

AVEC LE SOUTIEN DE  FONDATION POUR GENÈVE

Le CERN au cœur d'avancées contre le cancer

SANTÉ A l'occasion de la remise du Prix de la Fondation pour Genève à sa directrice générale, Fabiola Gianotti, focus sur le CERN. À commencer par sa collaboration avec le monde médical, lancée il y a plus de 50 ans. Aujourd'hui, les applications sont nombreuses, de la médecine nucléaire à la thérapie flash

SYLVIE LOGEAN
X @syvioletgean

Peut-être avez-vous en tête cette image devenue iconique d'une main dont on ne perçoit que les os ou presque, parée de deux bagues à l'annulaire gauche. Le cliché date de la fin du XIX^e siècle et représente l'une des toutes premières radiographies effectuées. Celle de la paluche gauche d'Albert von Kölliker, médecin anatomiste zurichois.

Découverts le 8 novembre 1895 par Wilhelm Röntgen, professeur à l'Université de Wurzburg en Allemagne, les rayons X provoquent non seulement un engouement immédiat au sein de la communauté scientifique internationale, mais symbolisent aussi la première incursion concrète de la physique dans le milieu médical.

«Certains isotopes produisent de hautes énergies et ont la caractéristique de détruire les tissus cancéreux dans lesquels ils s'accumulent»

VALENTINA GARIBOTTO, MÉDECINE-CHEFFE DU SERVICE DE MÉDECINE NUCLÉAIRE ET IMAGERIE MOLÉCULAIRE DES HUG

Et autant dire que le lien ténu entre les deux disciplines ne s'est pas arrêté là. Qu'il s'agisse de radiothérapie, d'imagerie par résonance magnétique ou encore de radiopharmaceutique, la physique – et notamment la physique des particules – soutient bon nombre d'innovations médicales, dont certaines sont directement issues de la collaboration étroite

entre hôpitaux, médecins et physiciens du CERN, à Genève.

Pour en dire plus sur cette collaboration, le cas de l'oncologie est sans doute l'un des exemples les plus frappants. À commencer par l'amélioration de ce que l'on appelle l'imagerie par émission de positrons (TEP ou PET-scan en anglais), aujourd'hui devenue un outil courant en clinique pour détecter tumeurs et métastases.

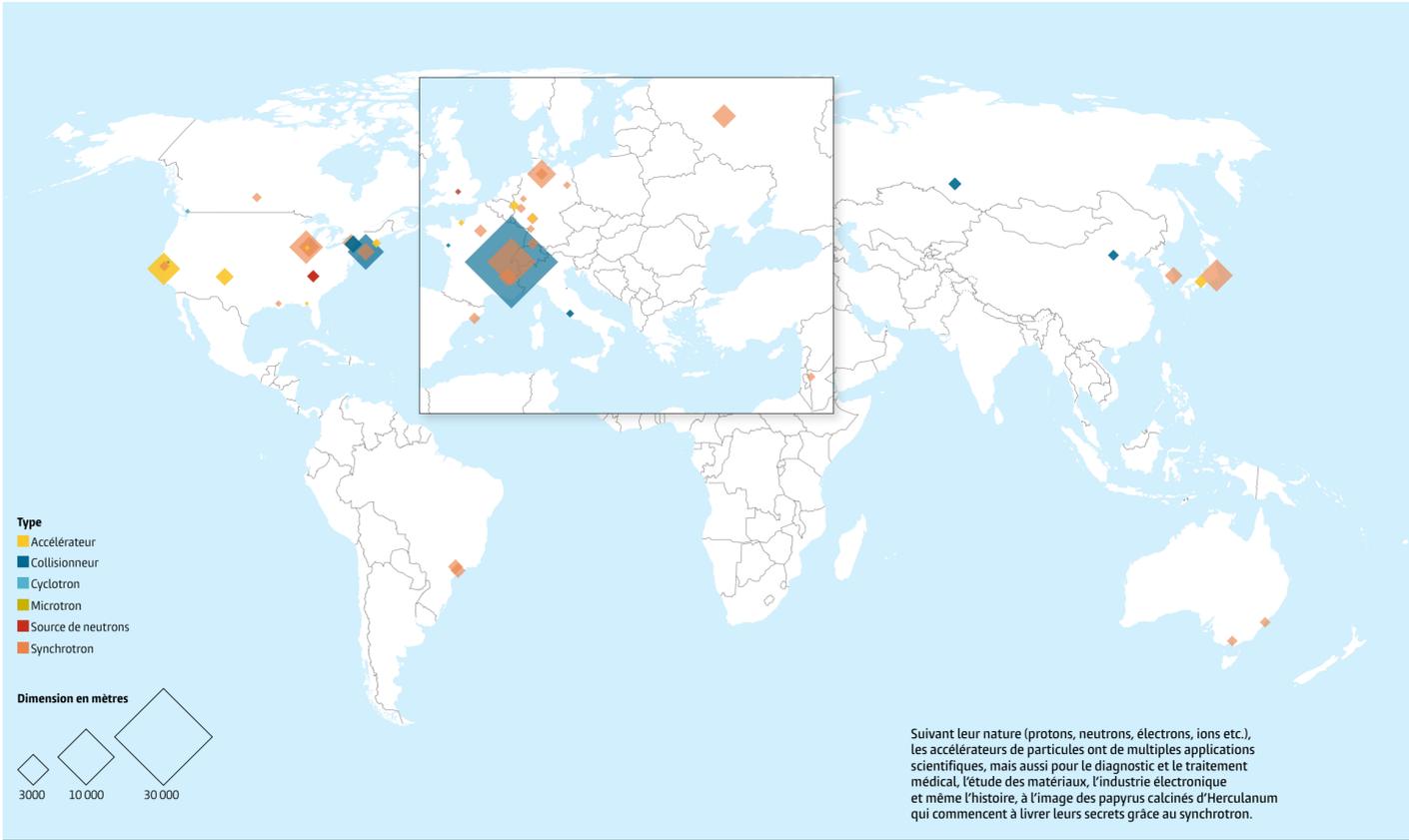
Flash-back dans les années 1980. Le professeur Antoine Geissbühler, doyen de la Faculté de médecine de l'Université de Genève et directeur de l'enseignement et de la recherche aux Hôpitaux universitaires de Genève (HUG), est encore étudiant en médecine lorsqu'il découvre un emploi au service de médecine nucléaire des HUG. Celui qui est déjà un passionné de programmation informatique est à mille lieues d'imaginer que cet engagement va lui permettre de collaborer avec deux physiciens de renom: Georges Charpak, récipiendaire du Prix Nobel en 1992 pour son invention de la chambre proportionnelle multifils – un détecteur d'un genre nouveau capable d'enregistrer des millions de trajectoires de particules par seconde –, et David Townsend, reconnu pour ses travaux novateurs sur l'imagerie par TEP et, plus tard, pour son invention du PET-CT, une combinaison d'une caméra TEP et d'un scanner à rayons X.

Un diagnostic hyperprécis

«Des physiciens du CERN – dont David Townsend – ont eu l'idée d'utiliser la technologie développée par Georges Charpak afin de détecter des rayonnements électromagnétiques dans le cadre du PET-scan», décrit le médecin genevois. Résultat: des images de plus grande qualité tout en diminuant la dose de rayonnement nécessaire. Et une technologie qui fait très rapidement son incursion à l'hôpital, notamment aux HUG. «La collaboration entre le CERN et les Hôpitaux universitaires de Genève a duré une dizaine d'années afin de continuer à développer ces outils, se rappelle Antoine Geissbühler. C'est un exemple de réussite de transfert

DES ACCÉLÉRATEURS DE TOUTES TAILLES

Sélection de 60 installations. Il existe près de 1500 cyclotrons, 30 000 accélérateurs/collisionneurs de particules, 147 sources de neutrons et 60 synchrotrons.



Carte et textes: Denis Delbecq - Le Temps | Source: AIEA et institutions gestionnaires

de technologie vers la médecine et cela est devenu une *success story* majeure dans le monde de l'imagerie médicale.»

Restons du côté des détecteurs de particules, mais cette fois pour aborder de récentes avancées dans le domaine de la médecine nucléaire. L'objectif: utiliser de petites quantités de radio-isotopes dans le but de diagnostiquer et traiter les cancers. Les radio-isotopes sont des isotopes d'éléments chimiques qui présentent une instabilité nucléaire, à savoir qu'ils se désintègrent spontanément en émettant de la radioactivité. Certains possèdent une durée de vie de quelques fractions de seconde, d'autres de quelques milliards d'années.

Près de 1300 isotopes différents de 73 éléments chimiques sont produits au CERN. De leurs côtés, les HUG possèdent leur propre cyclotron, un petit accélérateur permettant de produire

des radio-isotopes à des fins diagnostiques. «L'idée est d'utiliser une molécule, comme du glucose, et de marquer cette dernière avec des radio-isotopes en produisant un radiopharmaceutique qu'on injectera chez le patient, explique la professeure Valentina Garibotto, médecin-chef du service de médecine nucléaire et imagerie moléculaire des HUG. L'une des caractéristiques fascinantes et uniques de cette technique est que l'on peut voir toutes les interactions entre le radiopharmaceutique et les molécules du corps qu'il cible, sans que cela génère de dégâts sur les tissus sains.»

Bombarder les tumeurs

Pourquoi cette technique est-elle intéressante en oncologie? «Les sites tumoraux, comme d'ailleurs les infections, ont une consommation augmentée de glucose, répond la médecin. On

peut ainsi voir de toutes petites lésions et diagnostiquer très tôt des tumeurs qu'on ne verrait pas avec d'autres techniques.» Aujourd'hui, des dizaines de radiopharmaceutiques diagnostiques sont utilisés couramment en clinique, notamment pour le cancer de la prostate, de la thyroïde ou du sein.

Par ailleurs, les radiopharmaceutiques sont aussi étudiés pour leurs propriétés thérapeutiques. «Des publications ont montré l'avantage de cette approche en comparaison avec l'immunothérapie ou la chimiothérapie. Des études à large échelle sont en cours et encourageantes pour une utilisation dans des phases plus précoces de la maladie», conclut Valentina Garibotto.

Depuis 2017, le projet du CERN appelé Medicis (pour Medical Isotopes Collected from Isotopes) fédère une collaboration internationale incluant des

hôpitaux romands et d'autres instituts européens, et vise à élaborer des radio-isotopes ayant un profil d'émission idéal pour un usage médical. «Nous produisons des isotopes pour la recherche nucléaire depuis plus de cinquante ans et il arrive que certains d'entre eux présentent des caractéristiques très intéressantes pour la médecine, notamment pour de nouvelles thérapies ciblées, retrace Manuela Cirilli, responsable des applications médicales au CERN dans le groupe de transfert de technologie. L'industrie ne peut se permettre de mener ce type de démarches sans avoir des perspectives commerciales déjà clairement identifiées, car cela pourrait s'avérer très coûteux, raison pour laquelle le CERN agit comme un pont. Nous n'avons pas pour vocation de réaliser une production industrielle de ces isotopes, mais

peutons apporter la technologie à des institutions capables de prendre la relève pour les produire à l'échelle nécessaire.»

Des radiations courtes mais puissantes

Passons à présent du côté des accélérateurs de particules. L'évocation de ce terme fait immédiatement penser au grand collisionneur de hadrons (LHC) avec ses 27 kilomètres de circonférence. Pourtant, il existe aussi des accélérateurs de taille plus modeste, qui pourraient être modifiés pour dispenser des radiothérapies à l'hôpital.

Le principe – détruire les cellules cancéreuses en les exposant à des doses élevées de radiation – est connu de longue date. Mais il pourrait bien s'avérer encore plus performant à l'avenir. La professeure Marie-Catherine Vozenin, cheffe du secteur Radio-oncologie et Radiobiologie des HUG, est l'une des pionnières – avec Vincent Favaudon de l'Institut Curie à Paris – de ce que l'on appelle la radiothérapie Flash. Le principe de ce concept, découvert il y a une dizaine d'années, est d'irradier les tumeurs en un temps ultracourt, ce qui permet de réduire les dommages sur les tissus situés à proximité.

«Si l'on pouvait augmenter les doses délivrées en radiothérapie standard, il serait possible d'éradiquer toutes les tumeurs», décrit Marie-Catherine Vozenin. Malheureusement, cela a pour corollaire d'induire une toxicité sur les tissus sains. C'est actuellement la principale limite de la radiothérapie. Avec le Flash, nous avons pu montrer, lors d'études sur la souris, qu'il était possible de réduire ces complications en utilisant des faisceaux capables de délivrer des doses dans une temporalité de l'ordre de la milliseconde, contre plusieurs minutes avec la méthode conventionnelle.»

En collaboration avec le CERN – et son accélérateur de particules appelé Clear – la chercheuse et son équipe ont encore réussi à gagner davantage en vitesse et en efficacité, avec des doses d'irradiations administrées en quelques nanosecondes (un milliardième de seconde), et même en une picoseconde (un billionième de seconde). «Les tissus sains arrivent à gérer ce rayonnement très rapide, mais pas les tumeurs qui sont détruites», ajoute Marie-Catherine Vozenin.

Des études de faisabilité sont actuellement conduites sur des animaux patients, notamment auprès de chats traités à l'école vétérinaire de Zurich pour des tumeurs de mauvais pronostic. «Les expériences montrent une très bonne efficacité antitumorale pour tous les types de tumeurs, et une protection pour tous les types de tissus sains, observe la chercheuse. Néanmoins, on constate aussi, dans certains cas, des complications tardives. Cela nous indique les limites à définir pour pouvoir aller de l'avant et conduire, dans le futur, des essais cliniques chez l'humain.»

Si quelques années seront encore probablement nécessaires avant de voir cette technique entrer en clinique, cette méthode fait déjà des émules, puisque tous les grands centres anticancéreux développent des projets de thérapies Flash, des États-Unis à l'Europe, en passant par la Chine ou le Japon. ■

«Un pilier de la Genève internationale»

COOPÉRATION L'institution scientifique, créée en 1954, attire des scientifiques du monde entier. Elle incarne l'humanisme dont la Genève internationale se veut le héraut. Plus de 400 scientifiques suisses coopèrent avec le CERN et plus de 10 000 à travers le monde

STÉPHANE BUSSARD
X @stephanebussard

MAIS ENCORE

17 particules élémentaires pour le modèle standard de la physique Indétrônable en dépit des efforts des physiciens, qui le savent imparfait, le modèle standard de la physique repose sur l'existence de 17 particules. On y trouve six leptons (l'électron, le muon, le tau et les trois neutrinos), six quarks (haut, bas, étrange et beau), quatre «bosons de jauge» (gluon, photon, bosons Z et W), ainsi que le boson de Higgs. (LT)

L'organisation s'étend sur 626 hectares dont seuls 110 sur territoire suisse. Le CERN, Conseil [aujourd'hui «Organisation»] européen pour la recherche nucléaire, qui travaille sur la physique des particules et l'antimatière, est l'une des institutions phares de la Genève internationale. Elle emploie 2500 collaborateurs, dont nombre d'ingénieurs et de physiciens, comprenant 23 États membres et dix États associés dont des pays dits du «Sud global» comme le Brésil et l'Inde. «Au total, entre 10 et 12 000 scientifiques à travers le monde collaborent physiquement ou virtuellement avec le CERN», explique Anaïs Gerard, attachée de presse de l'organisation. Plus de 400 scientifiques issus d'institutions suisses participent aux travaux de l'organisation genevoise.

L'institution phare de la physique des particules a des accords formels de coopération avec six agences onusiennes (UIT, OMPI, OMS, OMM, Unitar et l'ONU Genève). Mais elle travaille aussi avec de nombreux autres organismes. Elle coopère ainsi étroitement avec l'OMS pour développer, dans le cadre du projet CAIMIRA, un outil permettant de mesurer la qualité de l'air et la concentration de virus dans un espace clos.

Quête de découvertes

L'ambassadeur de Suisse auprès de l'ONU à Genève, Jürg Lauber, enthousiaste, commente: «Le CERN est un pilier de la Genève internationale, une organisation internationale même plus grande que l'ONU Genève en termes du nombre de personnes qui y travaillent. Il représente bien l'esprit humain, cette quête permanente

de la découverte. Il pratique une science dont la fin n'est ni commerciale, ni militaire. En cela, il incarne l'humanisme de la Genève internationale et l'esprit de Genève.»

Face à la féroce compétition qui a lieu dans le domaine scientifique entre grandes puissances, Jürg Lauber mentionne un autre atout fondamental: «Le CERN que nous avons le privilège d'héberger, en tant qu'État hôte, de même que la France, est une institution à la pointe qui permet à la science européenne de conserver son leadership, ce qui permet à la Suisse de soutenir le projet du Futur collisionneur circulaire, conformément à la stratégie de politique étrangère définie par le Conseil fédéral pour 2024-2027.»

«Le CERN est une institution à la pointe qui permet à la science européenne de conserver son leadership»

JÜRIG LAUBER, AMBASSADEUR DE SUISSE AUPRÈS DE L'ONU À GENÈVE

Impliquer le grand public

Illustration de son interaction avec les autres acteurs de la Genève internationale, le CERN accueille depuis début mars l'Institut ouvert de technologie quantique (OQI) qui vient d'être créé avec le Gesda (Fondation pour l'anticipation de la science et de la diplomatie). L'objectif est d'anticiper et d'encadrer l'avènement d'une technologie qui pourrait réellement s'imposer dans les dix ans à venir: l'ordinateur quantique. Mais le CERN refuse d'être une institution réservée aux seuls scientifiques. En ouvrant en automne 2023 son Portail de la science, il compte impliquer le grand public et le familiariser avec les grands enjeux de la recherche nucléaire. ■

IMMERSION

Comprendre l'infiniment petit au CERN

Dessiné par l'architecte Renzo Piano et inauguré en 2023, le Portail de la science – bâtiment de 8000 m² – a pour objectif de créer une passerelle entre les recherches conduites au CERN et le grand public. Le tout par le biais d'expositions immersives, d'ateliers pratiques ou encore d'événements, au sein de cinq espaces différents. Capable d'accueillir jusqu'à 500 000 visiteurs par année, ce projet a notamment pour ambition de susciter de nouvelles vocations parmi les plus jeunes. ■ S. L.

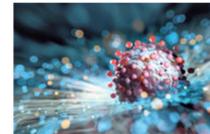
La physique des particules en 11 dates



1954
Les Européens s'unissent pour la science fondamentale
Le CERN, qui compte aujourd'hui 23 États membres, voit officiellement le jour le 29 septembre. Ce dernier a notamment pour objectif d'unir les scientifiques européens autour de la recherche en physique fondamentale. (CERN)



1957
Le premier accélérateur du CERN démarre
Le Synchrocyclotron entre en service. C'est le premier accélérateur de particules du CERN. Il fournit des faisceaux aux premières expériences de physique des particules et nucléaires du laboratoire. (IMAKMILLEN BRICE/SAMUEL MORIER-GENOUD/CERN)



1967
Découverte du quark
Le quark est l'un des constituants des hadrons, une famille de particules dont le proton et le neutron sont les plus connues. L'existence de six quarks est suggérée par la théorie en 1964. Le premier est observé à l'accélérateur linéaire de Stanford en 1967. (FEJIA KOTO/GETTY IMAGES)



1976
Le Supersynchrotron à protons (SPS) démarre
Il conduit à la découverte en 1983 de deux nouvelles particules, les bosons W et Z à l'aide de collisions de protons et d'antiprotons. C'est le premier des anneaux géants du CERN avec une circonférence de 7 km. (PHOTOPRESS-ARCHIV/STR/KEYSTONE)



1983
Les bosons W et Z sont découverts
Après avoir pris l'initiative de réaliser des collisions proton-antiproton, le CERN parvient à mettre en évidence les bosons W et Z. Cette découverte vaudra aux scientifiques Carlo Rubbia et Simon van der Meer de recevoir le Prix Nobel de physique l'année suivante. (IMAGO)



1989
Le géant LEP
Le Grand collisionneur d'électron-positon (LEP) est l'accélérateur le plus grand du monde avec une circonférence de 27 km. Il sera arrêté en 2000 pour entreprendre la construction, dans le même tunnel, du Grand collisionneur de hadrons. (FREDERIC PITCHAL/SYGMA VIA GETTY IMAGE)



1989
Confirmations sur le neutrino
Grâce au SPS, le CERN confirme qu'il existe trois formes de neutrinos, des particules engendrées notamment lors de certaines réactions nucléaires. (IMAGO)



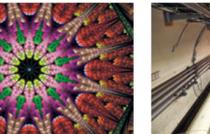
1990
Tim Berners-Lee invente le Web
Le World Wide Web est développé au CERN à la base afin de faciliter le partage d'informations entre les scientifiques dans le monde, il est ouvert à tous en 1993 et changera la face de la société. (CERN)



2008
Le Grand collisionneur de hadrons démarre
Le LHC l'accélérateur le plus puissant du monde (énergie de collision 13 TeV) grâce à sa circonférence de 27 km et aux aimants supraconducteurs refroidis à -271,3 °C. (FABIENNE LANDUA/CERN)



2012
Confirmation expérimentale du boson de Higgs
L'existence du champ de Higgs a pu être confirmée grâce à la découverte du boson de Higgs, qui est sa particule associée. Cette découverte marque un tournant dans la compréhension de l'univers. (SCIENCE PHOTO LIBRARY/IMAGO)



2028
Le LHC à haute luminosité
Le Grand collisionneur de hadrons fait l'objet d'une vaste refonte d'une partie de ses équipements. Prévu pour entrer en service dans quatre ans, le LHC-HL pourra produire cinq fois plus de particules comme le boson de Higgs que le LHC. (HERTZOG, S. JOSEPH/CERN)

AVEC LE SOUTIEN DE

Contenu soutenu financièrement par un partenaire. Réalisé par la rédaction du «Temps» ou sous sa responsabilité, avec une totale indépendance journalistique. Voir notre charte des partenariats.

