



## SOUTENIR LE MATÉRIEL OUVERT EN VUE D'UNE SCIENCE OUVERTE

L

### Qu'est-ce que le matériel scientifique ouvert?

Dans la [Recommandation de l'UNESCO sur une science ouverte](#), le matériel ouvert désigne : « le cahier des charges d'un objet physique placé sous licence de telle sorte que ledit objet puisse être étudié, modifié, créé et distribué par quiconque offrant au plus grand nombre de personnes possible la capacité de développer, d'adapter et de partager leurs connaissances en matière de conception et de fonctionnement du matériel ». L'expression « matériel ouvert » provient de « matériel libre ». Dans le présent guide, les deux expressions seront utilisées indifféremment.

La Recommandation poursuit : « Aussi bien pour les logiciels libres que pour le matériel ouvert, un processus communautaire de contribution, d'attribution et de gouvernance est nécessaire pour permettre la réutilisation, améliorer la durabilité et réduire les doubles emplois. Le code logiciel, la description des outils, les échantillons d'équipement et l'équipement lui-même peuvent être librement diffusés et adaptés à condition qu'ils soient conformes aux législations nationales du point de vue de la sécurité d'utilisation ». En outre, les décisions en matière de conception, la description du matériel de recherche, les manuels et les tutoriels d'utilisation ainsi que la conception des équipements peuvent être ajoutés à la liste des ressources partagées. Les normes d'assurance qualité occupent une place de plus en plus importante dans les pratiques liées au matériel scientifique ouvert.

Il existe d'autres définitions, proposées par différentes communautés : selon l'Open Source Hardware Association, par exemple, le matériel ouvert regroupe « conceptions "Hardware" réalisées publiquement et disponibles de manière à ce que n'importe qui puisse étudier, modifier, distribuer, créer et vendre un "design" ou un produit basé sur ce design » (<https://www.oshwa.org/definition/french>). Cette liberté d'utilisation est rendue possible



par l'application de licences ouvertes à la conception du matériel, les plus courantes étant les **CERN Open Hardware Licenses** (CERN OHL).



Le matériel ouvert peut également désigner un domaine de recherche ainsi que le mouvement impliqué dans la création et la diffusion de matériels accessibles, garantissant pleinement la liberté de réutilisation, d'étude, de modification et de partage. Le matériel scientifique ouvert renvoie à la conception du matériel ouvert utilisé dans le contexte de la recherche.

### Le matériel fermé versus le matériel ouvert

On considère traditionnellement les équipements scientifiques comme des matériels propriétaires (ou source fermée), dont les designs, restreints par le régime de la propriété intellectuelle, ne peuvent être ni copiés ni modifiés. Les équipements et les informations concernant leur conception ne peuvent donc pas être librement étudiés, examinés, entretenus, améliorés, adaptés ou facilement associés à d'autres matériels.



Un tel manque d'ouverture nuit au progrès et aux innovations scientifiques. Dans ce contexte, les scientifiques peuvent être empêchés de reproduire intégralement des études ou de comprendre le fonctionnement de leurs équipements, ce qui alimente la crise de la reproductibilité et se traduit par des doublons inutiles ; la pratique scientifique devient par conséquent plus onéreuse et peut même atteindre des coûts prohibitifs. En outre, si une entreprise privée met fin au support technique du matériel qu'elle produit, les utilisateurs n'ont plus la possibilité d'en assurer la maintenance, d'où des pertes de temps et d'argent supplémentaires et la baisse de la valeur de l'investissement dans l'infrastructure de recherche.



Indépendamment de ce manque d'efficacité, les modèles propriétaires exacerbent les inégalités qui caractérisent la production des connaissances à l'échelle mondiale, dans la mesure où la conception et la fabrication des équipements scientifiques se concentrent trop souvent dans les régions riches en ressources. En raison des limitations d'accès aux designs, seuls les services techniques autorisés ou les techniciens agréés sont autorisés à réparer les équipements ; ces services monopolisés sont souvent

inaccessibles au niveau local ou facturés à des tarifs qui prohibent tout progrès de la pratique scientifique.

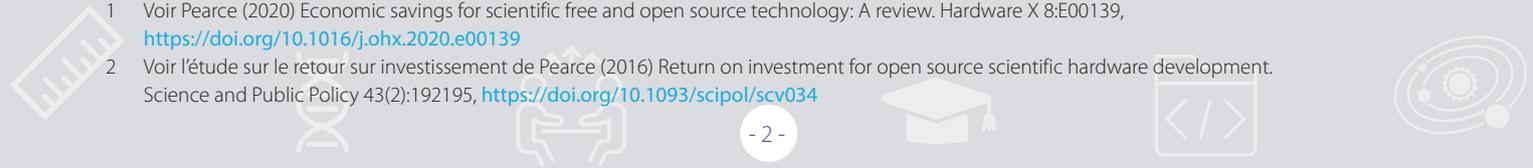
Par ailleurs, du fait des restrictions imposées aux designs, dans de nombreux cas, les outils scientifiques créés pour un contexte donné ne fonctionnent pas nécessairement dans un autre. En raison de ce manque de flexibilité, les équipements peuvent devenir obsolètes ou inutilisables de par leur conception. Lorsque les designs sont uniques, il est plus difficile d'adapter les équipements scientifiques à la résolution de nouveaux problèmes dans différents contextes/situations, ce qui restreint les recherches revêtant un grand intérêt au niveau local.

En revanche, les praticiens du matériel scientifique ouvert savent exploiter le prototypage rapide et les outils de fabrication numérique pour tester et affiner de manière itérative de nouvelles idées et fabriquer des équipements partagés sur des plates-formes en ligne. On trouve ainsi en ligne des designs à différents stades de conception, allant des prototypes à des conceptions plus avancées, développées et mises à l'essai, à l'issue desquelles la conception aboutit pour déboucher éventuellement sur une phase de production en série et de diffusion.

Le domaine du matériel scientifique ouvert peut avoir de nombreux avantages pour la pratique scientifique, notamment la réduction des coûts. Par exemple, le matériel scientifique ouvert permet ainsi aux chercheurs d'obtenir des équipements scientifiques sur mesure pour une fraction du coût du matériel propriétaire, ce qui rend la science beaucoup plus accessible et démocratique à l'échelle mondiale. Une étude réalisée en 2020<sup>1</sup> sur un large éventail d'outils scientifiques a ainsi pu établir que le matériel scientifique ouvert permet d'économiser jusqu'à 87% du coût d'un matériel propriétaire de qualité équivalente ou inférieure. Lorsqu'un équipement scientifique est disponible en libre accès, l'investissement de départ dans le développement devient rentable pour le concepteur ou l'utilisateur dans la mesure où les économies sont multipliées par le nombre de reproductions de l'outil. Étant donné que de nombreux outils relevant du matériel scientifique ouvert sont conçus pour être reproduits numériquement, les retours sur investissement peuvent être élevés en termes de bénéfices pour la communauté scientifique<sup>2</sup>.

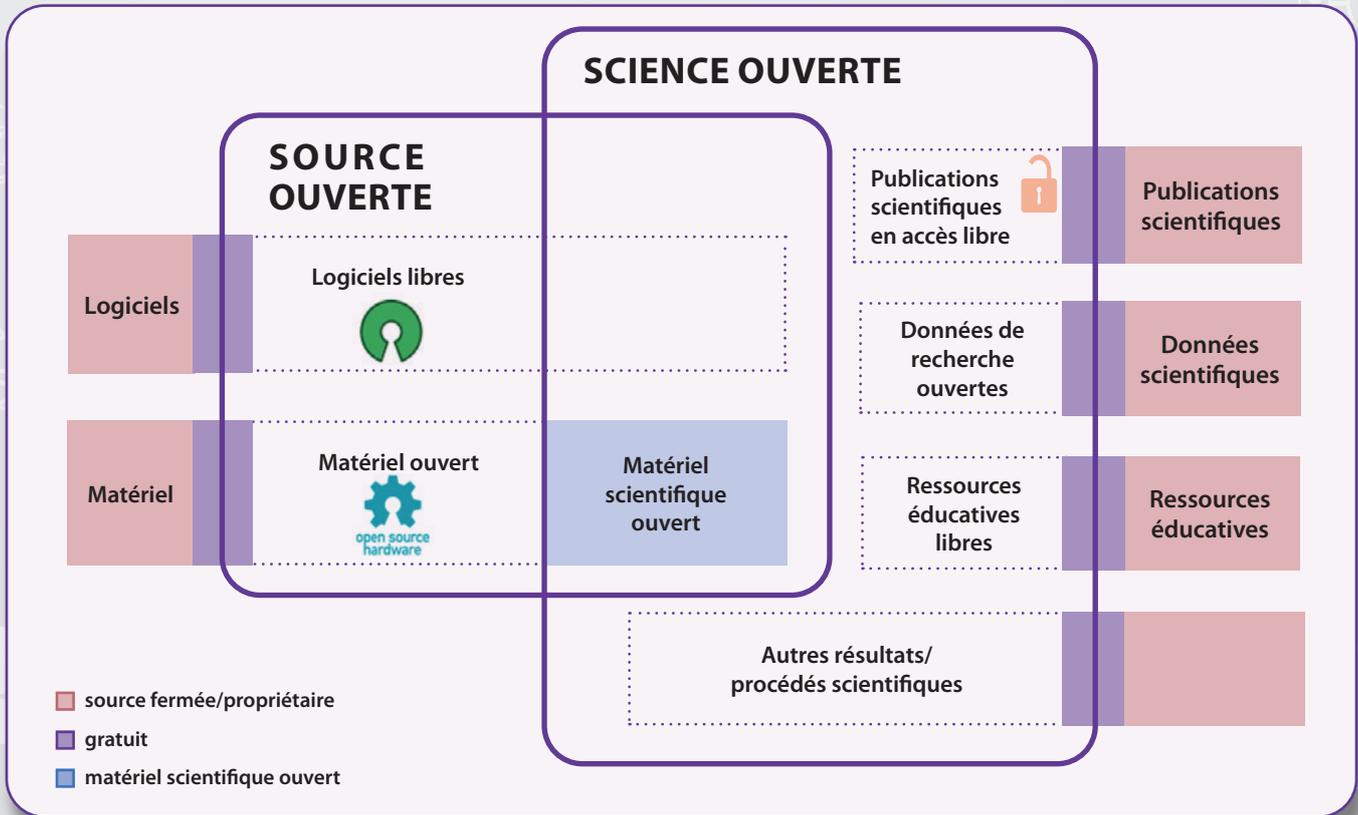
1 Voir Pearce (2020) Economic savings for scientific free and open source technology: A review. Hardware X 8:E00139, <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2020.e00139>

2 Voir l'étude sur le retour sur investissement de Pearce (2016) Return on investment for open source scientific hardware development. Science and Public Policy 43(2):192195, <https://doi.org/10.1093/scipol/scv034>





**Figure 1 : Le matériel scientifique ouvert, un sous-ensemble du matériel ouvert, joue un rôle important dans les systèmes scientifiques ouverts. Qu'ils soient ouverts ou fermés, les produits peuvent être gratuits.**



### Qui crée et entretient le matériel scientifique ouvert ?

Le matériel scientifique ouvert est apparu au cours des années 2010 comme un paradigme alternatif pour les équipements de recherche, en réponse aux problèmes posés par le matériel propriétaire, et inspiré par le succès des logiciels libres et des idées scientifiques ouvertes.

Partout dans le monde, on conçoit, on fabrique et on partage une quantité grandissante de matériels scientifiques ouverts dans de nombreux domaines, tels que l'équipement médical, la surveillance de l'environnement, l'automatisation des laboratoires, la microscopie et la recherche en neurosciences<sup>3</sup>. De nombreux designs sont conçus par des universitaires qui ont besoin de modifier les paramètres expérimentaux pour appréhender de nouvelles questions de recherche, ou par des chercheurs nécessitant des équipements plus accessibles et mieux adaptés dans les régions à faibles ressources.

Ces communautés comprennent des éducateurs à la recherche de meilleurs outils à utiliser en classe, des innovateurs sociaux qui répondent à un besoin local, et des artistes qui travaillent au carrefour de l'art et de la science. Lorsque les designs sont adoptés et modifiés par d'autres intervenants, des communautés de pratique se forment également pour échanger des enseignements et améliorer la conception.

Le matériel scientifique ouvert est souvent développé et utilisé dans le cadre de projets scientifiques citoyens ou communautaires auxquels participent des chercheurs en sciences sociales, des organisateurs communautaires et des facilitateurs. Cette large participation est essentielle pour susciter l'adhésion et élaborer un langage commun entre les compétences et les différentes sources de savoir. Les discussions entre les utilisateurs finaux, les chercheurs et les concepteurs de matériel aboutissent à des outils conçus en commun qui correspondent mieux aux objectifs, au contexte et aux besoins d'utilisation des communautés.

<sup>3</sup> Les exemples sont de plus en plus nombreux, voir par exemple <https://www.wilsoncenter.org/sciencestack> et <https://curriculum.openhardware.space/>



Dans le contexte du matériel scientifique ouvert, la collaboration au sein de la communauté scientifique prend des formes diverses, dont voici quelques exemples :

- le Gathering for Open Science Hardware (GOSH) est l'un des principaux réseaux internationaux de praticiens et de militants dans le domaine du matériel scientifique ouvert ;
- l'Internet of Production Alliance est une organisation d'envergure mondiale qui réunit des groupes tels que GOSH et d'autres organisations communautaires spécialisées dans le matériel scientifique ouvert ;
- l'Open Source Hardware Association (OSHW) contribue à la formulation itérative de la définition d'un ensemble commun de principes relatifs au matériel ouvert.



Le développement et la diffusion du matériel scientifique ouvert représentent un effort interdisciplinaire à laquelle collaborent, entre autres, des utilisateurs finaux, des chercheurs qui apportent des connaissances spécialisées, des concepteurs de logiciel, des designers, des artistes, des ingénieurs électroniciens, des fabricants et des entreprises. Ce mouvement, qui ne cesse de prendre de l'ampleur, pourrait démocratiser l'accès à la recherche. Cependant, cette transformation ne peut aboutir sans soutien. Les dirigeants institutionnels, les investisseurs, les responsables politiques, les bibliothécaires, les gestionnaires d'espaces de création ou de laboratoires de fabrication (« fab labs »), les scientifiques citoyens et bien d'autres encore ont un rôle crucial à jouer dans le développement, l'adoption et la gestion du matériel scientifique ouvert.



### Comment tirer pleinement parti du potentiel qu'offre le matériel scientifique ouvert à la science et à la société ?



En tant que dimension intégrée de la science ouverte, le matériel scientifique ouvert peut améliorer la production des connaissances et la rendre plus équitable et plus efficace.

Le soutien qu'apporteront les institutions et les gouvernements permettra de décupler ces avantages et de contribuer à la résolution des problèmes propres à certains matériels propriétaires, à savoir, une possibilité d'utilisation insuffisante, un manque d'évolutivité et une performance médiocre. Le passage du prototype à la fabrication industrielle fait intervenir bien d'autres compétences, notamment en matière de gestion de projet, de conception pour la fabrication, d'exploitabilité, de chaîne d'approvisionnement, de certifications et

de marketing. Une part non négligeable du matériel scientifique ouvert est créé dans le contexte académique, où il demeure à l'état de prototype faute de soutien industriel. En effet, le passage au stade de la production industrielle exige des compétences diverses, généralement extra-académique, ainsi qu'un financement approprié. Il est également nécessaire d'établir des partenariats avec des entreprises pour standardiser la conception et garantir le respect des normes de sécurité et des normes techniques et environnementales.

Pour accéder aux avantages qu'offre le matériel scientifique ouvert, il est nécessaire d'obtenir le soutien institutionnel des gouvernements, des bailleurs de fonds de la science et des administrateurs d'université, tout en mobilisant la communauté de la recherche au sens large ainsi que le secteur privé. Dans un premier temps, les concepteurs et les systèmes de matériel scientifique ouvert pourraient bénéficier des initiatives suivantes :





**I. La prise en compte du matériel scientifique ouvert dans les stratégies et politiques sur la science ouverte**

En considérant le matériel scientifique ouvert comme une partie intégrante des politiques, des stratégies et des missions nationales et institutionnelles relatives à la science ouverte, les bailleurs de fonds scientifiques et les dirigeants institutionnels contribueront à promouvoir et à dynamiser les initiatives volontaires en cours visant à développer et maintenir le matériel scientifique ouvert.



La prise en compte du matériel scientifique ouvert dans les politiques sur la science ouverte favorisera en outre le suivi du matériel scientifique ouvert ainsi que l'évaluation de son impact et de ses effets bénéfiques dans les communautés locales.



**II. Le suivi et l'évaluation du matériel scientifique ouvert et de ses répercussions**

Afin d'évaluer le matériel scientifique ouvert, les chercheurs doivent être incités à conserver leurs designs dans des référentiels ou des bases de données, en mettant en place un contrôle de qualité approprié et en utilisant des licences ouvertes. Les bailleurs de fonds pourraient exiger que les conceptions financées par des fonds publics soient partagées au moyen des référentiels actuellement utilisés pour les données ouvertes et les publications scientifiques. L'application des normes de documentation ouvertes, telles que [Open Know-How](#), [DIN SPEC 3105](#) ou [REUSE](#), contribuera à garantir l'ouverture et l'interopérabilité.



En outre, les designs du matériel scientifique ouvert peuvent être conservés et partagés dans des référentiels mondiaux fiables, comme ceux que soutient la [Digital Public Goods Alliance](#). Les créateurs et les gestionnaires peuvent rendre accessibles les designs du matériel scientifique ouvert en favorisant une meilleure compréhension et l'adoption de protocoles et de normes ouverts.



La diversité des concepteurs et des collaborateurs étant essentielle à la création de modèles adaptés aux contextes locaux, il serait souhaitable que le cadre de suivi porte également sur le type et les caractéristiques des concepteurs et collaborateurs dans le domaine du



matériel scientifique ouvert ainsi que sur l'évaluation des membres de la communauté qui créent et utilisent le matériel scientifique ouvert.



**III. Le renforcement de la demande de matériel scientifique ouvert grâce à des mécanismes de financement et d'approvisionnement**

Les designs ouverts réutilisables ont le potentiel d'amplifier considérablement l'effet des investissements en faveur de la recherche. Pour maximiser le retour sur investissement, les organismes de financement de la recherche pourront privilégier le matériel scientifique ouvert, voire l'imposer, dans les procédures d'octroi de subventions et d'achat. Cela peut passer, par exemple, par une incitation à utiliser le matériel scientifique ouvert fabriqué localement dans le cadre de projets scientifiques citoyens, plutôt que d'importer du matériel fermé provenant d'ailleurs. Les critères d'approvisionnement peuvent imposer divers degrés d'ouverture lorsque le matériel scientifique est acquis dans le cadre d'une recherche subventionnée, démarche qui permettra de mieux faire connaître le matériel scientifique ouvert et de favoriser son adoption.



**IV. La reconnaissance du travail des concepteurs et des responsables de la maintenance**

Selon les systèmes actuels d'évaluation professionnelle, dans le milieu académique notamment, le travail effectué par les concepteurs du matériel scientifique ouvert et les responsables de sa maintenance, tels que les personnes qui contribuent à la conception ouverte et les chercheurs en début de carrière, n'est pas reconnu et ne fait l'objet d'aucun suivi. Les chercheurs ne peuvent donc tirer profit de leur travail que lorsque les inventions auxquelles ils contribuent sont brevetées ou accessibles sous licence propriétaire. Malgré les coûts de dépôt et de maintien qu'ils entraînent, les brevets restent une solution privilégiée de transfert des technologies issues de la recherche universitaire<sup>4</sup>. Les chercheurs sont incités à garder le secret sur leurs inventions, même lorsque celles-ci ne sont pas considérées comme étant brevetables, au cas où une conception pourrait être considérée rentable à l'avenir.



Les contributions au matériel scientifique ouvert peuvent être incorporées dans l'évaluation

4 Voir Geuna et Nesta (2006) University patenting and its effects on academic research: The emerging European evidence. *Research Policy* 35:790807, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.04.005>





institutionnelle. Pour exploiter pleinement le potentiel du matériel scientifique ouvert et la liberté qu'il offre en matière de réutilisation des designs, il convient également d'encourager la possibilité de travailler à partir de designs existants au lieu d'en créer de nouveaux. Les bailleurs de fonds et les dirigeants dans le domaine scientifique peuvent soutenir le matériel scientifique ouvert en reconnaissant que les licences de matériel scientifique ouvert constituent un procédé de transfert technologique légitime, socialement responsable et rentable. Ils permettraient ainsi aux concepteurs de donner une plus grande visibilité à leur travail de création ou de contribution à des designs de matériel scientifique ouvert. Les institutions de recherche seraient en outre en mesure de suivre les travaux en cours qui, même peu connus, sont susceptibles de produire un fort impact.

#### V. Le soutien au développement de centres de service basés sur le matériel scientifique ouvert

Aptes à tirer parti des capacités existantes en fabrication numérique dans les pays à revenu faible ou intermédiaire, les centres de service peuvent contribuer utilement aux efforts de renforcement des capacités de recherche. Ces centres ont pour rôle de tenir à jour des bases de données dans le domaine des équipements de recherche, des pièces détachées et des consommables disponibles à l'échelle locale, tout en harmonisant la documentation dans les langues locales et en gérant une bibliothèque de designs pertinents de matériel scientifique ouvert. Les bailleurs de fonds scientifiques peuvent soutenir la création de centres organisés selon un modèle autonome basé sur la fourniture de services de conseil, de conception et de formation des chercheurs.

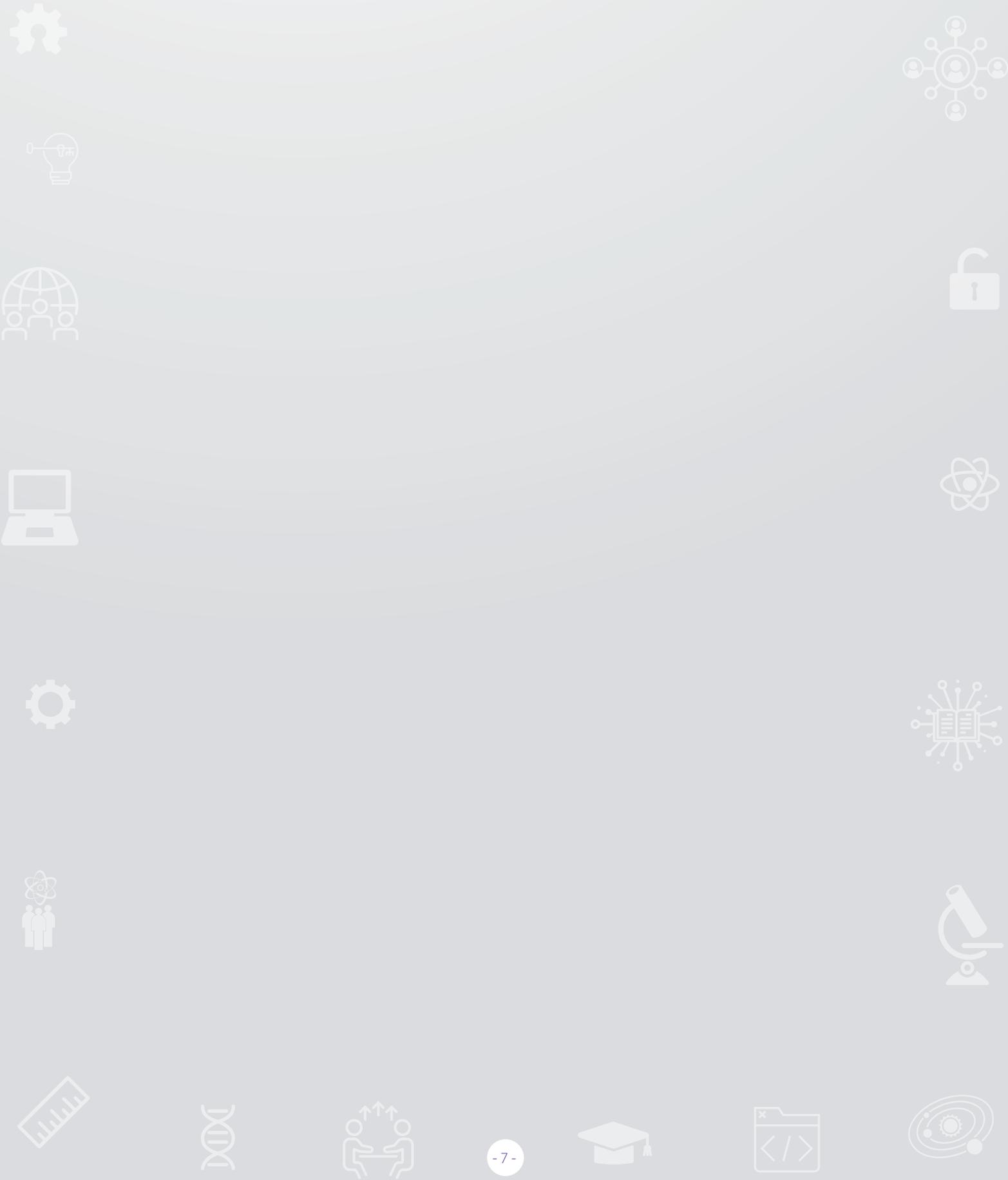
#### VI. Le renforcement des capacités dans le domaine du matériel scientifique ouvert

La formation au matériel scientifique ouvert devrait faire partie de la formation des chercheurs sur la science ouverte et tirer parti des ressources existantes<sup>5</sup>. Le renforcement des capacités peut notamment s'appuyer sur les approches suivantes :

- » faire connaître le matériel scientifique ouvert aux étudiants et aux chercheurs travaillant dans le domaine des STIM, en offrant aux concepteurs de matériel des possibilités de soutien et de tutorat sur l'adoption de licences ouvertes ;
- » donner aux bureaux de transfert de technologie une formation sur l'utilisation des licences de matériel ouvert ;
- » aider les scientifiques utilisateurs de matériel à comprendre l'intérêt que revêt le matériel scientifique ouvert, notamment pour se fournir en équipements de recherche (et ce d'autant plus que les mécanismes de financement privilégient les produits ouverts dans des procédures d'approvisionnement, voir ci-dessus) ;
- » sensibiliser à l'intérêt que revêt le matériel scientifique ouvert au-delà des STIM, pour les sciences sociales, les arts et les sciences humaines ; et
- » former les bibliothécaires au matériel scientifique ouvert afin de faciliter les relations entre les concepteurs et les utilisateurs potentiels des outils de matériel scientifique ouvert au sein des institutions.

Les initiatives proposées ici représentent un premier pas pour donner au matériel scientifique ouvert une plus grande place dans l'écosystème de la recherche. Il est essentiel de surveiller sans relâche l'adoption du matériel scientifique ouvert et de mener des analyses régulières afin d'améliorer les politiques en vigueur ou d'en élaborer de nouvelles pour contribuer au développement du matériel scientifique ouvert. Lors de l'élaboration et de la mise en œuvre des politiques sur le développement du matériel scientifique ouvert ou d'autres initiatives dans le cadre de l'application de la Recommandation sur une science ouverte, les responsables politiques devront également tenir compte des recherches menées en dehors du contexte académique.

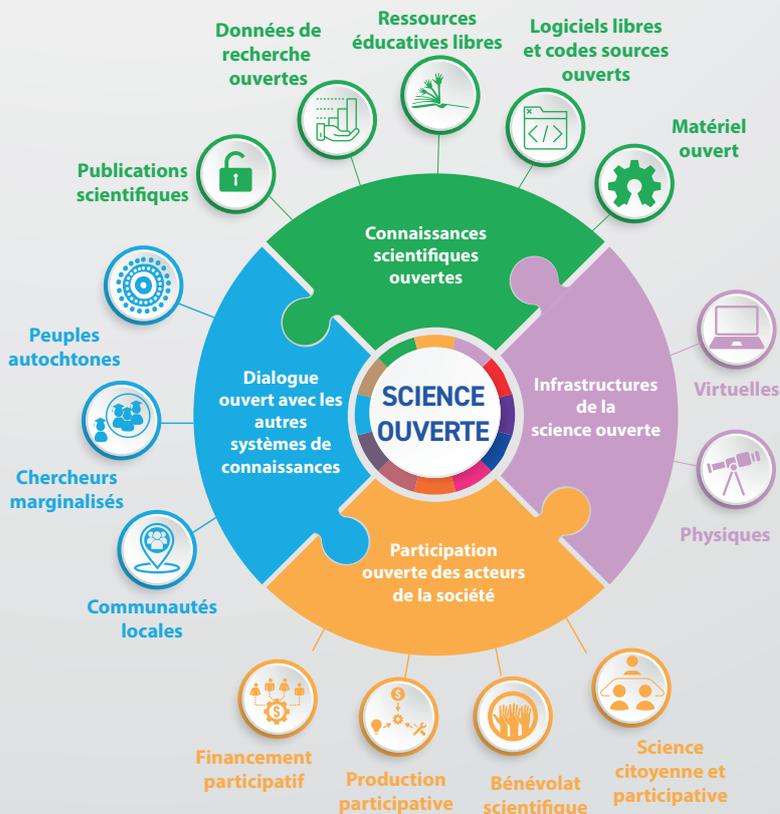
<sup>5</sup> Pour des exemples, voir les listes de matériel ouvert de l'UNESCO Open Science Capacity Building Index, <https://www.unesco.org/en/open-science/capacity-building-index>





### Recommandation de l'UNESCO sur une science ouverte en un coup d'œil

La Recommandation sur une science ouverte – premier instrument normatif international relatif à la science ouverte – a été adoptée en novembre 2021 par 193 pays lors de la Conférence générale de l'UNESCO, à sa 41e session. Elle énonce une définition de la science ouverte établie au niveau international ainsi qu'un ensemble commun de valeurs et de principes directeurs en la matière. Elle propose également un ensemble d'actions favorisant une mise en place juste et équitable de la science ouverte pour tous, aux niveaux individuel, institutionnel, national, régional et international.



### SCIENCE OUVERTE



### DOMAINES D'ACTION

