Zeitschrift: Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique
Herausgeber: Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique
Band: 31 [i.e. 30] (2018)
Heft: 119: La métamorphose de la Big science : comment les mégaprojets de recherche se sont ouverts à d'autres disciplines

Artikel: Le nouveau visage de la Big science
Autor: Ulmi, Nic
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-821640

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Le nouveau visage de la Big science

Les mégaprojets de recherche devaient auparavant gagner des guerres et questionner l'univers. Ils s'ouvrent désormais à des acteurs bien plus variés, augmentant autant leur impact que leur attrait.
Par Nic Ulmi

«Big Science, hallelujah!» En 1982, la chanteuse Laurie Anderson lance l'expression dans la culture pop américaine. «Hallelujah!» en effet: cette manière de faire de la recherche en équipe autour d'infrastructures titanesques jouit d'une aura qui s'apparente au sacré. Née durant la Seconde Guerre mondiale avec le développement du radar et de la bombe atomique, la «mégascience» a évolué depuis lors: elle s'incarne en accélérateurs de particules sous nos pieds, réseaux de télescopes dans le désert et autres observatoires en orbite au-dessus de nos têtes. Avec leurs instruments colossaux, ces laboratoires géants se trouvant sous la tutelle de groupes d'Etats interrogent les origines de l'univers - et stimulent ainsi la recherche fondamentale, notamment en physique et en astronomie.

> «La recherche biomédicale est aujourd'hui le domaine qui attire le plus de monde vers ces infrastructures.»
> Catherine Westfall

Incontestablement, l'effort a porté. C'est notamment au CERN et au Fermilab américain que l'on doit le développement du Modèle standard, cette «théorie du presque tout» qui décrit la matière et les forces de l'univers à l'aide de douzaines de particules élémentaires. Et c'est le télescope spatial Hubble qui nous a offert des images renversantes de l'expansion du cosmos, des effets gravitationnels des trous noirs et des pouponnières où se forment les étoiles. La puissance militaire s'est ainsi prolongée en prestige culturel, traduisant un élan vers le grandiose. En 1961, le physicien Alvin Weinberg voit ces infrastructures comme l'équivalent contemporain des cathédrales.

Mais vers le tournant du millénaire, cette approche a commencé à se diversifier. Le cercle des parties prenantes s'est fortement ouvert à d'autres disciplines ainsi qu'à l'industrie, et la gouvernance de la mégascience s'est démocratisée. Les attentes et les promesses rattachées aux grands projets sont devenues plus concrètes: on parle désormais de retour sur investissement, de développement économique régional, de solutions apportées à des problèmes de société dans le domaine de l'énergie, de l'alimentation ou de la santé. Enfin, les notions de taille se sont brouillées: on fait aujourd'hui de la mégascience avec de modestes moyens, et de la petite science avec des synchrotrons géants.

Place aux archéologues et agronomes

«Ce qui frappe aujourd'hui en observant un centre tel que le Laboratoire national d'Argonne en Illinois, où se trouve l'un des trois plus grands synchrotrons au monde, c'est la diversité de ses utilisateurs», note Catherine Westfall, historienne des sciences à la Michigan State University et auteure de plusieurs études sur le devenir de la mégascience. Autrefois au service exclusif de la physique des particules, les grands accélérateurs ont en effet considérablement élargi leur palette. «J'y ai rencontré des agronomes qui développaient des semences, des archéologues en quête de nouvelles techniques pour leurs fouilles, quelqu'un qui voulait construire un turboréacteur d'avion moins sensible aux collisions avec les oiseaux...» Les faisceaux de particules servent de plus en plus à explorer les applications pratiques de la matière, qu'il s'agisse de métaux ou de protéines. «La recherche biomédicale est aujourd'hui le domaine qui attire le plus de monde vers ces infrastructures, celui qui est mis en avant et dans lequel il est le plus facile de lever des fonds.»

Dans ce processus, le lien entre les méga-infrastructures et les projets de recherche se brouille. Olof Hallonsten, sociologue et historien des sciences à l'université suédoise de Lund, auteur d'une somme savante sur les métamorphoses de la Big Science, compare deux moments pour évoquer ce virage. «En 1984, Carlo Rubbia et Simon van der Meer reçoivent le prix Nobel de physique pour la découverte des bosons W et Z. Le Nobel est toujours attribué à des personnes, mais à travers elles, il récompense le centre de recherche où la découverte a eu lieu: le CERN, dont Rubbia est alors le directeur.» La situation est différente vingt-cinq ans plus tard: «En 2009, la biologiste moléculaire Ada Yonath et ses confrères reçoivent le prix Nobel de chimie pour leur travail sur le ribosome des cellules. Une demi-douzaine de centres de recherche à travers le monde s'empressent de diffuser des communiqués de presse pour expliquer que ce sont leurs grands appareils qui ont permis ces travaux.»

De plus en plus souvent, on fait «de la petite science avec de gros outils», résume Olof Hallonsten. Les centres de recherche créés autrefois autour d'un mégaprojet font place à des plateformes de grande taille mais sans but précis, orientées vers les besoins des utilisateurs. «La plupart des scientifiques qui utilisent ces centres possèdent un emploi et une source

de financement ailleurs. Ils travaillent habituellement sur des équipements de petite taille, mais ont besoin ponctuellement d'une très grosse machine. Ils font une demande, il y a une certaine compétition et si tout va bien, ils obtiennent un accès. Ils mènent leur expérience et repartent avec les résultats. Dans ce modèle, les grands accélérateurs ou réacteurs ne sont plus l'apanage d'équipes qui ont pour mission de gagner une guerre ou d'enquêter sur l'origine de l'univers. Ils deviennent une ressource tendanciellement ouverte à tout le monde. C'est donc un modèle plus démocratique, moins surdéterminé par des décisions politiques ou militaires.»

Le temps des consortiums

La déconnexion entre la taille des projets et celle des infrastructures s'observe également en sens inverse: on peut faire de la mégascience, mobilisant des méga-budgets et poursuivant des méga-objectifs, sans passer par des outils géants. C'est le cas du Human Genome Project, et plus généralement de la biologie. Pendant un temps, celle-ci a pourtant tenté d'imiter la physique dans sa course au gigantisme, analyse Bruno Strasser, professeur d'histoire des sciences à l'Université de Genève et auteur de plusieurs études sur l'histoire des sciences biomédicales, du Big Data et de la recherche participative. «Lorsque le Laboratoire européen de biologie moléculaire (EMBL) a été créé à Heidelberg en 1974, on espérait y faire un travail analogue à celui des physiciens au CERN, autour d'une question centrale et grâce à un instrument scientifique trop onéreux pour un laboratoire universitaire. En réalité, ce centralisme n'était pas nécessaire, car cette discipline n'utilisait pas de grands instruments. En biologie, la bonne science est de la petite science, selon la formule du biochimiste américain Bruce Albert. Les chercheurs de l'EMBL ont donc passé leur temps à essayer de justifier le bien-fondé de l'infrastructure.» Lorsque le séquençage de l'ADN se répand, dans la deuxième moitié des années 1970, «l'EMBL saute sur l'occasion, qui lui apparaît enfin comme un moyen de se légitimer: c'est ainsi qu'il établit en 1982 la première banque de données publique de séquences génomiques, la Nucleotide Sequence Database». Si le séquençage ne nécessite pas de gros outils, il produit du Big Data qui, lui, nécessite une infrastructure de taille.

> «Quand on reçoit de l'argent de la même source, on a tendance à se parler davantage.»
>
> Bruno Strasser

En 1990, le Human Genome Project (HGP) entreprend le séquençage complet de l'ADN humain. L'importance de l'objectif et de son potentiel médical est mise en avant dans des proclamations publiques. En 2000, le président américain Bill Clinton déclare qu'il est «tout à fait possible que, pour les enfants de nos enfants, le cancer ne soit plus qu'une constellation du zodiaque». Le projet, présenté comme relevant de la Big Science, prend en réalité une forme adaptée à l'échelle modeste des laboratoires de biologie. «Il s'écarte du modèle CERN, qui concentre les ressources en un lieu unique, fermé comme un microcosme et aussi peuplé qu'une petite ville, note Bruno Strasser. Le HGP, au contraire, fonctionne de manière éclatée dans l'espace, avec des recherches menées dans un grand nombre d'institutions qui se rassemblent pour l'occasion en un consortium international.»

Cette logique est poussée aujourd'hui encore plus loin. C'est le cas, selon l'historien, avec SystemsX, une initiative helvétique en biologie des systèmes menée par un consortium de recherche sur plusieurs sites et représentant le plus vaste projet scientifique à ce jour dans le pays. Lancée en 2008 et clôturée en 2018, elle ne s'appuie pas sur une infrastructure géante et ne tend pas vers un grand but unique. Il s'agit plutôt d'un faisceau de projets qui partagent une devanture commune, comme le montre la thèse soutenue à l'ETH en 2017 par Alban Frei. «Mais la coordination de SystemsX et sa manière de se présenter empruntent à la mégascience, poursuit Bruno Strasser. L'initiative dispose de chargés de communication à plein temps qui s'occupent de son image. Elle permet aux chercheurs de donner à voir leurs travaux sous une lumière nouvelle, en mesure de toucher le public et les politiques. C'est très habile du point de vue du dialogue avec le reste de la société et des levées de fonds.»

Se rassembler pour atteindre une masse critique et doper la visibilité: s'agit-il là d'une pure affaire d'image? «D'un côté, on pourrait dire que l'opération SystemsX ne répond pas à une nécessité scientifique, répond le chercheur genevois. Après tout, personne ne sait vraiment ce qu'est la biologie des systèmes… Mais l'initiative stimule des recherches intéressantes. Elle encourage les échanges car, quand on reçoit de l'argent de la même source, on a tendance à se parler davantage. On s'attend à une fertilisation entre les différents projets, qui profitent d'un cadre commun dans lequel les différentes pièces peuvent se mettre ensemble en faisant apparaître un motif.»

Le retour des amateurs

En passant d'un fonctionnement centralisé à un modèle en réseau, la science des grands projets renoue avec une situation plus ancienne, observe Bruno Strasser: «Au XIXe siècle, la mégascience était celle des biologistes. Ses centres de recherche étaient les jardins botaniques et les muséums d'histoire naturelle de Berlin ou de Londres. Ses grands projets passaient par l'exploration du monde. Il s'agissait alors de coordonner des centaines de personnes partant aux quatre coins de la planète sur des bateaux et de faire travailler ensemble des gens de nationalités et cultures diverses, parmi lesquels on trouvait un grand nombre d'amateurs.»

Il est frappant de remarquer que les non-spécialistes réapparaissent aujourd'hui à travers la science citoyenne. «Selon nos estimations, il y aurait quelque 10 millions de personnes dans le monde qui s'activent dans ce cadre, poursuit le chercheur genevois. Les domaines où la participation du public croît vite et se déploie largement sont les mêmes qui ont vu historiquement une implication importante d'amateurs, à savoir les sciences naturalistes et l'astronomie.» On contribue au classement de millions de galaxies dans le cadre de Galaxy Zoo, on contribue à suivre l'évolution de la biodiversité en postant des photos en ligne, on prend part à l'étude du changement climatique en relevant le moment où les feuilles commencent à tomber… Ce mouvement représente une autre manière de faire de la recherche à très large échelle, réalisant un mégaprojet à partir d'une myriade de menues contributions individuelles. «Finalement, la participation publique à la recherche, qui était la norme aux XVIIIe et XIXe siècles, n'aura peut-être vécu qu'une éclipse au siècle dernier, au cours de laquelle le public aura été un pur consommateur d'informations scientifiques et du spectacle de la science, avant de retrouver un rôle plus actif.»

> «Les bâtiments circulaires sont grandioses et majestueux. Un décor idéal pour que des politiciens serrent des mains sous l'œil des caméras.»
>
> Olof Hallonsten

La pratique participative se greffe parfois sur des données générées massivement par la science professionnelle. C'est le cas de l'Annotathon, projet en ligne dont les participants sont invités à annoter les séquences d'ADN issues du projet Global Ocean Sampling de Craig Venter. «Il faut relever que la production de données ouvertes constitue l'un des effets secondaires de la mégascience, note Bruno Strasser. Ce principe d'ouverture est d'autant plus solide qu'il ne résulte pas d'une forme d'idéalisme, mais d'une nécessité, notamment dans le cadre des consortiums. Impossible de se coordonner s'il existe la possibilité que chaque participant retire ses données.» Adoptés dans le cadre du Human Genome Project, les Principes des Bermudes (1996) et les accords de Fort Lauderdale (2003) instaurent en effet la pratique du libre accès et de la diffusion instantanée des données dans le domaine du génome.

Un faisceau de possibilités

La Big Science paraît aujourd'hui s'engager simultanément dans de multiples directions. L'exemple du Global Ocean Sampling reflète le brouillage de frontières en cours dans ce domaine. Cette entreprise consistant à circumnaviguer le globe pour relever la diversité génétique de la population microbienne marine se déploie en réalité à partir de l'infrastructure relativement modeste d'un yacht privé. Son promoteur, Craig Venter, est à la fois un scientifique et un homme d'affaires. Le pool de financement regroupe des fondations privées, la chaîne de télé Discovery Channel pour

LA MÉGASCIENCE EN SIX PROJETS

1 ÉNERGIE
ALLUMER UN SOLEIL SANS SE BRÛLER

International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER)
2006–2025, Cadarache (F)

Objectif: vérifier la faisabilité scientifique et technique de la fusion nucléaire comme nouvelle source d'énergie. **Superlatifs:** l'effort scientifique le plus complexe de tous les temps; un projet qui revient à «allumer un soleil sur terre». **Applications:** une énergie censément propre et illimitée. **Coût estimé:** EUR 20 milliards. **Acteurs:** CN, EU, IN, JP, KR, RU, USA. **Péripéties:** des problèmes de gouvernance, de conception et de budget débouchent sur un changement de management en 2015. **Limites:** des critiques à large spectre évoquent les verrous technologiques comme la mise au point d'un matériau suffisamment résistant, les doutes sur l'innocuité effective de la technique, le risque de délaisser d'autres axes de recherche en matière d'énergies renouvelables ou encore de se faire prendre de court par des initiatives privées telles les start-up Commonwealth Fusion Systems, General Fusion of British Columbia ou encore Tri Alpha Energy.

2 NEUROSCIENCES
LE CERVEAU SIMULÉ

Human Brain Project (HBP)
2013–2023, EPFL (CH)

Objectif: reproduire le fonctionnement d'un cerveau humain sur super-ordinateur. **Applications:** médecine, technologies de l'information. **Coût estimé:** EUR 1 milliard. **Acteurs:** l'UE, l'EPFL et une centaine d'instituts de recherche dans une vingtaine de pays. **Péripéties:** en 2014, 750 scientifiques signent une lettre ouverte à la Commission européenne critiquant la gestion centraliste du projet et la marginalisation des neurosciences cognitives, ce qui conduit à une réorientation du projet, une modification de sa gouvernance et une redéfinition des objectifs – développer des outils au service des neurosciences et de l'informatique. Une nouvelle crise a lieu en août 2018 avec la démission du directeur exécutif, Chris Ebell. **Limites:** «On a basculé dans une logique de projet industriel, écrit Yves Frégnac, l'ancien coordinateur du projet pour le CNRS. La Commission européenne (…) exige désormais que ces plates-formes (…) délivrent des 'produits'. Mais je ne suis pas sûr que cette approche dominée par la technologie soit de nature à nous permettre de répondre aux grandes questions scientifiques que nous pose le cerveau humain.»

3 GÉNÉTIQUE
PARTAGER LE GÉNOME

Human Genome Project
1990–2003, USA et GB.

Résultat: détermination des séquences d'ADN de l'espèce humaine. **Superlatif:** le plus gros projet collaboratif de tous les temps en biologie. **Applications:** médecine, sciences forensiques, séquençage rapide de l'ADN. **Coût:** USD 2,7 milliards (en dessous du budget annoncé de 3 milliards). **Acteurs:** les National Institutes of Health américains, la fondation britannique Wellcome Trust, une vingtaine de centres de recherche (CN, DE, FR, JP, UK, USA). **Péripéties:** une compétition acharnée a lieu avec la compagnie Celera Genomics de Craig Venter qui projette de monétiser l'accès aux résultats; le débat qui s'ensuit aboutit à imposer l'idée du libre accès aux données génomiques. **Limites:** les applications médicales attendues tardent à venir; et «dix-sept ans après la publication initiale du génome humain, nous n'avons toujours pas trouvé tous nos gènes. La réponse s'avère plus complexe qu'on ne l'avait imaginé», écrit le bioinformaticien Steven L. Salzberg.

4 PHYSIQUE
LA DÉMESURE DE L'INFINIMENT PETIT

CERN
1954–, Genève (CH)

Objectif: comprendre de quoi est faite la matière, d'où elle vient, et quelles forces fondamentales régissent l'univers. **Superlatifs:** le Large Hadron Collider fait 26,6 km de circonférence pour le LHC, accélère des protons à 99.9999991% de la vitesse de la lumière, et génère 6 GB de données brutes par seconde… **Applications:** en premier lieu, la connaissance. On doit au CERN néanmoins nombre d'innovations en médecine (imagerie), environnement (senseurs) et bien entendu en informatique (gestion du Big Data et invention du World Wide Web en 1989). **Coût:** budget annuel CHF 1,2 milliard. **Acteurs:** 22 Etats européens, ainsi qu'Israël. **Péripéties:** le CERN excite les fantasmes de fin du monde, entre trous noirs à même d'engloutir notre planète et autres bombes à antimatière. **Limites:** la confirmation de l'existence du boson de Higgs en 2012 fut certes un triomphe, mais ne put vraiment débloquer l'impasse dans laquelle se trouve la physique des particules contemporaine dans son chemin vers une grande théorie universelle.

mettre l'expédition en spectacle et le Département de l'énergie américain, qui espère trouver dans les microbes des solutions innovantes aux besoins énergétiques nationaux. Et l'Annotathon relie le projet à une dimension participative.

A côté de cela, d'autres projets prolongent des trajectoires plus classiques de course à la grandeur (voir «La mégascience en six projets», p. 14). Mais d'une manière ou d'une autre, la plupart d'entre eux sont confrontés à des exigences d'ouverture et de diversification. Le Human Brain Project a mis en sourdine ses vertigineuses proclamations initiales – reproduire le fonctionnement du cerveau humain, voire la conscience, sur un superordinateur – pour se recentrer davantage sur le développement d'une plateforme technologique dans le domaine de la neuro-informatique.

L'Extreme Light Infrastructure européenne a mis en chantier la construction des lasers les plus puissants du monde sans définir des objectifs de recherche précis, laissés de fait à ses futurs utilisateurs. Il en va de même pour la European Spallation Source (ESS), qui se bâtit actuellement en Suède autour d'une source de neutrons pulsés annoncée comme trente fois plus puissante que ses homologues actuels. L'ESS s'inscrit dans le nouveau paradigme de la «petite science avec de gros outils», au service d'une quête ouverte d'applications pratiques. Mais si le frisson de la grandeur n'est pas provoqué par un objectif de recherche herculéen, il est déclenché ici par l'aspect physique des lieux, observe Olof Hallonsten: «Je vois le chantier depuis la fenêtre de mon bureau à l'Université de Lund. Les bâtiments circulaires sont grandioses et majestueux. C'est un décor idéal pour que des politiciens serrent des mains sous l'œil des caméras.»

Ce gigantisme pourrait déployer quelques effets pervers, selon le chercheur suédois: «L'un des risques, c'est que les investissements dans ces infrastructures imposantes se fassent au détriment des budgets qui financent le travail des chercheurs. En Suède, on a entendu des politiciens s'adresser à la communauté scientifique en disant: nous avons mis tous ces fonds dans l'ESS; vous l'avez donc eu, votre argent! A l'opposé, le gouvernement danois – qui a également beaucoup investi dans le projet – a annoncé que pour chaque euro alloué à l'ESS, un autre euro financera les scientifiques afin qu'il puissent utiliser l'infrastructure.» Loin des projets placés sur une trajectoire unique, la mégascience contemporaine trace aujourd'hui ses voies au pluriel, en un faisceau de possibilités.

Nic Ulmi est journaliste libre à Genève.

Les nouveaux projets à 1 milliard d'euros

Avec son programme FET Flagships (initiatives phare des technologies futures et émergentes), la Commission européenne soutient une mégascience développée «bottom-up»: ce sont les scientifiques eux-mêmes qui proposent des projets d'un budget d'environ un milliard d'euros. Un nouvel appel d'offre est en cours dans les domaines de la société connectée, de la santé et de l'environnement. Parmi les 33 propositions retenues se trouvent deux initiatives impliquant fortement l'EPFL: Time Machine, qui ambitionne de convertir les archives historiques en simulations du passé, et HealthEU, qui compte développer des avatars numériques sur lesquels tester des soins médicaux personnalisés. A la suite de la sélection effectuée par des responsables scientifiques, politiques et industriels, un ou deux projets seront lancés en 2020. L'EPFL coordonne déjà le Human Brain Project, démarré en 2013 en même temps que le second flagship Graphene. Le programme Quantum, dédié aux technologies quantiques, débute en 2019.

5 SPATIAL
LES LOURDEURS DE L'APESANTEUR

Station spatiale internationale (ISS) 1993–2028, en orbite

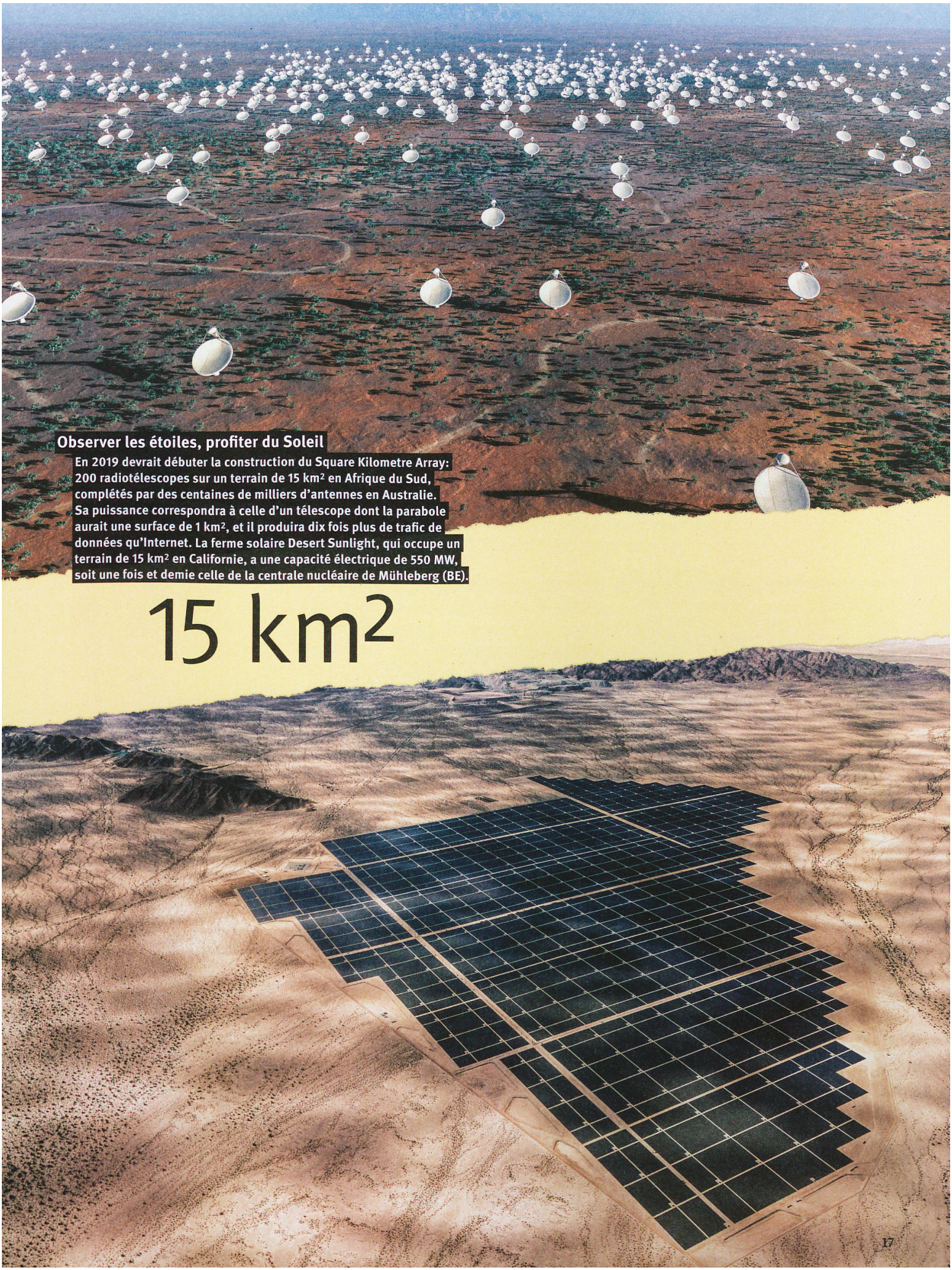
OBJECTIFS ET RÉSULTATS: étudier l'adaptation humaine à l'environnement spatial en vue de missions lunaires et martiennes; coopération internationale; présence humaine en orbite continue pendant dix-huit ans. **SUPERLATIFS:** l'objet le plus coûteux jamais construit. **APPLICATIONS:** science des matériaux, énergie, météorologie, médecine, tourisme spatial. **COÛT ESTIMÉ:** USD 150 milliards. **ACTEURS:** la NASA avec les agences spatiales russe, européenne, japonaise et canadienne. **PÉRIPÉTIES:** l'accident de la navette spatiale Columbia en 2003 et des problèmes budgétaires retardent les travaux; en février 2018, l'administration Trump annonce qu'elle entend privatiser l'ISS. **LIMITES:** le débat sur la contribution effective de l'ISS à la recherche scientifique ressurgit périodiquement. Le nombre d'études menées à bord a finalement augmenté au cours des années 2010 et suivantes, mais ne suffit pas à développer «un argumentaire convaincant en faveur de la recherche scientifique à bord de l'ISS», écrit le politologue William Bianco en 2017.

6 INTERDISCIPLINAIRE
LE LASER POUR TOUS

Extreme Light Infrastructure (ELI) 2013–2018, Hongrie, Tchéquie et Roumanie

OBJECTIFS: quatre plate-formes technologiques interdisciplinaire basées sur des lasers; cohésion européenne. **SUPERLATIFS:** les lasers les plus puissants au monde. **APPLICATIONS:** matériaux, médecine (hadronthérapie), destruction de déchets radioactifs, etc. **BUDGET:** EUR 850 millions. **ACTEURS:** l'Union européenne; la Hongrie, la République tchèque et la Roumanie.

Haut: CC/SPDO/TDP/DRAO/Swinburne Astronomy Productions; bas: 2015 Jamey Stillings



Observer les étoiles, profiter du Soleil

En 2019 devrait débuter la construction du Square Kilometre Array: 200 radiotélescopes sur un terrain de 15 km² en Afrique du Sud, complétés par des centaines de milliers d'antennes en Australie. Sa puissance correspondra à celle d'un télescope dont la parabole aurait une surface de 1 km², et il produira dix fois plus de trafic de données qu'Internet. La ferme solaire Desert Sunlight, qui occupe un terrain de 15 km² en Californie, a une capacité électrique de 550 MW, soit une fois et demie celle de la centrale nucléaire de Mühleberg (BE).

15 km²