

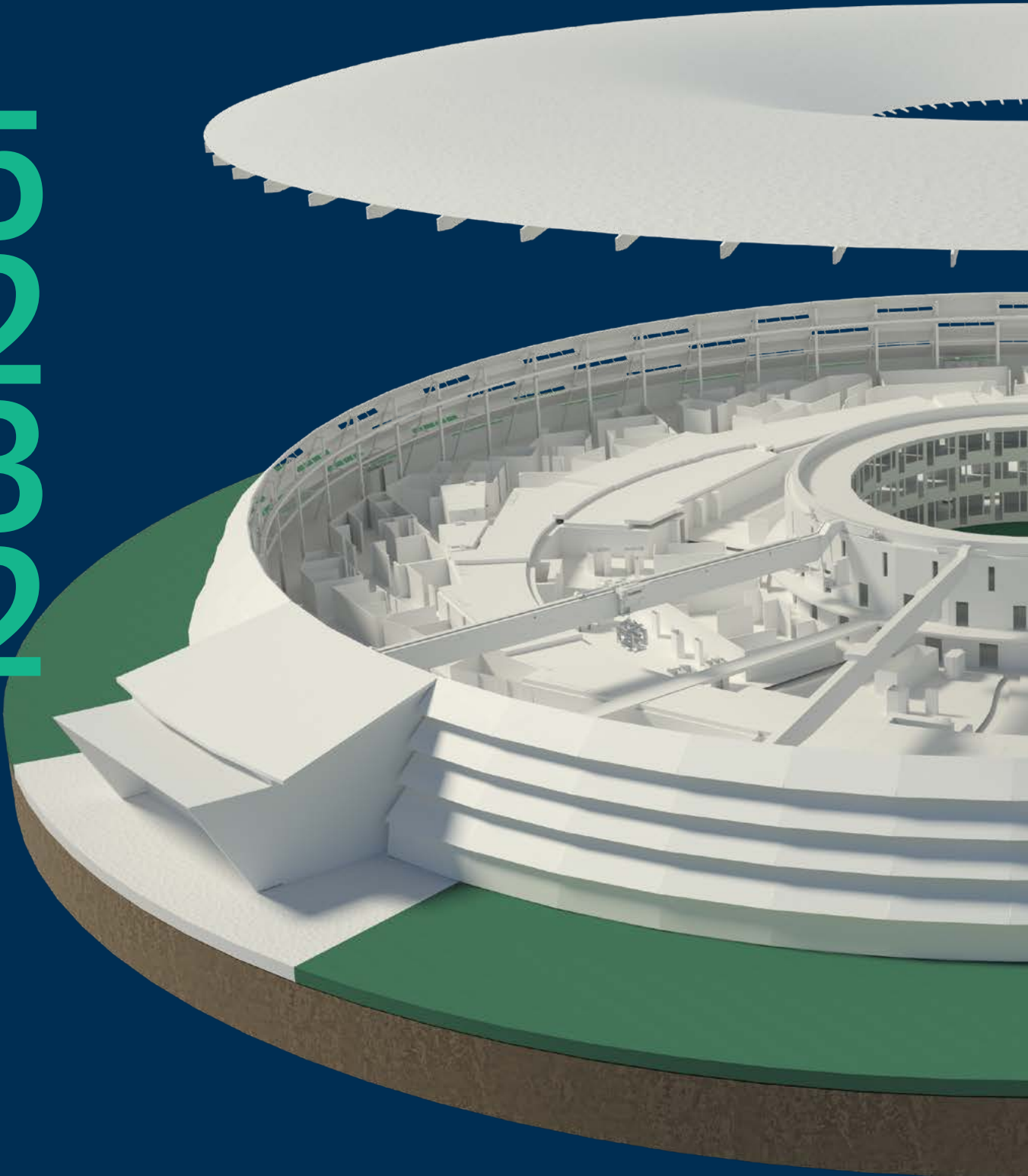
DOSSIER

PERSPECTIVES EN 3D

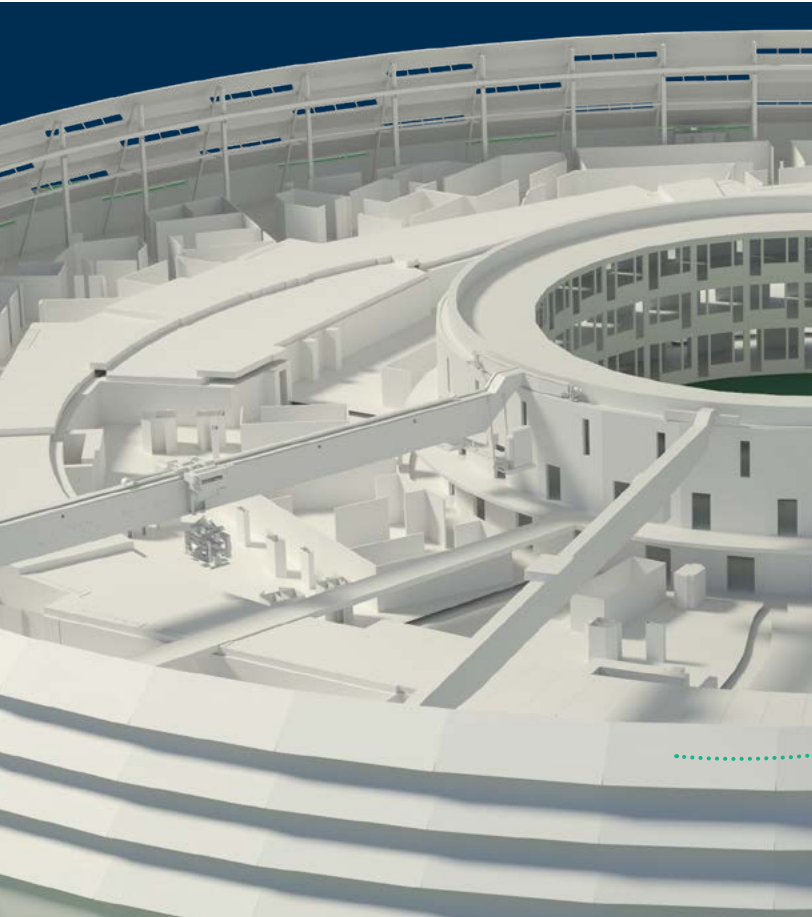
Le magazine de l'Institut Paul Scherrer

03 / 2021

2025



DOSSIER: PERSPECTIVES EN 3D



TOILE DE FOND

Perspectives en 3D

Au PSI, deux grandes installations de recherche génèrent de la lumière intense de type rayons X, qui permet d'analyser avec une grande précision des matériaux, des protéines et des processus moléculaires: la SLS, logée dans un bâtiment circulaire, et le SwissFEL, qui s'étire sur 740 mètres. Découvrez les machines à l'origine de cette lumière si particulière et l'usage qu'en font les chercheurs.

Page 8

1

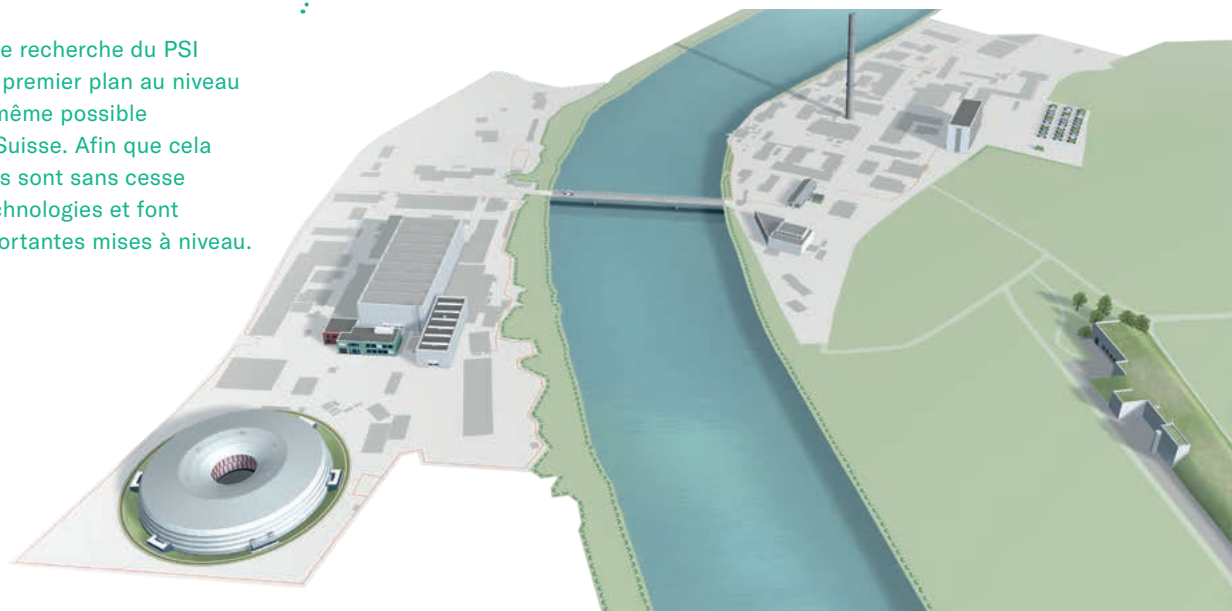
PROJETS D'AVENIR

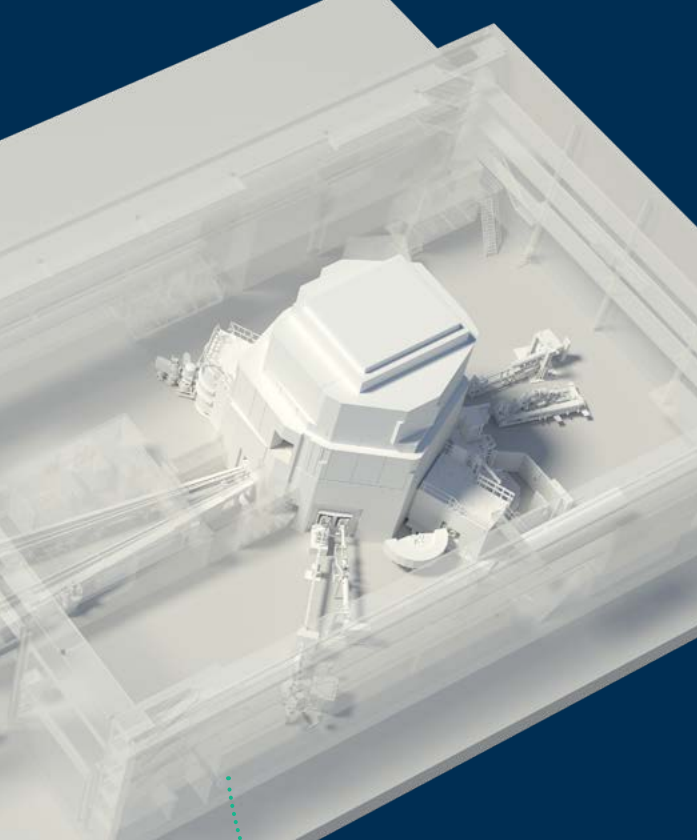
Des upgrades pour les grandes installations de recherche

Les grandes installations de recherche du PSI occupent des positions de premier plan au niveau mondial et rendent par là même possible la recherche de pointe en Suisse. Afin que cela reste ainsi, ces installations sont sans cesse adaptées aux dernières technologies et font régulièrement l'objet d'importantes mises à niveau.

Page 20

3





2

TOILE DE FOND

Trois installations qui doivent tout aux protons

L'accélérateur de protons HIPA génère un faisceau de protons unique au monde, d'une puissance de 1,4 mégawatt, qui alimente trois autres grandes installations de recherche: l'infrastructure CHRISP, dédiée à la physique des particules, la SpS, où l'on mène des recherches avec des muons, et la SINQ, qui produit des neutrons destinés à la recherche.

Page 12

CONTENU

QUESTIONS-RÉPONSES

Trois questions à Christian Rüegg 4

QUOTIDIEN

Irréconciliables 6

RECHERCHE

Paisiblement réunis 7

DOSSIER
PERSPECTIVES EN 3D 8

TOILE DE FOND
De la lumière pour la recherche 9

TOILE DE FOND
Trois installations qui doivent tout aux protons 12

PROJETS D'AVENIR
Des upgrades pour les grandes installations de recherche 20

EN IMAGE

Modèle et réalité 21

EN SUISSE

Un voisin avec l'esprit d'entreprise 22

Le Park Innovaare, situé juste à côté du PSI, s'agrandit. Objectif de cette extension: intensifier l'interaction entre recherche et industrie.

EN BREF

Actualité de la recherche au PSI 26

- 1 Pour l'avenir des données
- 2 Un calculateur quantique suisse
- 3 Le cytosquelette, cible de nouveaux principes actifs
- 4 Une radiographie d'une netteté unique

GALERIE

Ce que les protons ont rendu possible 28

Chaque année, des centaines de patients sont traités avec succès au Centre de protonthérapie. L'irradiation aux protons est si précise qu'elle peut même être utilisée dans des zones critiques de l'organisme.

PORTRAIT

Sur la crête étroite 34

Thomas Mattle a fait des études de physique, puis obtenu son doctorat au PSI, avant de se lancer dans la recherche et développement. Il est aujourd'hui responsable du secteur spécialisé Technologie et innovation chez Geberit, au bord du lac de Zurich.

QUI SOMMES-NOUS? 38

IMPRESSUM 40

DANS LE PROCHAIN NUMÉRO 41

Trois questions à Christian Rüegg

L'Institut Paul Scherrer est spécialisé dans la construction et l'exploitation de grandes installations de recherche, mais aussi dans leur utilisation pour la recherche et développement. Son site à cheval entre les communes de Villigen et de Würenlingen, dans le canton d'Argovie, en accueille cinq au total. A quoi servent ces installations? Et pourquoi sont-elles à la disposition des chercheurs du monde entier? Les explications de Christian Rüegg, directeur du PSI.

Christian Rüegg, qu'est-ce qu'une grande installation de recherche et à quoi sert-elle?

Oh, c'est presque une question philosophique! Au cours de leur histoire, les humains ont bien entendu commencé par étudier ce qui était proche d'eux: autrement dit, des phénomènes et des choses du quotidien, des êtres vivants ou des structures assez directement accessibles à leurs sens. Mais, aujourd'hui, nous cherchons à étudier des molécules, des atomes, voire des constituants de notre univers encore plus petits. Or, pour étudier ces structures particulièrement petites, il faut des installations particulièrement grandes et complexes. C'est précisément ce que sont les grandes installations de recherche que nous exploitons ici et au moyen desquelles nous générons par exemple de la lumière de type rayons X extrêmement intense ou bien des états de très brève durée que l'on doit mesurer précisément au bon moment. Les connaissances accumulées nous aident à développer des médicaments et des traitements dans le domaine de la médecine, mais aussi des procédés de production et des matériaux innovants pour l'industrie.

Le PSI n'abrite pas qu'une seule grande installation de recherche mais cinq. N'est-ce pas exagéré?

Chaque grande installation de recherche, dans le monde, est construite dans un but précis. Cela vaut aussi pour nos cinq installations: la SLS, le SwissFEL, la SµS, CHRISP et la SINQ. L'état de la recherche a atteint un tel niveau de détail et de spécialisation qu'en termes d'information chaque résultat de mesure livre une pièce du puzzle. Avec nos installations, nous contribuons à ce processus. Cela suppose beaucoup d'analyses, menées avec différentes méthodes qui se complètent. C'est ainsi que nous continuons à progresser dans la recherche comme dans le développement de nouvelles technologies et de procédés toujours plus performants. Il y a un autre aspect unique au PSI: l'ensemble que forment nos cinq grandes installations de recherche. Cette combinaison n'existe nulle part ailleurs dans le monde. De la sorte, nous renforçons également la compétitivité internationale de la Suisse et sa capacité de coopération.

Des chercheurs venus d'autres instituts et d'autres universités peuvent donc utiliser ces installations?

Tout à fait. 70% du temps de mesure est alloué aux chercheurs qui ont les meilleures idées; le restant est réservé à la collaboration avec l'industrie, à l'enseignement et aux modernisations techniques. Les chercheurs du PSI mènent ici leurs propres expériences, mais ils épaulent également les chercheurs externes qui viennent nous voir avec leurs échantillons et leurs questionnements scientifiques. Il s'agit de chercheurs qui travaillent en Suisse, mais aussi ailleurs dans le monde. Ils doivent d'abord poser leur candidature pour obtenir du temps de mesure. C'est alors qu'on remarque combien nos grandes installations de recherche sont demandées. Pour certaines stations, nous avons une demande de temps de mesure qui est plusieurs fois supérieure à la capacité que nous pouvons offrir. Des experts indépendants procèdent ensuite à une sélection en fonction de l'excellence. Nos grandes installations de recherche sont donc vraiment le gage d'une activité scientifique de haut niveau.



Irréconciliables

L'huile et l'eau ne se mélangent pas. Celles et ceux qui préparent régulièrement des vinaigrettes le savent bien: on a beau les mêler, l'huile et le vinaigre finissent toujours par se séparer au bout d'un certain temps et l'huile remonte alors à la surface sous forme de couche brillante.

Le vinaigre est un liquide aqueux et donc composé en majeure partie de molécules d'eau, dont la formule chimique est H_2O . Une partie des molécules d'eau (l'oxygène) a une charge partielle négative, alors que l'autre partie (l'hydrogène) a une charge positive. C'est en raison de ces charges que les molécules d'eau s'attirent mutuellement et aiment rester entre elles. Ce faisant, elles excluent littéralement l'huile. Car les molécules de graisse n'ont pas de domaines chargés positivement ou négativement, on dit qu'elles sont «apolaires». Il leur est strictement impossible de se mélanger avec l'eau. Comme l'huile est plus légère et moins dense, elle flotte à la surface de l'eau.

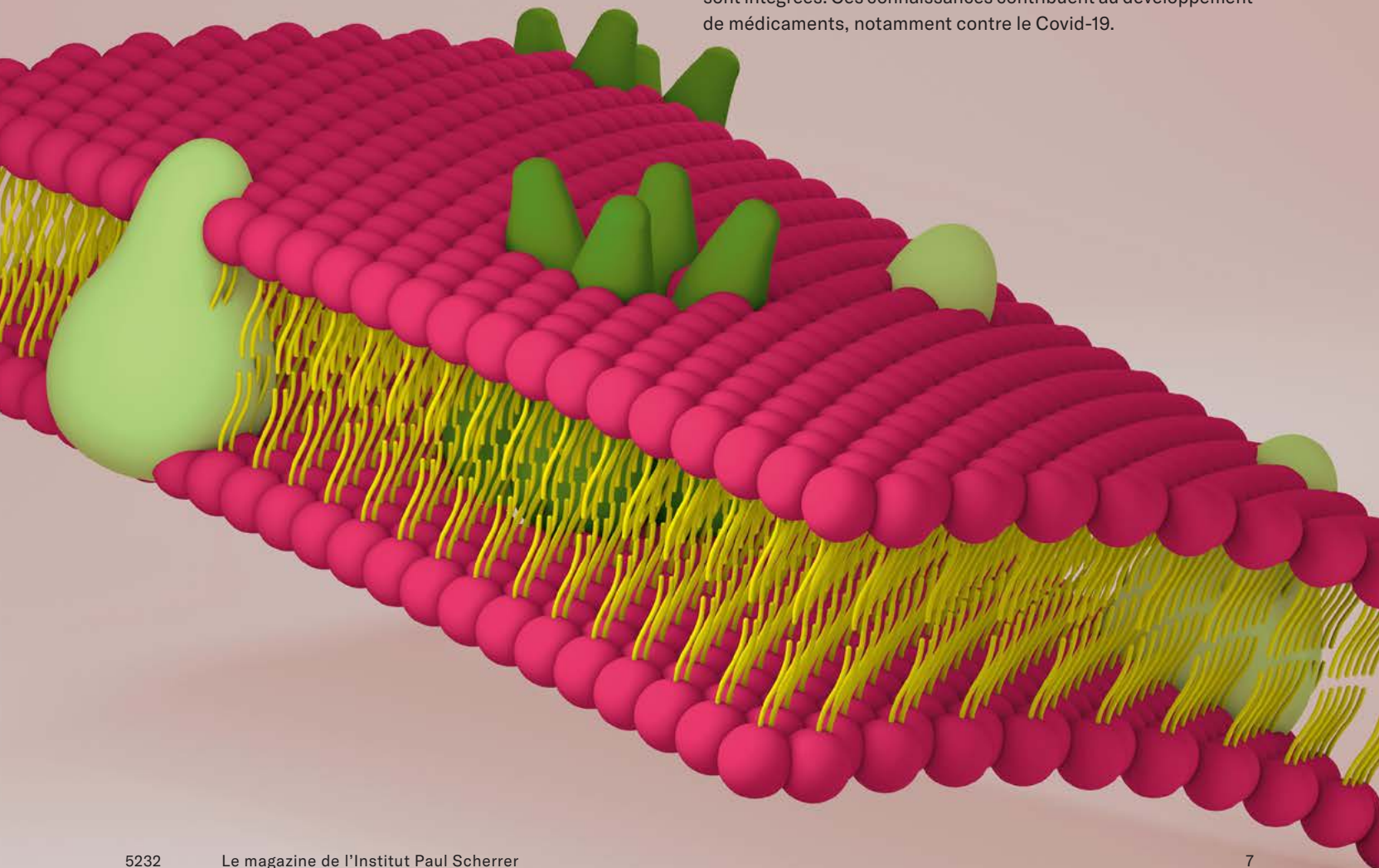
Si l'on veut mélanger les deux liquides, on a besoin d'émulsifiants: ce sont des substances qui présentent aussi bien des domaines chargés que des domaines apolaires dans leur structure moléculaire. Comme le savon, par exemple, qui peut interagir aussi bien avec l'eau qu'avec l'huile au niveau moléculaire et qui les réunit ainsi toutes les deux. En revanche, dans le cas de la vinaigrette, le mieux est de bien secouer et de ne pas attendre trop longtemps avant de servir.

Paisiblement réunis

Les membranes sont des barrières sophistiquées qui entourent toutes les cellules de notre organisme. Elles séparent l'inerte du vivant et, sans elles, la vie serait impossible. Les membranes biologiques sont composées de molécules aussi bien lipophiles qu'hydrophiles et qui ressemblent à des allumettes: leur longue «tige» est apolaire et c'est un composant lipidique typique, alors que la «tête» a une charge partielle. Dans la membrane, les molécules s'ordonnent de telle sorte que la partie hydrophile est dirigée vers la surface de la membrane, alors que la partie lipophile est tournée vers l'intérieur.

Mais les membranes cellulaires ne servent pas seulement d'enveloppes: elles sont aussi à la base d'une grande diversité de processus vitaux. Elles renferment en effet d'importants composants cellulaires, par exemple des protéines. Des chercheurs au PSI étudient ces protéines intégrées dans les membranes cellulaires (en vert dans l'illustration). Les protéines membranaires acheminent par exemple des substances à l'intérieur de la cellule ou fixent des hormones et transmettent ainsi des informations à la cellule. Ce faisant, elles assument des tâches vitales dans l'organisme.

Pour comprendre les protéines et leur fonction, les chercheurs du PSI les étudient, entre autres, directement dans leur environnement naturel. Ils observent aussi leurs interactions au sein de la membrane, par exemple avec d'autres protéines qui y sont intégrées. Ces connaissances contribuent au développement de médicaments, notamment contre le Covid-19.



Perspectives en 3D

DOSSIER

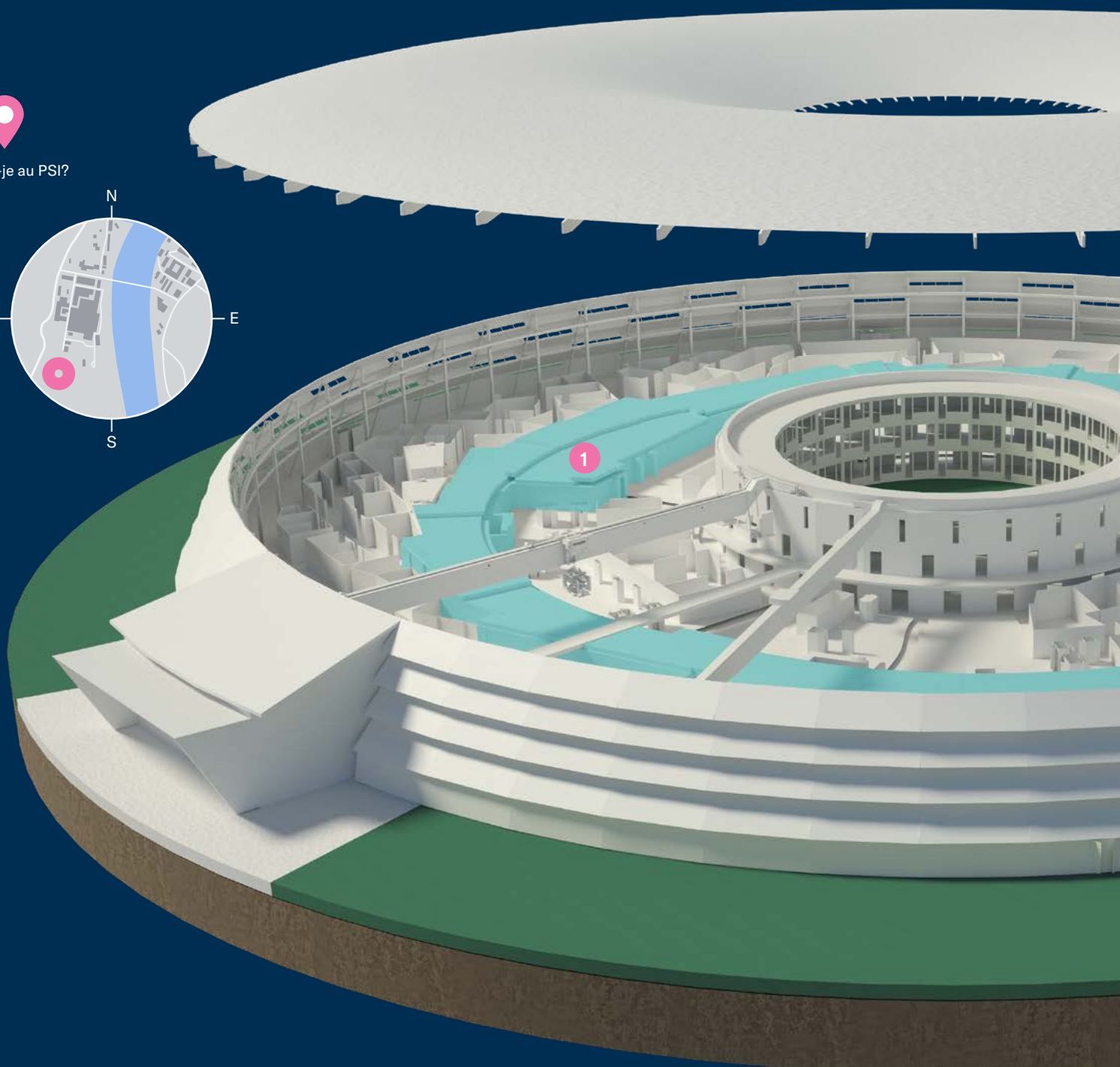
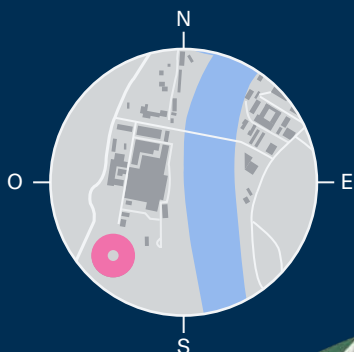
Une source de lumière synchrotron, un laser à rayons X à électrons libres, la source de protons la plus intense du monde, des sources de muons et de neutrons uniques en leur genre... Le fait qu'une institution exploite simultanément des installations de recherche si diverses est tout à fait exceptionnel.

Texte: Laura Hennemann

Visualisations 3D: Mahir Dzambegovic

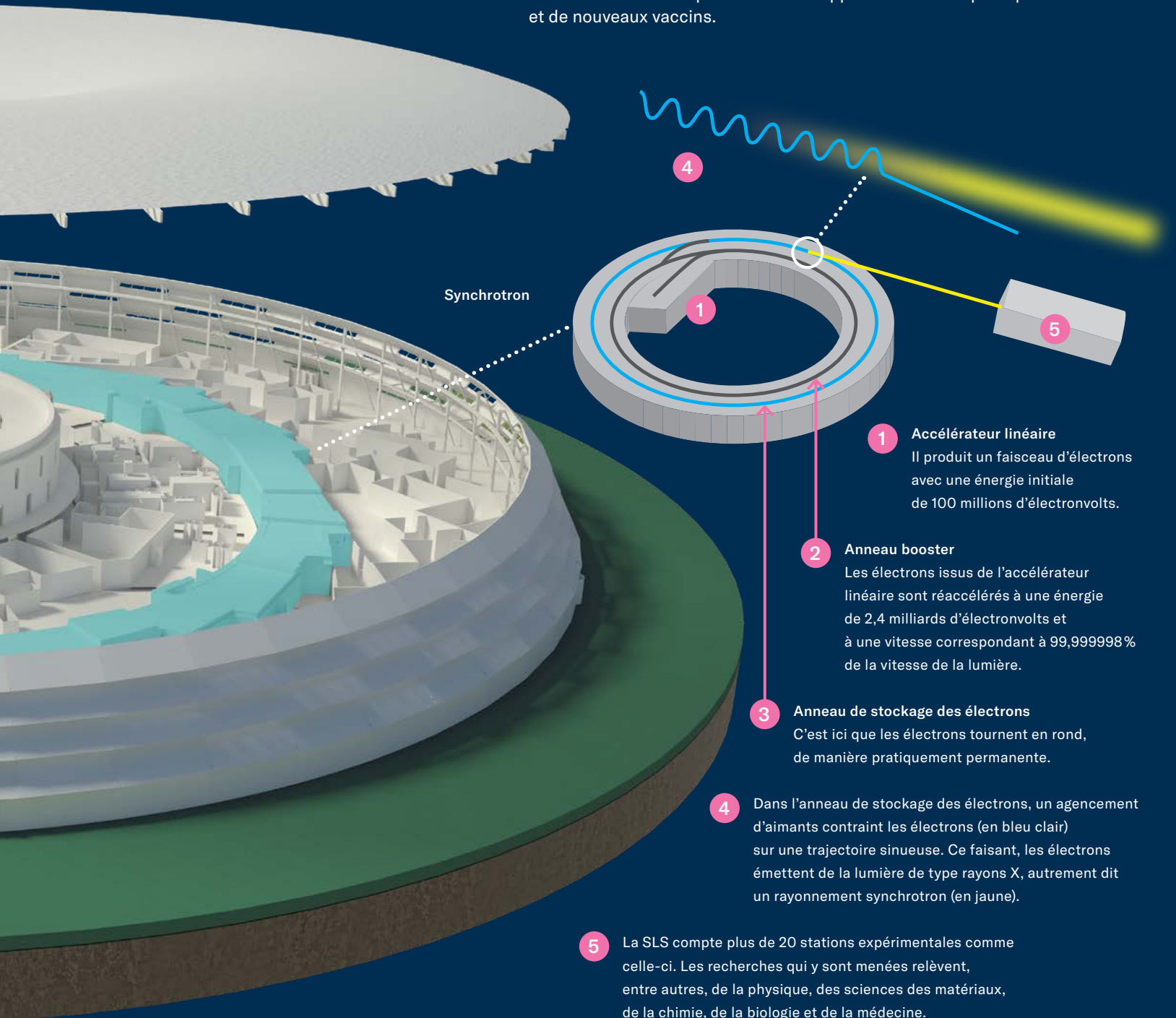


Où suis-je au PSI?



La Source de Lumière Suisse SLS

La lumière de type rayons X de la SLS est générée par des électrons accélérés. La SLS, mise en service en 2001, est en train de recevoir une mise à jour baptisée SLS 2.0. Ce projet d'upgrade, qui court de 2021 à 2024, lui permettra de produire une lumière de type rayons X encore plus intense. L'installation compte plus de 20 stations expérimentales, où les chercheurs exploitent diversement ce rayonnement à haute énergie: par exemple, pour analyser les propriétés électroniques ou magnétiques de matériaux qui pourraient s'avérer utiles pour la prochaine génération d'appareils électroniques ou encore pour réaliser des images 3D non destructives avec une résolution de quelques nanomètres seulement. A d'autres stations expérimentales, les recherches portent sur des protéines, qui sont les éléments constitutifs de la vie. La connaissance précise de leur structure permet de développer de nouveaux principes actifs et de nouveaux vaccins.



Synchrotron

1 Accélérateur linéaire
Il produit un faisceau d'électrons avec une énergie initiale de 100 millions d'électronvolts.

2 Anneau booster
Les électrons issus de l'accélérateur linéaire sont réaccélérés à une énergie de 2,4 milliards d'électronvolts et à une vitesse correspondant à 99,999998 % de la vitesse de la lumière.

3 Anneau de stockage des électrons
C'est ici que les électrons tournent en rond, de manière pratiquement permanente.

4 Dans l'anneau de stockage des électrons, un agencement d'aimants contraint les électrons (en bleu clair) sur une trajectoire sinueuse. Ce faisant, les électrons émettent de la lumière de type rayons X, autrement dit un rayonnement synchrotron (en jaune).

5 La SLS compte plus de 20 stations expérimentales comme celle-ci. Les recherches qui y sont menées relèvent, entre autres, de la physique, des sciences des matériaux, de la chimie, de la biologie et de la médecine.

Le laser suisse à rayons X à électrons libres SwissFEL

FEL est l'abréviation de *free electron laser* («laser à électrons libres»). A l'instar de la SLS, le SwissFEL génère de la lumière spéciale de type rayons X destinée à des expériences. Là aussi, ce sont des électrons qui émettent cette lumière. Mais, au SwissFEL, dont le bâtiment s'étire sur 740 mètres, les électrons sont accélérés sur une trajectoire rectiligne. Par ailleurs, le SwissFEL ne produit pas de la lumière de type rayons X continue, mais des impulsions lumineuses courtes et de haute intensité, qui se succèdent de manière très rapprochée. Celles-ci radiographient les échantillons à la manière d'un stroboscope ultra-rapide, ce qui permet de visualiser des processus extrêmement rapides dans de minuscules composants de matière. Le SwissFEL est donc à la fois un microscope à haute résolution et un studio de cinéma où l'on filme des processus ultra-rapides.



1 Source d'électrons

Les électrons sont arrachés à une couche de semi-conducteurs et immédiatement accélérés; sur les premiers centimètres de leur course, les électrons atteignent presque la vitesse de la lumière.

2 Accélérateur linéaire

Sur un trajet total de plus de 300 mètres, des champs électriques confèrent aux électrons encore plus d'énergie cinétique.

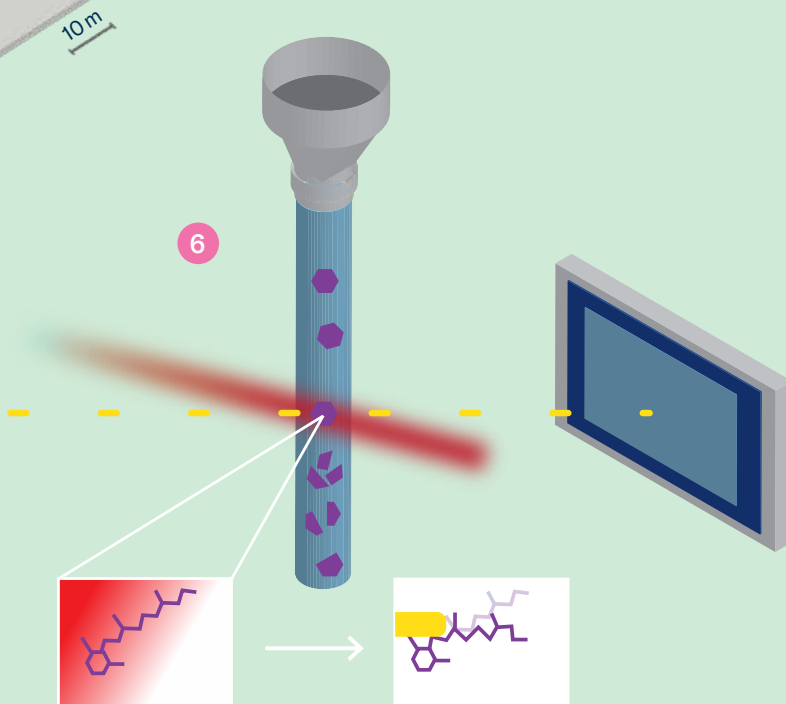
3 Onduleurs

Un agencement d'aimants extrêmement précis contraint les électrons à émettre des impulsions lumineuses de type rayons X.

4 Stations expérimentales de la ligne de faisceau Athos
 La ligne de faisceau Athos produit des rayons X mous. Les chercheurs les utilisent aux stations expérimentales Furka et Maloja, par exemple pour étudier par exemple des processus chimiques, des catalyseurs et des biomolécules ou encore pour mesurer certaines propriétés de nouveaux matériaux solides.

5 Stations expérimentales de la ligne de faisceau Aramis
 Aramis fournit des rayons X tendres et durs. Les stations expérimentales Alvra et Bernina – tout comme, bientôt, la station Cristallina – permettent de visualiser des processus ultra-rapides. Cela inclut des processus dans des biomolécules, des processus chimiques dans des catalyseurs ou des installations photovoltaïques, mais aussi des modifications des propriétés électroniques dans des solides et des matériaux quantiques.

6 Le SwissFEL permet de filmer des déformations ultra-rapides dans des molécules biologiques.
 Les chercheurs utilisent à cet effet une méthode appelée «cristallographie sérielle résolue en temps». Pour ce faire, il faut d'abord cultiver de minuscules cristaux à partir de molécules biologiques (protéines). Ces cristaux flottent dans un liquide porteur. Celui-ci passe par un appareillage où les cristaux sont d'abord exposés à une impulsion lumineuse d'un laser conventionnel (en rouge), puis à une impulsion de rayons X du SwissFEL (en jaune). La lumière laser fait basculer la protéine dans un autre état: une partie de celle-ci se déforme instantanément. Ce faisant, elle passe par différents stades intermédiaires. Ces états, dont certains sont extrêmement brefs, sont enregistrés par les impulsions de rayons X du SwissFEL. La mesure détruit chaque fois le cristal. Mais en procédant à de nombreuses mesures sur de nouveaux cristaux, on arrive à composer un film à la manière d'un folioscope.



HIPA et la halle expérimentale: un accélérateur de protons pour trois grandes installations de recherche

L'accélérateur de protons HIPA (*High Intensity Proton Accelerator*) se situe au départ de trois grandes installations de recherche. Il a été mis en service dès 1974, soit quatorze ans avant la fondation du PSI, dans l'un des instituts précédents. A l'époque, HIPA était déjà au service de la recherche, mais aussi du traitement du cancer au Centre de protonthérapie (CPT). Aujourd'hui, le CPT possède son propre accélérateur de protons, baptisé COMET.

HIPA fournit l'un des plus puissants faisceaux de protons du monde (1,4 mégawatt). Celui-ci alimente les grandes installations de recherche S μ S, CHRISP et SING (voir pages suivantes).

Les installations présentées sur cette page occupent une surface totale d'environ 7000 mètres carrés.

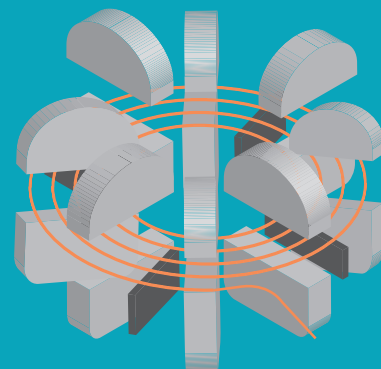
1 Cockcroft-Walton

Il s'agit d'une source de protons avec une énergie de 870 000 électronvolts.

2 Injecteur 2

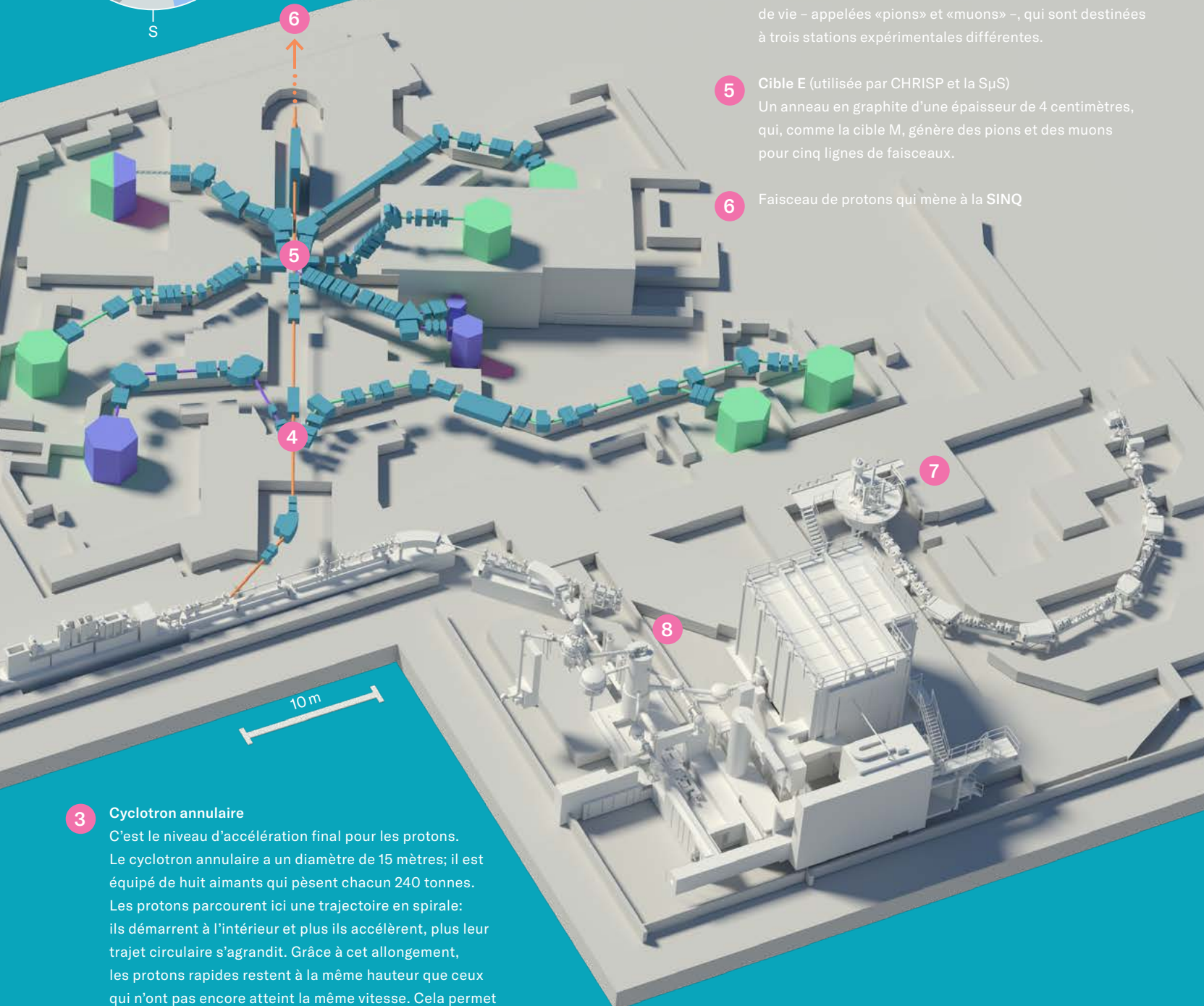
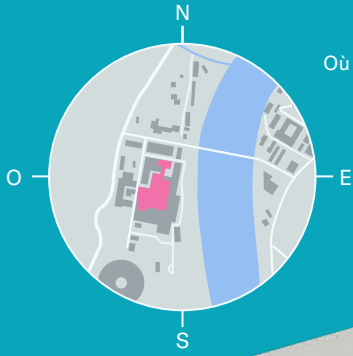
Un cyclotron avec quatre aimants qui accélère les protons de 870 000 électronvolts à 72 millions d'électronvolts. Le chiffre «2», dans son nom, est dû au fait que, par le passé, l'installation comportait aussi un injecteur 1.

3





Où suis-je au PSI?



3 Cyclotron annulaire

C'est le niveau d'accélération final pour les protons. Le cyclotron annulaire a un diamètre de 15 mètres; il est équipé de huit aimants qui pèsent chacun 240 tonnes. Les protons parcourent ici une trajectoire en spirale: ils démarrent à l'intérieur et plus ils accélèrent, plus leur trajet circulaire s'agrandit. Grâce à cet allongement, les protons rapides restent à la même hauteur que ceux qui n'ont pas encore atteint la même vitesse. Cela permet de poursuivre l'accélération de toutes les particules au même rythme. Pour finir, après avoir fait plus de 180 fois le tour de l'anneau, les protons ont une énergie de 590 millions d'électronvolts et sont accélérés à 79% de la vitesse de la lumière.

4 Cible M (utilisée par CHRISP et la S μ S)
Un anneau en graphite d'une épaisseur de 5 millimètres. Lorsqu'il est bombardé par les protons issus de HIPA, il génère des particules d'une très courte durée de vie – appelées «pions» et «muons» –, qui sont destinées à trois stations expérimentales différentes.

5 Cible E (utilisée par CHRISP et la S μ S)
Un anneau en graphite d'une épaisseur de 4 centimètres, qui, comme la cible M, génère des pions et des muons pour cinq lignes de faisceaux.

6 Faisceau de protons qui mène à la SINQ

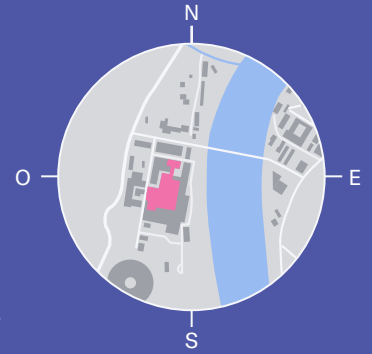
7 Accélérateur de protons COMET
(voir double-page suivante)

8 Source de neutrons ultra-froids
(voir double-page suivante)



L'Infrastructure suisse pour la physique des particules CHRISP

La grande installation de recherche CHRISP est dédiée aux minuscules composants fondamentaux de l'univers, autrement dit à la physique des particules. CHRISP est l'acronyme de *Swiss Research InfraStructure for Particle Physics*. Des chercheurs y étudient, entre autres, des protons et des neutrons, c'est-à-dire les deux types de particules qui composent les noyaux des atomes. Le diamètre du proton y est déterminé de manière toujours plus précise à l'aide de muons. Une autre expérience à long terme, menée à la source de neutrons ultra-froids, vise à découvrir si le neutron possède ou non un moment dipolaire électrique mesurable. En effectuant ce genre de mesures, les chercheurs testent certaines théories fondamentales de la physique et déterminent des constantes naturelles de manière aussi exacte que possible.



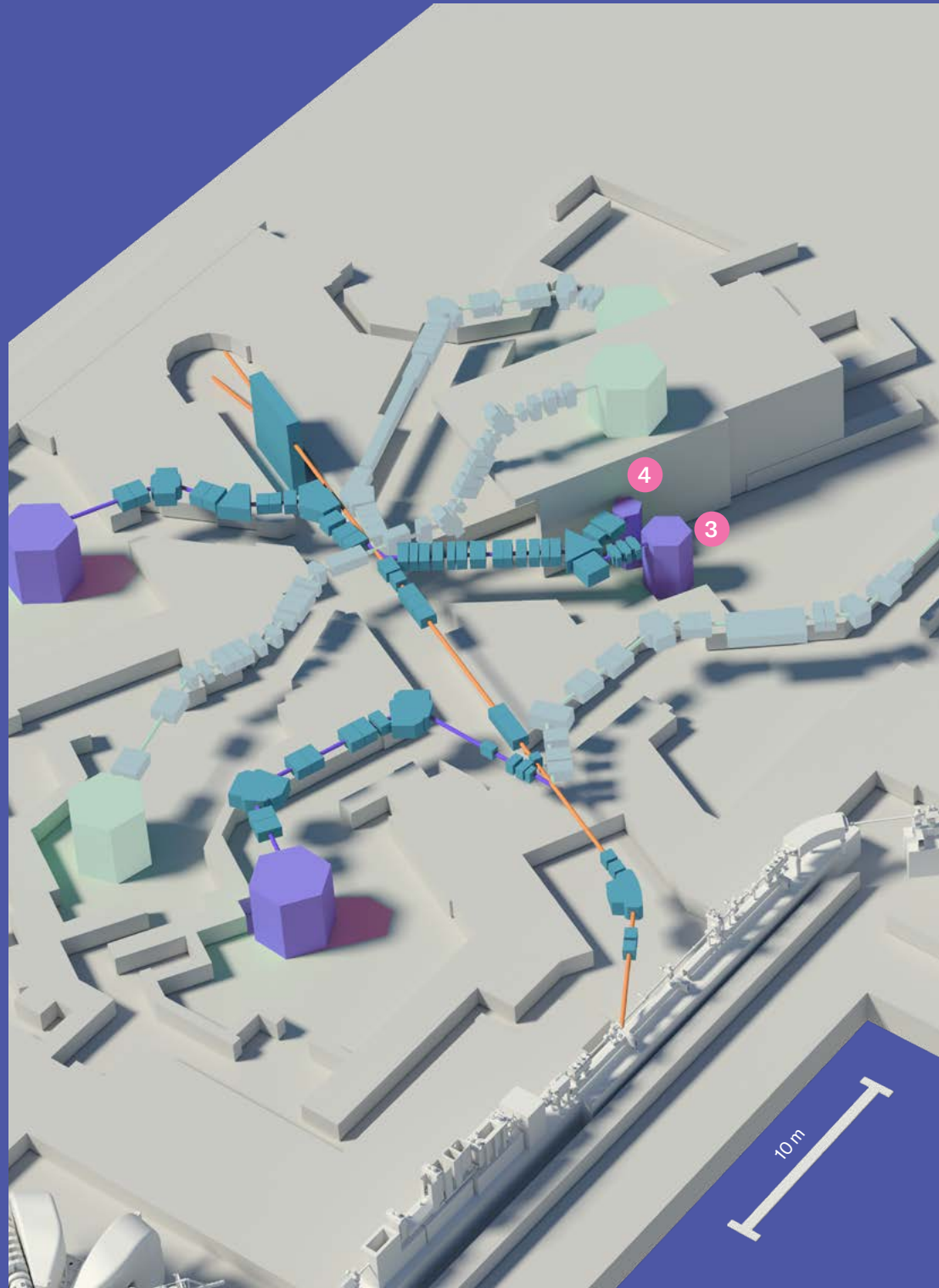
Où suis-je au PSI?

1 Expérience n2EDM

L'expérience à long terme qui se déroule ici porte sur le moment dipolaire électrique du neutron. Les chercheurs utilisent les particules de la source de neutrons ultra-froids UCN. Celle-ci est en mesure de générer près d'un milliard de neutrons ultrafroids par seconde, c'est-à-dire des neutrons très lents pour des particules.

2 Installation d'irradiation par protons PIF

Cette installation est utilisée pour tester des matériaux. Des composants électroniques destinés à la navigation spatiale y sont par exemple bombardés de protons pour simuler le rayonnement cosmique. Ces expériences à l'installation PIF sont menées durant la nuit et le week-end, car les protons sont fournis par COMET. COMET a été mis en service en 2007. Cet accélérateur est principalement utilisé à des fins médicales pour le traitement du cancer au Centre de protonthérapie.

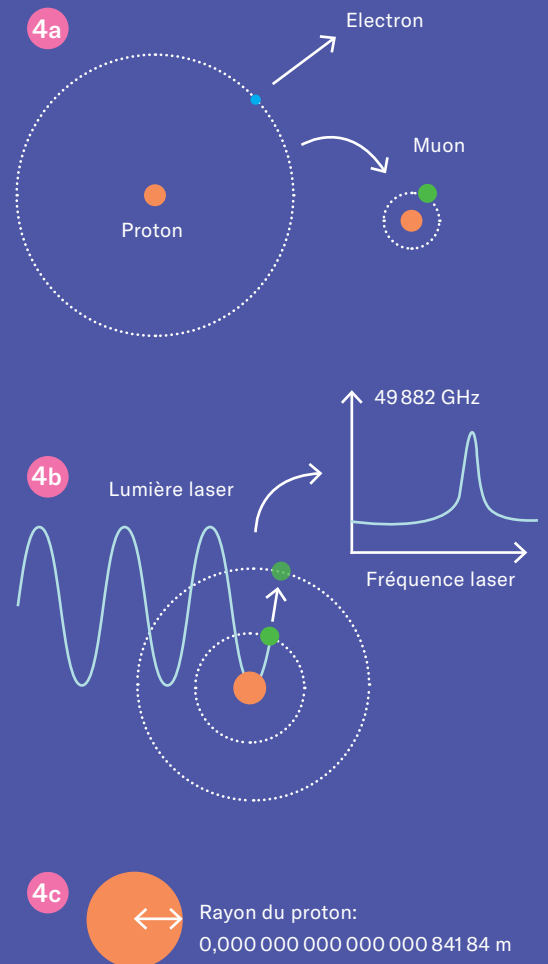
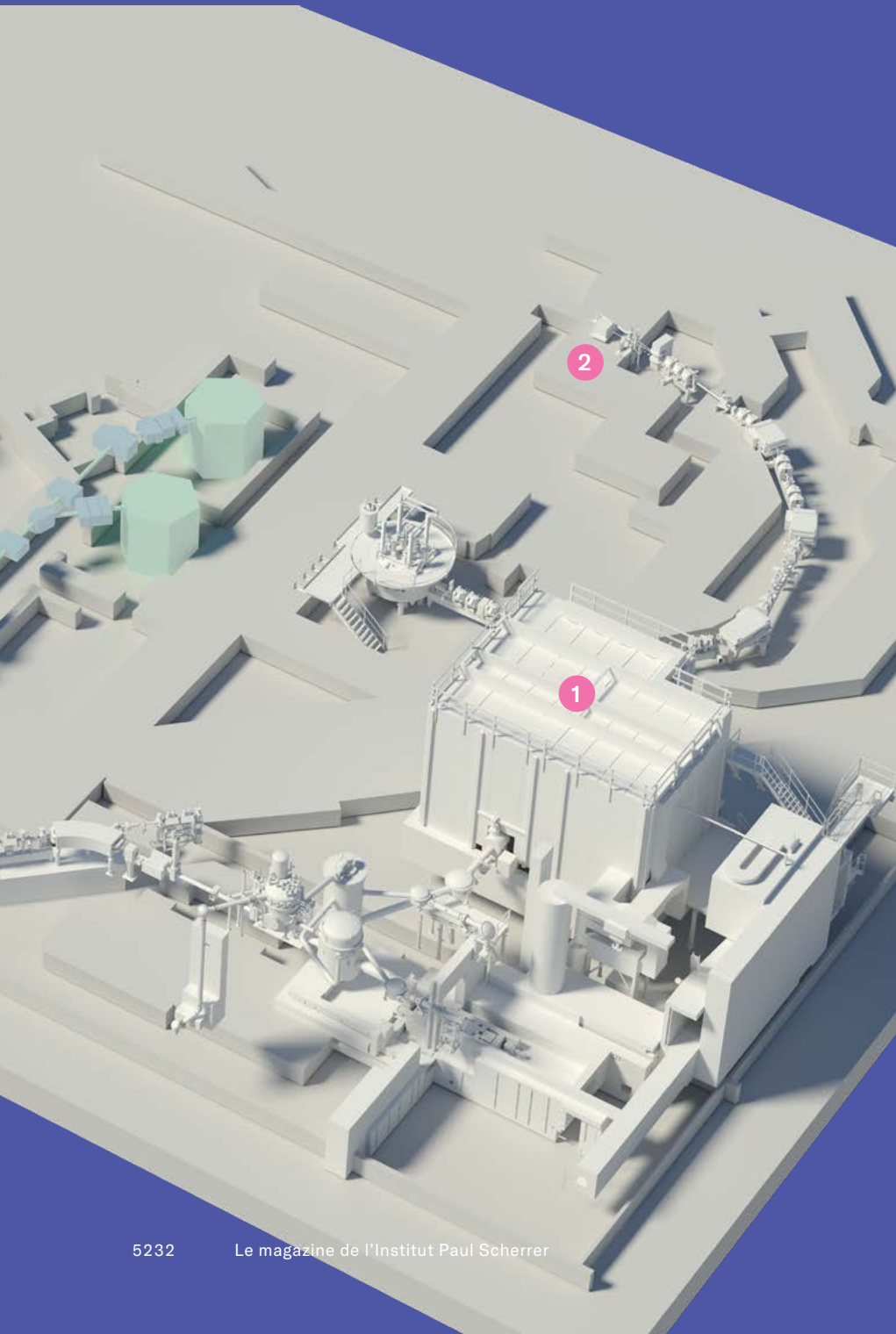


3 **Expérience MEG II**
 Ici, les scientifiques recherchent une désintégration particulière du muon en d'autres particules. Alors que certains modèles théoriques interdisent pratiquement l'existence d'une telle désintégration, elle devrait être possible, selon d'autres. L'expérience doit établir à quel point cette désintégration est improbable et donc contribuer à déterminer laquelle – parmi les théories physiques concurrentes – est correcte.

4 **Mesure du rayon du proton avec des muons**
a Pour mesurer le proton, les chercheurs utilisent des atomes d'hydrogène, dont le noyau est composé d'un seul proton. Les chercheurs bombardent les atomes d'hydrogène avec des muons, ce qui leur permet de remplacer l'électron de l'atome par un muon. Or, comme le muon est environ 200 fois plus lourd que l'électron, il se place beaucoup plus près du noyau atomique.

b Ensuite, les chercheurs mitraillent cet hydrogène muonique au moyen d'impulsions laser. Lorsque cette lumière laser a la bonne fréquence – la fréquence dite de résonance –, le muon passe à un état énergétique supérieur et s'éloigne davantage du noyau.

c Les chercheurs peuvent calculer le rayon du proton à partir de la fréquence de résonance obtenue.



La source suisse de muons SμS

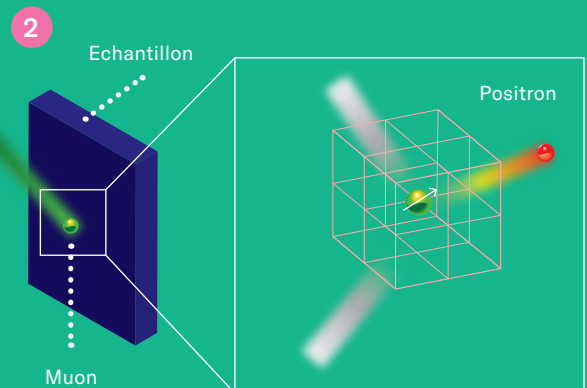
À la SμS (prononcer [ess-mu-ess]), les chercheurs utilisent des particules élémentaires exotiques appelées «muons». Les muons ne sont pas présents dans les atomes ordinaires, mais ils existent en tant que produits de la désintégration d'autres particules appelées «pions». Ils sont utilisés à la SμS pour analyser des échantillons au moyen de la spectroscopie de spin de muon. Cette méthode permet d'étudier, par exemple, des phénomènes quantiques et des processus magnétiques ou bien d'analyser de manière très détaillée les propriétés chimiques d'un matériau. Il est également possible de scruter un échantillon de façon ciblée et à différentes profondeurs. La SμS génère 500 milliards de muons par seconde, ce qui fait d'elle l'une des plus puissantes installations du genre au monde.

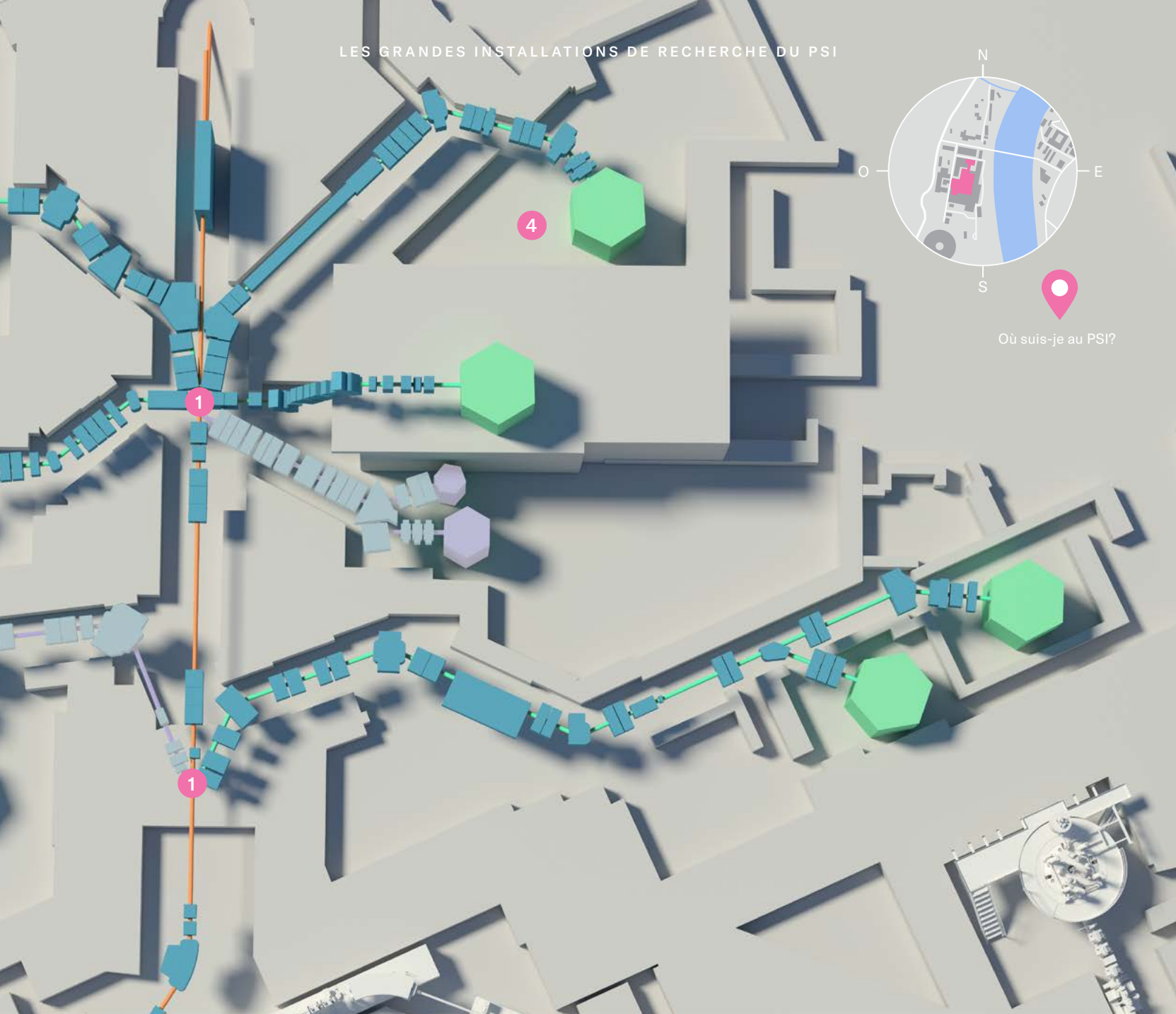
Ici, nombre de stations expérimentales sont dotées d'appareils uniques qui permettent d'exposer les échantillons à diverses conditions extrêmes pendant les mesures: certains peuvent produire une pression jusqu'à 30 000 bars, d'autres des champs magnétiques atteignant 9,5 teslas. Si nécessaire, les échantillons peuvent être refroidis à -273 degrés Celsius et chauffés à 700 degrés Celsius.



1 Apparition des muons

Lorsqu'un proton accéléré percute un noyau atomique dans la cible en graphite, des pions apparaissent. La durée de vie de ces particules est très courte et leur désintégration produit d'autres particules, entre autres des muons. Le muon n'existe pas longtemps, lui non plus, et, au bout de quelques milliardièmes de seconde, il se désintègre à son tour en électron et en d'autres particules. Néanmoins, ce laps de temps suffit pour étudier des matériaux à l'aide de muons.





2 **Spectroscopie de spin de muon ou quand les muons jouent les détectives**
 Lorsque les muons percutent un échantillon, ils cherchent immédiatement une place dans le réseau atomique. Là, ils «observent» leur environnement immédiat, surtout le champ magnétique local. Car les muons possèdent une propriété appelée «spin», ce qui signifie qu'ils réagissent aux champs magnétiques comme de minuscules gyroscopes magnétiques. Lorsqu'un muon se désintègre en d'autres particules, ces dernières rejaillissent de l'échantillon dans différentes directions. Parmi ces particules figurent les positrons, qui sont enregistrés par des détecteurs. La direction dans laquelle les positrons sont émis renseigne les chercheurs sur le champ magnétique local capté par les muons.

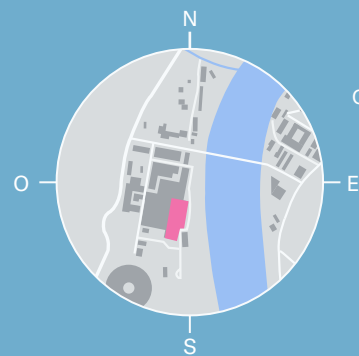
3 **Station expérimentale LEM (*low energy muons*)**
 Il s'agit d'une installation unique qui produit des muons. Ceux-ci permettent d'analyser des systèmes dits «à couche mince»: des échantillons dont les couches de matériau ont une épaisseur d'environ 0,00001 millimètre.

4 **Station expérimentale GPD (*general purpose decay-channel spectrometer*)**
 Il s'agit du seul endroit au monde où la spectroscopie de spin de muon peut être conduite à une pression si élevée, qui peut atteindre 30 000 bars.

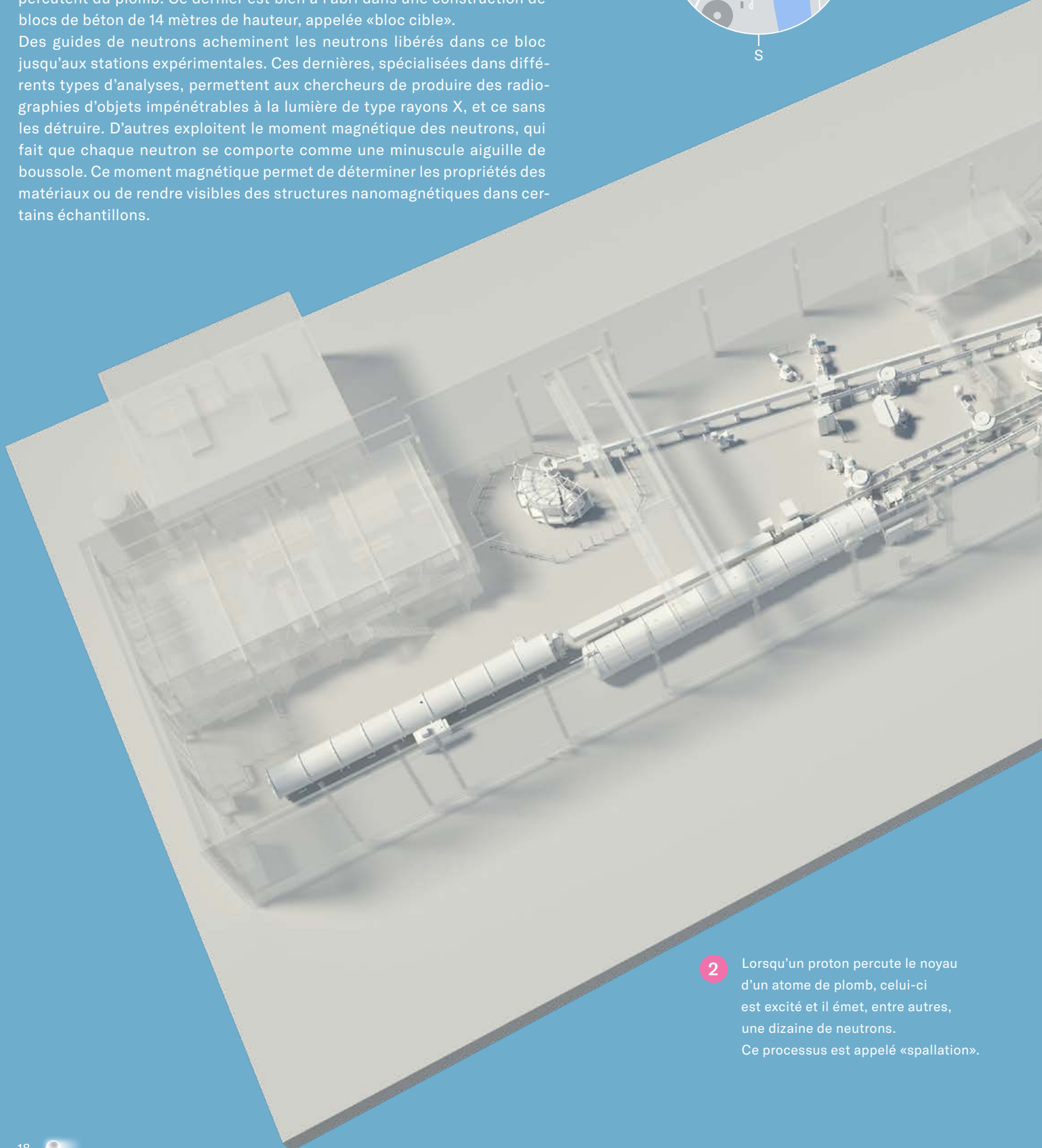
La source suisse de neutrons à spallation SINQ

La SINQ génère environ 100 trillions de neutrons par centimètre carré et par seconde. Les neutrons apparaissent lorsque des protons venus de HIPA percutent du plomb. Ce dernier est bien à l'abri dans une construction de blocs de béton de 14 mètres de hauteur, appelée «bloc cible».

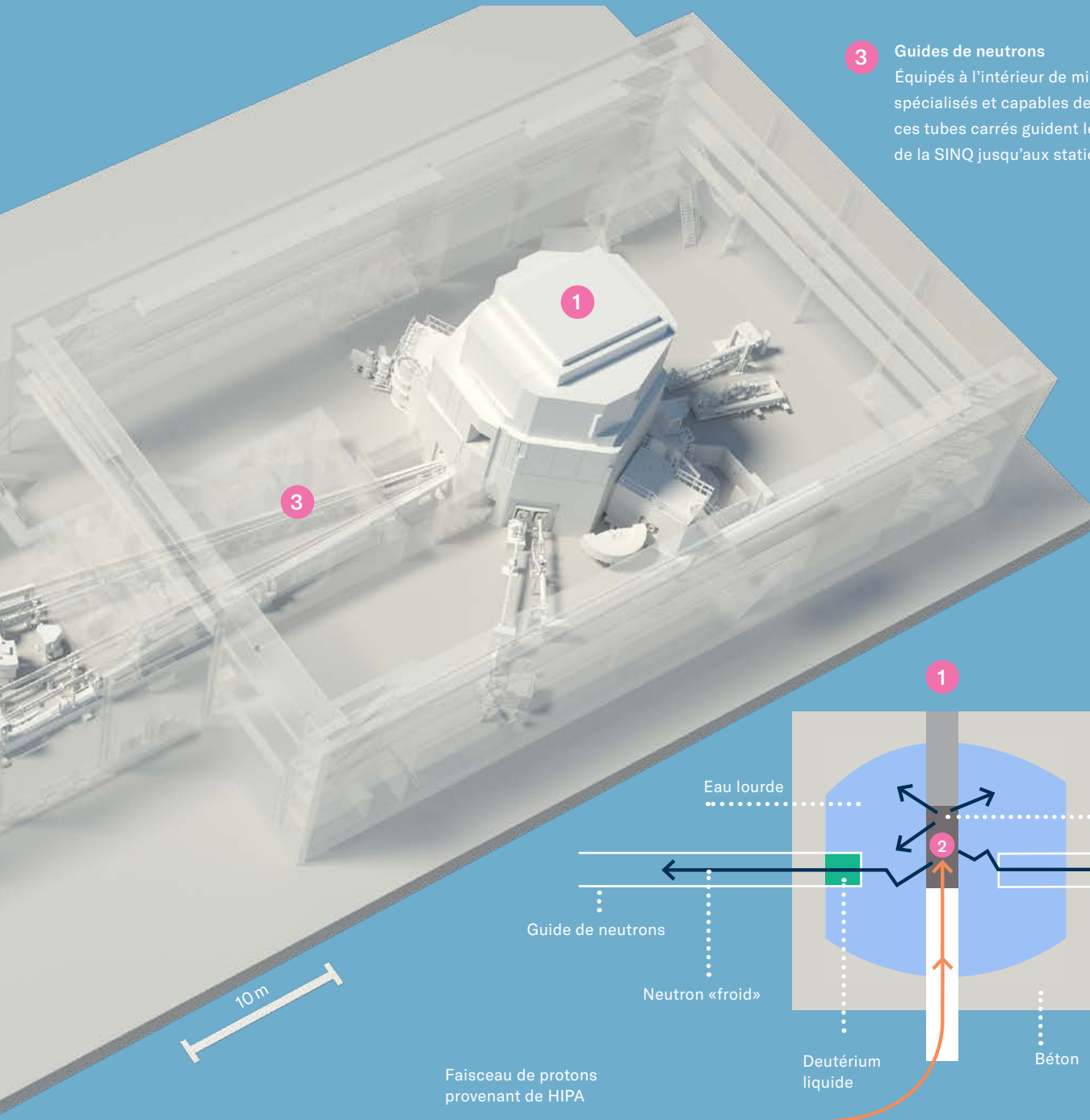
Des guides de neutrons acheminent les neutrons libérés dans ce bloc jusqu'aux stations expérimentales. Ces dernières, spécialisées dans différents types d'analyses, permettent aux chercheurs de produire des radiographies d'objets impénétrables à la lumière de type rayons X, et ce sans les détruire. D'autres exploitent le moment magnétique des neutrons, qui fait que chaque neutron se comporte comme une minuscule aiguille de boussole. Ce moment magnétique permet de déterminer les propriétés des matériaux ou de rendre visibles des structures nanomagnétiques dans certains échantillons.



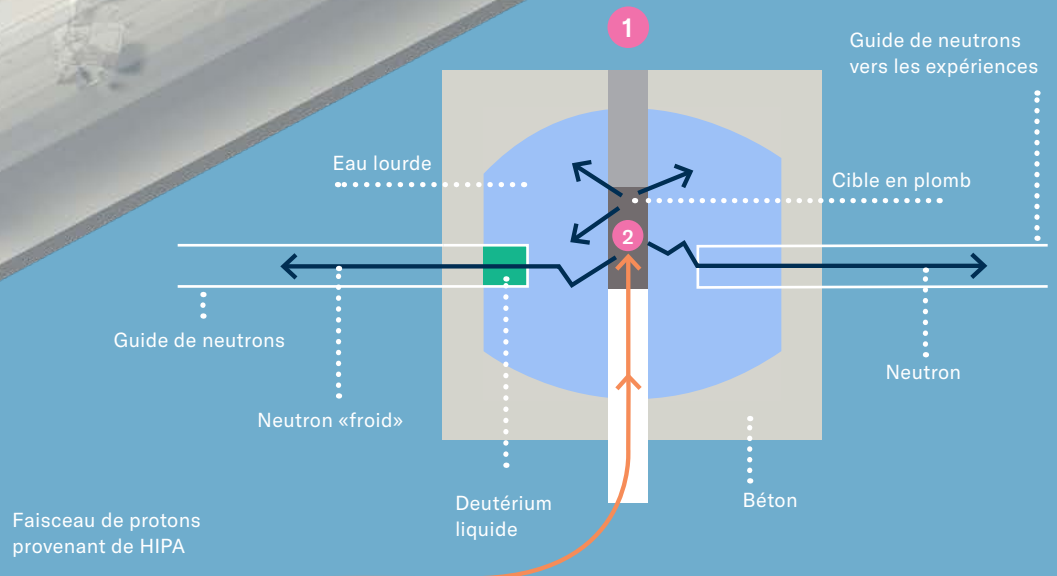
Où suis-je au PSI?



- 2 Lorsqu'un proton percute le noyau d'un atome de plomb, celui-ci est excité et il émet, entre autres, une dizaine de neutrons. Ce processus est appelé «spallation».

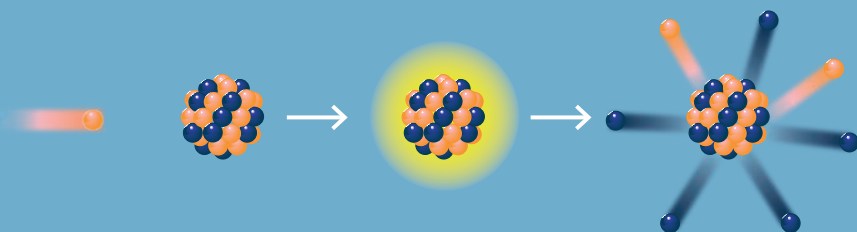


3 Guides de neutrons
Équipés à l'intérieur de miroirs high-tech spécialisés et capables de réfléchir les neutrons, ces tubes carrés guident les neutrons de la SINQ jusqu'aux stations expérimentales.



1 Dans le bloc cible
Les neutrons apparaissent à la SINQ lorsque des protons issus de HIPA (voir p. 12-13) percutent une cible en plomb. Les neutrons s'échappent alors à haute vitesse et dans toutes les directions. Leur course est ralentie dans un réservoir de 6000 litres rempli de ce qu'on appelle de l'«eau lourde». S'ils atteignent alors un guide de neutrons, ils peuvent être utilisés pour des expériences. Tous les neutrons qui s'échappent dans d'autres directions sont stoppés par des couches protectrices et, finalement, par le revêtement en béton du bloc cible. Certaines expériences travaillent avec des neutrons encore plus lents, dits «froids». Le «bloc de freinage» est alors un réservoir de 20 litres, qui contient du deutérium liquide refroidi à -250 degrés Celsius.

2
● Neutron
● Proton



Des upgrades pour les grandes installations de recherche

Les grandes installations de recherche du PSI occupent des positions de premier plan au niveau mondial et rendent par là même possible la recherche de pointe en Suisse. Afin que cela reste ainsi, ces installations sont sans cesse adaptées aux dernières technologies et font régulièrement l'objet d'importantes mises à niveau.

1 SLS 2.0

Le projet SLS 2.0 bat son plein: il prévoit, entre 2021 et 2024, la transformation de quelques stations expérimentales sélectionnées et le renouvellement complet de l'anneau de stockage des électrons. La SLS sera dotée, entre autres, d'un agencement plus performant de nouveaux aimants afin d'obtenir un faisceau d'électrons nettement plus compact. La SLS pourra alors fournir un faisceau de rayons X d'une qualité quarante fois supérieure. Ainsi, la recherche de pointe restera possible au cours des prochaines décennies et la SLS conservera sa position d'avant-garde au niveau international. Budget de cet upgrade: 120 millions de francs suisses.

2 Agrandissement du SwissFEL

Le SwissFEL a été mis en service en 2016. Il s'agit donc de la plus récente des grandes installations de recherche du PSI. A ce jour, il comprend deux lignes de faisceaux, baptisées Athos et Aramis, d'après le nom des deux mousquetaires du roman d'Alexandre Dumas, *Les Trois Mousquetaires*. Athos compte déjà deux stations expérimentales et Aramis est en train d'en recevoir une troisième. Deux autres stations font l'objet d'une planification. Lors de la construction du SwissFEL, la possibilité d'installer une troisième ligne de faisceau, quelques années plus tard, a été prévue d'emblée. Celle-ci devrait être baptisée Porthos, comme le troisième mousquetaire, et exploiter des composants supraconducteurs.

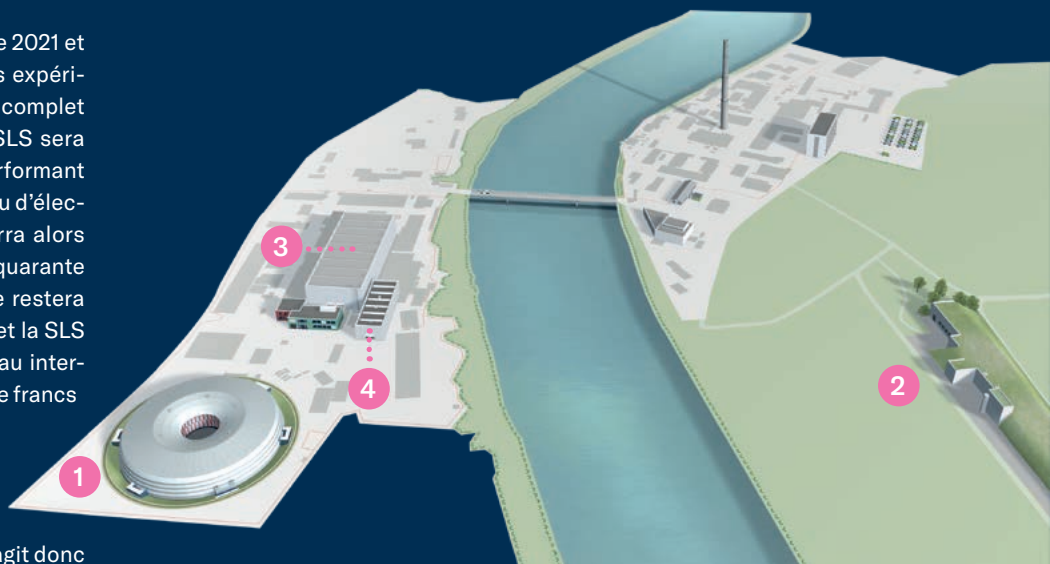
3 IMPACT

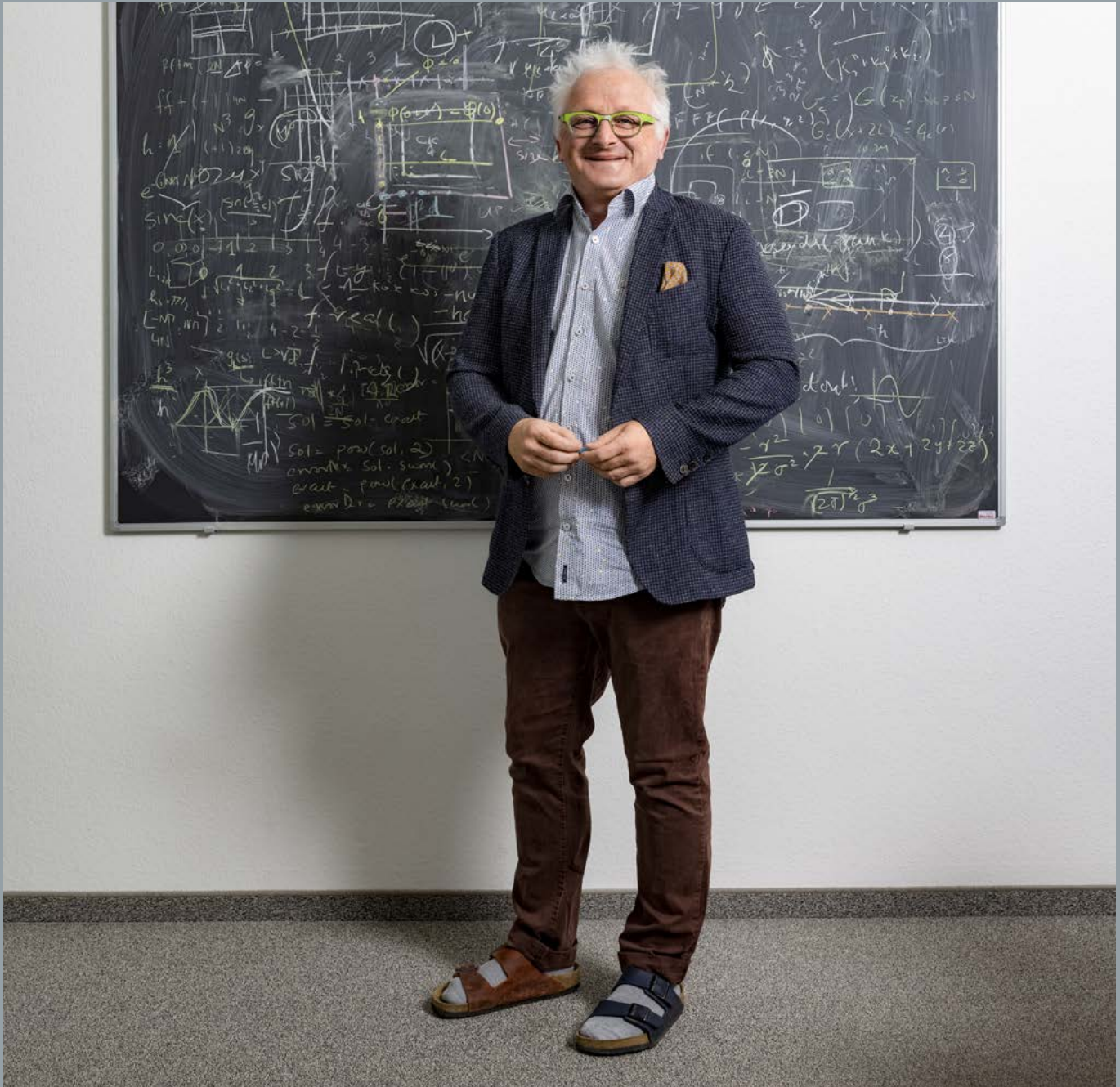
Depuis sa mise en service en 1974, l'accélérateur de protons HIPA a été constamment développé, recevant plusieurs mises à niveau. Le cyclotron injecteur actuel et de nombreuses autres améliorations des structures de l'accélérateur permettent de générer un flux de protons de plus en plus élevé (par flux de protons, on entend le nombre de protons par seconde). Aujourd'hui encore, HIPA occupe une position de leader mondial en matière de puissance de faisceau et de production de particules secondaires. Le prochain projet prévu est baptisé IMPACT (*Isotope and Muon Production with Advanced Cyclotron and Target Technology*). Il devrait être réalisé entre 2025 et 2028. IMPACT est composé

de deux parties: HIMB et TATTOOS. HIMB (*High-Intensity Muon Beams*) multipliera par cent les taux de muons disponibles, ce dont profitera la recherche en physique des particules et en sciences des matériaux. L'objectif de TATTOOS (*Targeted Alpha Therapy using Terbium and Other Oncological Solutions*) est de produire des radionucléides destinés au diagnostic et au traitement simultanés du cancer.

4 Le SINQ Guide Upgrade


La SINQ est opérationnelle depuis 1996. Depuis la mi-2020, elle a été équipée, comme amélioration, de trois nouveaux instruments de mesure ainsi que d'un nouveau système ultra-moderne de transport optique des neutrons. Pour ce faire, tous les guides de neutrons ont été remplacés. Les guides de neutrons sont des tubes de verre ou de métal sous vide, dont la face interne est revêtue de couches ultrafines de métal. Celles-ci forment une sorte de miroir qui réfléchit les neutrons. Ces tubes guident les neutrons depuis la source jusqu'aux différentes stations expérimentales. L'upgrade a permis d'améliorer le flux de neutrons vers les diverses stations expérimentales d'un facteur deux à trente. Coût total de la mise à niveau: 17 millions de francs suisses.





Modèle et réalité

Andreas Adelman et son équipe produisent des résultats en amont de toute expérience: en tant que directeur du Laboratoire de simulation et modélisation, il traduit en équations mathématiques les facteurs pertinents qui jouent un rôle dans une expérience projetée. Celles-ci sont résolues à l'aide d'un programme informatique et offrent une représentation de l'expérience sous forme de modèle. Les résultats seront ensuite utilisés, entre autres, pour des prévisions afin d'optimiser des expériences, d'améliorer des instruments scientifiques ou encore d'anticiper certains phénomènes en sciences des matériaux et en sciences du vivant.



Les travaux de construction avancent comme prévu. Benno Rechsteiner, CEO du Park Innovaare (à gauche), et Daniel Leber, chef de projet global, s'en assurent personnellement sur place.

Un voisin avec l'esprit d'entreprise

EN SUISSE

Le réseau de parcs technologiques de Switzerland Innovation n'en finit pas de croître: le Park Innovaare, situé juste à côté du PSI, s'agrandit. Avec pour objectif affiché de transformer la recherche de pointe «made in Switzerland» en applications concrètes et en entreprises rentables.

Texte: Brigitte Osterath



«C'est ici que se trouveront les salles blanches où se dérouleront les travaux avec des matériaux particulièrement sensibles», explique l'architecte Daniel Leber en pénétrant dans la vaste halle en béton armé sise sur le chantier du Park Innovaare. Pour l'instant, l'endroit ressemble plutôt à un parking souterrain. Mais à mesure que le chef de projet poursuit sa description, il suffit d'un brin d'imagination pour se figurer les chercheurs en combinaison de protection qui travailleront bientôt ici sur des matériaux high-tech nanostructurés. «Des modules de salles blanches seront installés ici, ultérieurement, explique-t-il. Avec des filtres d'aération qui permettront de maintenir une faible quantité de particules.» Cette condition est indispensable pour certains travaux de recherche et de production, par exemple dans l'industrie des semi-conducteurs ou dans l'industrie pharmaceutique.

Daniel Leber est architecte au sein de l'entreprise de construction suisse ERNE et chef de projet global pour le campus d'innovation Park Innovaare, situé juste à côté du site du PSI. La construction de cette extension est en cours depuis novembre 2019. Les bâtiments devraient être prêts à être occupés fin 2023, avec leurs 23000 mètres carrés de surface utile constituée de bureaux, laboratoires et ateliers.

C'est avec fierté que Daniel Leber montre l'état d'avancement des quatre bâtiments du campus d'innovation. Selon lui, «ce projet constitue une tâche vraiment passionnante. En raison de la multitude d'applications spéciales, avec sans cesse de nouveaux défis en termes de technique de construction.» La salle de radiologie, par exemple, est ceinte de murs en béton armé de 50 centimètres d'épaisseur – sans compter le pont roulant, nécessaire au montage des équipements lourds dans cet espace. Au sein de certains laboratoires de physique, la température doit être constamment réglée au dixième de degré Celsius près, ce qui suppose un système de ventilation complexe. Les murs en béton de la halle des salles blanches sont découplés de ceux des bâtiments adjacents par une couche de séparation spéciale en treillis de nylon: cela empêche les vibrations émanant d'un bâtiment d'être transmises au suivant. Un point important pour les travaux délicats où chaque nanomètre compte.

Aux petits soins

Outre les aspects high-tech, il s'agit de ne pas oublier les fondamentaux: un restaurant, par exemple, qui puisse servir jusqu'à 200 repas de midi. A l'avenir, chercheurs et responsables de l'innovation issus de l'industrie et du secteur académique y discuteront de leurs projets de recherche communs autour d'une salade ou d'une assiette de spaghettis ou de röstis. «Depuis sa fondation en 2015, le Park Innovaare est un lieu de rencontre entre, d'une part, les managers issus d'entreprises innovantes et, d'autre part, les scienti-

«Nous recherchons des entreprises désireuses de réaliser de véritables bonds technologiques.»

Benno Rechsteiner, CEO du Park Innovaare

fiques de premier plan issus du PSI et des hautes écoles, souligne Benno Rechsteiner, CEO du Park Innovaare. Nous mettons des innovations sur le marché, nous créons de nouveaux emplois et nous générons de la valeur ajoutée pour le canton d'Argovie et la Suisse.»

Dans les bâtiments d'extension, les grandes entreprises de l'industrie ont la possibilité d'aménager elles-mêmes des étages entiers, s'il le faut. Quant aux petites start-up, elles peuvent louer des laboratoires et des bureaux déjà entièrement équipés. Toutes les entreprises qui s'installent ici peuvent utiliser, moyennant paiement, des infrastructures comme les salles blanches (qu'elles n'auraient pas les moyens de construire ni d'entretenir).

Au besoin, des installations sont bien sûr aussi disponibles directement au PSI, de l'autre côté de la route. «La proximité du PSI – avec ses grandes installations de recherche et son orientation internationale – fait du Park Innovaare un site très spécial, affirme Benno Rechsteiner. Nous cherchons donc des entreprises désireuses de réaliser de véritables bonds technologiques.»

En attendant le déménagement

Dix-sept entreprises sont déjà installées dans le Park Innovaare. Certaines sont des spin-off du PSI. En attendant que les nouveaux bâtiments puissent être occupés, elles résident par exemple au deliveryLAB, un pavillon en bois de deux étages sis dans la partie ouest du PSI. «Nous sommes très impatients de déménager sur le campus d'innovation et de poursuivre notre croissance», explique Michael Hennig, CEO et cofondateur de leadXpro. L'entreprise a loué un étage complet dans l'un des futurs bâtiments.

LeadXpro est spécialisée dans la caractérisation de protéines membranaires: des points de commutation importants et, de ce fait, des structures cibles très prisées pour des médicaments. Pour travailler, la spin-off du PSI utilise la Source de Lumière Suisse SLS et le laser suisse à rayons X à électrons libres SwissFEL. Le centre de transfert de technologie ANAXAM figure également parmi les locataires du Park Innovaare: cette société offre aux entreprises des analyses de matériaux par rayonnement neutronique et synchrotron. Ses services vont du conseil à l'élaboration du rapport final, en passant par les mesures avec une infrastructure personnalisée d'analyse des données.

Le réseau de Switzerland Innovation couvre tout le pays. Les six entités chargées des sites ont la possibilité d'ouvrir des antennes supplémentaires dans d'autres régions. Le parc d'innovation de Zurich, par exemple, en gère une en Suisse centrale et une autre dans le Tessin.



Park Biel / Bienne



Park Basel Area



Park Innovaare, Villigen



Park Zurich



Park West EPFL, Lausanne



Park Ost, St. Gallen

Il n'y a pas que les spin-off qui profitent de cette interaction intensive entre recherche et industrie: le PSI en bénéficie également, car elle permet de commercialiser plus rapidement les inventions et les développements technologiques. «Les liens étroits qui se nouent sur place facilitent une communication simple et rapide, raconte Jens Rehanek, CEO d'Advanced Accelerator Technologies. On peut discuter de beaucoup de choses à court terme autour d'un déjeuner.» Advanced Accelerator Technologies est une initiative commune du PSI et de plusieurs partenaires de l'industrie. Cette entreprise commercialise des développements du PSI dans le domaine des accélérateurs et d'autres installations expérimentales.

Pourquoi des parcs d'innovation?

«La Suisse est à la pointe de la recherche fondamentale», relève Raphaël Tschanz, directeur suppléant de la fondation Switzerland Innovation, sise à Berne. Switzerland Innovation est l'organisation responsable du réseau national de parcs d'innovation, dont le Park Innovaare fait partie. «Mais lorsqu'il s'agit de traduire ces résultats de recherche en applications et en produits concrets, la Suisse perd du terrain en comparaison de l'international, explique-t-il. Il y a trop peu d'offres dans le transfert de technologie, trop peu de collaborations entre l'industrie et les universités.»

Les Chambres fédérales ont décidé en 2012 que cela devait changer et créé les bases légales pour l'avènement d'un réseau de parcs d'innovation. Les deux entités responsables des sites près de l'ETH Zurich et de l'EPFL ont été incluses dès le début. D'autres entités responsables des sites ont pu se porter candidates.

Outre le Park Innovaare, le Park Biel/Bienne et le Park Basel Area ont été acceptés. Cette année, le Conseil fédéral a donné son feu vert pour une sixième entité responsable des sites à Saint-Gall.

«Chaque entité responsable des sites a une orientation thématique, précise Raphaël Tschanz. Autrement dit, des points forts qui résultent des compétences de recherche des instituts, universités, hautes écoles et entreprises de la région.» Le Park Basel Area, par exemple, est clairement tourné vers les biotechnologies et le biomédical. Alors que la technologie des accélérateurs, les matériaux, la santé humaine et l'énergie constituent les points forts du Park Innovaare.

La Suisse romande en exemple

Selon Raphaël Tschanz, les parcs récents suivent l'exemple du Park Network West EPFL. Avec ses sites de Lausanne, Sion, Genève, Neuchâtel et Fribourg, ce parc d'innovation couvre toute la Suisse romande. «Dans cette région, il y a toujours eu une demande importante de la part de l'économie privée, explique Raphaël Tschanz. A Lausanne, cela fait déjà plus de vingt ans qu'on encourage activement la collaboration entre l'industrie et les centres de recherche académique.» Ce qu'il faut, estime-t-il, c'est un écosystème florissant qui stimule l'esprit d'entreprise. Il est convaincu que les nouveaux bâtiments, à Villigen, permettront l'avènement d'un tel biotope et que celui-ci sera encore plus concentré, notamment parce que le PSI sera également locataire sur le campus d'innovation. «Il y a peu d'endroits au monde comme le PSI, où sont présentes tant de compétences sur un seul site.» Des entreprises de toutes sortes peuvent en bénéficier. ♦

Actualité de la recherche au PSI

1 Pour l'avenir des données

L'Institut Paul Scherrer PSI a officiellement élargi ses principaux domaines de recherche et fondé une nouvelle division de recherche baptisée Calcul scientifique, théorie et données. Les chercheurs qui y seront rattachés se pencheront davantage sur le développement de nouvelles technologies informatiques et de données ainsi que sur leur application scientifique. Cette division de recherche vient s'ajouter aux cinq divisions que le PSI compte déjà: Biologie et chimie, Recherche avec neutrons et muons, Énergie nucléaire et sûreté, Énergie et environnement et Sciences photoniques.

Les sciences computationnelles, l'utilisation de supercalculateurs comme le CSCS à Lugano, la science des données, la simulation et la modélisation ainsi que le domaine de l'intelligence artificielle jouent depuis longtemps un rôle au PSI. Ces activités se voient maintenant dotées d'un fondement adéquat et tourné vers l'avenir dans la structure de l'organisation.

La nouvelle division de recherche sera étroitement interconnectée au sein du domaine des EPF. Certains directeurs de laboratoire, notamment, sont déjà professeurs à l'EPFL; avec leur double appartenance, ils renforcent les liens qui unissent les deux institutions.

Informations supplémentaires:
<http://psi.ch/fr/node/45903>

Le PSI compte **6** divisions de recherche, désormais: la nouvelle, baptisée Calcul scientifique, théorie et données, vient s'ajouter aux cinq existantes.

Chaque année, quelque **3,6** pétaoctets (soit 3,6 milliards d'octets) de données de recherche sont générés au PSI, et la tendance est à la hausse.

25 pétaflops (soit 25 milliards d'opérations de calcul par seconde): telle est la puissance de calcul du superordinateur PIZ Daint au Centre suisse de calcul scientifique (CSCS), sis à Lugano, qui fait partie de l'ETH Zurich et que les chercheurs du PSI utilisent également.

2 Un ordinateur quantique suisse

L'ETH Zurich et l'Institut Paul Scherrer PSI ont ouvert un centre de recherche commun: l'ETH Zurich - PSI Quantum Computing Hub. Deux principes concurrents de réalisation de qubits (bits quantiques) y sont étudiés: les pièges à ions et les qubits supraconducteurs. A moyen terme, un ordinateur quantique expérimental, en état de marche, devrait être réalisé sur le site du PSI, avec au moins l'un de ces deux concepts. Ce ordinateur continuera de faire l'objet de développements, tout en étant déjà utilisé par les chercheurs: il devrait permettre d'exécuter le traitement de données complexes et des simulations de manière beaucoup plus rapide que ceux dont on dispose couramment aujourd'hui.

Le PSI et l'ETH Zurich ont déjà de l'expérience dans la recherche sur les états quantiques et la fabrication de qubits. La collaboration entre ces deux institutions de haut vol doit permettre d'instaurer, dès le départ, une expertise de premier plan, en Suisse, dans le domaine des ordinateurs quantiques.

Informations supplémentaires:
<http://psi.ch/fr/node/44890>

3 Le cytosquelette, cible de nouveaux principes actifs

Grâce à une combinaison unique de simulations informatiques et d'expériences de laboratoire, les chercheurs de l'Institut Paul Scherrer PSI ont découvert de nouvelles cibles pour des principes actifs - par exemple contre le cancer - sur une protéine vitale du cytosquelette, la tubuline. Celle-ci donne leur forme aux cellules, contribue au transport de protéines et de grands composés cellulaires, et joue un rôle décisif dans la division cellulaire. Pour ce faire, la tubuline interagit avec beaucoup d'autres substances; de nombreux médicaments s'y arriment également et inhibent, par exemple, la division cellulaire dans les tumeurs. En collaboration avec l'Istituto Italiano di Tecnologia de Gênes, les chercheurs ont étudié la structure de la protéine dans le cadre de simulations informatiques: ils ont identifié des zones où d'autres molécules seraient susceptibles de particulièrement bien s'arrimer. Les chercheurs ont ensuite recherché d'autres domaines de liaison lors d'expériences réelles en laboratoire. En tout, les chercheurs en ont découvert 27 sur la tubuline, dont onze n'avaient encore jamais été décrits. Ils constituent des points de départ pour le développement de nouveaux médicaments.

Informations supplémentaires:
<http://psi.ch/fr/node/45064>

4 Une radiographie d'une netteté unique

Les chercheurs du PSI ont réussi une première: scruter l'intérieur de matériaux grâce à la méthode appelée «*transient grating spectroscopy*». Pour ce faire, ils ont utilisé les rayons X du laser à rayons X à électrons libres SwissFEL. L'expérience réalisée au PSI constitue une étape importante dans l'observation des processus qui se jouent au cœur de la matière et offre une précision inégalée à ce jour. Elle a permis de visualiser pour la première fois l'intérieur de matériaux avec une résolution atteignant l'échelle de l'atome, moyennant des temps d'exposition ultra-courts de l'ordre de quelques fractions de femto-secondes (un millionième de milliardième de seconde). Cette nouvelle méthode rend même possible la réalisation de vidéos sur certains processus atomiques. Par ailleurs, elle est sélective, ce qui signifie que l'on peut mesurer de manière ciblée certains éléments chimiques dans des matériaux mixtes. Elle pourrait par exemple contribuer à la poursuite de la miniaturisation technique, car elle permet d'étudier les modalités de migration de la chaleur à travers un matériau semi-conducteur ou encore ce qui se passe précisément lorsque des bits sont magnétisés sur le disque dur d'un ordinateur.

Informations supplémentaires:
<http://psi.ch/fr/node/44815>

Ce que les protons ont rendu possible

Chaque année, des centaines de patients cancéreux sont traités avec succès au Centre de protonthérapie du PSI. L'irradiation aux protons, particulièrement soigneuse, permet d'éliminer des tissus même dans les zones les plus critiques de l'organisme. A la grande joie des patients et de leurs proches!

Texte: Sebastian Jutzi



Toujours de l'avant

Ute, de Malix, près de Coire, était tout sauf sportive. En décembre 2014, on lui a diagnostiqué un sarcome au niveau de la cuisse. Comme la tumeur était située tout près d'un nerf important, il n'a pas été possible de retirer la totalité des tissus cancéreux. En avril 2015, Ute a donc suivi un traitement de six semaines au Centre de protonthérapie. C'est à ce moment-là qu'elle a commencé à courir. Aujourd'hui, elle est coureuse de montagne et court régulièrement des semi-marathons.

Le bonheur au jardin

Konrad, de St. Urban, a été traité pendant quarante-deux jours au Centre de protonthérapie, après avoir été opéré d'une tumeur de la glande parotide. Il avait refusé une opération encore plus importante, proposée en guise d'alternative. En parallèle, il a modifié son alimentation et opté pour un régime riche en légumes. Aujourd'hui, il se réjouit donc d'autant plus lorsque son jardin lui offre une récolte abondante.



A l'aise sur les podiums

Zoe, d'Unterägeri, a été diagnostiquée en 2009, peu avant son neuvième anniversaire: une forme rare de cancer au niveau de la tête. D'octobre à novembre de la même année, elle a été irradiée au Centre de protonthérapie. Aujourd'hui, elle est heureuse d'être guérie et pose régulièrement, pendant son temps libre, comme modèle lors de séances photo. Cette année, elle veut obtenir sa maturité professionnelle et choisir ses études.



La route devant soi

Paul Joseph, de Horgen, est un battant qui regarde toujours vers l'avant. C'est une bonne chose, car, en tant que conducteur de car et de bus, il doit toujours avoir bien à l'œil ce qui se trouve devant lui. A la retraite depuis 2017, il achemine toujours des passagers à bon port, six ou sept jours par semaine, au volant d'un bus exploité par la société de transports AHW, sise au bord du lac de Zurich. S'il peut le faire, c'est parce que sa tumeur dans la zone de la tête a été traitée avec succès au PSI.

Le ballon toujours au pied

Lisa, d'Adlikon, est passionnée de foot. Cette écolière ne s'est pas découragée quand le diagnostic est tombé: un cancer des tissus mous au niveau du cou. Elle a été traitée pendant sept semaines au Centre de prothérapie, en 2013, et la réussite a été totale. Ses coéquipières peuvent ainsi continuer à compter sur la puissance de ses tirs au but.



Sur la crête étroite

Thomas Mattle est revenu en Suisse à cause des montagnes. Depuis 2020, cet ancien doctorant au PSI dirige le secteur spécialisé Technologie et innovation chez Geberit, à Rapperswil-Jona, sur les rives du lac de Zurich. Pour que règne un bon esprit au travail, il tient à rester sur un pied d'égalité avec ses collaborateurs.

Texte: Christina Bonati

La visite des laboratoires sanitaires et de tests est ponctuée de sifflements et de gargouillements. Les prototypes de chasses d'eau, les systèmes de conduites et les revêtements innovants sont ici soumis à des centaines de milliers de tests. «Les différences d'efficacité existant entre les chasses d'eau des toilettes sont étonnantes», explique Thomas Mattle en riant. Ce docteur en physique évolue avec décontraction dans cet univers de conduites et de porcelaine blanche, tout en bavardant gaiement avec ses collègues. Les non-initiés ne se douteraient pas qu'il est leur supérieur hiérarchique: depuis 2020, Thomas Mattle dirige en effet le secteur spécialisé Technologie et innovation de la société Geberit International AG, leader européen du marché des produits sanitaires.

Ce n'est pas la première fois que son parcours éducatif et professionnel le mène dans des endroits inattendus. Thomas Mattle a grandi dans le canton de Saint-Gall et fait son gymnase à Heerbrugg, où il a travaillé à l'observatoire astronomique. Entre sa maturité et son service militaire, il s'envole pour quatre mois en Australie, où il améliore son anglais et apprend à construire des systèmes d'irrigation dans une ferme d'élevage, mais aussi à «jurer comme il faut».

Il choisit ensuite l'Université de Zurich pour ses études de physique. Une bonne décision, estime-t-il aujourd'hui. Car, à l'époque, ils n'étaient que quinze étudiants par volée à se partager les laboratoires. «Nous pouvions aller trouver en toute simplicité les professeurs dans leur bureau et ils savaient qui nous étions», se souvient Thomas Mattle. Comme assistant-étudiant, il approfondit ses études dans le domaine de la physique des solides et analyse des détecteurs élec-

triques pour le CERN. Pendant son année d'Erasmus à Uppsala, en Suède, il se focalise sur la chimie, sa branche secondaire, passe beaucoup de temps en laboratoire et apprend le suédois en parallèle.

Un paysage où il se sent bien

Après son master, Thomas Mattle postule au Young Graduate Trainee Program de l'Agence spatiale européenne (ESA). Jamais, reconnaît-il, il n'a appris autant de choses passionnantes que lors de cette année passée à Noordwijk, aux Pays-Bas, où il a travaillé sur les batteries d'un robot martien. Mais il n'a pas voulu s'y installer définitivement: «La Hollande est plate, avec une météo terrible, explique-t-il. La Suisse est mon pays, j'ai les montagnes et du soleil pour m'y sentir bien.»

D'où la décision très pragmatique de faire son doctorat à l'Institut Paul Scherrer. Il y est chercheur entre 2009 et 2013 et travaille sur un processus de fabrication de capteurs chimiques. Ces derniers sont imprimés avec de l'oxyde d'étain, à l'aide d'un laser focalisé par des lentilles. La méthode permet d'appliquer très précisément la structure électronique, en l'occurrence une couche chimiquement active. Alors qu'au départ il était à la recherche d'une thématique orientée «produit», c'est un sujet théorique qui finit par le captiver: «Alors que je réfléchissais aux raisons pour lesquelles le transfert d'un substrat ne fonctionne pas, je suis tombé sur un ouvrage passionnant des années 1960 consacré à l'effet supersonique et je me suis totalement immergé dans cette thématique», raconte-t-il.





«Mes collaborateurs continuent de venir me voir dans mon bureau, sans se gêner.»

Thomas Mattle, responsable Technologie et innovation, Geberit International AG



Après les prouesses intellectuelles de son travail de doctorat, Thomas Mattle parcourt l'Afrique de l'Est pendant cinq mois. Il gravit le Kilimandjaro et apprend à connaître la faune. «Quand le prochain bateau ne part que dans deux jours et que la tempête approche, ou quand un éléphant farfouille dans les déchets laissés devant votre tente, vous devez faire montre de patience résume-t-il, pensif, en évoquant ses aventures. Et vous apprenez aussi à bien connaître vos propres peurs.»

A son retour, à l'été 2014, Thomas Mattle se porte candidat à un poste d'ingénieur de développement chez Geberit. Le travail au sein de cette entreprise – forte de 12 000 collaborateurs répartis dans le monde entier – l'intéresse avant tout pour sa dimension appliquée. Lors de l'entretien d'embauche, il est aussi séduit par l'ambiance familière et ouverte qui y règne.

Au secteur Technologie et innovation, des experts de différents domaines de spécialité prêtent main forte au développement et à l'optimisation des produits Geberit ainsi qu'aux processus de fabrication. Thomas Mattle y fait ses débuts en tant qu'ingénieur de développement en technologie des matériaux. Il est alors responsable des domaines des adhésifs, des élastomères et des revêtements. «Je ne connaissais rien aux adhésifs, se souvient-il. Et j'ai dû réfléchir différemment, en processus de travail.» Heureusement, il peut s'appuyer, entre autres, sur son expérience de doctorant: «Quand tu ne maîtrises pas, tu te documentes et tu apprends», résume-t-il. Thomas Mattle ne tarde pas à diriger un petit projet de technologie et à fournir un résultat réussi.

Lorsque sa cheffe décroche une promotion huit mois plus tard, il apparaît très vite que Thomas Mattle est censé reprendre le poste de responsable du laboratoire de technologie des matériaux. Auquel s'ajoute celui de responsable adjoint du laboratoire de tests de Geberit, accrédité pour les tests des systèmes de conduites et des systèmes sanitaires. «Tout à coup, en plus des tâches que j'assumais auparavant, je devais gérer le personnel et j'avais la responsabilité du budget, dit-il. Je nageais!» Mais grâce au soutien de son chef de l'époque et à la fréquentation de cours de gestion, il ne tarde pas à maîtriser son poste. Et finit par se dire «cool», lorsque, au bout d'un an de développement, il tient un nouvel abattant de toilettes entre ses mains: «Je savais que nous avions planché neuf mois sur le vernis et voilà que, maintenant, ça fonctionnait!»

Les enseignements de l'alpinisme

Il y a un an, Thomas Mattle gravit encore un échelon pour devenir responsable du secteur spécialisé. Lorsqu'il s'agit de distinguer l'important de l'urgent pour s'en occuper à temps, il faut savoir évoluer sur une crête étroite. En tant qu'alpiniste amateur, c'est un art qu'il maîtrise, dit-il. Actuellement, il planche, avec son

équipe, sur un projet pour accélérer la production de conduites dans une usine. C'est aussi à lui qu'incombe le contrôle des ressources et des finances dans le cadre des collaborations avec les start-up et les centres de recherche. Par exemple, dans le cadre d'un projet de recherche avec l'Université de Zurich sur les légionelles dans l'eau et sur l'hygiène.

Thomas Mattle aime encore se rendre parfois dans le laboratoire, où il obtient des informations de première main: «Je prends le temps de discuter avec les gens, d'écouter leurs progrès, mais aussi leurs demandes et leurs soucis», souligne le physicien. En tant que chef, il veut continuer à être au fait des aspects techniques. Sa tâche ne consiste plus à élaborer seul des solutions mais à poser les bonnes questions aux collaborateurs et à les orienter dans la bonne direction. Il traite ses anciens collaborateurs de laboratoire et ses collègues de bureau sur un pied d'égalité. «Cela n'a guère changé depuis ma promotion, remarque-t-il joyeusement. Ils continuent de venir me voir dans mon bureau, sans se gêner.»

Le flux d'informations passe par le café et le sport

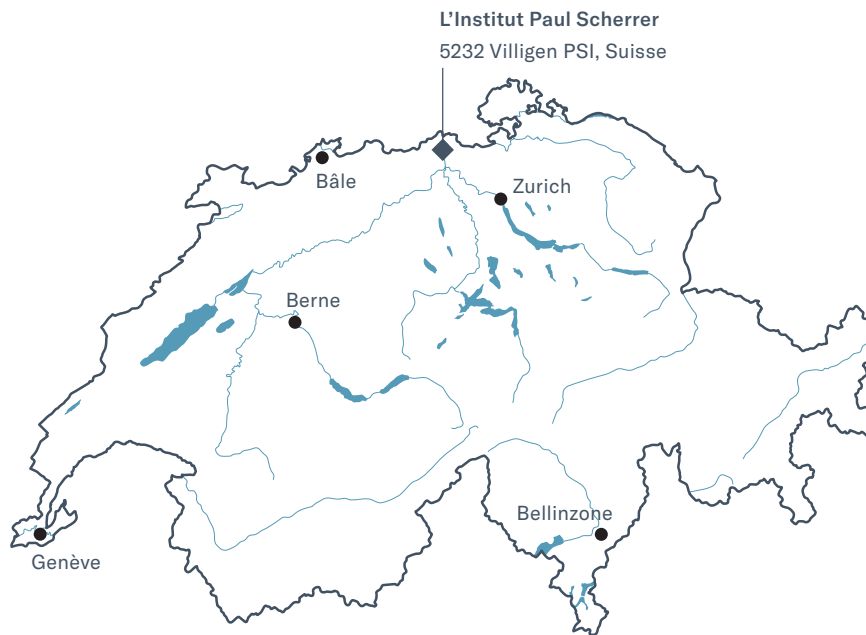
En raison de la pandémie, la plupart de ses collègues sont en télétravail et le bavardage des pauses-café lui manque: «Quand on se croise de manière fortuite à la machine à café, un précieux flux d'informations circule.» A ses yeux, le ciment social qu'offrent les activités sportives pratiquées en commun est irremplaçable, lui aussi. Par la fenêtre de son bureau, il désigne la salle de sport et ajoute: «Sur le terrain de badminton ou lors d'une randonnée à skis, on apprend à bien connaître des gens issus de toutes sortes de secteurs spécialisés et de niveaux hiérarchiques. On devient beaucoup plus serviable et on n'hésite pas à s'appeler au téléphone.» Il est heureux d'entendre que le PSI dispose désormais d'un mur d'escalade et d'un centre sportif. Cela lui manquait, quand il y était.

Depuis les bâtiments de Geberit, on aperçoit les montagnes qui se dressent par-delà le lac de Zurich. En été, Thomas Mattle officie comme guide pour le Club alpin suisse lors de deux ou trois randonnées en montagne. Ses soirées, il les passe volontiers avec des amis dans la halle d'escalade ou autour d'un bon plat. En tapotant son bedon naissant, il fait remarquer que son nouveau poste ne lui laisse guère de temps pour faire du sport – pour l'instant, en tout cas. ♦

QUI SOMMES-NOUS?

Depuis chez nous, en Argovie,
nous faisons de la recherche pour la Suisse
en coopération mondiale.





L'Institut Paul Scherrer
5232 Villigen PSI, Suisse

5

grandes installations de recherche
uniques en Suisse

800

articles scientifiques publiés chaque
année dans des revues spécialisées
qui reposent sur des expériences
menées aux grandes installations de
recherche

5000

visites annuelles de scientifiques
venus du monde entier pour
mener des expériences à ces grandes
installations de recherche

5232 est l'adresse où l'on fait de la recherche en Suisse à de grandes installations de recherche. Car l'Institut Paul Scherrer PSI a son propre code postal. Une particularité justifiée, d'après nous, pour un institut qui s'étire sur 342 000 mètres carrés, qui possède son propre pont sur l'Aar et qui compte 2100 collaborateurs, autrement dit plus d'employés que certains villages des environs n'ont d'habitants.

Le PSI est sis dans le canton d'Argovie, sur les deux rives de l'Aar, entre les communes de Villigen et de Würenligen. C'est un institut de recherche fédéral pour les sciences naturelles et les sciences de l'ingénieur, qui fait partie du domaine des Ecoles polytechniques fédérales (EPF), les autres membres étant l'ETH Zurich, l'EPF Lausanne, l'Eawag, l'Empa et le WSL. Avec notre recherche fondamentale et notre recherche appliquée, nous œuvrons à l'élaboration de solutions durables pour répondre à des questions majeures, tant sociétales que scientifiques et économiques.

De grandes installations de recherche complexes

Nous avons reçu de la Confédération suisse le mandat de développer, de construire et d'exploiter de grandes installations de recherche complexes. Ces dernières sont uniques en Suisse et certains équipements sont même uniques au monde, car ils n'existent qu'au PSI.

De nombreux chercheurs, actifs dans les disciplines les plus diverses, ont la possibilité de faire des découvertes essentielles pour leur travail en menant des expériences à nos grandes installations de recherche. En même temps, la construction et l'exploitation d'installations pareilles sont si complexes et coûteuses qu'au niveau de leur propre infrastructure les groupes de recherche dans les hautes écoles et dans l'industrie ne peuvent pas disposer de ce genre d'instruments de mesure. C'est pourquoi nos installations sont ouvertes à tous les chercheurs.

S'ils veulent obtenir du temps de mesure pour leurs expériences, les chercheurs de Suisse et de l'étranger doivent toutefois faire acte de candidature auprès du PSI. Le comité de sélection, composé d'experts, évalue ces demandes en fonction de leur qualité scientifique et recommande au PSI les scientifiques auxquels il faut véritablement l'allouer. En effet, même si le PSI dispose d'une quarantaine de postes de mesure auxquels des expériences peuvent être menées simultanément, il n'y a pas assez de temps disponible pour toutes les candidatures. Entre un tiers et la moitié des demandes doivent être refusées.

Chaque année, quelque 1900 expériences sont conduites aux grandes installations de recherche au PSI. Le temps de mesure au PSI est gratuit pour tous les chercheurs académiques. Les utilisateurs

de l'industrie ont la possibilité d'acheter du temps de mesure pour leur propre recherche dans le cadre d'une procédure spécifique et d'utiliser les installations de recherche pour leur recherche appliquée. Le PSI offre à cet effet des prestations spéciales de recherche et de développement.

Au total, le PSI entretient cinq grandes installations de recherche qui permettent de se plonger dans des matériaux, des biomolécules et des appareils techniques afin de sonder les processus qui se jouent à l'intérieur. Lors de leurs expériences, les chercheurs «radiographient» les échantillons qu'ils veulent analyser au moyen de différents rayonnements. Ils ont à disposition des faisceaux de particules – neutrons et muons – ou de lumière intense de type rayons X – lumière synchrotron ou laser à rayons X. Ces divers types de rayonnements permettent d'étudier au PSI une grande variété de propriétés des matériaux. La complexité et les coûts de ces installations sont dus notamment au fait que, pour produire ces différents rayonnements, il faut de grands accélérateurs.

Nos trois principaux domaines de recherche

Mais le PSI n'est pas seulement prestataire de services pour d'autres chercheurs; il a son propre programme de recherche et ce dernier est ambitieux. Les découvertes faites par les chercheurs au PSI permettent de mieux comprendre le monde qui nous entoure et établissent les fondements nécessaires au développement d'appareils et de traitements médicaux innovants.

En même temps, la recherche en interne est une condition importante pour assurer le succès du programme utilisateurs aux grandes installations. Car seuls des chercheurs impliqués dans les derniers développements scientifiques sont en mesure d'épauler les utilisateurs externes dans leur travail et de continuer à développer les installations pour qu'à l'avenir elles correspondent aux besoins de la recherche.

Notre propre recherche se concentre sur trois domaines. Dans celui de la matière et des matériaux, nous étudions la structure interne de différentes substances. Les résultats aident à mieux comprendre les processus qui se jouent dans la nature et fournissent les bases de nou-

veaux matériaux destinés à des applications techniques et médicales.

Dans le domaine de l'énergie et de l'environnement, l'objectif des travaux menés est de développer de nouvelles technologies pour un approvisionnement énergétique durable, sûr et respectueux de l'environnement.

Dans le domaine de la santé humaine, les chercheurs s'efforcent d'identifier les causes de certaines maladies et les méthodes thérapeutiques possibles. Dans le cadre de la recherche fondamentale, ils étudient les processus généraux qui se jouent au sein des organismes vivants. Par ailleurs, nous exploitons la seule installation de Suisse permettant de traiter certaines maladies cancéreuses spécifiques avec des protons. Cette méthode particulièrement peu agressive permet de détruire les tumeurs de manière ciblée, tout en préservant la quasi-totalité des tissus sains environnants.

Les cerveaux derrière les machines

Le travail aux grandes installations de recherche du PSI est exigeant. Nos chercheurs, ingénieurs et professionnels sont des experts hautement spécialisés. Pour nous, il est important de préserver ces connaissances. Nous attendons donc de nos collaborateurs qu'ils transmettent leur savoir à des jeunes qui s'en serviront dans le cadre de différentes positions professionnelles, pas seulement au PSI. C'est pourquoi près d'un quart de nos collaborateurs sont des apprentis, des doctorants et des postdocs.

IMPRESSUM

5232 – Le magazine de l'Institut Paul Scherrer

Paraît trois fois par an.
Numéro 3/2021 (septembre 2021)
ISSN 2571-6891

Editeur

Institut Paul Scherrer
Forschungsstrasse 111
5232 Villigen PSI, Suisse
Téléphone: +41 56 310 21 11
www.psi.ch

Rédaction

Monika Gimmel, Christian Heid,
Dr Laura Hennemann,
Sebastian Jutzi (resp.),
Dr Brigitte Osterath,
Dr Mirjam van Daalen

Traduction

Catherine Riva

Correction

Étienne Diemert

Design et direction artistique

Studio HübnerBraun

Photos

Désirée Good, sauf:
Pages 4/5, 21, 22/23:
Scanderbeg Sauer Photography;
Page 25: Basel Area
Business & Innovation/
Mark Niedermann (Park Basel),
Park Innovaare (Park Innovaare),
Switzerland Innovation (Park
Zürich), Aumivi (Park Ost),
EPFL Innovation Park (Park West
EPFL), Switzerland Innovation
(Park Biel/Bienne);
Pages 26/27: Adobe Stock;
Page 38: PSI/Markus Fischer.

Visualisations 3D et infographies

PSI/Mahir Dzambegovic, sauf:
Pages 2, 20: Bruno Muff;
Pages 6/7: Daniela Leitner;
Page 25: Switzerland Innovation;
Page 41: Institut Paul Scherrer.

Pour en savoir plus sur le PSI

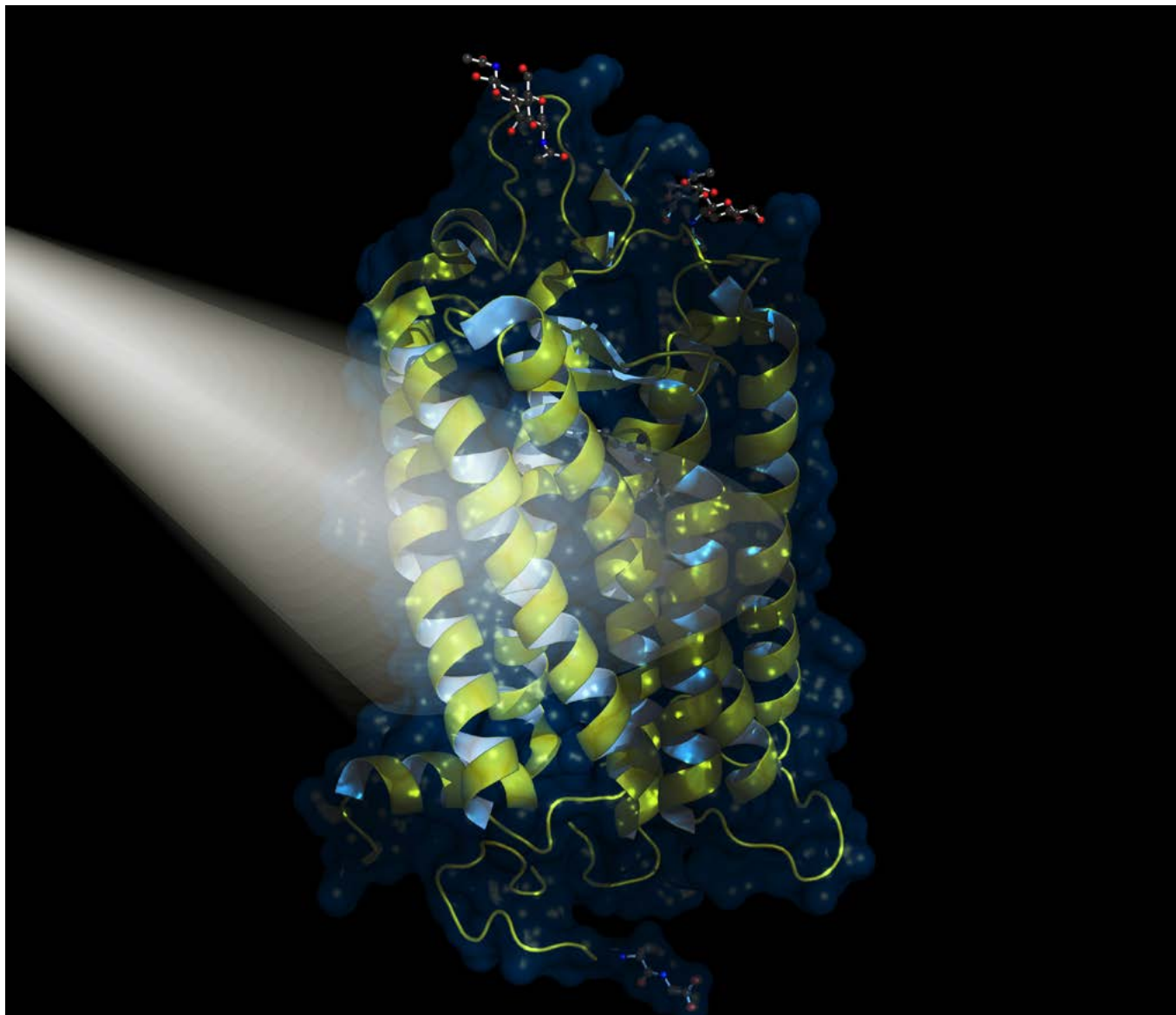
www.psi.ch/fr/

5232 est disponible sur Internet
et sur abonnement gratuit
www.psi.ch/fr/5232

5232 est également disponible
en allemand
www.psi.ch/de/5232

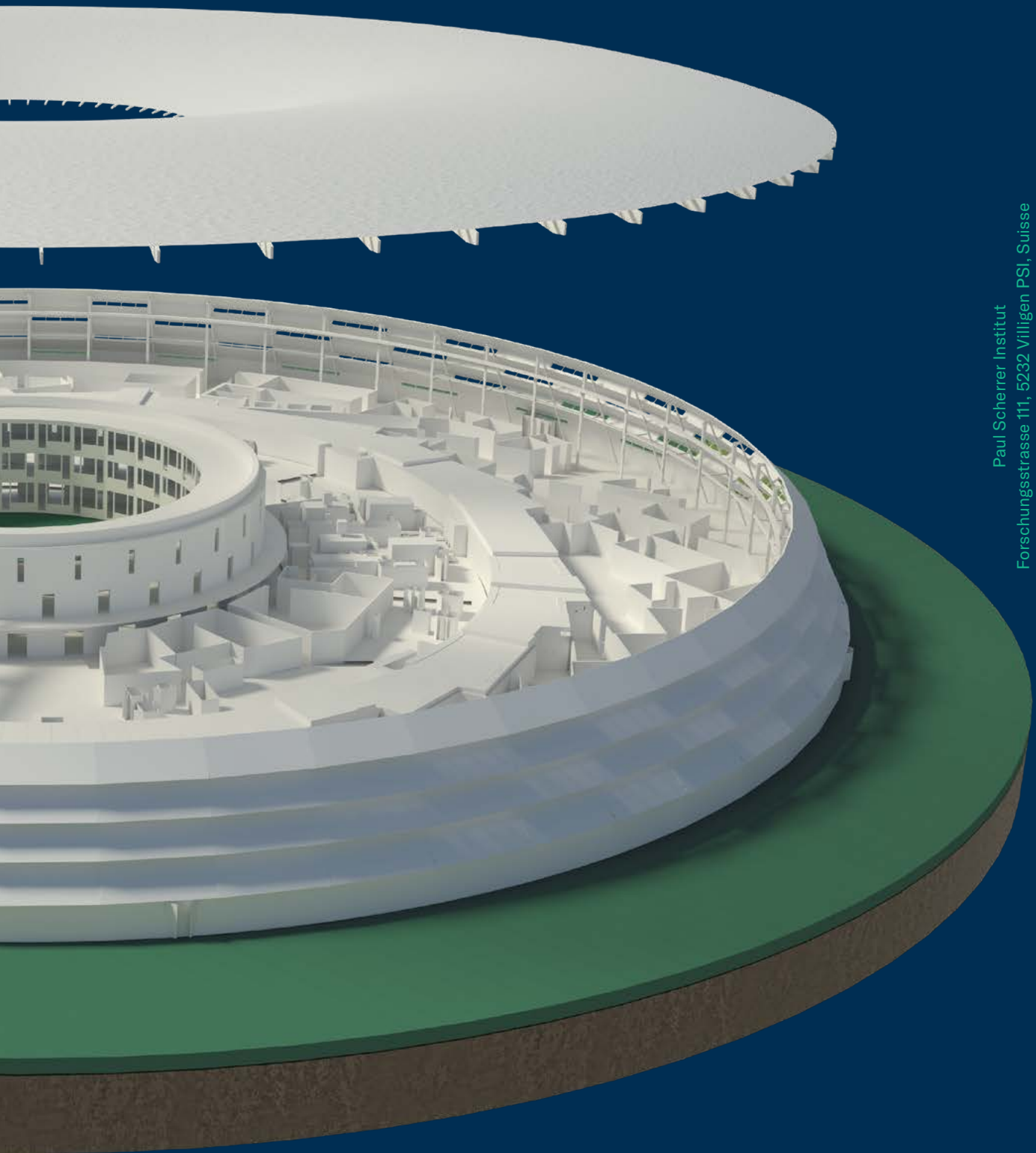
PAUL SCHERRER INSTITUT





Ce qui vous attend au prochain numéro

Sans les protéines photosensibles des membranes de nos cellules, nous – ni les autres êtres vivants – ne serions capables de voir. Aujourd'hui encore, de nombreuses questions concernant ces récepteurs restent non élucidées. Comment fonctionnent-ils exactement? Qu'est-ce qui les rend si efficaces? Les grandes installations de recherche du PSI contribuent à révéler les derniers grands secrets de ces composants cellulaires extraordinaires. Car l'aptitude à différencier la lumière de l'obscurité est seulement l'une des miraculeuses capacités de ces multitalents moléculaires. Ils servent aussi de centrale énergétique aux pompes à ions. Actuellement, des chercheurs du PSI – qui travaillent au sein d'une équipe internationale – s'en servent pour activer et désactiver avec précision certains processus dans les cellules. Leur objectif à long terme est de mieux comprendre l'apparition de maladies et de développer de nouveaux traitements.



Paul Scherrer Institut
Forschungsstrasse 111, 5232 Villigen PSI, Suisse
www.psi.ch | +41 56 310 21 11