat prévoit d'en lancer 188 à partir de 2024. La Chine, elle, souhaite installer 12 992 satellites dans les prochaines années.

UN ÉNORME PUBLIC POTENTIEL

L'Europe aussi a décidé d'entrer dans la danse. En février dernier, lors d'une réunion à Toulouse, les ministres européens chargés de l'espace ont donné leur feu vert politique au lancement d'une constellation en orbite basse, qui devrait être constituée d'environ 250 satellites. Les premiers déploiements sont espérés d'ici à 2024, et le tout devrait être opérationnel à partir de 2027. Tout le monde veut son bout d'orbite.

Il faut dire que cet internet par satellite présente un avantage crucial: il permet d'offrir une connexion à haut débit dans les zones rurales, ou sinistrées, ou en plein conflit, voire au beau milieu de l'océan. Le public potentiel est énorme: 2,9 milliards de personnes n'auraient pas accès à internet en 2022. C'est d'abord à eux que sera destiné ce nouveau réseau. *"Dans les zones densément peuplées, le satellite ne remplacera pas la fibre,* assure Bruno Le Stradic, de l'Académie de l'air et de l'espace. L'internet spatial n'a pas en effet vocation à remplacer les câbles sous-marins, qui canalisent aujourd'hui près de 99 % du trafic internet mondial.

Ces nouvelles constellations viendraient plutôt remplacer l'internet par satellite déjà existant. Datant des années 1990, celui-ci est connecté par des relais placés en orbite géostationnaire, à 36 000 km au-dessus de la Terre. Et souffre d'un inconvénient majeur: le signal doit parcourir une très grande distance pour arriver jusqu'au satellite puis redescendre au sol. *"Les signaux se déplacent à la vitesse de la lumière, mais pour aller jusqu'à un satellite placé à 36 000 km d'altitude, il faut compter une certaine latence. Les opérateurs vont donc chercher les orbites basses afin de réduire la distance et d'améliorer ainsi la réactivité des échanges"*, confie David Philipona, vice-président Constellations télécom chez le constructeur de satellites Thales Alenia Space.

C'est là que l'orbite basse change tout! Car de nombreux usages interactifs, comme la visioconférence ou les jeux vidéo en →

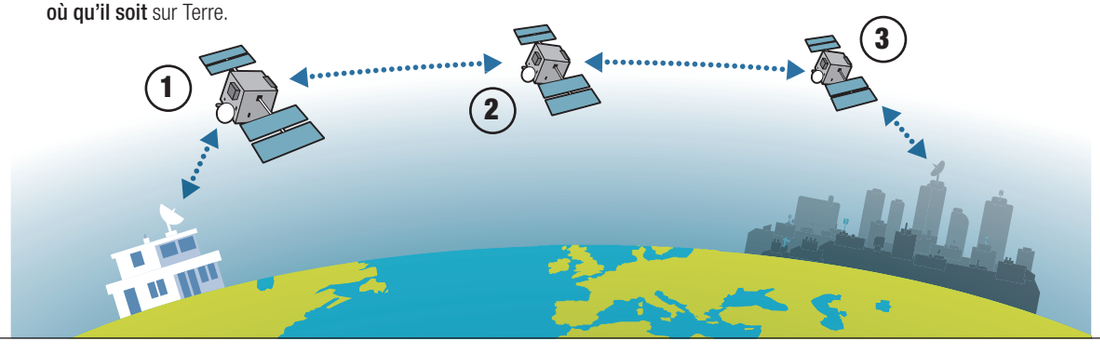
Les avantages de l'internet en orbite basse

Au lieu de passer par les câbles sous-marins de la fibre, l'internet en orbite basse pourra faire transiter les données par une constellation de satellites.

Un utilisateur lance une recherche sur internet. Sa requête est envoyée dans le ciel via une parabole à proximité, **où qu'il soit** sur Terre.

La requête circule à travers une constellation de satellites, ce qui garantit une **sécurité accrue**.

La requête redescend jusqu'à une station terrestre, où elle est traitée avant de revenir à nouveau par la constellation. Le tout en **quelques dizaines de millisecondes**.



BRUNO BOURGEOIS - ANTOINE DAGAN

ligne, nécessitent un très faible temps de latence. *“Cela permet aussi de proposer un accès internet pour un grand nombre d’appareils en mouvement. Que l’on soit dans un avion d’affaires, commercial, dans un jet privé ou sur un navire, on peut garder une bonne connectivité”*, ajoute René Jr Landry, directeur du Laboratoire des technologies spatiales, systèmes embarqués, navigation et avionique de l’École de technologie supérieure (ETS) de Montréal. *“Pour communiquer entre deux points très éloignés sur le globe, il peut être plus intéressant de faire passer son signal par une constellation satellitaire que via des réseaux terrestres”*, continue David Philipona.

LA FINANCE ET L’ARMÉE INTÉRESSÉES

De quoi prédire aussi l’emploi de ce nouvel internet dans certains usages financiers, comme le trading haute fréquence, qui consiste à transmettre automatiquement et à très grande vitesse des ordres sur les marchés, sans intervention humaine et à l’aide d’algorithmes.

Il ne faut pas oublier non plus, nous l’avons vu, son usage militaire. *“Cette faible latence pourrait apporter des avantages dans certains domaines de la sécurité et de la défense par rapport aux télécommunications effectuées en géostationnaire”*, souffle le vice-président Constellations télécom de Thales Alenia Space.

L’orbite basse est donc devenue un véritable enjeu de souveraineté pour les grandes puissances mondiales : *“Les communications font partie des infrastructures critiques d’un pays, au même titre que l’énergie*, signale David Philipona. *Il est particulièrement important que les les services publics et les acteurs économiques qui se trouvent en dehors du Vieux Continent puissent communiquer avec lui sans dépendre des puissances étrangères.”*

Face à l’avancée des projets satellitaires américains et chinois, l’Europe ne pouvait pas rester sur la touche et a investi 6 milliards d’euros pour sa propre constellation. Un montant bien inférieur à ceux avancés par ses concurrents Starlink et Kuiper… *“L’idée n’est pas de se lancer dans une concurrence commerciale tous azimuts avec les constellations américaines, mais plutôt de couvrir les besoins spécifiques des citoyens et des gouvernements européens notamment en ce qui concerne la sécurité des communications”*, répond Bruno Le Stradic.

La sécurité ? En réalité, tout l’enjeu est là. Car si les communications qui transitent par les câbles sous-marins peuvent être espionnées, *“il est clairement plus difficile de faire de même avec les satellites*, reconnaît David Philipona. *Le signal peut être intercepté au moment de la montée ou de la descente, mais pas lorsqu’il se trouve dans l’espace. Si vous mettez en place une constellation de satellites qui communiquent entre eux, comme ce que souhaite faire l’Europe, les messages transitent entre les différents satellites puis redescendent uniquement en fin de course, au lieu de faire de nombreux allers-retours entre la Terre et l’espace”.* Une telle architecture garantit donc davantage de confidentialité pour les communications.

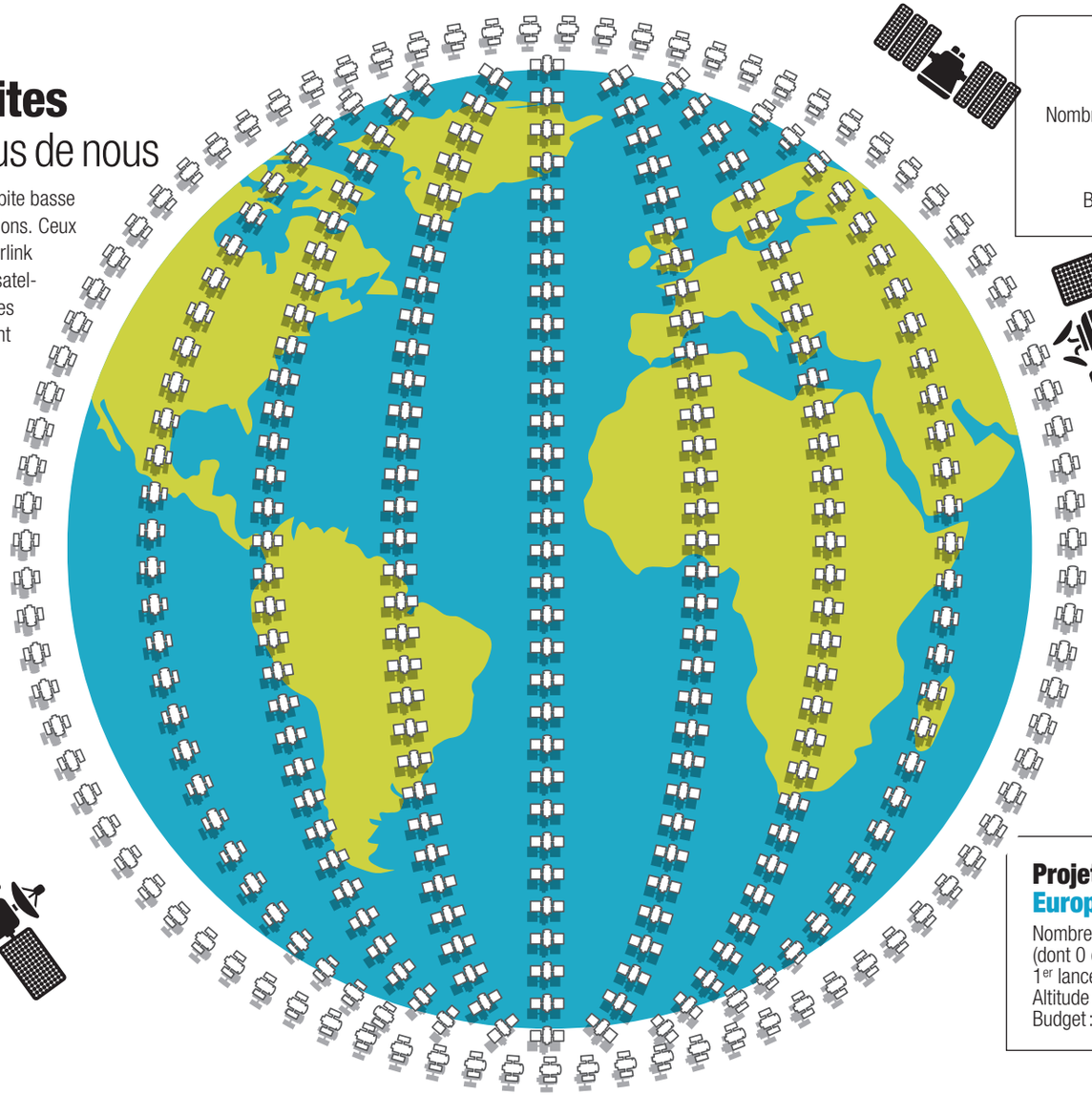
DES CLÉS DE CRYPTAGE QUANTIQUES

En outre, certains messages qui transiteront par les satellites européens bénéficieront probablement de clés de cryptage quantiques dernier cri. *“Au cours de la Seconde Guerre mondiale, les interlocuteurs se transmettaient des messages chiffrés, mais il fallait que l’émetteur et le récepteur utilisent la même clé pour les déchiffrer,* rappelle Bruno Le Stradic. *Ici, le principe est le même, sauf que la sécurité de ces clés s’appuie sur la physique quantique, ce qui les rend nettement plus robustes que les approches non quantiques.”*

Le projet porté par l’Union européenne est le seul à mettre ouvertement en avant cette utili- →

60 000 satellites
bientôt au-dessus de nous

Les divers projets d’internet en orbite basse varient en fonction de leurs ambitions. Ceux à portée commerciale comme Starlink nécessitent un grand nombre de satellites à basse altitude, tandis que les projets plus diplomatiques pourront se contenter d’un maillage plus lâche et à plus haute altitude.



Starlink (SpaceX)
États-Unis
Nombre de satellites prévus : **42 000**
(dont 2 000 déjà déployés)
Altitude : **550 km**
Budget : **20-30 milliards €**

Kuiper (Amazon)
États-Unis
Nombre de satellites prévus : **3 226**
(dont 0 déjà déployé ; 1er lancement en 2022-2023)
Altitude : **590 km**
Budget : **10 milliards €**

Lightspeed
Canada
Nombre de satellites prévus : **188**
(dont 0 déjà déployé ; 1er lancement en 2024)
Altitude : **1 000-1 300 km**
Budget : **4,5-6,5 milliards €**

OneWeb
Royaume-Uni
Nombre de satellites prévus : **648**
(dont 428 déjà déployés)
Altitude : **1 200 km**
Budget : **inconnu**

Guo Wang
Chine
Nombre de satellites prévus : **12 992**
(dont 0 déjà déployé)
Altitude : **entre 550 km et 1 145 km**
Budget : **inconnu**

Projet Européen
Europe
Nombre de satellites prévus : **250**
(dont 0 déjà déployé ;
1er lancement en 2024)
Altitude : **inconnue**
Budget : **6 milliards €**

B.BOURGEOIS - A.DAGAN

sation de clés quantiques, mais ses concurrents travaillent également dessus. *“Ce sont les Chinois qui ont réalisé en premier la démonstration grandeur nature de distribution de clés quantiques par satellites ; on peut donc imaginer qu’ils vont déployer le système dans leurs constellations”*, révèle David Philipona. *Et les Américains n’accepteront jamais de rester à la traîne.”*

Conséquence de cette ruée vers l’espace : les satellites vont obligatoirement se multiplier pour stabiliser la connexion. *“Ceux situés en orbite basse ne couvrent qu’une toute petite partie du globe et filent à grande vitesse. Pour que l’usager reste connecté, l’opérateur doit basculer en permanence d’un satellite à l’autre, afin de privilégier celui qui se trouve juste au-dessus de l’utilisateur”*, explique René Jr Landry. En d’autres termes, plus l’orbite est basse, plus il faut de satellites : *“Pour offrir une couverture globale, le nombre de satellites augmente de manière inversement proportionnelle au carré de l’altitude*, précise David Philipona.

Ce qui fait exploser les coûts : *“Pour installer une constellation en orbite moyenne, à 8 000 km d’altitude, il faut compter entre 500 millions et 1 milliard d’euros,* continue-t-il. *Pour une constellation dans la partie haute de l’orbite basse, entre 1 000 et 1 500 km, il faudra plusieurs milliards d’euros ; et pour un projet en dessous de 1 000 km, c’est environ une dizaine de milliards !”*

FIXER DES RÈGLES DE BONNE CONDUITE

Aussi, il n’y aura pas de la place pour tout le monde. *“Il faudra éviter de se trouver dans une situation où certains acteurs déploieraient un très grand nombre de satellites pour occuper une zone, et ainsi bloquer les projets d’autres opérateurs*, souffle David Philipona. Un comportement que l’on pourrait craindre de Starlink, par exemple, qui lance ses satellites par grappes. Le 20 août dernier, 52 ont été envoyés en orbite par une seule fusée Falcon 9. Et l’entreprise américaine accélère sans cesse la cadence : elle a battu son record de lancements annuels en juillet dernier ! *“D’une manière ou d’une autre, les États devront s’emparer de cette question et fixer des règles afin de définir ce qui est acceptable et ce qui ne l’est pas”*, assène David Philipona.

Enfin, autre sujet d’inquiétude pour les spécialistes : la fin de vie de satellites placés en orbite basse. *“Tant qu’un satellite est opérationnel, il peut être contrôlé,* indique Bruno Le Stradic. *Mais s’il montre des signes de faiblesse ou arrive en fin de vie, l’opérateur doit veiller à maintenir à bord une capacité propulsive suffisante pour le faire rentrer de manière contrôlée dans l’atmosphère où il se désintégrera.”*

Sans cette précaution, le satellite deviendrait un débris – c’est-à-dire un objet non manœuvrable qui pourrait traverser l’orbite d’autres satellites. Avec de réels risques de collision : *“Je pense qu’il faudra mettre en place des taxes pour la gestion des débris, et accompagner cela par la création d’une police spatiale”*, propose René Jr Landry. Rapidement, car les projets n’attendront pas et l’orbite basse risque bien de devenir un nouveau “far west”.

DAVID **PHILIPONA**
Vice-président Constellations télécom chez Thales Alenia Space

Il faudra éviter que certains acteurs déploient un très grand nombre de satellites pour occuper une zone et bloquer les autres

Les observations astronomiques menacées ?

Tout juste un mois après le lancement des premiers satellites Starlink, en juin 2019, l’Union astronomique internationale (UAI) s’inquiétait d’un possible impact néfaste sur les observations astronomiques. Une crainte confirmée un an plus tard : en simulant un ciel encombré par 25 000 satellites en orbite basse, les scientifiques de l’UAI ont calculé qu’entre 1 500 et plusieurs milliers de satellites seraient visibles en permanence au-dessus de l’horizon, selon la latitude. Surtout, ils estiment que les traînées de satellites seront si brillantes qu’elles risquent de saturer les détecteurs des grands télescopes. Jusqu’à 30 % des images du Vera-C Rubin Observatory (Chili), par exemple, seraient affectées.

DR