

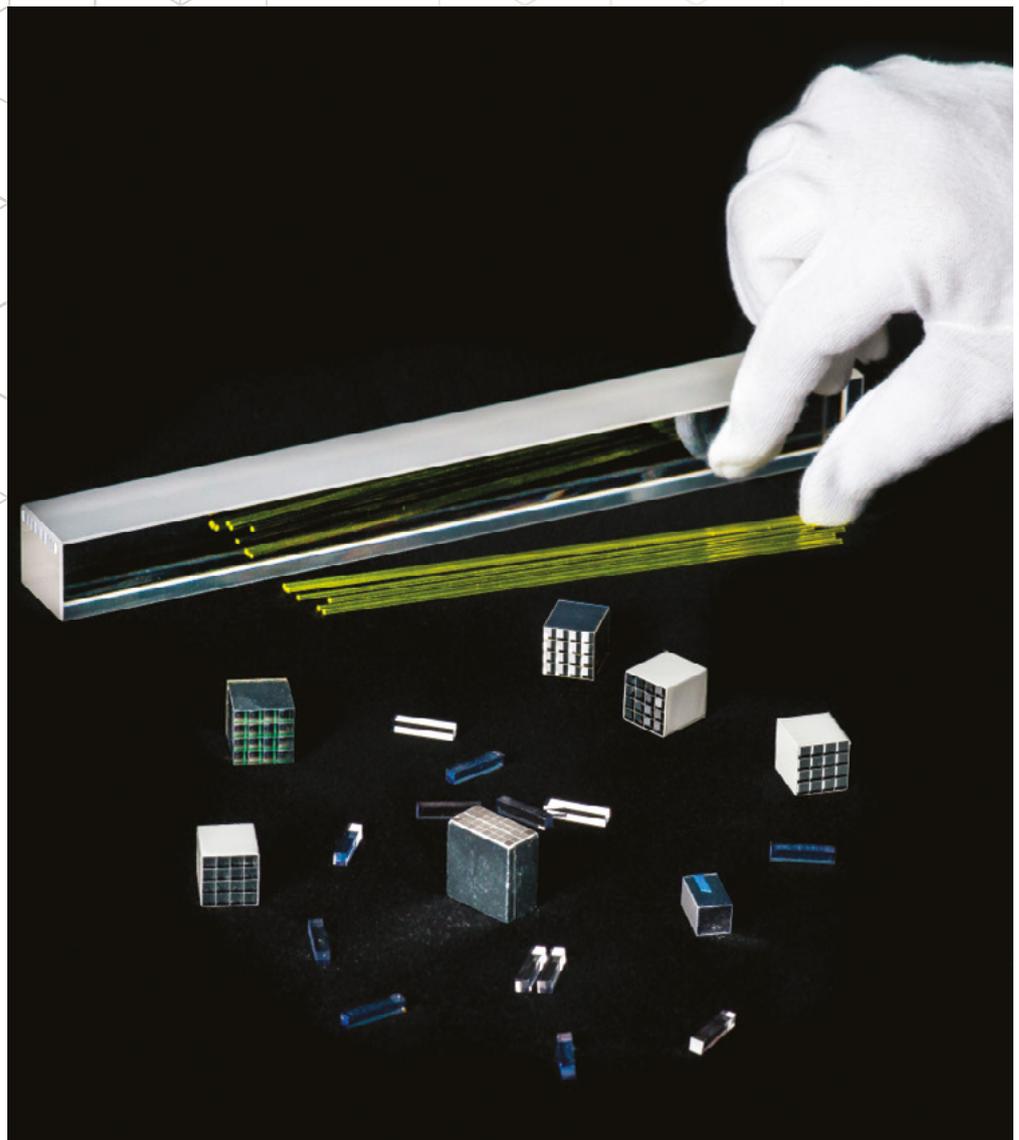
# REPOUSSER LES FRONTIÈRES DES TECHNOLOGIES

*Pour mener des recherches aux frontières de la connaissance, les scientifiques du CERN imaginent et développent des technologies et des processus de pointe, qui peuvent être réutilisés dans d'autres domaines. Le CERN entretient des liens étroits avec l'industrie pour que celle-ci bénéficie de ses dernières innovations. Le transfert de connaissances - transfert de technologies et de savoir-faire vers la société - est une mission importante du Laboratoire.*

*Cette image montre des cristaux scintillants développés pour la physique des hautes énergies (à l'arrière-plan) et pour l'imagerie médicale (petits cristaux et matrices au premier plan) dans le cadre de la collaboration Crystal Clear et du projet européen FP7 EndoTOFPET-US.*

*Crystal Clear, qui a célébré son 25<sup>e</sup> anniversaire en 2016, a été créée pour développer de nouveaux cristaux scintillants pour les expériences LHC. Ses travaux ont bénéficié non seulement à la physique des particules, mais aussi à l'imagerie médicale et à d'autres applications industrielles.*

*Aujourd'hui, Crystal Clear développe de nouveaux prototypes de détecteurs à base de cristaux scintillants à la fois pour la physique des hautes énergies et pour l'imagerie médicale, en particulier la tomographie par émission de positons (TEP). (OPEN-PHO-TECH-2017-005-4)*



## DES CHAMPS D'APPLICATION MULTIPLES : DU MÉDICAL À L'AÉROSPATIALE

Le savoir-faire du CERN porte essentiellement sur trois domaines techniques (accélérateurs, détecteurs et informatique), qui recouvrent de nombreux champs de compétences : cryogénie, ultravide, trajectographie, surveillance des rayonnements ou encore supraconductivité, pour n'en citer que quelques-uns. Ces technologies, et les compétences humaines associées, ont des retombées positives sur la société dans de nombreux domaines : technologies médicales et biomédicales, aérospatiale, sécurité, environnement, industrie 4.0 (y compris la robotique et l'Internet industriel des objets).

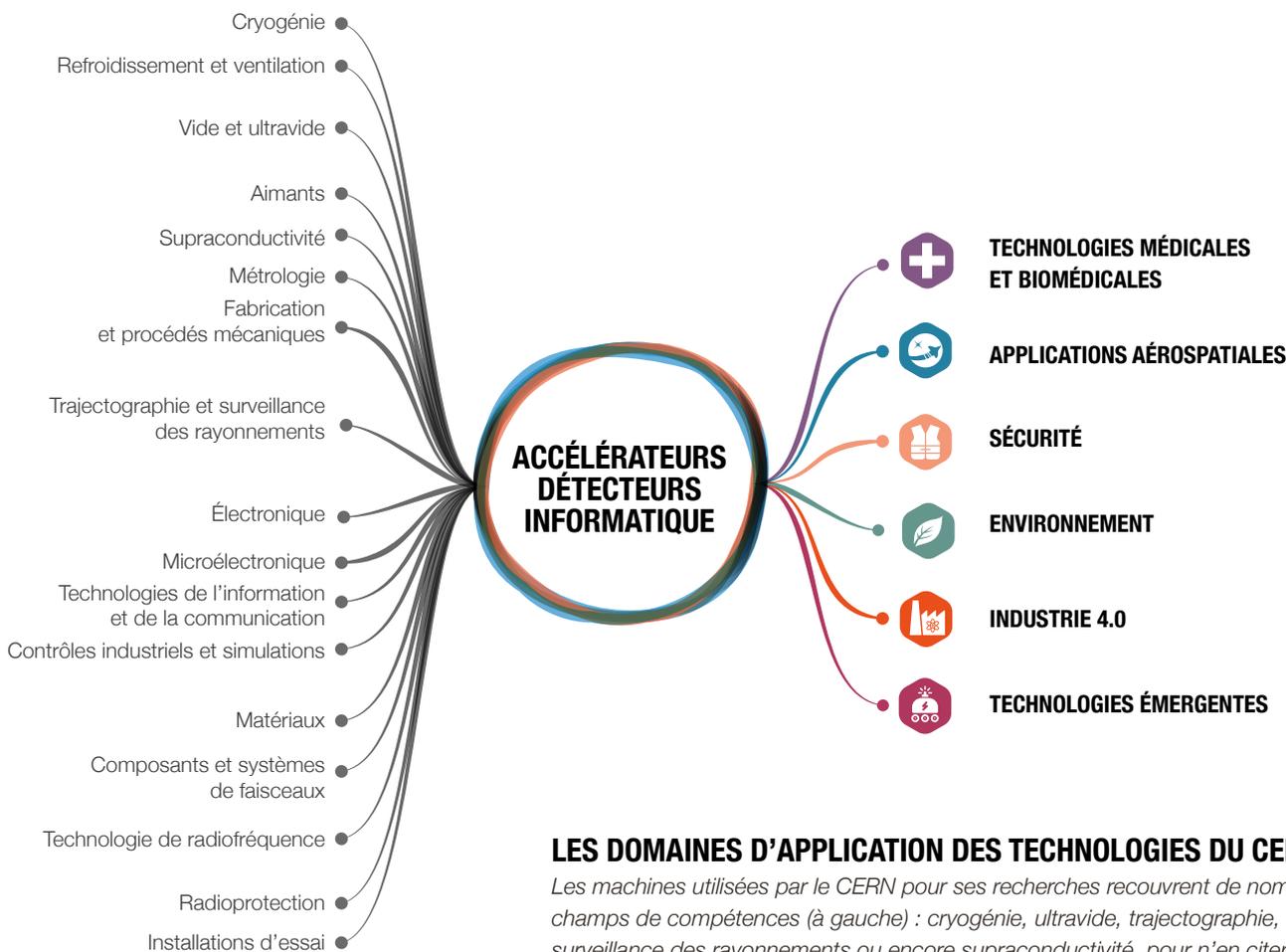
En 2016, la contribution du CERN aux **technologies médicales et biomédicales** a été considérablement renforcée par la définition d'axes stratégiques et la mise en place d'une nouvelle structure organisationnelle. En collaborant étroitement avec la communauté médicale et les États membres et États membres associés, le CERN fait en sorte de fournir des solutions adaptées aux besoins des utilisateurs.

L'année 2016 a été trépidante pour MedAustron, une installation située en Autriche, qui utilise un accélérateur pour générer des faisceaux d'ions destinés à la cancérologie et à la recherche. L'accélérateur a fonctionné nuit et jour depuis janvier et, en septembre, a reçu l'agrément pour la

clinique ambulatoire. Le premier traitement médical a eu lieu le 14 décembre. La clinique devrait être entièrement opérationnelle d'ici à 2020, avec un millier de traitements environ prévus par an. Le CERN a largement contribué à l'élaboration et à la construction du système d'accélération de MedAustron.

En 2016, le CERN et l'Université de Bath ont lancé un nouveau logiciel *open source* pour l'imagerie médicale. Ce logiciel, qui permet la reconstruction rapide et précise de radiographies 3D, pourra être utilisé pour le diagnostic et le traitement du cancer. Il offre un moyen très simple et abordable d'améliorer la qualité des images tout en réduisant potentiellement l'exposition du patient aux rayonnements. Il utilise la tomographie volumique à faisceau conique, une technique de balayage qui permet d'obtenir des radiographies 2D, puis de les assembler pour former une image en 3D. Baptisé TIGRE (*Tomographic Iterative GPU-based Reconstruction*), il est disponible sur GitHub. La collaboration espère que le code source libre du logiciel permettra aux chercheurs et aux cliniciens de travailler ensemble.

Pour soutenir les **applications aérospatiales**, le CERN développe un réseau de partenariats avec des agences spatiales, l'industrie, des universités et des organisations internationales. En juin, le Laboratoire a notamment signé un accord avec le *Swiss Space Center* (SSC). Il peut ainsi bénéficier du savoir-faire du SSC dans le domaine des activités spatiales, ainsi que d'un vaste réseau en



### LES DOMAINES D'APPLICATION DES TECHNOLOGIES DU CERN

Les machines utilisées par le CERN pour ses recherches recouvrent de nombreux champs de compétences (à gauche) : cryogénie, ultravide, trajectographie, surveillance des rayonnements ou encore supraconductivité, pour n'en citer que quelques-uns. Ces technologies ont des retombées positives sur la société dans de nombreux domaines (à droite).



Le nouveau centre de thérapie hadronique MedAustron en Autriche est devenu opérationnel en 2016. Son synchrotron a été développé en collaboration avec le CERN.

Suisse, ce qui facilite le transfert de ses technologies et de ses compétences vers l'aérospatiale. En septembre, un mémorandum d'accord a été signé entre le CERN et le consortium Euclid, conférant à la mission spatiale Euclid le statut d'expérience reconnue par le Laboratoire. Cette mission spatiale européenne, dont le but est d'étudier la nature de la matière noire et l'énergie noire, a officiellement choisi le système de partage de fichiers par machine virtuelle du CERN pour ses neuf centres de données. Appelé CernVM-FS, ce système a été conçu par des chercheurs du CERN pour partager efficacement des logiciels et des codes représentant de grands volumes de données. Actuellement, des expériences de physique des hautes énergies l'utilisent aussi pour distribuer 350 millions de fichiers.

Depuis 2016, le CERN participe au projet de recherche FOSS4I (*Fiber Optic Sensor Systems for Irrigation*), source d'**applications environnementales**. Ce projet vise à concevoir un système d'irrigation optimisé à partir de technologies mises au point pour la physique des hautes énergies. Des capteurs à fibres optiques destinés à mesurer des paramètres tels que la température, l'humidité ou la présence d'engrais dans le sol de champs cultivés permettront d'imaginer une agriculture plus durable, grâce à des économies d'eau, un rendement des cultures accru et une utilisation moindre de pesticides et d'engrais. Les capteurs d'humidité à fibres optiques sont inspirés de ceux de l'expérience CMS. L'une des particularités de ce projet est sa démarche ouverte : le matériel sera mis à disposition sous licence de matériel libre (*Open Hardware License*), et les logiciels seront publiés sous licence *open source*. Le programme de recherche a été lancé par l'UKLTH (*UK Lebanon Tech hub*). Dans le cadre de son engagement en faveur du transfert de connaissances, le CERN dirigera le projet et fournira un appui continu après son lancement.

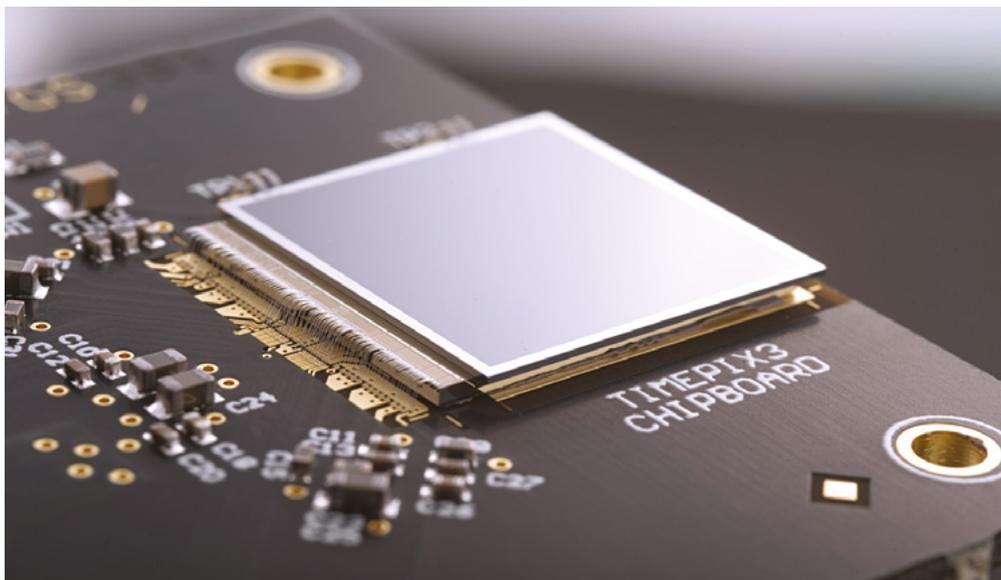
**L'industrie 4.0** est la nouvelle tendance de « super-automatisation » de l'industrie, souvent associée à des capteurs connectés, des robots autonomes et des technologies de gestion de données massives. La jeune entreprise Terabee, qui utilise la technologie des capteurs

du CERN, a commencé à fournir des services d'inspection et d'imagerie aériennes à l'aide de drones. Après une collaboration fructueuse avec le CERN, où les capteurs étaient utilisés afin de garantir la sûreté des opérations dans les environnements complexes du LHC, l'entreprise développe désormais ses capteurs. En 2016, elle a remporté, entre autres, la première place dans la catégorie « Automatisation » du prestigieux concours *Startup World* au salon *Automatica*.

## ACCÉLÉRATEUR D'INNOVATION

L'innovation peut être un processus naturel, dans le sens où une nouvelle idée ou technologie finit par se transformer en nouveau besoin ou produit. Ce processus peut aussi être accéléré grâce à des recherches actives. Dans cette optique, le CERN investit dans de nombreuses activités via son groupe Transfert de connaissances, qui propose des conseils, un appui, des formations, des réseaux, des séminaires et des infrastructures afin de faciliter le transfert du savoir-faire du CERN vers l'industrie, puis la société. En 2016, le CERN a été cité comme exemple d'initiative régionale réussie dans le rapport de l'Indice mondial de l'innovation (GII), publié par l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI), l'Université de Cornell et l'INSEAD. Plusieurs séminaires sur le transfert de connaissances, mettant en avant les retombées du CERN pour la société, peuvent également être visionnés gratuitement sur le web.

**Le Fonds pour le transfert de connaissances du CERN** sélectionne des projets innovants pouvant avoir un impact positif sur la société. Au cours des six dernières années, il est devenu un outil incontournable pour créer des liens entre la recherche et l'industrie. À ce jour, 38 projets ont été financés et 21 ont été menés à bien dans de nombreux domaines. En tout, 17 accords de transfert de connaissances ont été conclus avec l'industrie et des instituts de recherche. Au-delà de son rôle de soutien à l'innovation, le Fonds pour le transfert



*La puce Timepix3 est un détecteur à pixels hybride polyvalent, élaboré dans le cadre des collaborations Medipix, qui trouve des applications dans l'imagerie médicale, l'enseignement, la dosimétrie spatiale et l'analyse de matériaux. Développés à l'origine pour les expériences LHC, les détecteurs Medipix sont un bel exemple de technologie inventée au CERN ayant des retombées pour la société.*

*(CERN-PHOTO-201702-048-4)*

de connaissances a aussi contribué au développement du capital humain. Des étudiants et jeunes professionnels ont acquis une expérience orientée vers l'industrie. Aujourd'hui, ils poursuivent leur carrière dans la recherche fondamentale ou appliquée, ou dans l'industrie. Une autre étape importante a été franchie en 2016 : deux projets cofinancés par la Commission européenne, AIDA-2020 et ARIES, ont intégré un « fonds de validation de principe » inspiré du Fonds pour le transfert de connaissances du CERN.

En 2016, le CERN a financé six nouveaux projets mettant ses technologies au service de nombreux domaines : diagnostics de cancers, aérospatiale, informatique en nuage nouvelle génération, radioprotection et préservation numérique.

Après avoir conclu avec succès sa première phase, l'initiative **SCOAP3** sur le libre accès en physique des particules a été reconduite pour une nouvelle période de trois ans. L'initiative, menée par le CERN, met à la disposition de tous des articles scientifiques, sans coût direct pour les auteurs et les lecteurs. Depuis son lancement en 2014, elle a permis de mettre à la disposition de tous 13 500 articles rédigés par environ 20 000 scientifiques de 100 pays. Cette réussite a été rendue possible grâce à 3 000 bibliothèques réparties dans 43 pays, qui ont alloué au projet les fonds auparavant alloués à leur abonnement aux revues. Huit organismes de financement apportent également leur appui. D'après les éditeurs participants, les téléchargements d'articles ont doublé depuis le début de l'initiative.

Voilà déjà deux ans qu'**IdeaSquare** encourage des équipes pluridisciplinaires d'étudiants de niveau master à présenter de nouvelles idées utiles à la société inspirées par des projets de R&D sur les détecteurs. Cette année, IdeaSquare a organisé ou accueilli plus de 80 manifestations, parmi lesquelles des ateliers de transfert de connaissances, des cours sur l'innovation et des hackatons. Un journal en ligne a été créé, dans lequel sont répertoriés les projets liés à l'éducation et l'innovation afin d'évaluer leur impact sociétal à long terme.

## BÂTIR UNE CULTURE DE L'ENTREPRENEURIAT

Le CERN a continué à développer une culture d'entrepreneuriat. Parmi les nombreuses idées, on retiendra le réseau de centres d'incubation d'entreprises et l'organisation de rencontres et séminaires sur l'entrepreneuriat, où les nouveaux chefs d'entreprises partagent leurs idées et expériences avec des spécialistes. Le CERN a mis en place un réseau de centres d'incubation d'entreprises dans ses États membres afin d'aider les entrepreneurs et petites entreprises technologiques à commercialiser les technologies et le savoir-faire du CERN. En juin, l'Organisation a signé son neuvième accord pour la création d'un centre d'incubation avec l'Institut national italien de physique nucléaire (INFN). Actuellement, 18 jeunes entreprises et entreprises dérivées utilisent des technologies du CERN. En 2016, 23 jeunes entreprises se sont dites intéressées à intégrer six des centres d'incubation existants.

## COLLABORATIONS

Le CERN s'engage auprès d'organisations internationales, établit un réseau de partenariats et participe aux activités de transfert de connaissances pour plusieurs projets cofinancés par la Commission européenne. Le Laboratoire fait partie de plusieurs réseaux de transfert de connaissances, tels que l'EIROforum, qui chapeaute huit organisations internationales de recherche.

Le CERN poursuit ses activités collaboratives dans le cadre de projets cofinancés par la Commission européenne. Sur les 12 nouveaux projets sélectionnés pour des financements en 2016, deux sont coordonnés par le CERN : ARIES, vaste activité d'intégration axée sur la science et la technologie des accélérateurs et centrée sur les applications industrielles et sociétales, et RADSAGA, un réseau de formation Marie Skłodowska-Curie axé sur l'électronique utilisée dans l'espace, l'aviation, au sol et dans les accélérateurs.