

# 203205



DOSSIER

## FAIRE DE LA RECHERCHE AU SUPERLASER

## DOSSIER: FAIRE DE LA RECHERCHE AU SUPERLASER



BIOLOGIE AU SWISSFEL

### Hollywood en forêt de Würenlingen

Les chercheurs du PSI veulent utiliser le laser à rayons X SwissFEL pour réaliser des films qui présenteront des biomolécules en action. Ces productions montreront comment fonctionne notre œil ou quel est le mode d'action de nouveaux médicaments.

PHYSIQUE AU SWISSFEL

### Metteurs en scène avec missions additionnelles

Les chercheurs du PSI étudient comment rendre les mémoires informatiques du futur plus compactes, plus rapides et moins gourmandes en énergie. Les séquences filmées grâce au SwissFEL fournissent des indications décisives sur de nouveaux dispositifs de stockage.

CHIMIE AU SWISSFEL

## Scènes d'action au rythme endiablé

Comment fonctionnent les cellules solaires à colorant? Et que se cache-t-il derrière la brillance des nouveaux écrans de smartphones? Les prises de vue à haute vitesse du SwissFEL devraient permettre de rendre les appareils plus efficaces et meilleur marché.

Page 18



CONTENU

QUESTIONS-RÉPONSES	
Trois questions à Joël Mesot	4
LE PRODUIT	
Montres	6
L'AUXILIAIRE	
Cure-dents	7
 DOSSIER:	
FAIRE DE LA RECHERCHE AU SUPERLASER	8
 BIOLOGIE AU SWISSFEL	
Hollywood en forêt de Würenlingen	10
 PHYSIQUE AU SWISSFEL	
Metteurs en scène avec missions additionnelles	16
 CHIMIE AU SWISSFEL	
Scènes d'action au rythme endiablé	18
EN IMAGE	
Cedric Cozzo	21
AILLEURS EN SUISSE	
Une journée dans la peau d'un jeune chercheur	22
Avec un mortier et un pilon plutôt qu'avec une craie: à l'iLab, les élèves expérimentent la physique.	
EN BREF	
Actualité de la recherche au PSI	26
1 Médicaments pour patients argoviens 2 Véhicules diesel: pour des émissions propres 3 Bioénergie récompensée 4 Hausse de production	
GALERIE	
Vraiment utile	28
L'Institut Paul Scherrer, qui va fêter ses 30 ans d'existence, a déjà beaucoup accompli.	
PORTRAIT	
Le conquérant des cimes	34
Ancien chercheur au PSI, Pierre-Alain Herren négocie aujourd'hui pour Alpiq.	
QUI SOMMES-NOUS?	38
IMPRESSUM	40
DANS LE PROCHAIN NUMÉRO	41

## Trois questions à Joël Mesot

Le PSI abrite un nouveau grand instrument de recherche: le laser suisse à rayons X à électrons libres SwissFEL, d'une longueur de 740 mètres. C'est à lui que nous consacrons le dossier de cette édition. Pourquoi la Suisse a-t-elle besoin d'une installation de ce genre et en quoi le SwissFEL profite-t-il à l'industrie de notre pays? Les réponses de Joël Mesot, directeur de l'Institut Paul Scherrer.

**Joël Mesot, avec le laser suisse à rayons X à électrons libres SwissFEL, le PSI a mis en service son quatrième grand instrument de recherche. Qu'est-ce qui rend le SwissFEL si spécial?**

1

Le SwissFEL fait partie d'une toute nouvelle génération de grandes installations scientifiques. On peut se représenter le SwissFEL comme une caméra géante, car il permet aux chercheuses et aux chercheurs de filmer, à l'échelle moléculaire ou atomique, les modifications extrêmement rapides qui se produisent au cœur même de certains matériaux innovants et de certaines structures biologiques. Sur la base de ces films, nous pouvons mieux comprendre ce qui se passe par exemple dans un disque dur, quand nous modifions le contenu qui y est stocké, ou à l'intérieur de notre œil, quand la lumière le touche. Seules cinq installations de ce genre sont en service dans le monde.

**Pourquoi la Suisse a-t-elle investi pour se doter de sa propre installation?**

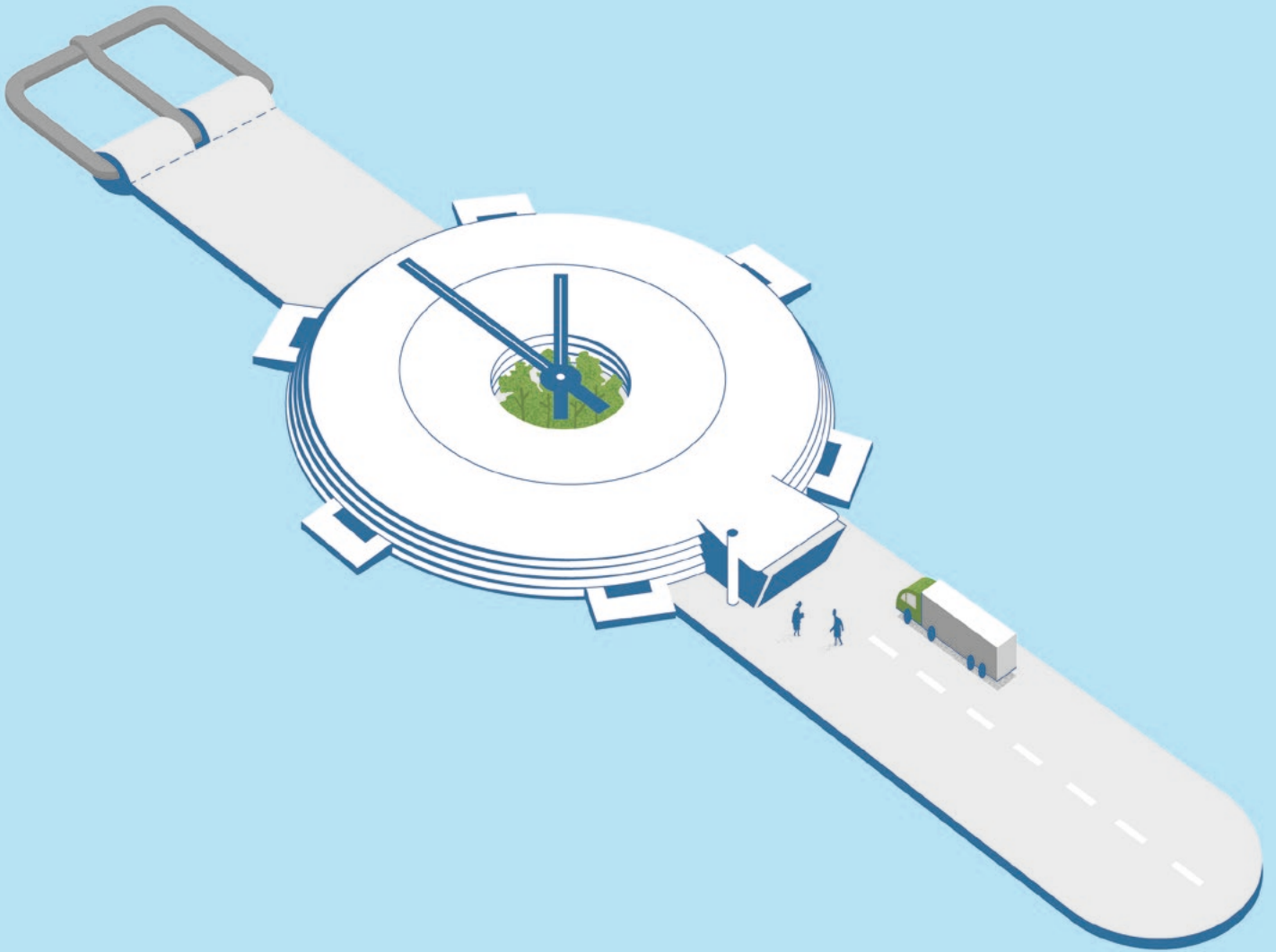
2

Le fait de construire notre propre installation nous a permis de répondre de manière ciblée aux besoins des scientifiques de Suisse. La grande majorité des hautes écoles du pays ont été impliquées dans notre projet et ont eu la possibilité de présenter leur vision, leurs souhaits et leurs idées. Le SwissFEL est spécialement calibré pour mener des analyses dans les domaines de spécialité où la recherche suisse est forte. Clairement, ce grand instrument renforce la position des scientifiques suisses dans la compétition internationale.

**En Suisse, beaucoup de gens sont préoccupés par l'évolution de la situation économique et attendent des scientifiques qu'ils contribuent à la compétitivité de l'économie helvétique. Comment l'industrie suisse peut-elle profiter du SwissFEL?**

3

Pour commencer, la recherche académique au SwissFEL fournit des connaissances que l'industrie traduit sous forme d'innovations: de nouveaux médicaments, des processus plus efficaces pour l'industrie chimique ou encore de nouveaux matériaux pour l'électronique... Mais l'industrie utilisera aussi le SwissFEL pour ses propres projets de recherche et de développement, et profitera de la disponibilité à proximité d'une installation aussi exceptionnelle. Dans tous les cas, la collaboration étroite entre science et industrie est décisive. Le parc d'innovation Park innovaare, situé à proximité immédiate du PSI, vient épauler cette collaboration sous tous ses aspects. L'entreprise suisse Ampegon a déjà démontré que le SwissFEL pouvait se traduire directement par de l'innovation, alors que l'installation était encore en construction. En 2016, elle a été récompensée par le fameux Swiss Technology Award pour une technologie développée pour le SwissFEL, mais qui peut aussi être exploitée pour d'autres applications.



Certaines analyses menées au PSI pourraient servir un jour à améliorer des produits du quotidien. Exemple.

## Montres

Le chocolat, les banques et, bien entendu, l'industrie horlogère, tels sont les clichés qui viennent à l'esprit, quand on pense à la Suisse. Et, effectivement, le secteur horloger emploie plus de 50 000 personnes en Suisse. Mais les développements dans cette branche ne se sont pas arrêtés avec l'invention de la mécanique horlogère et notamment du balancier: aujourd'hui encore, on peaufine des détails et la recherche va bon train. C'est ainsi que des chercheurs du PSI analysent, sur le mandat d'entreprises suisses, un nouvel alliage susceptible d'entrer dans la fabrication de pièces mécaniques horlogères plus performantes. Les scientifiques soumettent ce métal à des tests de déformation sophistiqués et observent simultanément les transformations subies grâce à des rayons X hautement concentrés, qui, en Suisse, ne sont disponibles qu'au PSI: dans le bâtiment circulaire de la Source de Lumière Suisse SLS. De plus, les chercheurs s'attaquent aux nouveaux matériaux au moyen de faisceaux d'électrons.

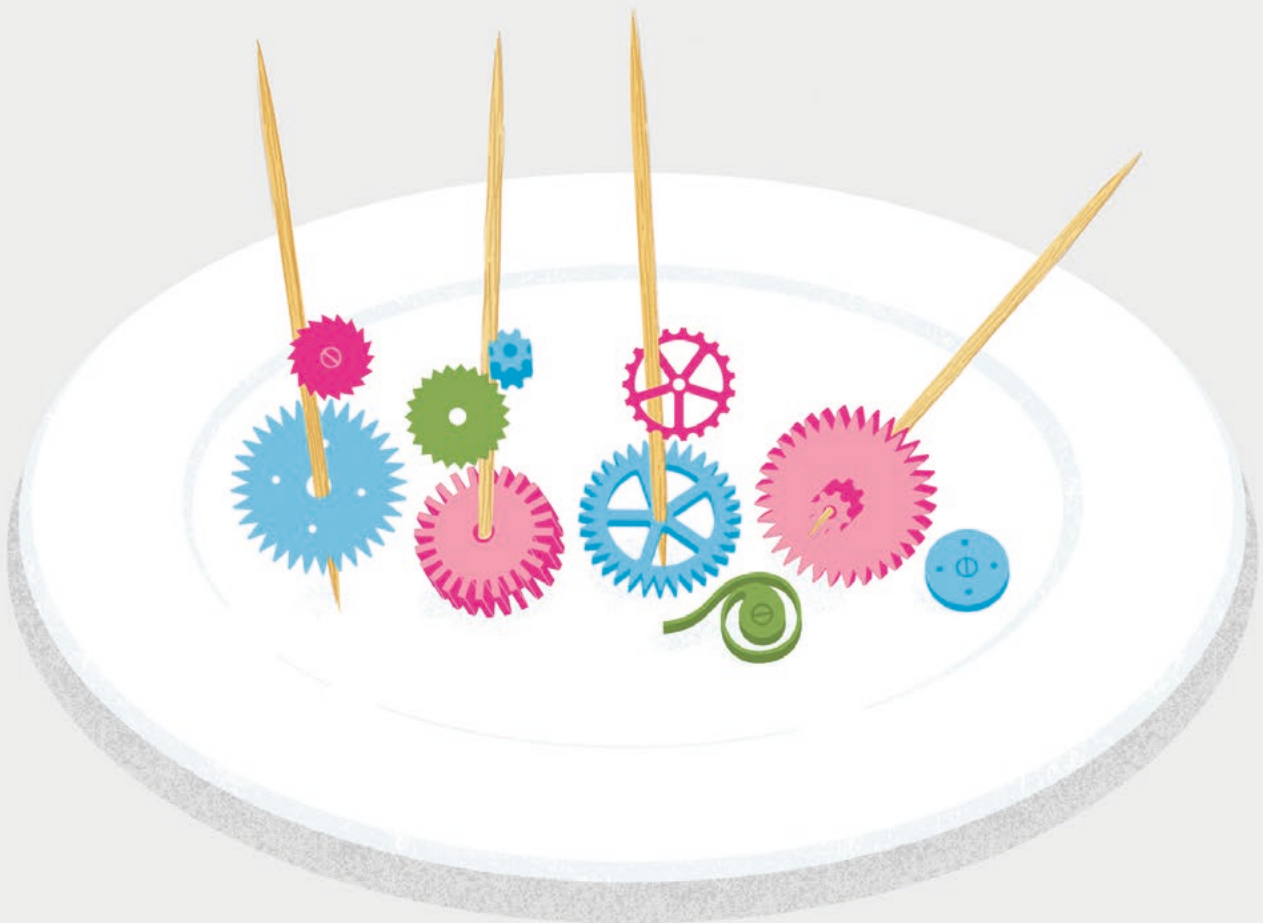
Parfois, les produits «Swiss made» sont aussi passés par la case «Swiss research».

La recherche de pointe recourt parfois à des auxiliaires étonnamment ordinaires. Exemple.

## Cure-dents

Dans l'étude de nouveaux matériaux, notamment pour l'industrie horlogère, les chercheurs du PSI recourent parfois aux faisceaux d'électrons: le procédé dit de «microscopie électronique à transmission» leur permet d'identifier la structure microscopique d'un matériau, en la radiographiant à l'aide d'électrons. Toutefois, pour le succès de l'opération, il faut utiliser un échantillon ultramince du matériau en question et d'une longueur inférieure à 3 mm, si l'on veut l'installer sur le porte-objet.

Pour éviter de l'endommager, notamment au moment de le positionner sur le porte-objet, il faut manipuler ce fragile échantillon avec grande précaution. Le recours à des pincettes en métal est exclu, mais le bois tendre d'un cure-dent, en revanche, conviendra parfaitement aux besoins des chercheurs. Le cure-dent est donc l'un des auxiliaires qui leur permet de pousser précautionneusement leurs minuscules échantillons jusque dans la bonne position.



BIOLOGIE AU SWISSFEL

Hollywood en forêt  
de Würenlingen

1

Page 10

PHYSIQUE AU SWISSFEL

Metteurs en scène avec  
missions additionnelles

2

Page 16

# Faire de la recherche au superlaser

DOSSIER

Au PSI, les images apprennent à se mouvoir... Car le nouveau laser à rayons X à électrons libres SwissFEL permet aux chercheurs de tourner des séquences dans un micro-univers. Leurs films montrent les changements qui se produisent au cœur des matériaux dont sont issus les disques durs et à l'intérieur des biomolécules. Cette recherche promet de grands moments de cinéma, mais aussi l'avènement de connaissances fondamentales pour de futures mémoires informatiques ou de nouveaux médicaments.

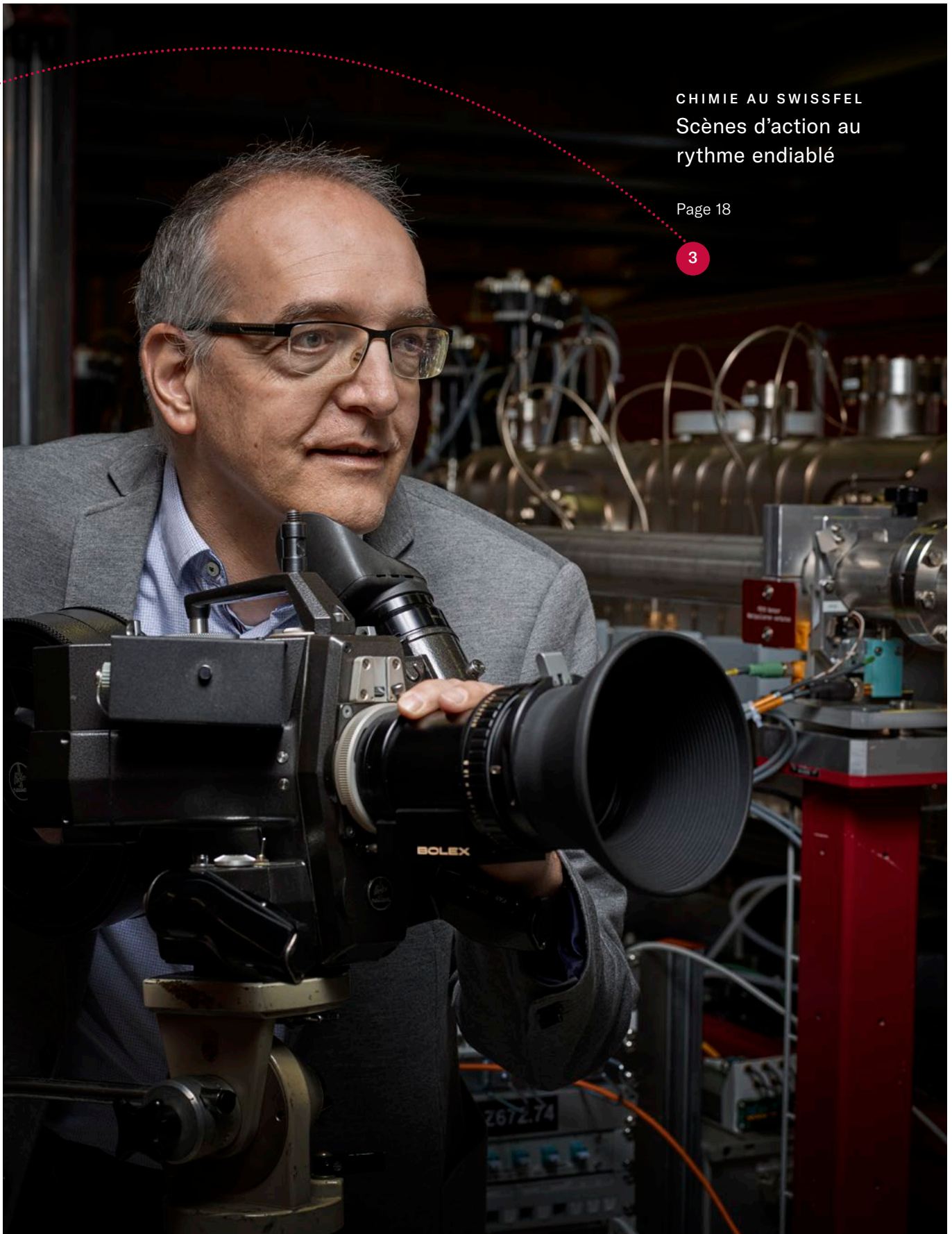




CHIMIE AU SWISSFEL  
Scènes d'action au  
rythme endiablé

Page 18

3



Le cameraman: Bernd Schmitt

A photograph of two men in suits sitting on red chairs in a dark room. The man on the left is wearing a blue suit and a light-colored tie, and is looking towards the right. The man on the right is wearing a dark suit and a dark tie, and is holding a smartphone in his right hand. The background is a dark, textured wall.

# Hollywood en forêt de Würenlingen

Les chercheurs du PSI veulent utiliser le laser à rayons X SwissFEL pour réaliser des films qui présenteront des biomolécules en action. Ces productions montreront comment fonctionne notre œil ou quel est le mode d'action de nouveaux médicaments.

Texte: Barbara Vonarburg

Les fondateurs du studio:  
Luc Patthey et Hans Braun

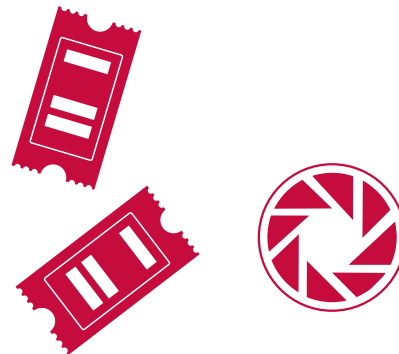
Luc Patthey se tient aux côtés d'un agencement compliqué de lentilles optiques, d'instruments de mesure, d'innombrables câbles et d'un mince tube d'acier. «Nous sommes ici à Hollywood, explique le physicien d'un air malicieux. C'est dans ces studios que nous tournons des films avec, comme têtes d'affiche, des molécules et des matériaux.» En tant que chef de projet, Luc Patthey a été responsable des pièces optiques, des expériences et du programme de recherche du laser à rayons X à électrons libres SwissFEL. Ce studio de cinéma pas comme les autres l'enthousiasme: «Nous suivons ce qui se passe au niveau des atomes avec une exposition extrêmement courte», poursuit-il. Un temps de pose très bref, obtenu grâce à des impulsions intenses et ultracourtes de rayons X, qui foncent dans le tube d'acier et bombardent de flashes les processus atomiques.

Avec son équipe, Luc Patthey produit des films de ce fascinant microcosme. Ces séquences devraient apporter une contribution à la conception de médicaments plus performants, de technologies énergétiques écologiques ou de nouveaux matériaux pour les technologies de l'information. «Le SwissFEL est une énorme machine», souligne le responsable de projet en dévoilant ses coulisses: avant que les impulsions de rayons X n'atteignent les deux stations de mesure, elles passent dans un couloir et par plusieurs conteneurs équipés de miroirs, qui les dirigent sur la bonne trajectoire avec une très grande exactitude. Luc Patthey utilise une comparaison pour illustrer la précision avec laquelle la surface de ces miroirs a été po-

lie par rapport à celle d'un miroir conventionnel: si la Suisse était aussi plane que ces surfaces réfléchissantes, les Alpes entre Saint-Gall et Genève ne dépasseraient pas quelques millimètres de hauteur.

#### Une entreprise audacieuse

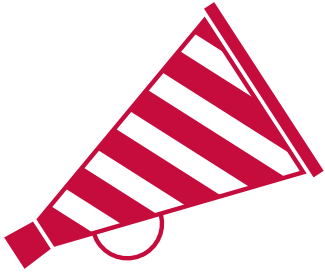
Cette précision extrême, on la retrouve dans tout le bâtiment du SwissFEL. Les impulsions de rayons X ayant les propriétés du laser sont produites dans le tunnel qui s'étire sur 740 mètres dans la forêt de Würenlingen. C'est là que les électrons sont accélérés à une vitesse proche de celle de la lumière, puis envoyés sur une trajectoire en slalom jusqu'à ce qu'ils émettent la lumière de type rayons X souhaitée, autrement dit des flashes intenses d'une durée de seulement 1 à 100 femtosecondes (millièmes de milliardième de seconde). Hans Braun, responsable de l'accélérateur, se remémore les débuts de cette entreprise audacieuse: «Lorsque nous avons commencé les travaux préliminaires au SwissFEL en 2008, on n'était même pas certains que les lasers à rayons X à électrons libres fonctionneraient», rappelle-t-il. La première installation de ce genre a été mise en service en 2009 seulement, à Stanford, en Californie.



«Nos têtes d'affiche sont des molécules et des matériaux.»

Luc Patthey, chef de projet du projet SwissFEL, PSI

Une course-poursuite nocturne en voiture représente un gros défi pour l'œil. La protéine de rhodopsine qu'il abrite doit sans cesse s'adapter à la faible luminosité. Elle-même renferme une molécule appelée rétinale, qui se redresse lorsque l'œil reçoit de la lumière et, ce faisant, déclenche l'adaptation. Pas de chance pour notre poursuivant: sa rhodopsine est mal formée, il est héméralope, autrement dit, il souffre de cécité crépusculaire.



Avec le SwissFEL, les physiciens ont réussi à prouver qu'un accélérateur beaucoup plus petit et bien meilleur marché atteignait la même qualité de faisceau qu'en Californie. Pour ce faire, ils ont tiré profit de leurs expériences à la Source de Lumière Suisse SLS du PSI. Cette installation permettait déjà de produire des impulsions ultracourtes, mais d'une intensité nettement moindre. «Les expériences menées à l'époque étaient héroïques, affirme Rafael Abela, qui a supervisé la construction de la SLS et celle du SwissFEL. Nous avions besoin de deux semaines pour réaliser des mesures qui, par la suite, seraient liquidées en dix minutes à l'installation de Stanford.»

### Regarder naître la vision

Le SwissFEL a coûté quelque 275 millions de francs. La Confédération a assuré la majeure partie du financement, et le canton d'Argovie a contribué à hauteur de 30 millions de francs en puisant dans son fonds de loterie Swisslos. 275 millions de francs, cela correspond à peu près au budget de production de *Pirates des Caraïbes: Jusqu'au bout du monde*, le film de la maison Disney avec Johnny Depp dans le rôle principal. L'une des futures têtes d'affiche des films en préparation au SwissFEL porte le nom de rhodopsine. Cette protéine est capable de capter la lumière et de la convertir en signal chimique. Une aptitude qu'elle déploie dans l'œil humain, où elle fonctionne comme un capteur de lumière et nous permet de voir, même lorsque la luminosité est faible. A l'intérieur de la molécule rhodopsine se trouve le rétinale, une forme de vitamine A. Cette molécule allongée présente une forme coudée, lorsqu'il fait sombre; mais lorsque la lumière l'atteint, le rétinale se redresse et amène toute la rhodopsine à changer de forme. Chez les êtres humains, cette modification est un signe que la lumière



a atteint l'intérieur de l'œil. Des voies nerveuses dirigent l'information jusqu'au cerveau, où se constitue finalement l'impression visuelle. Ce «redressement» est l'une des réactions biologiques les plus rapides qui existent: elle dure seulement entre 200 et 500 femto-secondes. Le projet des chercheurs est de se servir du laser à rayons X pour découvrir précisément la manière dont ce redressement modifie la rhodopsine et le rôle que joue l'environnement direct du rétinale à l'intérieur de la rhodopsine lors de ce processus.

«Le SwissFEL nous donne la possibilité de regarder le processus primaire de la vision, explique Gebhard Schertler, responsable du département de recherche Biologie et Chimie au PSI et professeur de biologie structurale à l'ETH Zurich. Pour quelqu'un comme moi, qui travaille dans le domaine depuis quarante ans, c'est exceptionnellement fascinant.» Et c'est la raison pour laquelle Gebhard Schertler a quitté Cambridge pour la Suisse, alors qu'en Angleterre il travaillait à l'un des instituts de recherche les plus renommés du monde. En tant que directeur de recherche, il décide quelles sont les expériences de son domaine qui entrent en ligne de compte pour le SwissFEL. «Dès que j'ai lu le scénario, je sais si je veux le film, explique-t-il. Au théâtre, cela ferait peut-être de moi le directeur artistique.» Pour faire son choix, Gebhard Schertler entend se concentrer à l'avenir sur des «films» où les molécules qui jouent le premier rôle revêtent une fonction importante pour l'efficacité de certains médicaments.

### Molécules en action

Jörg Standfuss, qui a lui aussi déménagé de Cambridge au PSI, a développé de nouvelles technologies pour les expériences de biologie. Il en explique le déroulement: «Le matériau de base, ce sont de minuscules cristaux pourpres, dans lesquels de nombreux échantillons de rhodopsine sont empaquetés selon un agencement bien ordonné», détaille-t-il. Ensuite, les cristaux sont envoyés un par un dans une des chambres d'expérimentation du SwissFEL. Là, le flash de rayons X frappe le cristal et éclaire la scène, que la caméra enregistre sous forme d'image fixe.

Comme l'impulsion de rayons X est intense et fait exploser le cristal, il faut toujours que de nouveaux échantillons suivent... L'expérience est conçue de manière que, dans les cristaux qui se succèdent, le rétinale que contient la rhodopsine se trouve chaque fois à une autre étape de son processus de redressement. Les

## «Le SwissFEL nous donne la possibilité d'observer le processus primaire de la vision.»

Gebhard Schertler, responsable du département de recherche Biologie et Chimie, PSI

différentes images donnent ainsi à voir plusieurs phases du mouvement et peuvent être assemblées sous forme de film. «Cela nécessite beaucoup de cristaux identiques, explique Jörg Standfuss. Normalement, lorsqu'il s'agit de faire des mesures, les protéines sont congelées. Mais quand on est pris dans un bloc de glace, on ne peut pas bouger.» D'où l'importance que l'expérience se fasse à température ambiante.

### «Jungfrau» succède à «Pilatus»

La caméra à haute vitesse pour rayons X est un détecteur qui pèse quelque 70 kilos. Pour la construction de ce genre d'instrument, le PSI peut s'appuyer sur une longue tradition. L'institut a par exemple construit, pour le CERN, l'un des détecteurs impliqués dans la mise en évidence du boson de Higgs. Sur cette base, le PSI a développé des détecteurs pour la SLS, qui sont aujourd'hui fabriqués par l'entreprise Dectris à Baden et qui sont utilisés dans les installations de rayonnement synchrotron du monde entier. «Dans les installations de rayonnement synchrotron, les particules de rayons X atteignent le détecteur en succession serrée, mais toujours l'une après l'autre, explique Bernd Schmitt, chef du groupe Détecteurs au PSI. On peut ainsi compter facilement ces photons.» Au SwissFEL, en revanche, les impulsions de rayons X sont si intenses et brèves que cela ne fonctionne plus. «Nous

devons donc mesurer la charge totale que les photons déposent dans notre détecteur et, ensuite, calculer leur nombre», poursuit le chercheur.

Bernd Schmitt et son équipe ont baptisé «Jungfrau» la caméra destinée au SwissFEL, après avoir développé «Mythen» et «Pilatus» pour la SLS. «Ainsi, le monde entier sait d'où viennent les détecteurs», déclare le physicien en riant. Quant à l'enregistrement des séquences du film, il est du ressort de Leonardo Sala. «Les gigantesques quantités de données qui sont générées ici représentent un sacré défi», dit-il. Car chaque expérience entraîne plusieurs téraoctets de données. Ce flot de données recèle d'innombrables interrelations cachées et ne révèle ses secrets que si l'on recourt à des méthodes complexes.

#### La recherche mène à de nouveaux médicaments

La recherche pharmaceutique est également l'une des cibles des films du SwissFEL. Car les connaissances sur la dynamique des biomolécules sont susceptibles de contribuer à la recherche sur de nouveaux médica-

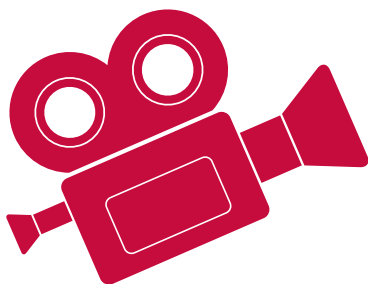


ments. «C'est ce dont nous sommes convaincus», souligne Gebhard Schertler. Mais cette conviction, il faut d'abord trouver un moyen de la concrétiser. Pour ce faire, Gebhard Schertler, spécialiste de biologie structurale, Rafael Abela, physicien, et Michael Hennig, ancien manager pharma, ont fondé une entreprise à proximité immédiate du PSI. Depuis 2015, leur start-up leadXpro étudie ce qu'on appelle des «protéines membranaires», dont fait aussi partie la rhodopsine évoquée plus haut. Certains principes actifs qui combattent des maladies comme le cancer, certaines infections, inflammations ou maladies de la rétine peuvent s'y arrimer de manière ciblée.

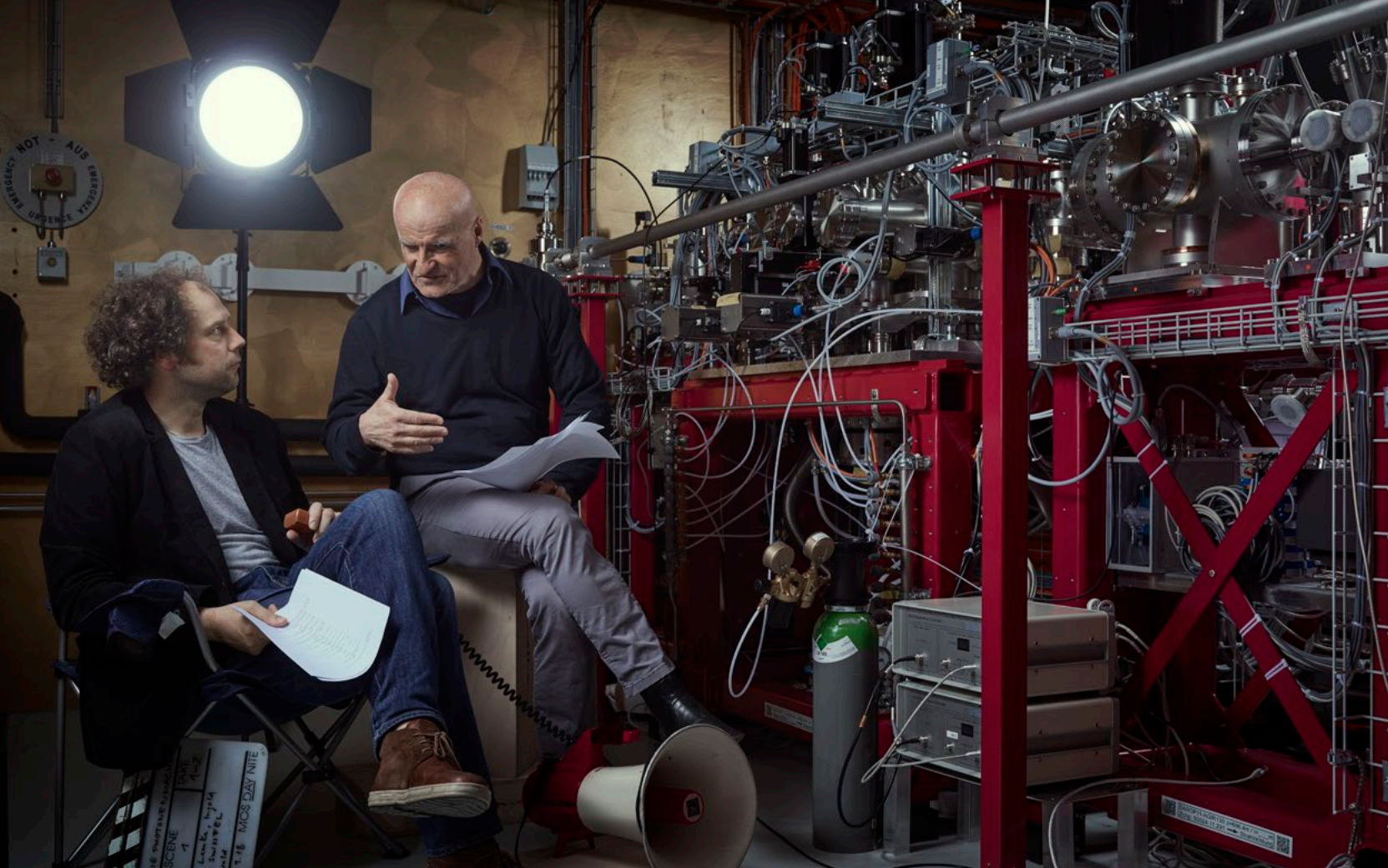
Plus la molécule du principe actif est adaptée à la cavité de liaison d'une protéine membranaire, plus le médicament déploie son action de manière rapide et efficace, et moins il entraînera d'effets indésirables. «L'approche moderne, dans la recherche sur les médicaments, suppose que l'on connaisse les structures de ces protéines membranaires et leurs liens avec de nouveaux médicaments potentiels, explique Rafael Abela, qui a fait avancer la construction du SwissFEL de manière essentielle. Dans ce domaine, le SwissFEL va nous ouvrir de nouvelles possibilités, ne serait-ce que parce qu'il nous permettra de visualiser les processus dynamiques qui se jouent au niveau des protéines membranaires.» La start-up a déjà conclu des contrats avec plusieurs grandes entreprises pharmaceutiques et fait avancer ses propres projets dans la recherche sur le cancer et les antibiotiques. «Deux ans à peine après sa fondation, notre entreprise s'est déjà très bien développée. Elle profite autant des talents de Suisse, comme pôle scientifique, que des grandes installations du PSI et de la microscopie électronique de l'université de Bâle», se félicite Michael Hennig, CEO de leadXpro. ♦

«La caméra que nous avons développée pour le SwissFEL s'appelle «Jungfrau». Les autres ont été baptisées «Mythen» et «Pilatus». Ainsi, le monde entier sait d'où elles viennent.»

Bernd Schmitt, chef du groupe Détecteurs, PSI







# Metteurs en scène avec missions additionnelles

Par rapport aux modèles actuels, les mémoires informatiques fabriquées à partir de certains matériaux novateurs devraient permettre d'enregistrer les informations beaucoup plus rapidement et dans un espace plus restreint, en consommant nettement moins d'énergie. Les séquences filmées au moyen du laser à rayons X montrent ce qui se passe au cœur de ces mémoires informatiques potentielles et comment optimiser les processus au cours desquels le matériau commute entre deux états.

Texte: Barbara Vonarburg

Pour se rendre au travail, Henrik Lemke enfourche son vélo. Les véhicules privés n'ont pas le droit de circuler jusqu'au bâtiment du SwissFEL dans la forêt de Würenlingen. Les véhicules de livraison et les camions, eux, ont besoin d'une autorisation. Henrik Lemke est physicien, spécialiste des lignes de faisceaux et responsable de la station d'expérimentation qui porte le nom du col grison de la Bernina. Fin 2017, il a dirigé la première expérience menée au laser suisse à rayons X à élec-

trons libres et il a donc été, en quelque sorte, le metteur en scène des premières prises de vue réalisées avec le SwissFEL en guise de caméra haute performance. Un tournage lors duquel les scientifiques ont filmé un matériau qui avait été amené de manière ciblée à passer d'un état semi-conducteur à un état conducteur, avant de revenir à un état semi-conducteur. Conjointement avec un groupe de recherche de l'université de Rennes, l'équipe du PSI a étudié une poudre de nanocristaux de



Les metteurs en scène:  
Henrik Lemke et Gerhard Ingold

pentoxyde de titane. L'échantillon a été irradié avec des impulsions laser infrarouges, qui ont conduit la substance à modifier ses propriétés. Les impulsions de rayons X ont ensuite révélé comment la structure cristalline se déformait et s'agrandissait, soit une cascade de processus dynamiques qui dépendent apparemment de la taille des cristaux. Etant donné que l'effet est réversible dans les nanoparticules du matériau, ce dernier figure parmi les candidats prometteurs pour la fabrication de mémoires informatiques réinscriptibles et particulièrement efficaces.

Les chercheurs ont travaillé 24/24 heures par équipes, durant une semaine, afin de garantir le succès de la première. «Ce genre d'expérience est toujours le résultat d'un effort d'équipe, relève Gerhard Ingold, responsable de la mise en place de la station de mesure Bernina. Mais il faut un metteur en scène, comme Henrik Lemke, qui garde une vue d'ensemble, coordonne et prend les décisions.» Souvent, les équipes qui mènent les expériences aux installations de recherche du PSI viennent des hautes écoles de Suisse et de l'étranger, et travaillent avec le soutien des équipes du PSI. «Mais nous pouvons aussi proposer nos propres expériences, souligne Gerhard Ingold. Nous sommes alors les auteurs des scénarios.» Et, comme le relève Henrik Lemke, les scientifiques du PSI sont aussi un peu critiques de films, «quand nous interprétons le résultat de l'expérience, une fois terminée, et que nous nous demandons ce qu'il signifie».

### Mémoires informatiques novatrices

«Avec le SwissFEL, nous avons la possibilité non seulement de visualiser les matériaux, mais aussi de suivre ce qui se passe quand on déclenche une modification en eux», rappelle Gabriel Aeppli, responsable de la Science photonique au PSI. Grâce à ces analyses, les chercheurs mettent en place les connaissances fondamentales des matériaux à partir desquels les mémoires de stockage pourraient être fabriquées dans le futur. Des mémoires qui devraient être plus rapides et plus compactes que les mémoires actuelles, mais aussi produire moins de chaleur résiduelle.

«Nous ne tournons pas des documentaires au sens propre du terme, résume Henrik Lemke. Mais nous influençons nos acteurs – les échantillons –, de manière qu'il se produise, au niveau des atomes, quelque chose qui induise un processus de commutation.» Ensuite, il s'agit de trouver le bon angle pour filmer l'événement et montrer ce qui se passe en termes physiques. «Parfois, ce n'est pas simple, poursuit notre metteur en scène, car nous ne pouvons pas braquer notre caméra partout.» Gerhard Ingold compare le résultat avec une série télé: «Une fois qu'on a effectué une mesure, on se demande quels sont les enseignements à en tirer et à quoi ressemblera la suite.» ♦



Alerte à la station spatiale! Les archives débordent, il nous faut un support de stockage plus compact! Un matériau à base de nanoparticules de pentoxyde de titane peut apporter la solution: il suffit d'impulsions lumineuses d'un laser infrarouge pour faire basculer ses nanoparticules d'un état à l'autre, et ce de manière ciblée. Voilà qui permettra de stocker les données dans un espace très réduit. Et le problème est résolu!

# Scènes d'action au rythme endiablé

Comment fonctionnent les cellules solaires à colorant? Et que se cache-t-il derrière la brillance des nouveaux écrans de smartphones? Les impulsions ultracourtes de rayons X du SwissFEL lèvent le voile sur les réactions qui se jouent au cœur de ces dispositifs et devraient rendre les appareils plus efficaces et meilleur marché.

Texte: Barbara Vonarburg



Les scénaristes:  
Giulia Mancini et Camila Bacellar

Giulia Mancini et Camila Bacellar ont pris place à la cafétéria du PSI et se tiennent mutuellement au courant de leurs derniers résultats de recherche. «Après-demain, je pars à Lausanne et, la semaine prochaine, à Hambourg», annonce Giulia Mancini. Cette chercheuse italienne fait partie d'un groupe de recherche à l'EPFL, mais elle est postée au PSI et voyage régulièrement à Hambourg pour discuter sur des expériences possibles avec des scientifiques spécialistes du rayonnement, qui travaillent là-bas au laser européen à électrons libre et rayons X. Celles et ceux qui travaillent à ces grandes installations de recherche, dont il n'existe que cinq exemplaires dans le monde, ont l'habitude de voyager. C'est également le cas de Camila Bacellar: cette chercheuse brésilienne est aussi membre du groupe de recherche lausannois.

Les deux scientifiques ont déménagé des États-Unis en Suisse afin d'être aux avant-postes lors de la mise en service du SwissFEL. Le chef de leur groupe est un pionnier dans le domaine de l'étude dynamique des structures moléculaires. Majed Chergui, professeur à l'EPFL, poste régulièrement des jeunes scientifiques de son équipe au PSI. Giulia Mancini est enthousiaste: «J'adore ce projet», lance-t-elle. Camila Bacellar, qui abonde dans son sens, raconte les premières expériences-pilotes auxquelles elle a collaboré:

«En termes d'émotions, ç'a été de vraies montagnes russes sur un laps de temps très court, se souvient-elle. Tous les participants se sont donnés à 150%.»

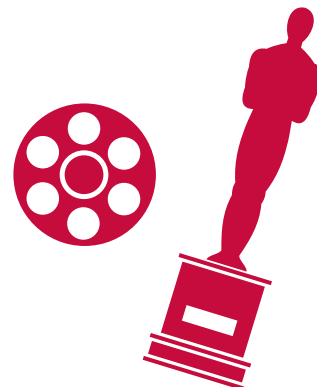
Lors de la première expérience à la station de mesure Alvra, l'équipe du PSI a étudié, avec des chercheurs de Brême et de Cracovie, un matériau qui pourrait convenir à la fabrication de diodes électroluminescentes organiques (OLED). Les OLED sont déjà utilisées pour l'affichage des nouveaux smartphones: elles garantissent des couleurs intenses et un noir profond. Mais les matériaux connus sont chers. Or, il existe une molécule OLED prometteuse et meilleur marché, à base de cuivre et de phosphore. Un phénomène physique, appelé «fluorescence retardée par activation thermique», assure une haute efficacité lumineuse. Au SwissFEL, les chercheurs ont étudié le rôle que jouent les atomes de phosphore dans le processus de fluorescence. L'expérience a montré que ces derniers étaient impliqués directement dans le transfert de charge à l'intérieur de la molécule.

#### Une brillance d'un vert magnifique

«C'était un joli prototype d'expérience chimique, raconte Christopher Milne, scientifique spécialiste des lignes de faisceaux à la station de mesure Alvra. Sur-tout aussi parce que le matériau brillait d'un vert magnifique!» Lorsque de nouvelles liaisons chimiques apparaissent ou qu'elles sont rompues, le processus dure seulement quelques centaines de femtosecondes (millionièmes de milliardième de seconde). Les flashes de rayons X du SwissFEL sont d'un ordre de grandeur encore plus court. Cela permet de réaliser des instantanés de chaque étape de la réaction, puis d'assembler ces derniers en un film pour visualiser cette action au rythme endiablé. «Avec le SwissFEL, nous pouvons tout étudier», poursuit Christopher Milne. Par exemple, ce qui se passe quand la lumière frappe une feuille d'arbre ou une cellule photovoltaïque et ce qui se produit lorsque cette énergie est absorbée et transformée.

«Dans le cas des cellules solaires, il s'agit avant tout d'améliorer leur efficacité.»

Giulia Mancini, chercheuse à l'EPFL



Un *T. rex* menace la ville. Mais Photon-Woman accourt déjà! Ses superpouvoirs, elle les doit à une cellule de Grätzel. Cette cellule solaire est capable de convertir l'énergie lumineuse en énergie électrique. Le SwissFEL contribue à élucider certains détails décisifs de ce processus.



Une autre expérience porte sur les cellules solaires à pigment photosensible, une invention que Michael Grätzel, professeur à l'EPFL, a fait breveter en 1992. Les cellules de Grätzel sont composées de plusieurs couches. Elles se caractérisent par leur colorant qui capte la lumière et libère ainsi des électrons. Au-dessous se trouve une couche poreuse constituée de nanoparticules de dioxyde de titane, qui conduit ces électrons. Ceux-ci sont les porteurs de charge et fournissent le courant. «Nous voulons voir ce qui se passe dans les cellules de Grätzel au tout premier moment, lorsque la lumière les atteint, explique Christopher Milne. Afin de localiser par où le courant passe et où il reste bloqué, puisque c'est évidemment ce dernier phénomène que l'on cherche éviter.»

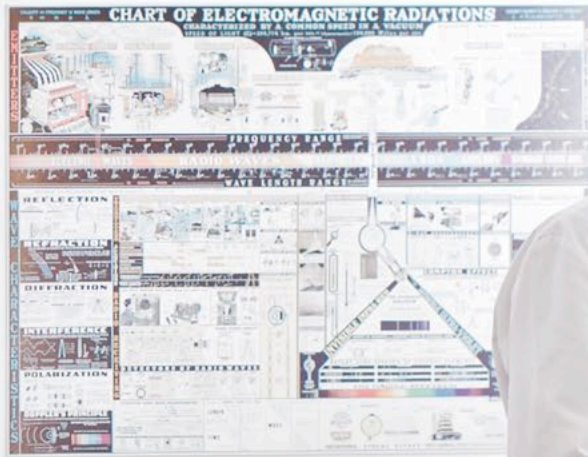
«Dans le cas des cellules solaires, il s'agit avant tout d'améliorer leur efficacité», relève Giulia Mancini. Elle-même se prépare à conduire des expériences avec de l'oxyde de cobalt, qui pourrait encore mieux convenir aux cellules photovoltaïques. Camila Bacellar, de son côté, veut se servir du SwissFEL pour déterminer la manière dont se comportent les molécules en solutions. «Il s'agit de recherche fondamentale», précise la scientifique. Ses échantillons sont composés d'iode, un élément vital pour l'être humain, dissous dans de l'alcool. «Pendant les premières expériences-pilotes, nous avons analysé les données, fait de la programmation, préparé un échantillon et recueilli des informations auprès d'un autre groupe pour résoudre un problème. C'était vraiment du multitâche, raconte Giulia Mancini. C'était comme sur un plateau de tournage de cinéma, où il faut s'occuper de beaucoup de choses: du maquillage, des costumes, des accessoires, des équipements, du son, de la régie, etc.» A présent, les deux chercheuses sont en train d'écrire le scénario de leur film de recherche. «Avec ce travail, on ne s'ennuie jamais!» concluent-elles en riant. ♦



## Cedric Cozzo

Cedric Cozzo écrit et enrichit constamment un programme informatique en vue d'effectuer des simulations de certains processus au sein des centrales nucléaires. Ce logiciel sert, entre autres, à calculer la manière dont se comporteront les nouveaux combustibles nucléaires et les matériaux de gaine de combustible actuellement en développement. En dépit de la Stratégie énergétique 2050 et de la sortie du nucléaire, la Suisse aura toujours besoin d'une expertise sur la question de l'énergie nucléaire, afin que les chercheurs helvétiques disposent de solides bases pour suivre ce qui se passe dans ce domaine au niveau international. Cedric Cozzo et ses collègues y contribuent au travers de leur travail.





# Une journée dans la peau d'un jeune chercheur

La physique n'est pas la discipline préférée de tout le monde. A l'iLab du PSI, les élèves découvrent cette matière autrement: en effectuant des expériences plutôt qu'en apprenant des formules par cœur.

Texte: Joel Bedetti

AILLEURS EN SUISSE

Lorsqu'il explique l'utilité de la spectrométrie à ses jeunes hôtes, Beat Henrich évoque volontiers le Big Bang. «Si nous savons que notre univers est en constante expansion, souligne-t-il devant les dix-sept élèves invités au laboratoire des élèves iLab, c'est uniquement parce que nous pouvons mesurer la lumière d'autres galaxies.» Et le directeur de l'iLab de poursuivre: «Mais comme tous les processus à l'œuvre dans le cosmos ne peuvent pas être expliqués par de la matière produisant ou réfléchissant de la lumière, on étudie actuellement la «matière noire», la grande énigme dans l'histoire de la genèse de l'univers. Si vous faites une découverte dans ce domaine, vous aurez des chances de décrocher le prix Nobel.»

Une future lauréate du prix Nobel se trouve-t-elle parmi les jeunes visiteurs? Ou un futur chercheur de pointe? Michael Portmann, professeur de physique au gymnase Alpenquai de Lucerne, scrute brièvement les élèves des deux classes de maturité avec lesquelles il a fait le voyage au PSI. «On ne peut bien sûr pas le dire pour l'instant, relève celui qui enseigne la physique depuis quinze ans et sait qu'une poignée de ses anciens élèves ont ensuite étudié cette discipline. Mais on peut voir ici qui est ouvert à la recherche.»

Susciter de l'enthousiasme pour la physique chez les jeunes, tel était le souhait des chercheurs du PSI qui ont fondé l'iLab en avril 2008. Le laboratoire des élèves de l'Institut Paul Scherrer doit servir de fenêtre sur le monde de la recherche pour les écoliers. «Comme matière scolaire, la physique n'a guère la cote», note Anita Walther, la suppléante de Beat Henrich. Il ne s'agit pas seulement d'aborder la discipline de manière théorique, mais aussi d'offrir l'infrastructure nécessaire. «Dans beaucoup d'écoles, le matériel permettant à toute une classe d'effectuer des expériences fait défaut», poursuit-elle. Au sein de l'iLab, les jeunes de tous niveaux scolaires peuvent se familiariser de façon ludique avec la physique. Les écoliers du primaire observeront ainsi comment un réveil à la sonnerie stridente reste silencieux dans une chambre sous vide, parce que, sans air, le son ne se propage pas.

### Trois huiles d'olive

Les gymnasiens lucernois effectuent une expérience de spectrométrie d'un niveau déjà avancé. Aux instruments de mesure, un faisceau lumineux est diffusé sur la face inférieure d'un CD et génère un arc-en-ciel enregistré sous forme de diagramme en courbe sur l'ordinateur portable. A gauche, huit garçons de la classe avec option «mathématiques et physique» ajustent leurs appareils de spectrométrie; à droite, quatre filles et cinq garçons de la classe avec option «biochimie, arts visuels et sport». Cette répartition entre les sexes est typique.

«La physique a longtemps été un domaine masculin, rappelle Michael Portmann. Cela se reflète encore

dans le langage.» Il essaie de corriger ce biais en choisissant plutôt des vélos que des voitures, lorsqu'il donne des exemples de vitesse. Anita Walther connaît également le phénomène lors des expériences menées à l'iLab: «Les garçons lèvent plus souvent la main, même si les filles connaissent aussi la réponse.» C'est pourquoi il lui arrive de séparer les classes. «Les filles osent alors plus facilement intervenir.»

Un sondage auprès des jeunes présents montre que la seule personne qui pense sérieusement étudier la physique est une gymnasienne en filière «sport». «La physique est liée aux choses du quotidien, estime Alisha Baumgartner. Par exemple, lorsqu'on veut optimiser les mouvements des sportifs de haut niveau.»

L'expérience suivante est elle aussi liée au quotidien: il s'agit d'huile d'olive. Trois bouteilles d'apparence identique se trouvent sur une table, et leur contenu est conditionné dans des ampoules. En petits groupes, les élèves exposent ensuite les ampoules à un faisceau lumineux. Les courbes sur l'ordinateur portable signalent que les huiles laissent passer différentes quantités de lumière. «A quoi est-ce dû? Quelle substance contiennent des fruits comme les olives?», questionne Beat Henrich. La réponse fuse: «De la chlorophylle.»

Beat Henrich charge alors les jeunes d'effectuer un test comparatif avec des herbes se trouvant sur l'esplanade de l'iLab. Alisha Baumgartner et sa collègue Salomé Häcki extraient la chlorophylle au moyen d'un mortier et d'un pilon, la mettent dans une ampoule et placent celle-ci dans le porte-échantillon. Une nouvelle courbe apparaît juste au-dessus des trois autres. «Est-ce que quelqu'un connaît le facteur qui fait la différence?», demande le directeur de l'iLab. «C'est l'âge», répond un des jeunes. Beat Henrich acquiesce et désigne les trois bouteilles d'huile d'olive. «Elles ont chacune une date de péremption différente, dévoile-t-il. Notre expérience nous a montré qu'il est parfois possible de mesurer l'âge de certaines matières grâce à la lumière.» Alors que les étudiants s'échappent pour la pause de midi, il se dit impressionné: les choses sont allées très vite cette fois-ci; généralement, il faut un moment avant que la bonne réponse ne soit trouvée.

### Des recherches de longue haleine

Durant l'après-midi, la concentration baisse lentement, et les élèves se rendent au Centre de visiteurs ainsi qu'à la Source de Lumière Suisse SLS, où des chercheurs s'activent autour de grands appareils. «Tout le monde, ici, a l'air tellement intelligent», chuchote un étudiant, pendant que Beat Henrich explique comment les aimants maintiennent des électrons sur une trajectoire circulaire à une vitesse frôlant celle de la lumière.

La visite se termine dans l'un des containers de contrôle sans fenêtre dans lesquels les chercheurs

Le laboratoire des élèves iLab au PSI a été fondé le 4 avril

2008.

28343

élèves ont visité l'iLab depuis sa fondation, voici dix ans.

84%

des jeunes interrogés après leur visite affirment avoir trouvé les expériences scientifiques de l'iLab intéressantes.





travaillent pendant leurs expériences. Sur une tablette située au-dessus des bureaux sont déposés les témoins d'expériences particulièrement réussies: une collection de bouteilles de vin vides, sur les étiquettes desquelles sont tracées les structures moléculaires

**«La physique est liée aux choses du quotidien. Par exemple, lorsqu'on veut optimiser les mouvements des sportifs de haut niveau.»**

Alisha Baumgartner,  
élève au gymnase Alpenquai de Lucerne

décryptées. «C'est la récompense du chercheur, après des mois de labeur minutieux pour produire un cristal qui sera finalement détruit en quelques minutes par un faisceau de rayons X produit par synchrotron», indique Beat Henrich. Lui-même ancien chercheur, il sait que le travail scientifique est une tâche de longue haleine.

De retour à l'iLab, les élèves remplissent des questionnaires de satisfaction. Les commentaires positifs l'emportent. «La plupart ont du plaisir à venir chez nous», lance Anita Walther. Et d'ajouter en riant: «Quelqu'un a tout de même écrit une fois que cela avait été le pire jour de sa vie.» Il est difficile de mesurer l'impact de l'iLab depuis sa création, il y a dix ans. Beat Henrich n'a pas encore entendu parler d'un docteur en physique qui serait venu à l'iLab durant sa scolarité. Il est trop tôt pour cela. «Néanmoins, nous avons déjà eu un élève qui a décidé d'effectuer, après sa visite, un apprentissage de laborantin en physique au PSI», précise Anita Walther.

Et, qui sait, il reste malgré tout possible qu'un des jeunes participants d'aujourd'hui étudie un jour la matière noire de l'univers. En tout cas, Alisha Baumgartner n'a pas abandonné son idée d'étudier la physique. ♦

# Actualité de la recherche au PSI

## 1 Médicaments pour patients argoviens

En Suisse, le cancer de la prostate est le cancer dont on dénombre le plus de nouveaux cas diagnostiqués. Depuis peu, le PSI produit, pour les hôpitaux cantonaux d'Aarau et de Baden, un médicament pour le diagnostic du cancer de la prostate, qu'on appelle un «radiopharmaceutique». Il réunit donc deux composants: une biomolécule, qui se lie particulièrement bien aux cellules cancéreuses, et un isotope radioactif. Lorsqu'il se désintègre, l'isotope génère du rayonnement qui peut être détecté hors du corps du patient et qui permet ainsi aux médecins de déterminer la localisation des métastases du cancer de la prostate dans l'organisme. Comme cet isotope a une demi-vie très courte, le produit doit être fabriqué à proximité des hôpitaux. Le PSI est le seul établissement de la région qui dispose de l'infrastructure nécessaire.

Une fois sa fabrication terminée, le médicament à usage diagnostique produit au PSI doit être utilisé dans

les **3** heures qui suivent.

**30** kilomètres, c'est la distance qui sépare le PSI de l'hôpital cantonal d'Aarau.

**3** établissements en Suisse fabriquent ce produit.

## 2 Véhicules diesel: pour des émissions propres

Lors de la combustion du carburant, les moteurs diesel produisent des oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) nocifs. L'industrie automobile a donc développé un procédé qui réduit ces émissions: cela consiste à injecter un adjuvant, connu sous le nom de marque AdBlue, dans les gaz d'échappement, où il se dégrade pour devenir de l'ammoniac. Grâce à un catalyseur, cet ammoniac transforme les oxydes d'azote nocifs en azote et en eau, autrement dit en substances inoffensives. Toutefois, à basse température, cette méthode ne fonctionne pas de manière optimale.

Les scientifiques du PSI sont les premiers à avoir réussi à identifier, au niveau moléculaire, ce qui serait susceptible de résoudre le problème: il faut faire varier la quantité précise d'ammoniac en fonction de la température. Ces connaissances donnent aux fabricants les moyens d'améliorer l'efficacité de leurs catalyseurs pour véhicules diesel.

En savoir plus:  
<http://psi.ch/v8Bn>

### 3 Bioénergie récompensée

Utiliser de manière efficace l'énergie issue des déchets organiques: c'est possible grâce à une technologie testée avec succès au PSI, en collaboration avec le prestataire énergétique zurichois Energie 360°. En comparaison avec le procédé conventionnel, cette nouvelle technologie permet de tirer des déchets 60 % de plus de méthane, composant principal du gaz naturel. Le secret: durant la fermentation des déchets organiques – qui, en plus du méthane, génèrent aussi du dioxyde de carbone –, ce dernier n'est plus séparé comme actuellement; il sert à produire encore plus de méthane. La qualité de ce biométhane est d'ailleurs tellement élevée qu'il peut être directement injecté dans le réseau de gaz naturel. La méthode a aussi convaincu le jury du Watt d'Or 2018: ce projet commun s'est vu décerner le prix suisse de l'énergie.

En savoir plus:  
<http://psi.ch/133Q>

### 4 Hausse de production

Combien de composants de haute performance en céramique peut-on cuire en même temps dans un four, sans que la qualité en pâtisse? Voilà ce qu'ABB cherchait à savoir. Sur son site de Wettingen, en Argovie, l'entreprise technologique produit des limiteurs de surtension en céramique. Ces varistances sont utilisées dans une espèce de parafoudre qui protège les lignes à moyenne et à haute tension des surtensions.

Sur mandat d'ABB, les chercheurs du PSI ont analysé ces composants en céramique. Grâce à un procédé d'imagerie neutronique disponible au PSI et unique en Suisse, ils ont visualisé les modifications subies par le matériau lors de la cuisson dans le four. Sur la base des résultats obtenus, les collaborateurs d'ABB ont pu identifier le potentiel restant d'optimisation des processus sans altération de la qualité des céramiques. L'étude a bénéficié de subides du Hightech Zentrum Aargau.

En savoir plus:  
<http://psi.ch/WdXW>

# Vraiment utile

L'Institut Paul Scherrer va fêter ses 30 ans. D'ordinaire, les instituts célèbrent abondamment leur 25<sup>e</sup> anniversaire et refont parler d'eux au moment de leur 50<sup>e</sup>. De notre côté, nous levons la main pour vous présenter certains résultats obtenus par le PSI au cours de ses trois premières décennies d'existence. Des résultats susceptibles de profiter à chacun. A cet effet, nous évoquons cinq dates qui revêtent une signification particulière pour les scientifiques du PSI, tout en mentionnant ce qui faisait vibrer la Suisse à la même époque.

Texte: Dagmar Baroke

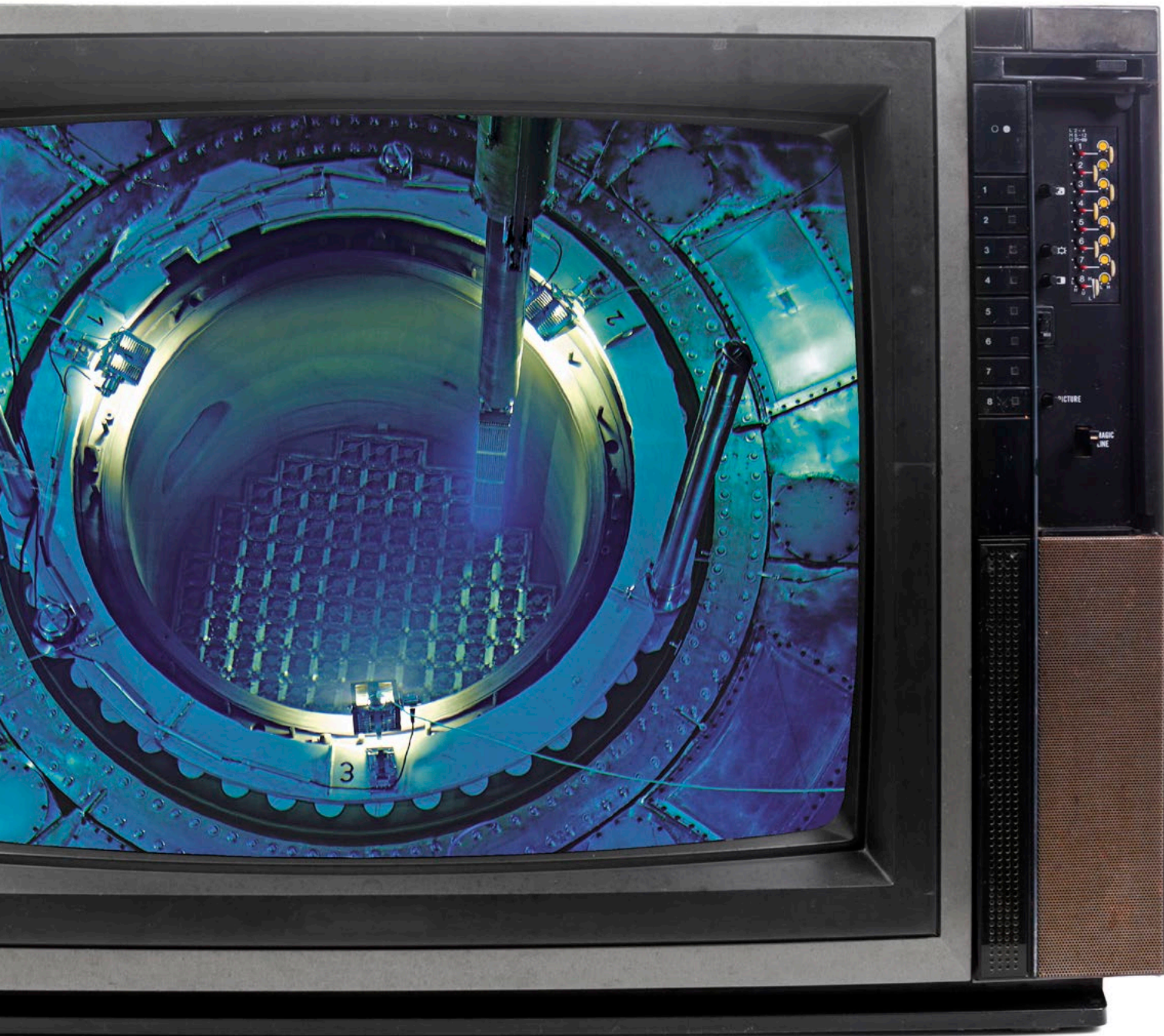
## 1988

Le jeudi 1<sup>er</sup> septembre 1988, avec l'accord sur le projet «STARS», le PSI s'engageait à assurer un soutien compétent à l'autorité de la surveillance des centrales nucléaires suisses, l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN). Aujourd'hui, le programme se concentre sur la sécurité des cœurs de réacteurs et des combustibles. En 2011, le PSI a calculé pour la première fois la totalité du chargement des crayons combustibles du cœur de la centrale Beznau 1, que l'exploitant avait proposée. Depuis, le PSI effectue chaque année les calculs correspondants pour toutes les centrales nucléaires de Suisse. Fait réjouissant: jusqu'ici, le PSI a toujours été en mesure de confirmer les calculs des centrales.



## GALERIE

News +++ 01.09.1988 +++ Suisse: Gorges de la Melchaa: travaux d'assainissement du pont en bois couvert le plus haut d'Europe + Meeting aérien «Air 88»: la Patrouille Suisse interdite de décollage après l'accident de Ramstein + Inquiétude à Lausanne: la structure porteuse de la tour-lanterne de la cathédrale se déforme + Economie: Première phase de fusion réussie pour ABB + Culture: Exposition Max Bill à Leipzig + Sport: Première victoire à domicile depuis vingt ans pour Bellinzona contre GC +++



News +++ 25.11.1996 +++ Suisse: Vague de soutien: les Fribourgeois veulent sauver la brasserie du Cardinal + Divers: Neige et verglas: les automobilistes face aux intempéries + Economie: Emmi est désormais une société en holding + Culture: Le Kongresshaus de Zurich accueille la rave Evolution 3 + Sport: A 18 ans, Martina Hingis affronte Steffi Graf lors de l'US Open de tennis de New York +++



## 1996

Le lundi 25 novembre 1996, en première mondiale, un patient cancéreux était traité à l'Institut Paul Scherrer PSI à l'aide d'une nouvelle méthode d'irradiation: la technique Spot Scan pour faisceaux de protons. A l'époque, cette méthode développée par des chercheurs du PSI représentait une percée dans le domaine de la radiothérapie. Grâce à sa précision, elle n'a pas tardé à s'imposer comme un produit-phare: aujourd'hui, la technique Spot Scan, rebaptisée entre-temps Pencil Beam Scanning, est considérée dans le monde entier comme le procédé standard dans le domaine de la protonthérapie pour le traitement des tumeurs.



## 1999

Le vendredi 10 septembre 1999, au grand instrument de recherche SING du PSI, des chercheurs visualisaient pour la première fois l'intérieur d'une pile à combustible, sans avoir à la détruire, grâce à la méthode de la radiographie neutronique. Au cours des années suivantes, la technique de mesure et l'expertise dans le domaine des piles à combustible se sont constamment développées au PSI. Cette expertise combinée a fait du PSI un site de mesure très demandé par les constructeurs automobiles du monde entier. A l'instar de Toyota, qui y effectue ses mesures depuis 2004. Les résultats ont été intégrés, entre autres, à la Toyota Mirai, commercialisée en 2014.

News +++ 10.09.1999 +++ Suisse: Schwytz baisse ses impôts pour la quatrième fois + Divers: Face nord de l'Eiger: trente heures d'alpinisme retransmises en direct à la télévision allemande + 9.9.1999, la date de mariage la plus prisée de la décennie + Economie: Bug de l'an 2000: scénarios-catastrophes en vue? + L'euro vaut 1,6023 franc suisse + Culture: Gilles Jobin, étoile de la danse contemporaine + Sport: Après l'élimination de la Suisse pour le championnat d'Europe de football, Gilbert Gress va-t-il démissionner? +++

## 2007

Le mercredi 25 juillet 2007, Novartis obtenait, en Suisse, l'autorisation de mise sur le marché pour Tasigna, un médicament indiqué dans le traitement de la leucémie myéloïde chronique. Cinq ans auparavant, il s'était avéré que Glivec, son prédécesseur, n'était pas efficace chez tous les patients. Si le nouveau traitement, plus puissant, a pu être développé si vite, c'est grâce à l'analyse structurale par diffraction des rayons X. Un procédé qui permet de déterminer en détail les structures des molécules qui jouent un rôle fondamental dans la maladie. Or, certaines structures – ayant permis de mieux comprendre les résistances observées avec Glivec et de découvrir Tasigna – ont aussi été élucidées au PSI. Depuis 2001, Novartis est l'utilisateur abonné d'une station de mesure à la Source de Lumière Suisse SLS du PSI.



News +++ 25.07.2007 +++ Suisse: Saint-Gall s'apprête à interdire la fumée dans les lieux publics + Divers: Léon Huber et sa femme, Verena, se partagent le droit de garde de leur caniche Ronny + Lausanne, «Chez Mario»: du riffi autour de la pizzeria mythique de la rue de Bourg + Economie: La Rega est l'entreprise préférée des Suisses + Culture: Hard rock: le chanteur de Krokus s'oppose à la réunification du groupe + Le Paléo Festival s'ouvre avec Pierre Lapointe, DuOud, Arctic Monkeys et «!!!» +++



News +++ 04.08.2017 +++ Suisse: L'Etat doit rattraper son retard numérique + Christian Lüscher lance Pierre Maudet + Divers: Lutte contre les nuisibles à Glattbrugg (ZH): les rats n'ont qu'à bien se tenir + Economie: Morschach, championne des sites touristiques + La grêle du 1<sup>er</sup> août cause plusieurs millions de dégâts + La Confédération met la pression sur l'aéroport de Zurich + Culture: Le 70<sup>e</sup> Festival du film s'ouvre à Locarno + Pippo Pollina sur son radeau à Bâle + Sport: L'athlétisme suisse: une valeur qui monte +++



## 2017

Le vendredi 4 août 2017, l'entreprise GratXray était inscrite au registre du commerce. Son but: commercialiser de nouveaux appareils diagnostiques voués à succéder aux mammographes actuels dans le dépistage du cancer du sein. Ces appareils devraient rendre l'examen indolore pour les patientes et mettre à la disposition des médecins des images en 3D extrêmement précises des structures des tissus. Les bases de tels appareils ont été posées douze ans plus tôt à Villigen, avec un procédé d'imagerie exploitant la lumière de type rayons X. Destiné à la recherche, il avait été développé au PSI pour la Source de Lumière Suisse SLS, l'un des grands instruments de recherche de l'institut. Or, comme ce procédé fonctionnait aussi avec de la lumière de type rayons X «normale», les chercheurs du PSI ont continué à développer la méthode en vue d'applications dans le domaine des technologies médicales.

**Vous pourrez découvrir d'autres moments forts des 30 années de recherche au PSI dans le supplément du *Temps* et de la *NZZ*, à paraître le lundi 15 octobre 2018.**

# Le conquérant des cimes

Au PSI, Pierre-Alain Herren était le spécialiste des expéditions glaciaires. Chez Alpiq, le géant de l'énergie, il veille à ce que les centrales électriques produisent du courant au bon moment.

Texte: Joel Bedetti

A peine la terre s'était mise à trembler au milieu de la nuit que Pierre-Alain Herren s'était précipité hors de sa tente pour porter secours à ses collègues. C'était en 2010, lors d'une expédition de recherche dans les Andes. Margit Schwikowski, professeure et responsable du laboratoire Chimie de l'environnement à l'Institut Paul Scherrer, avait pu alors, une fois de plus, se féliciter de l'avoir intégré comme doctorant dans son équipe. Tous les deux correspondent encore aujourd'hui et se retrouvent parfois pour partager un repas. Toutefois, plus rien ne les relie professionnellement. Les doctorants de Margit Schwikowski poursuivent en général leur carrière dans la recherche scientifique ou dans des laboratoires pharmaceutiques. Le métier actuel de son ancien poulain continue de susciter, chez elle, une exclamation amusée et étonnée: «Pierre-Alain vend maintenant de l'électricité.»

Une salle de réunion à Lausanne, au siège principal du groupe énergétique Alpiq. Allure athlétique et veste à gros carreaux, Pierre-Alain Herren, 35 ans, est passionné par ce qu'il fait. Il se lève et se rassoit, émet une sorte de soupir amusé, plisse le front, puis se penche à nouveau en avant. Le directeur d'une centrale à accumulation valaisanne est assis en face de lui. Depuis une heure et demie, ils discutent des contrats et des détails techniques d'une affaire. La centrale a deux débits d'eau pour créer de l'électricité, et l'un appartient à Alpiq, qui l'utilise afin de produire du courant pour le marché. Le second écoulement appartient à une autre entreprise, qui génère de l'électricité pour ses propres besoins et qui, en raison d'une pénurie d'énergie, souhaite disposer de plus d'eau dans son canal. Pour cela, elle est prête à verser une bonne compensation à Alpiq, qui souhaite, pour sa part, conclure l'affaire.

Le directeur de la centrale électrique émet toutefois une objection: «Des travaux d'entretien ont lieu en ce moment, souligne-t-il. Attendons donc qu'ils soient achevés, avant de modifier les volumes d'eau. — Je respecte ce point de vue, mais je préférerais aller de l'avant», rétorque Pierre-Alain Herren, en tapotant la table de son stylo. Le prix de l'électricité s'est effondré sur les bourses ces dernières années et il a fortement pesé sur la rentabilité de l'énergie hydroélectrique. C'est pourquoi des entreprises comme Alpiq ont besoin de conclure des deals peu conventionnels. Pierre-Alain Herren a pour mission de les rendre possibles.

Les discussions se poursuivent encore un moment, puis tout le monde se déclare satisfait. Le deal peut être conclu. Pierre-Alain Herren prend congé du directeur de la centrale avec le sourire. Que ce soit dans une salle de réunion, au sommet d'une montagne ou dans un laboratoire du PSI, l'ancien chercheur déploie les mêmes qualités: il est tout simplement doué pour les relations humaines.

## Dans les montagnes de Mongolie

Pierre-Alain Herren a grandi à Fribourg, dans une famille bilingue: sa mère est française et son père suisse allemand. Habitué à passer d'une langue à l'autre, il est également un enfant de la ville et un amoureux de la nature. Pendant ses études en sciences de l'environnement à l'ETH de Zurich, il partait à la conquête des sommets le week-end ou allait danser à la Dachkantine, légendaire club zurichois de musique électro. «C'était une belle période», se souvient-il. Et d'ajouter avec un clin d'œil: «Mais je n'étais pas obligé d'impressionner les filles sur la piste de danse.» Il était en effet déjà en couple avec une femme rencontrée juste avant





**«Je sais de quelles informations  
j'ai besoin pour  
trouver une solution.»**

Pierre-Alain Herren, Head of Asset Development, Alpiq



d'obtenir sa maturité. C'est aujourd'hui son épouse. Ils ont trois enfants.

Après ses études, il a souhaité effectuer un doctorat afin d'approfondir les choses du côté du contenu. Il est arrivé au PSI par hasard. Un jeune chercheur, qu'il avait connu alors qu'il faisait son service civil, travaillait dans le groupe Chimie analytique dirigé par Margit Schwikowski. C'est lui qui a convaincu la professeure d'offrir un poste de doctorant à Pierre-Alain Herren. «C'est un alpiniste. Cela devrait donc jouer», avait-il notamment fait valoir.

Contrairement à ce que le nom «Chimie analytique» laisse penser, les chercheurs sont souvent à l'extérieur. Ils réalisent des forages sur les glaciers pour en extraire des carottes de glace. Margit Schwikowski a commencé par emmener Pierre-Alain Herren dans les montagnes de Mongolie pour une expédition de trois semaines. Comme le PSI collaborait avec des chercheurs russes, le vol s'est effectué avec un hélicoptère des services secrets russes. Alors que certains membres de l'équipe ont eu du mal, au début, à s'acclimater à l'altitude, Pierre-Alain Herren a été opérationnel dès le départ.

Il a ensuite participé à presque toutes les expéditions. «Je passais en tout cas deux semaines par an sous la tente d'expédition», se remémore-t-il. Parmi les destinations, il y avait des glaciers suisses ainsi que des lieux exotiques, par exemple le Kilimandjaro. Et, en 2010, justement les Andes. Après le tremblement de terre, alors que le reste de l'équipe se préparait à redescendre, Pierre-Alain Herren et le guide suisse qui les accompagnait ont encore rapidement gravi un sommet voisin.

### Ascension rapide

De retour en Suisse, il ne s'est pas contenté de nettoyer ses chaussures de montagne. Au PSI, il a scié des échantillons de glace de Mongolie dans une chambre froide, cherché à connaître leur âge et finalement déterminé la température qui régnait alors grâce à la composition de la glace. Au final, il a réuni 18 000 données. L'un de ses résultats de recherche montre qu'il y a six mille ans le climat qui régnait en Mongolie était nettement plus chaud qu'aujourd'hui.

Sa dernière année au PSI a été marquée par des événements tragiques. En l'espace de quelques mois, le guide qui avait accompagné plusieurs fois le groupe de recherche et un doctorant qui en faisait partie ont trouvé la mort dans des accidents de montagne.

Cependant, cette même année a aussi eu une facette positive avec la naissance de son premier enfant. La carrière de scientifique, avec ses nombreux contrats

temporaires, est alors apparue trop incertaine aux yeux du jeune père de famille. Une fois son doctorat en poche, il s'est mis en quête d'un job dans l'industrie énergétique. «Un domaine fascinant pour un spécialiste des sciences de l'environnement», argue-t-il.

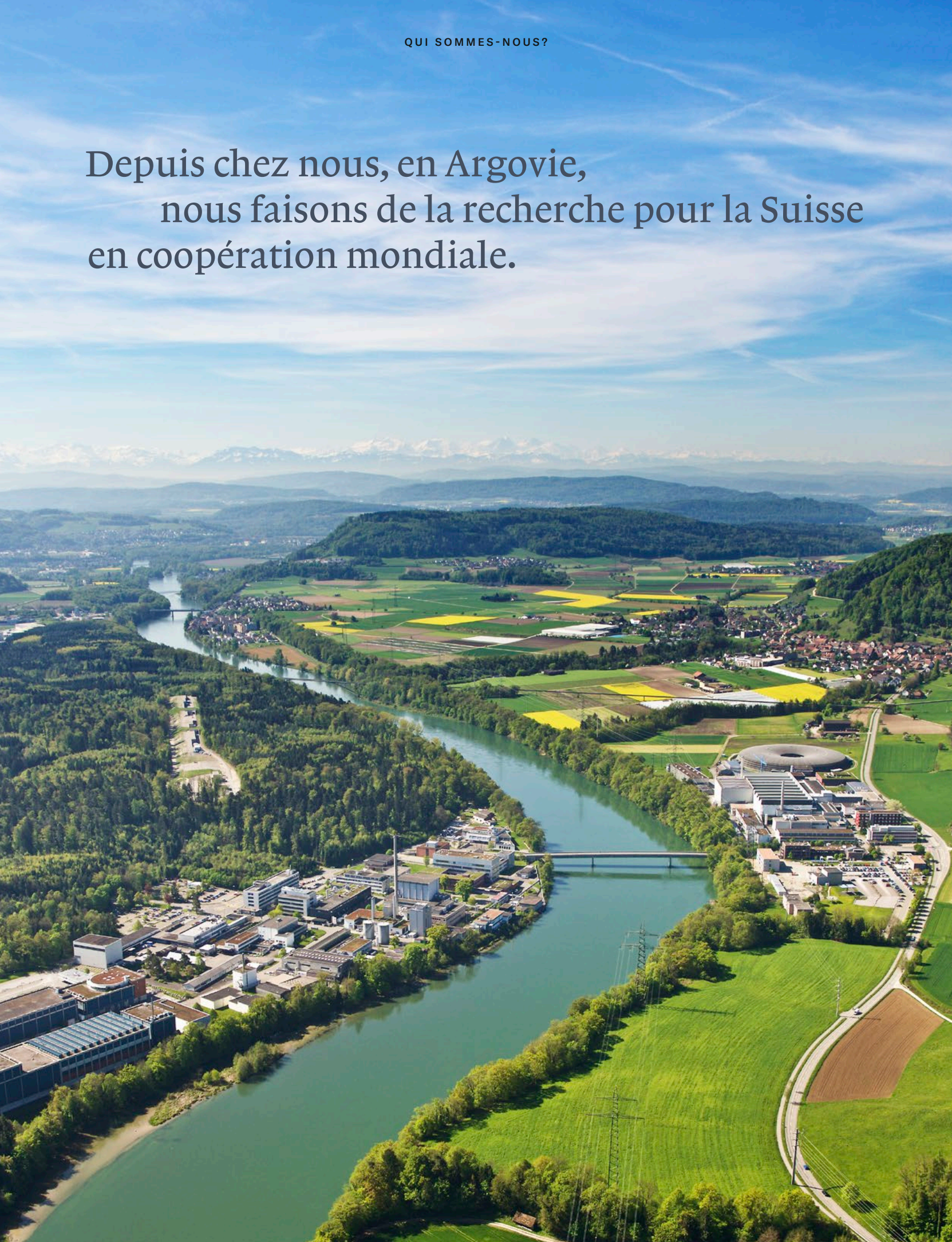
Pierre-Alain Herren est entré, il y a quatre ans, chez Alpiq comme négociant en électricité. Après un an, il a été nommé chef de projet, puis Head of Asset Development, il y a peu. Depuis lors, il développe, avec deux collaborateurs, de nouveaux modèles d'affaires. Son poste de travail se trouve dans un bureau paysagé: le Trading Floor d'Alpiq. A l'image du parquet des places boursières, les négociants achètent et vendent ici de l'électricité dans toute l'Europe.

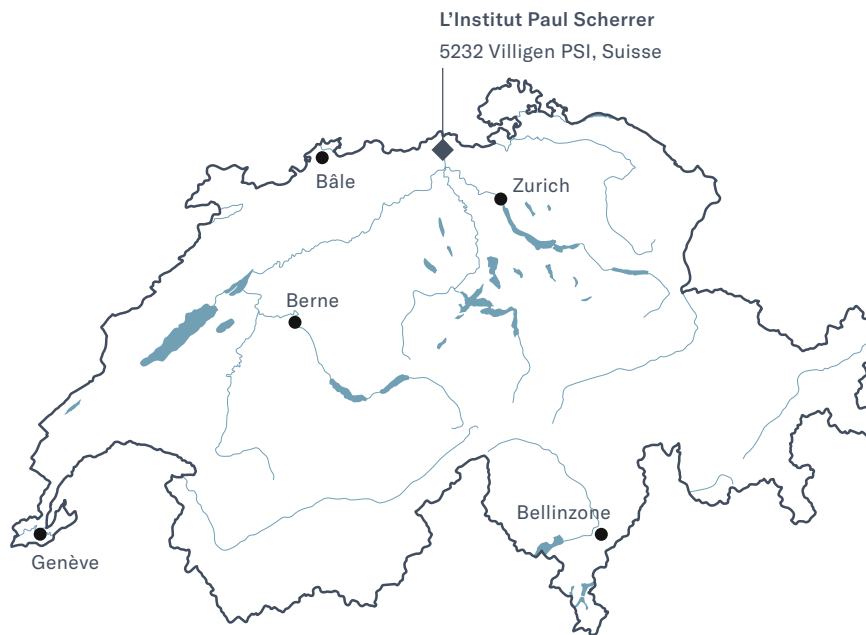
Pierre-Alain Herren est toutefois souvent sur les chemins. La plupart des centrales électriques suisses appartiennent à plusieurs propriétaires; Alpiq est alors copropriétaire et généralement exploitant. Afin de pouvoir faire coexister ces différents intérêts, le cadre d'Alpiq donne un petit sucre, d'un côté, et demande une faveur, de l'autre. Il est passé de chercheur à diplomate.

Le PSI est un monde qui lui semble chaque jour plus éloigné. Lorsqu'il rencontre quelqu'un ayant aussi travaillé à l'institut, il a néanmoins l'impression de partager une identité commune. «On fait partie de la même tribu, qu'on le veuille ou non», relève-t-il en riant. Sans compter que la manière de travailler apprise au PSI lui est encore utile aujourd'hui. «Je sais de quelles informations j'ai besoin pour trouver une solution.» En revanche, les enjeux de son activité professionnelle ont changé. «Comme doctorant, j'étais encore nerveux, avant de faire une présentation. Ici, je m'énerve après avoir écarté une affaire qui aurait été profitable.» ♦

QUI SOMMES-NOUS?

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





4

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 352643 mètres carrés, qui possède son propre pont sur l'Aar et qui compte 2000 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 quatre 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 nouveaux 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 post-docs.

## **IMPRESSUM**

**5232 – Le magazine de l'Institut Paul Scherrer**  
Paraît trois fois par an.  
Numéro 2/2018 (mai 2018)  
ISSN 2571-6891

### **Editeur**

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

### **Rédaction**

Dagmar Baroke, Monika Blétry,  
Martina Gröschl, Christian Heid,  
Dr Laura Hennemann,  
Dr Paul Piwnicki (resp.), Frank Reiser

### **Traduction**

Catherine Riva

### **Correction**

Étienne Diemert

### **Design et direction artistique**

Studio HübnerBraun

### **Photos**

Scanderbeg Sauer Photography, sauf:  
Pages 22 / 23, 25, 38, 41: Markus Fischer;  
Pages 26 /27: Sandra Ardizzone /  
Aargauer Zeitung;  
Pages 28 / 29 (téléviseur): Fotolia;  
Pages 28 / 29 (vue dans un réacteur): Axpo;  
Page 30 (cadre de Polaroid): Fotolia;  
Page 30 (salle de traitement Gantry 2):  
Scanderbeg Sauer Photography;  
Page 31 (cadre de photo): Fotolia;  
Page 31 (Toyota Mirai): Bexim /  
wikimedia (Creative Commons 4.0);  
Page 32 (ordinateur): Fotolia;  
Page 32 (nilotinib): SocratesJedi /  
wikimedia (Creative Commons 3.0);  
Page 33 (iPad): Free Resource;  
Page 33 (ruban de solidarité 2017):  
Pink Ribbon Suisse;  
Pages 35, 36 / 37: Amélie Blanc.

### **Infographies**

Studio HübnerBraun, sauf:  
Pages 6, 7: Nick Radford;  
Pages 12, 17, 20: Nina Sörös /  
WirzFraefelPaal Productions AG;  
Page 15: Tobias Weinert.

### **Pour en savoir plus sur le PSI**

[www.psi.ch/fr/](http://www.psi.ch/fr/)

### **Pour lire 5232 sur Internet**

[www.psi.ch/5232/le-magazine-5232](http://www.psi.ch/5232/le-magazine-5232)

### **Pour vous abonner gratuitement au magazine**

[www.psi.ch/5232/abonner-5232](http://www.psi.ch/5232/abonner-5232)

PAUL SCHERRER INSTITUT

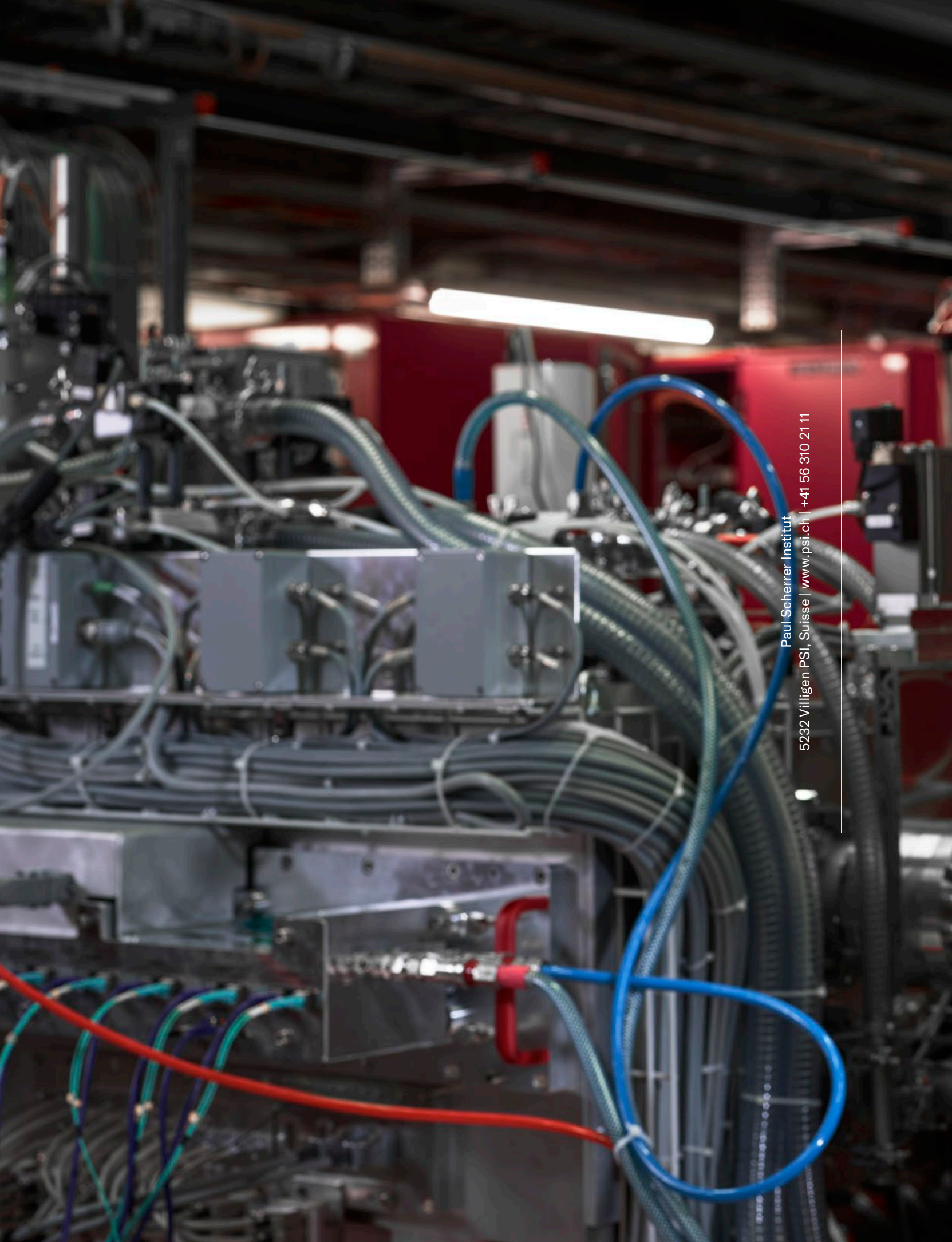






## Ce qui vous attend au prochain numéro

Des chercheurs qui deviennent entrepreneurs: les scientifiques du PSI sont de plus en plus nombreux à franchir le pas. Ils fondent ce qu'on appelle des «spin-offs», où ils transforment leurs expériences et leurs résultats de recherche en innovations à introduire sur le marché. Ils font en sorte que la recherche profite, dans les meilleurs délais, à la collectivité et à l'économie suisse. Dans le prochain numéro de 5232, nous vous montrerons comment une idée devient un produit et nous accompagnerons des chercheurs du PSI vers leur nouvelle vie d'entrepreneur. Nous vous présenterons des exemples de spin-offs du PSI qui ont réussi et nous vous montrerons que chercheurs et entrepreneurs ont en commun beaucoup plus que l'on pourrait croire.



Paul Scherrer Institut  
5232 Villigen PSI, Suisse | [www.psi.ch](http://www.psi.ch) | +41 56 310 21 11