





<b>L'antenne EPFL Valais Wallis</b>	<b>5</b>
<b>Domaines de recherche</b>	<b>8</b>
<b>Unités de la Faculté des Sciences de Base</b>	<b>12</b>
<b>Unités de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Ingénieur</b>	<b>62</b>
<b>Unité de la Faculté des Sciences de la Vie</b>	<b>78</b>
<b>ENAC Faculté de l'environnement naturel, architectural et construit</b>	<b>90</b>
<b>Les démonstrateurs</b>	<b>98</b>
<b>Les indicateurs d'activités</b>	<b>100</b>



# L'antenne EPFL Valais Wallis



Avec une convention signée à la fin de l'année 2012 et l'installation des premiers laboratoires de recherche au début de l'année 2015, l'implantation de l'antenne EPFL Valais Wallis s'est faite tambour battant. Deux des domaines de recherche choisis pour cette antenne sont en parfaite harmonie avec les thèmes historiquement liés au Valais. En effet, les domaines de l'énergie et de la chimie sont depuis longtemps des sources de richesse pour le canton. Les deux suivants sont venus tout naturellement, car portés par un contexte trop favorable pour ne pas saisir ces opportunités. Il s'agit des domaines de la santé et de l'environnement.

Aujourd'hui, 10 unités de recherche dédiées aux domaines de l'énergie, de la chimie et de la santé battent leur plein et inscrivent l'EPFL Valais Wallis Sion sur des recherches qui sont lues et citées dans le monde entier. Certaines des publications des 226 chercheurs venus de tous les horizons font aussi régulièrement la couverture de magazines de référence. Ces découvertes et ces succès sont le fruit d'intenses travaux de recherche, eux-mêmes motivés par une envie profonde de trouver des solutions aux défis énergétiques et environnementaux actuels. Il en résulte une actualité bouillonnante d'innovations qui sont brevetées et qui donnent aussi lieu à des créations de start-ups. Ces dernières se frayent un chemin en terre valaisanne afin de venir étoffer l'activité économique du canton, créant de nouvelles opportunités d'emploi hautement qualifié.

Actuellement la manière de produire et de consommer de l'énergie change dans le monde. La Suisse est également en chemin, motivée par une sortie du nucléaire et des ambitions de réduction d'émissions de gaz à effet de serre. Afin de maintenir l'autonomie énergétique du pays, la « Stratégie énergétique 2050 » vise l'efficacité mais aussi l'excellence de ses chercheurs et de ses ingénieurs. Pour les 9 unités de recherche de l'EPFL Valais Wallis établies à la rue de l'industrie 17, les questions du domaine de l'énergie, de la chimie et de l'environnement sont étroitement liées. Chacune d'elles œuvre afin de répondre aux exigences d'une société qui a à la fois besoin d'énergie et souhaite réduire son empreinte carbone. Voici un aperçu de leurs actions qui vont du niveau moléculaire aux processus industriels à large échelle.

# Domaine de l'Énergie et de la Chimie

Unités de recherche de la Faculté des Sciences de Base et de l'Institut des Sciences et Ingénierie Chimiques

L'objectif du Professeur [Berend Smit](#) et de son Laboratoire de simulation moléculaire est de trouver rapidement les matériaux nanoporeux qui permettront de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Alliant efficacement théorie et expérimentation au sein de la même unité de recherche, d'importantes découvertes y sont faites telles que la transformation de polluants en énergie.

Le Professeur [Hubert Girault](#) dirige quant à lui le Laboratoire d'électrochimie physique et analytique. Grâce à la connaissance des activités électrochimiques qui sont conduites aux interfaces, ses recherches vont des aspects très fondamentaux tels que de la conversion d'énergie lumineuse au niveau des interfaces liquides-liquides, aux applications pratiques de concepts de méga batteries alimentées par des énergies renouvelables ou des diagnostics identifiant les résistances aux antibiotiques.

Pour le Professeur [Andreas Züttel](#), grand spécialiste de l'hydrogène et des hydrures, il s'agit de proposer des solutions de stockage aux énergies renouvelables intermittentes. Ce chercheur dirige le Laboratoire des matériaux pour les énergies renouvelables, qui développe des solutions de stockage de l'hydrogène par absorption spontanée dans des alliages (hydrures). La transformation sélective du CO<sub>2</sub> en carburant fait aussi partie de ses objectifs de recherche. Il est à l'origine du démonstrateur mis en œuvre à Sion.

La priorité du Professeur [Mohammad Nazeeruddin](#) et de son Groupe pour l'ingénierie moléculaire des matériaux fonctionnels est de démocratiser l'accès à l'énergie solaire grâce à une technologie photovoltaïque à base de pérovskites sur laquelle il travaille activement. Pour ce chercheur qui fait partie des chercheurs les plus cités au monde, une énergie solaire accessible pourrait remplacer l'usage du charbon ou autres carburants fossiles.



Le Professeur [Wendy Queen](#), qui dirige le Laboratoire pour les matériaux inorganiques fonctionnels souhaite également avoir un maximum d'impact sur les émissions de carbone. Elle tra-



vaille activement au développement d'alternatives pour la séparation des liquides et des gaz afin de réduire leur consommation d'énergie. La captation du  $\text{CO}_2$  à la source et la captation de polluants dans l'eau sont aussi des thèmes importants de recherche. Ses résultats ont fait la une de plusieurs magazines scientifiques de référence.

Le Professeur [Raffaella Buonsanti](#), qui dirige le Laboratoire de nanochimie pour l'énergie, travaille à la synthèse de nanocristaux à partir de suspension dans des solvants. Les nanomatériaux qui en résultent permettent des réactions telles que la conversion sélective du  $\text{CO}_2$  ou le craquage de l'eau. Cette jeune chercheuse a été désignée en 2018 par la Royal Society of Chemistry comme l'étoile montante de la chimie des matériaux.

La chaire Gaznat est quant à elle dirigée par le Professeur [Kumar Varoon Agrawal](#). Sa chaire en procédés de séparation avancés développe une membrane très innovante, dans sa conception comme dans sa réalisation. Elle est destinée à séparer le carbone ou d'autres atomes et molécules afin de réduire de manière significative la consommation d'énergie nécessaire aux processus de séparation.

### Unités de recherche de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Ingénieur

Dirigé par le Professeur [François Maréchal](#), le groupe dédié aux processus industriels et à l'ingénierie des systèmes énergétiques adopte une approche globale de la transition énergétique. Ici sont intégrées toutes les innovations qui permettent la transition énergétique vers une société à la fois neutre en  $\text{CO}_2$  et énergétiquement autonome.

Le Maître d'enseignement et de recherche [Jan Van Herle](#) dirige quant à lui le groupe des matériaux dédiés à l'énergie. Ce spécialiste des piles à combustible à haute température, ainsi

que du processus d'électrolyse, propose une solution mature, propre et efficace pour produire localement son électricité. Le même dispositif, par électrolyse, convertit l'électricité renouvelable en méthane synthétique afin de le réinjecter dans le réseau de gaz naturel existant.

## Domaine de la Santé

### Faculté des Sciences de la Vie

Le domaine de la santé n'est pas en reste. Avec l'ouverture du Centre de Neuroprothèses Valais en 2013, c'est une collaboration qui débute entre un réseau de chercheurs et un réseau d'établissements cliniques afin de convertir rapidement les avancées majeures de la recherche en applications cliniques. L'arrivée du Professeur [Friedhelm Hummel](#) en 2016 et la création de sa chaire Defitech ont renforcé la présence du CNP en Valais.

## Domaine de l'Environnement

### Unités de recherche de la Faculté de l'environnement naturel architectural et construit et de l'Institut d'ingénierie de l'environnement

Afin de comprendre et d'anticiper les changements climatiques tels que les conséquences de la fonte des glaciers en Suisse et dans le monde, le Valais est une base d'observation idéale. Ces changements vont impacter l'environnement mais également la vie des habitants, l'agriculture, le tourisme ou les infrastructures. C'est pourquoi la deuxième phase d'implantation de l'EPFL en Valais prévoit d'ici fin 2021 l'installation d'un nouveau pôle dédié à l'environnement.



# SB – Faculté des Sciences de Base

Cette faculté développe une stratégie de recherche et valorisation ayant pour objectif prioritaire la production de connaissances fondamentales.

À l'avant-garde dans tous les aspects de la chimie, cet institut est à l'origine de découvertes telles que les cellules solaires à colorants ou des médicaments et outils de diagnostic. Les recherches entreprises se trouvent à l'interface entre la chimie et la biologie ou la physique, ainsi que le développement durable et les nanosciences.

En Valais, 7 unités de recherche sont dirigées par des professeurs affiliés à l'Institut des Sciences et Ingénierie Chimiques de l'EPFL à Lausanne. Ces unités se concentrent principalement sur les énergies renouvelables, la chimie durable, les matériaux liés à la protection de l'environnement ainsi que sur la chimie analytique :

Berend Smit

↳ LSMO Laboratoire de simulation moléculaire

Hubert Girault

↳ LEPA Laboratoire d'électrochimie physique et analytique

Andreas Züttel

↳ LMER Laboratoire des matériaux pour les énergies renouvelables (EMPA-EPFL)

Mohammad Khaja Nazeeruddin

↳ GMF Groupe pour l'ingénierie moléculaire des matériaux fonctionnels

Wendy Queen

↳ LFIM Laboratoire des matériaux inorganiques fonctionnels

Raffaella Buonsanti

↳ LNCE Laboratoire de nanochimie pour l'énergie

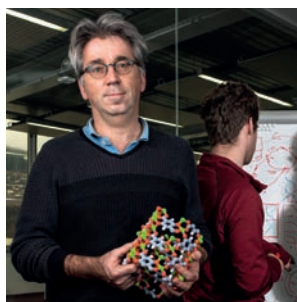
Kumar Varoon Agrawal

↳ LAS Chaire Gaznat en procédés de séparation avancés

**Mené par le Professeur Berend Smit, le Laboratoire de simulation moléculaire (LSMO) développe de nouvelles techniques de simulation moléculaire liées au domaine de l'énergie. Ce groupe de recherche associe, en synergie, les avancées de la chimie théorique et expérimentale.**

**La partie expérimentale du laboratoire est conduite par le Docteur Kyriakos Stylianou qui a créé une installation à haut débit pour la synthèse de matériaux nanoporeux. Le laboratoire a pour objectif commun la captation du carbone, le stockage du méthane et d'autres techniques de séparation des gaz.**

## Portrait de son responsable le Professeur Berend Smit



Sa carrière de chercheur débute en 1987 au sein du laboratoire de l'entreprise Shell à Amsterdam, d'abord en tant que doctorant en chimie puis comme chercheur senior. Il obtient son doctorat en chimie en 1990 auprès de de l'Université d'Utrecht, aux Pays-Bas. À partir de l'année 2004, il est chercheur-enseignant auprès de la très prestigieuse Université de Californie à Berkeley, USA. En 2014, il quitte Berkeley afin de lancer à Sion son laboratoire dédié à la simulation moléculaire.

### **Le génome des matériaux nanoporeux**

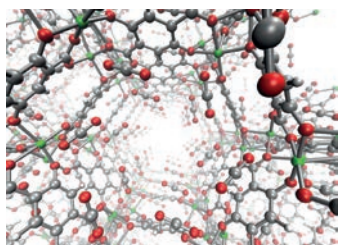
Conscient des enjeux climatiques et expert de renommée internationale dans le domaine du captage du carbone, le Professeur Berend Smit a pour objectif de découvrir des matériaux susceptibles de réduire les émissions de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère. Financé par des programmes européens et suisses, son laboratoire réalise un important travail computationnel. Il s'agit ici de constituer des modèles prédictifs qui déterminent quel est le meilleur matériau pour une application donnée. La base du génome des matériaux nanoporeux est gigantesque puisqu'il s'agit d'un univers de plus de 3 millions de matériaux théoriques ou déjà existants. Ainsi, avant même qu'un matériau soit synthétisé ou créé, le Professeur Smit et son équipe sont en mesure d'offrir un aperçu de ses propriétés physiques. Grâce au savoir-faire du groupe expérimental mené par le Docteur Kyriakos Stylianou, il est possible à l'équipe du Professeur Smit d'évaluer rapidement les qualités prédictives des modèles. Réciproquement, le groupe expérimental peut s'appuyer sur le soutien des théoriciens lorsqu'il s'agit de faire des choix de synthèse. La synergie de ces deux forces de recherche permet d'accélérer le processus de découverte et de création de nouveaux matériaux.



## Comment trouver le matériau qui va aider la planète ?

La zéolithe, naturellement nanoporeuse, ou les structures organométalliques (MOF pour Metal-Organic Frameworks), sont un bon point de départ car toutes deux offrent de nombreuses possibilités d'applications. Elles ont non seulement la capacité d'économiser des étapes de transformation chimique, c'est à dire l'économie d'énergie nécessaire aux transformations, mais aussi de capturer les émissions de carbone.

La zéolithe est un minéral naturellement microporeux, qui favorise la capture et la séparation de gaz. Synthétisée, elle est utilisée depuis de nombreuses années par les industries pétrolières. Les pores de la zéolithe ont un caractère régulier et uniforme qui en font des adsorbants sélectifs pour séparer certains composés. Selon le type de zéolithe et de son système de pores, certaines molécules peuvent pénétrer dans le système de cavités alors que d'autres en sont exclues.



MOF : une architecture poreuse modulable dont l'une des nombreuses applications est l'adsorption de gaz

Soucieux de créer des matériaux présentant des nouvelles structures et topologies poreuses, les chimistes ont créé il y a une vingtaine d'années une nouvelle famille de matériaux de synthèse nanoporeux : les structures organométalliques ou Metal Organic Frameworks (MOF) en anglais.

### **Metal Organic Framework (MOF): une plate-forme de nouveaux matériaux**

Ces structures organométalliques sont mondialement très étudiées car elles offrent des perspectives d'applications très variées, telles que la captation de polluants, le stockage, la séparation de molécules, la catalyse et photocatalyse, la détection d'éléments.

Ces MOFs sont constituées essentiellement d'un bloc métallique et d'un bloc organique. Les chimistes les synthétisent de façon à ce que ces blocs s'auto-assemblent pour former une architecture prédéterminée. Les ligands organiques jouent le rôle de lien et permettent la formation d'un réseau poreux et cristallin. Les deux constituants organiques et inorganiques peuvent être modifiés de multiples façons, permettant d'ajuster facilement leurs propriétés en fonction des performances recherchées.



Les pores de ces matériaux offrent un espace de stockage et une surface intérieure très élevés.

### **Théorie et expérimentation vont de pair**

En modifiant le métal et le ligand organique, des millions de matériaux différents peuvent potentiellement être synthétisés en cristaux. Le défi scientifique consiste à explorer ces possibilités de réglage de composés et d'architecture, afin de trouver les meilleurs matériaux pour une application donnée. Comme il n'est pas possible de synthétiser tous les matériaux proposés par les modèles, d'autres outils computationnels permettent de faire des choix informés avant de passer à l'action.

D'autre part, il est possible que des résultats obtenus lors de la synthèse des mêmes matériaux diffèrent entre les groupes de recherche. Pour bénéficier d'un contrôle des paramètres d'expérience le plus précis possible, un robot a été conçu afin d'effectuer soixante expériences simultanément dans un environnement protégé. Relié à un ordinateur, les paramètres sont choisis grâce à des algorithmes développés par le Professeur Smit. Ainsi, lorsque le laboratoire LSMO publie un résultat d'expérience de synthèse, il peut renseigner précisément les autres chercheurs sur les paramètres à la fois théoriques et expérimentaux. La crédibilité de leurs publications s'en trouve renforcée.

Le nombre de paramètres considérés dans la synthèse de matériaux nanoporeux est particulièrement important : les composants, la température, le temps d'exposition, solvant, pH.... À tel point que l'intervention des modèles mathématiques n'exclut pas une certaine courbe d'apprentissage.

### **Les expériences ratées sont riches d'informations, pourquoi ne pas les répertorier ?**

Même avec l'aide des algorithmes, le nombre de paramètres qui entrent en ligne de compte est immense. Ainsi le résultat escompté n'est pas toujours au rendez-vous et il faut parfois passer par une centaine d'expériences « ratées » pour une synthèse réussie. Bien souvent, ce ne sont que les expériences réussies qui sont publiées. Pour le Professeur Smit, les expériences « ratées » sont riches d'enseignements et valent la peine d'être renseignées dans une base. Il propose d'ailleurs aux laboratoires

de répertorier toutes leurs expériences car elles contiennent ce qui pourrait être sans doute apparenté à l'intuition d'un chimiste expérimenté. En constituant une base de données de toutes les expériences ratées ou non, il est possible d'avoir une image précise, grâce au Machine Learning, de l'importance et de la sensibilité de chacun des paramètres qui influencent le résultat d'une synthèse. Cette approche donne des informations plus précises sur le poids (l'importance) d'un paramètre en fonction d'un large ensemble d'autres paramètres donnés.

### **Les techniques de reconnaissance faciale appliquées aux matériaux**

Les applications possibles d'un matériau nanoporeux dépendent autant de ses composants chimiques que de sa structure qui peut être en une, deux ou trois dimensions. La capacité à reconnaître la géométrie des pores d'un matériau, dont la taille peut varier entre 0.2 à 1000 nanomètres, est une étape importante de la recherche. En collaboration avec des mathématiciens de Lausanne et des chercheurs de France et des Etats-Unis, le Professeur Smit et son équipe ont utilisé des techniques de topologie algébrique qui consistent à reconnaître les formes similaires dans n'importe quelle dimension. Cette méthode permet d'identifier, par un screening virtuel, des matériaux nanoporeux possédant une géométrie de pore identique.

## **Applications pratiques du laboratoire**

### **Un matériau qui purifie l'eau et produit de l'hydrogène par photosynthèse artificielle**

Une nouvelle structure organométallique a été conçue au sein du laboratoire LSMO. Celle-ci permet, grâce à l'action de la lumière, deux réactions catalytiques simultanées : la dégradation d'un colorant toxique présent dans l'eau appelé rhodamine B, et le craquage de l'eau pour produire de l'hydrogène. Le craquage de l'eau correspond à la division des molécules d'eau en deux constituants, c'est-à-dire l'oxygène et l'hydrogène. L'hydrogène étant un vecteur d'énergie utilisé pour les moteurs à pile à combustible, il est considéré comme non polluant s'il est produit à partir de l'énergie

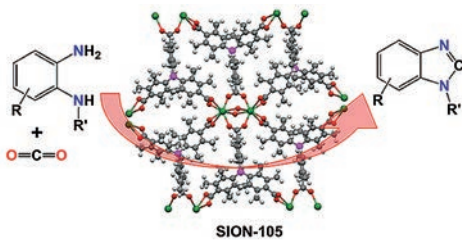
solaire. Ainsi le MOF est constitué d'un matériau photosensible, dont les électrons se trouvent éjectés de leur orbite atomique pour former la paire électrons-trous essentielle à la production d'énergie par photosynthèse. Le MOF qui facilite ces transformations est constitué de matériaux bon marché. Cette prouesse pourra à la fois être appliquée à la dépollution des eaux dans les stations d'épuration, et être utile à la production d'hydrogène.

### Un dispositif qui indique s'il y a une surdose de fluorure dans l'eau

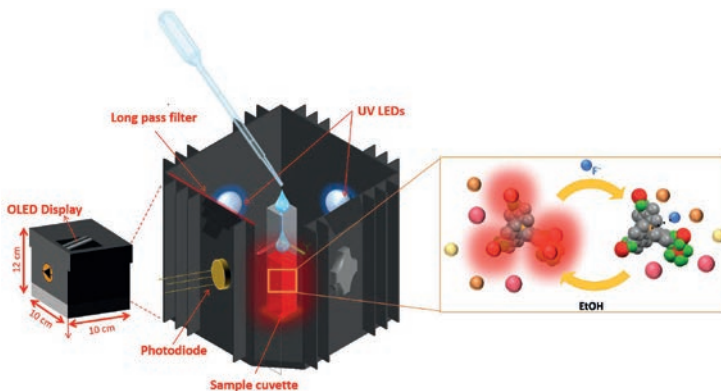
Dans certaines régions du monde, les doses de fluorure présentes dans l'eau peuvent être particulièrement nocives et engendrer des malformations osseuses irréversibles et fortement handicapantes chez les enfants.

Au-delà d'un certain seuil de concentration de fluorure, les femmes enceintes devraient absolument éviter de consommer cette eau. L'équipe scientifique dirigée par le Docteur Kyriakos Stylianou a développé une nouvelle structure organométallique appelée « MOF SION 105 » capable de mesurer avec précision la concentration de fluorure dans l'eau.

Les cristaux MOF SION 105 sont placés sous forme d'une suspension colloïdale, au centre d'un petit dispositif portable. Ces cristaux agissent comme une photodiode en émettant continuellement une couleur qui s'assombrit au contact des ions de fluorure. Deux gouttes d'eau suffisent pour connaître, en fonction de

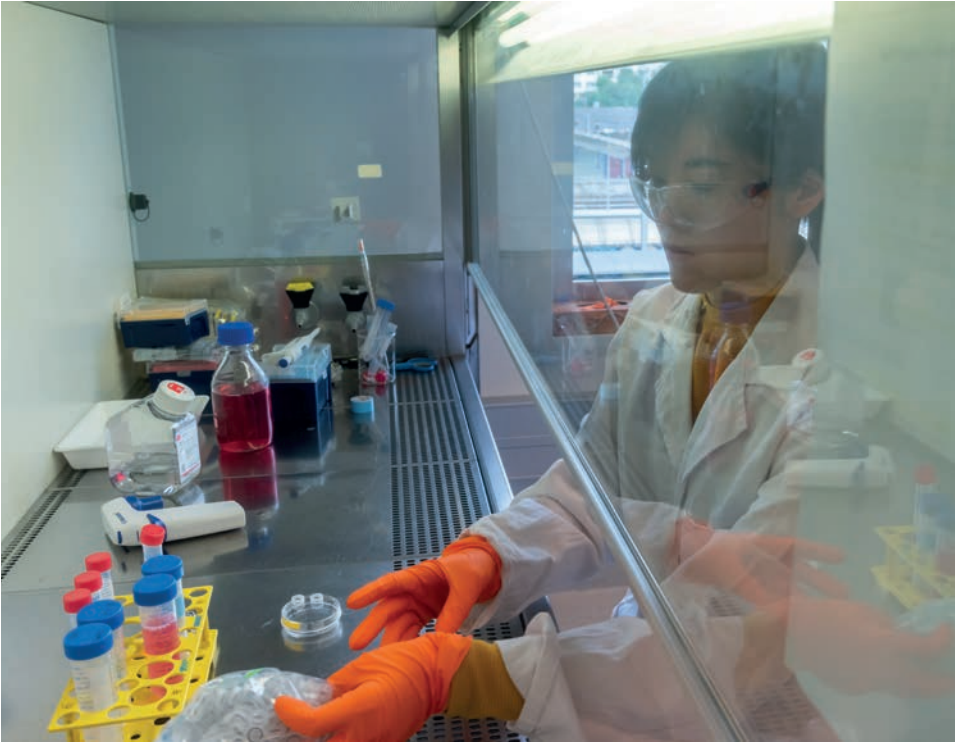


Une structure MOF développée par le laboratoire LSMO appelée « SION-105 »



leur coloration, leur concentration en fluorure. Des tests effectués dans plusieurs pays touchés par ce problème ont confirmé la précision et la fiabilité du dispositif. Une demande de brevet a été déposée.

Un dispositif portable et bon marché indique la concentration de fluorure. Le même dispositif a le potentiel d'indiquer les concentrations d'arsenic, de plomb, de polluants... en variant les blocs constitutifs de la structure organométallique.



**Les thèmes de recherche du laboratoire dirigé par le Professeur Girault ont des implications significatives aussi bien dans le domaine de la transition énergétique que dans le domaine médical. Ses champs d'études et d'activités sont l'électrochimie aux interfaces liquides-liquides, la conversion d'énergie lumineuse au niveau des interfaces liquides-liquides faite par des nanoparticules, le développement de dosages immunologiques et capteurs antioxydants, le fractionnement et l'analyse des protéines/peptides.**

## Portrait de son responsable le Professeur Hubert Girault

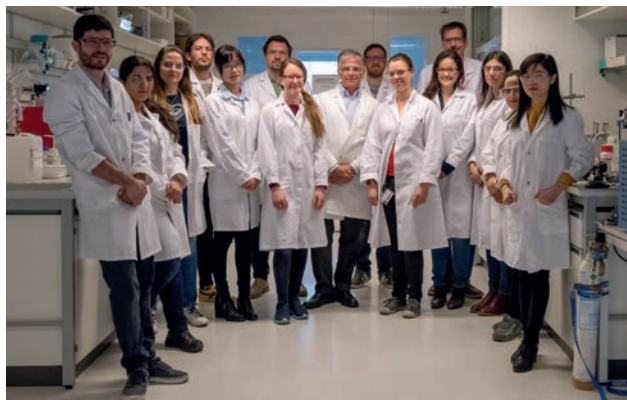


Les recherches et publications du Professeur Girault en électrochimie lui ont valu de nombreux honneurs et distinctions de la part d'institutions prestigieuses situées des deux côtés de l'Atlantique. Ainsi, la Royal Society of Chemistry lui a décerné la Médaille de Faraday en 2006. Le Professeur Girault est également l'éditeur associé de la revue scientifique « Chemical Science », publiée par cette même institution. En 2015, c'est la Société américaine de chimie électroanalytique qui lui décerne le « Reilley Award ». Ces deux prix ont été créés à la mémoire de deux grands électrochimistes, l'anglais Michael Faraday (1791-1867) d'une part, et l'américain Charles N. Reilley (1925-1981) d'autre part. Ce dernier fut l'un des chimistes analytiques les plus renommés du 20<sup>e</sup> siècle.

Au cours de sa carrière, le Professeur Girault a formé 64 doctorants, dont 28 sont aujourd'hui professeurs de par le monde. Sa passion pour les sciences fondamentales le conduit parfois à revisiter avec ses étudiants des documents du XIX<sup>e</sup> siècle. Se considérant comme un maillon de la chaîne de la connaissance, il aime à partager avec ses étudiants tant son érudition que sa passion pour des expériences historiques significatives. L'une de celles-ci découle des observations et des descriptions d'abord faites par Benjamin Franklin au XVIII<sup>e</sup> siècle, puis reprises et développées plus tard par Lord Rayleigh : comment une goutte d'huile déposée sur un lac peut-elle finir par en recouvrir toute la surface ? De l'épaisseur d'un nanomètre, cette monocouche manifeste des propriétés optiques particulières telles que de jolies iridescences. Cette expérience résume la dynamique qui anime le Professeur Girault depuis sa thèse soutenue en 1982. Celle-ci était consacrée à l'étude photochimique et électrochimique des interfaces molles. Quel transfert de charges, d'ions, d'électrons se manifeste à ce point de tension et quelle peut être la structure de l'interface de deux liquides ? Toutes ces questions participent à l'élaboration d'un système-modèle d'interface moléculaire liquide-liquide, qui est aussi à la base des systèmes biologiques. Plusieurs sujets de recherche sont venus se greffer sur cet axe central de recherche



fondamentale. Certains ont abouti à des applications pratiques qui ont pris la forme de brevets, de start-ups ou d'un démonstrateur bâti sur le concept pionnier de méga-batterie.



Le team du Professeur  
Hubert Girault

### **Axe de recherche fondamentale : l'interface moléculaire liquide-liquide**

La rencontre entre deux liquides est un sujet complexe qui met aussi en jeu les membranes biologiques car notre corps est fait de liquide. Ainsi la conduction nerveuse, c'est-à-dire les signaux transmis à travers le corps, le sont par électrochimie au travers d'une interface liquide-liquide. Pour comprendre ces phénomènes, les chercheurs en physique et en chimie analysent les interfaces eau-huile, eau-solvant. Le potentiostat est leur outil de base pour observer les phénomènes électrochimiques en mesurant un courant et en contrôlant la polarisation. Afin de découvrir la structure de cette interface et d'observer les molécules à l'échelle nanométrique, l'optique non-linéaire de surface est utilisée. Elle permet de révéler les qualités spectrales des molécules qui interviennent aux interfaces. À cet effet, un laser émet une lumière d'une certaine intensité sur un plan précis et dans un angle déterminé. Pour des questions de symétrie, seules les molécules qui se situent dans le plan vont générer un signal, alors que celles qui se trouvent en dessous ou au-dessus ne génèrent pas de signaux. Le signal spectroscopique résultant des molécules situées dans le plan va de ce fait informer les chercheurs sur la nature et la structure de l'interface avec une précision à l'échelle d'un nanomètre.



## Photolyse de l'eau

Un des objectifs du Professeur Girault en recherche fondamentale est de parvenir à la photolyse de l'eau. L'objectif est de casser la molécule d'eau afin de séparer les deux atomes d'hydrogène de l'atome d'oxygène sans avoir recours à de grandes électrodes. En 2010, il est parvenu pour la première fois à obtenir de l'hydrogène à l'interface entre deux liquides – entre de l'eau et un solvant organique – en utilisant un catalyseur moléculaire, sans l'aide d'une électrode solide. Cette année, les chercheurs ont peut-être obtenu la première preuve d'avoir réussi à produire de l'oxygène dans une interface liquide-liquide, qui est la réaction la plus difficile à réaliser.

Le rêve du Professeur Girault est d'arriver à produire du carburant directement à partir de l'énergie solaire, par électrolyse de l'eau, sans passer par les panneaux photovoltaïques et des électrolyseurs. Le groupe LEPA travaille pour cela avec une molécule organique appelée Tétrathiafulvalène, aux propriétés chimiques et photochimiques intéressantes. Cette molécule est capable d'absorber la lumière qu'elle peut ensuite résorber sous la forme d'énergie. Les chercheurs étudient la meilleure façon d'obtenir de grandes interfaces d'absorption lors de l'exposition au rayonnement solaire. Comme pour une mayonnaise, il faut passablement agiter pour produire les émulsions nécessaires. Dans une seconde étape, ils souhaitent privatiser l'énergie de la molécule sur des surfaces molles afin de produire les réactions chimiques. Ainsi, il est possible d'imaginer un système qui fonctionnerait en deux phases, l'une qui absorbe de la lumière grâce à des liquides fortement émulsionnés pendant la journée, suivie d'une phase de désorption durant la nuit.

## Les applications de la recherche fondamentale

Le laboratoire LEPA innove en créant de nouvelles méthodes d'étude par spectrométrie de masse.

### **Les méthodes d'ionisation pour la spectrométrie de masse**

Le but de la chimie est d'engendrer des réactions, et pour comprendre ces réactions, il faut comprendre où se trouvent les molécules. C'est la base de l'activité du laboratoire LEPA. La spectrométrie de masse est une technique d'analyse qui permet de déterminer précisément des masses moléculaires, leur identification et leur quantification. La méthode d'ionisation consiste à fabriquer des ions par électrochimie. Dans cette optique, le laboratoire du Professeur Girault travaille sur des méthodes d'ionisation de protéines, principalement de peptides et autres petites molécules. Des innovations dans la méthode d'ionisation pour la spectrométrie de masse ont débouché sur une avancée notable, notamment dans le domaine du diagnostic.

### **Méthodes de spectrométrie de masse MALDI-TOF pour un diagnostic d'infection bactérienne**

Grâce à ces nouvelles méthodes, il est possible de détecter, à partir de l'étude de ses protéines par spectrométrie de masse, si telle bactérie est résistante aux antibiotiques. Le spectre d'antibiotiques à administrer est alors affiné plus rapidement afin de traiter au mieux, par exemple, les personnes souffrant d'une septicémie. Concrètement, il s'agit d'utiliser une plaque MALDI-TOF recouverte de nanoparticules d'oxyde de titane en association à une lumière ultraviolette. Ce dispositif permet alors d'accéder à un nouveau champ d'investigation qui se rapporte aux protéines des bactéries déposées sur la plaque. En trente minutes, il est ainsi possible de savoir si la bactérie est résistante aux antibiotiques ou non. Cette recherche a été menée en collaboration avec l'Hôpital du Valais à Sion et l'Université de Fudan à Shanghai. La valorisation de cette découverte est aujourd'hui en cours.

## **Nouvelles méthodes d'identification des allergènes**

Cet autre axe de recherche découle d'un cas d'allergie manifestée par un patient et pour lequel les médecins ne parvenaient pas à en identifier l'origine. Grâce à un test personnalisé d'allergie, le laboratoire du Professeur Girault a pu identifier avec précision la source de l'allergène. Ce n'était pas la protéine de lait en elle-même qui provoquait la réaction chez le patient, mais une protéine dégradée du lait. Cette méthode, qui analyse le sang du patient et utilise la spectrométrie de masse, surpasse en précision les méthodes traditionnelles qui consistent à déposer sur la peau un allergène afin de constater la réaction provoquée par celui-ci. Dans un autre cas, le patient présente des résultats négatifs aux tests d'allergie aux pollens. Le test plus poussé du laboratoire de Sion a permis d'identifier une allergie au pollen nitré, c'est-à-dire un pollen qui avait été altéré par les pollutions présentes dans l'environnement citadin du patient. Un autre projet est en cours portant lui aussi sur la détection des allergènes par le biais des anticorps présents dans le sang du patient.

## **Un test rapide et indolore pour identifier un mélanome, sans biopsie**

À l'aide de rubans adhésifs, des cellules sont récupérées de la peau du patient afin d'être directement transférées sur une cible MALDI pour la prise d'empreintes de cellules cutanées par spectrométrie de masse MALDI-TOF. Cette approche de spectrométrie de masse à l'aide de bandes adhésives est proposée pour la détection rapide et non invasive de maladies telles que les cancers de la peau. Des brevets ont été déposés et une start-up est prête à commercialiser cette innovation.

## **La transition énergétique: le modèle électrochimique**

À Martigny se trouve le démonstrateur Electromobilis qui est un laboratoire de l'EPFL. Celui-ci exploite un concept pionnier développé par le Professeur Girault pour la conception de stations-service pour voitures électriques. Il s'agit de produire des batteries à grande capacité pour la recharge rapide des voitures électriques. La station peut alimenter plusieurs voitures à pile à combustible fonctionnant à l'hydrogène. L'hydrogène est produit localement à raison de 1 kilo par heure, par l'électrolyse

d'une grande quantité d'eau. Alimentée par de l'énergie renouvelable, cette solution est considérée comme réellement durable car le système électrolyse et pile à combustible est réutilisable indéfiniment. Des visiteurs arrivants du monde entier sont venus parcourir cette installation. Le prochain projet en vue du Professeur Girault, dans le domaine de l'énergie, concerne l'hydrogène liquide.

### **Start-up issue du groupe de recherche LEPA**

**Sensation** : ce spin-off du laboratoire d'électrochimie physique et analytique propose des dispositifs électrochimiques au « point of care », c'est-à-dire à proximité du patient, pour la détection des bactéries afin d'accélérer la prise en charge du patient ([www.sensation.ch](http://www.sensation.ch)).



**Le Laboratoire des matériaux pour les énergies renouvelables (LMER) travaille sur des matériaux destinés au stockage des énergies renouvelables qui se présentent sous la forme d'électricité. C'est un laboratoire conjoint entre l'EPFL et l'EMPA, institution du domaine des EPF dont la mission est de développer et de tester divers matériaux et technologies pour un avenir durable. L'EMPA contribue au fonctionnement du Laboratoire LMER à hauteur de 0.5 million de francs par année.**

## Portrait de son responsable le Professeur Andreas Züttel



Physicien de formation, le Professeur Züttel travaille dès 1989 sur les hydrures lors de son post-doctorat au sein du laboratoire AT&T Bells Labs aux Etats-Unis. Les hydrures sont l'un de ses grands thèmes de recherche. Avant son arrivée à l'antenne EPFL Valais en 2015, il était responsable du programme de recherche "Sciences des matériaux et technologies pour l'énergie" à l'EMPA. Ce chercheur est aussi président de l'association suisse de l'hydrogène «Hydropole» et a été l'initiateur et l'organisateur du symposium international «Hydrogen & Energy» de 2007. Depuis, il entretient des échanges réguliers avec des pays tels que le Japon, la Chine et la Corée, avec lesquels il a des projets en commun. Le laboratoire du Professeur Andreas Züttel travaille principalement sur deux axes :

- ↳ le stockage de l'hydrogène dans des hydrures et des nanostructures issues de la conversion d'énergie renouvelable (photovoltaïque, éolien),
- ↳ la réduction de  $\text{CO}_2$  pour en faire des hydrocarbures (carburants) ou huiles synthétiques.

Le but ultime de ces deux axes de recherche est de refermer le cycle du carbone.

Dans le cadre d'une approche intégrée, l'hydrogène est considéré comme non polluant s'il a été produit à partir de sources renouvelables. De plus, il offre de nombreux avantages lorsqu'il est utilisé comme solution de stockage des énergies d'origine solaire et éolienne.

### **Solution efficace pour stocker l'hydrogène : utiliser les effets de physisorption et d'intercalation des métaux**

Le Professeur Andreas Züttel est un expert internationalement reconnu dans le domaine du stockage de l'hydrogène sous une forme solide, par hydrures métalliques ou complexes. Pourquoi

solide? Parce que le gaz est absorbé spontanément par un alliage qui se déforme afin d'intégrer l'hydrogène avec une densité correspondant au double de la densité qu'offre l'hydrogène liquide (voir start-up GRZ Technologies). Cette solution de stockage stationnaire à grande densité d'énergie est très stable et offre de nombreux avantages par rapport à d'autres méthodes. Habituellement, l'hydrogène à l'état gazeux est soit comprimé, soit liquéfié, deux opérations particulièrement énergivores. La conversion de l'état gazeux à l'état liquide consomme entre 20 et 30% de l'énergie présente dans l'hydrogène. De plus, lorsque l'hydrogène est sous forme liquide ( $-253^{\circ}\text{C}$ ), il faut aussi compter sur une perte continue liée à l'évaporation.



Le team du Professeur  
Andreas Züttel

De leur côté, les hydrures métalliques du laboratoire séduinois proposent une absorption et une désorption du gaz qui se produit à température et pression ambiantes; il n'y a donc pas de dépense d'énergie. Des études méticuleuses et très poussées en laboratoire sont nécessaires, dans des conditions spéciales de vide, afin d'identifier quel alliage présente les propriétés thermodynamiques recherchées. C'est au niveau des atomes que portent les études, à savoir sur la densité électronique présente sur les sites interstitiels et sur les propriétés chimiques des métaux environnants.

### **Pionnier des hydrures complexes**

Il y a quinze ans, le groupe du Professeur Züttel était le premier à étudier de manière intensive les borohydrures complexes pour le stockage de l'hydrogène. Moins stables que les hydrures métalliques, les borohydrures font aujourd'hui l'objet d'intenses



recherches dans le monde entier comme autre solution de stockage pour des applications mobiles de l'hydrogène. Les chercheurs de Sion travaillent sur la stabilité des hydrures complexes en in-



fluçant les propriétés des matériaux qui interagissent avec l'hydrogène. Une manipulation de la distribution des charges au niveau des atomes et molécules permettrait d'agir sur le réseau cristallin des hydrures complexes. Dans le cadre de ce thème de recherche, la modification des propriétés chimiques des matériaux en agissant sur leurs microstructures re-

présente une recherche pionnière. Celle-ci se fait en étroite collaboration avec d'autres groupes au sein de l'EPFL et au Japon.

### **La réduction du CO<sub>2</sub> pour produire des carburants de synthèse**

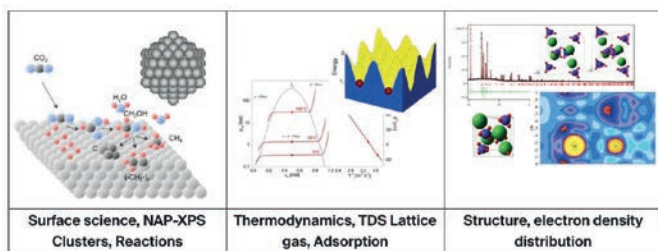
La réduction du CO<sub>2</sub> en huile de synthèse est un important sujet d'étude, car elle permettrait de se libérer de la dépendance aux énergies fossiles. Remplacer des carburants fossiles par des carburants synthétiques aurait un impact direct sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Pour y parvenir, les chercheurs tentent de découvrir les catalyseurs susceptibles de transformer l'hydrogène et le CO<sub>2</sub> en un produit synthétique choisi. Comment éviter de se retrouver avec du goudron alors que l'on veut fabriquer un hydrocarbure précis ? Des centaines de chercheurs de par le monde tentent de trouver des réponses satisfaisantes. Les phénomènes chimiques, de même que les mécanismes réactionnels intervenant à la surface des matériaux sont scrutés sous tous les angles qu'offrent les dernières techniques d'observation. L'enjeu est de découvrir un catalyseur sélectif et efficace capable de défaire et refaire efficacement les bonnes liaisons entre atomes de façon à aboutir au résultat désiré.

### **Le recours à la spectroscopie pour étudier les mécanismes des réactions**

Pour ce laboratoire expérimental, les outils d'observation sont primordiaux. Par exemple, un spectromètre photoélectronique

à rayons X proche de la pression atmosphérique (NAP-XPS) permet d'étudier la composition de la surface et l'état chimique des matériaux en interaction avec l'hydrogène et le  $\text{CO}_2$ .

Alors que la spectroscopie photoélectronique permet de sonder les états chimiques à la surface, la spectroscopie infrarouge et Raman permettent d'étudier les vibrations des molécules. Les informations obtenues par la mesure et l'analyse rendent compte



des états et des propriétés des matériaux qui sont en interaction avec les gaz. D'autres techniques d'observation telles que la résonance magnétique nucléaire (RMN), la diffusion quasi-élastique des neutrons (deuteride) ou la spectroscopie de masse complètent la panoplie des outils à disposition. Leur but est de contrôler la réaction au niveau atomique.

### **Des clusters pour fabriquer des matériaux à partir de molécules formées au niveau microscopique**

Afin de parvenir à un contrôle optimal au niveau atomique, le Professeur Züttel et son équipe fabriquent des matériaux à partir de l'atome par condensation dans le vide. Ils disposent d'un cluster qui peut n'être constitué que de dix atomes. Les propriétés de tels clusters, travaillées à cette échelle, varient considérablement, et c'est justement ce qu'étudie le laboratoire.

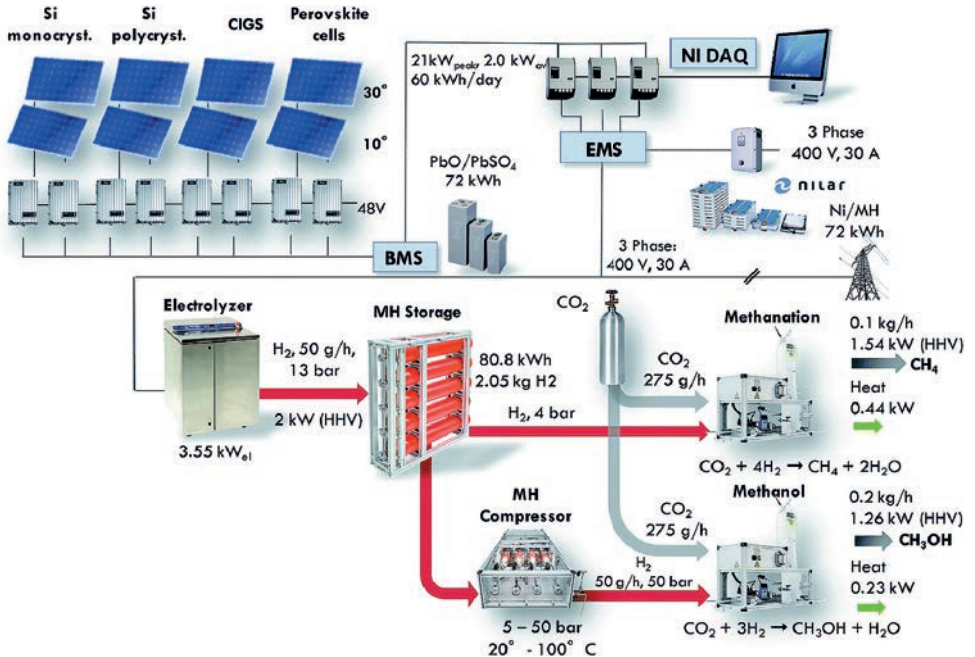
Les chercheurs vont alors tenter d'influencer les formes de ces nanoparticules, qui vont à leur tour influencer les propriétés des matériaux. Ce sont ces matériaux qui vont produire le carburant synthétique souhaité, par la catalyse d'une réaction chimique ou électrochimique à leur surface lorsqu'ils sont en contact avec le gaz  $\text{CO}_2$  et l'hydrogène (interface solide/gaz).

**Transfert technologique :  
du laboratoire au démonstrateur**

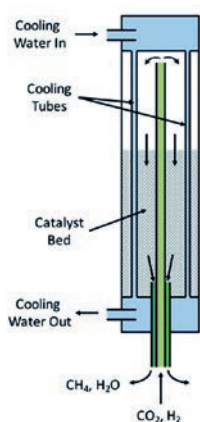
**Démonstrateur à échelle réduite à Sion (SSDS):  
Un démonstrateur zéro émission**

Installé à la rue de l'Industrie 17, ce démonstrateur permet de tester les technologies émergentes à une échelle intermédiaire entre le laboratoire et une installation industrielle à grande échelle. Il rassemble également l'ensemble de la chaîne énergétique, du photovoltaïque au stockage sur batterie, à la production et au stockage de l'hydrogène, à la compression basée sur les hydrures métalliques et enfin à la synthèse de méthane et de méthanol. Il a pour but de démontrer la faisabilité technique à créer un cycle de carbone fermé grâce à des carburants synthétiques issus de l'énergie solaire. Ce démonstrateur permet par ailleurs d'investiguer les flux d'énergies et les capacités de stockage, d'étudier le comportement des composants et de générer des données pertinentes pour la modélisation des systèmes énergétiques. Le projet SSDS est soutenu financièrement par Gaznat, ESR, et le Canton Valais. Ce démonstrateur met en œuvre de nombreux composants qui sont à la fois inédits et uniques développés à l'EPFL.

Sur le toit du bâtiment de l'EPFL Valais Wallis, l'énergie solaire est captée au moyen de quatre sortes de cellules



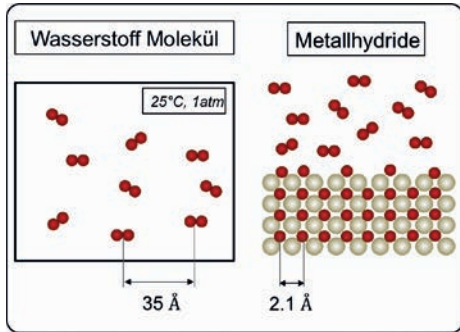
photovoltaïques différentes. Cette énergie est ensuite récupérée dans deux batteries. L'électrolyseur se charge de transformer l'électricité solaire en hydrogène qui se retrouve ensuite comprimé par absorption spontanée, grâce aux propriétés thermodynamiques des hydrures métalliques (le compresseur à hydrogène). À ce gaz s'ajoute le  $\text{CO}_2$  afin de produire du méthane ou du méthanol. Le réacteur de méthanation est l'un des composants importants de ce projet car cette expérience pratique a démontré sa plus grande efficacité à convertir le  $\text{CO}_2$ , comparativement à ce qui existe déjà sur le marché. Le démonstrateur a fait l'objet d'un brevet déposé avec la société Gaznat, le partenaire industriel du laboratoire.



Au vu des performances du réacteur de méthanation, un nouveau projet de recherche a vu le jour, en collaboration avec Gaznat et avec la participation d'Innosuisse. Il s'agit maintenant de tester ce réacteur de méthanation dans une des stations de détente du gaz. Entre les grands pipelines, dans les 260 stations de détente du gaz, les risques de formation de glace obligent les ingénieurs à brûler une partie du méthane transporté lorsque celui-ci passe d'une pression de 50 à 5 bars. Avec le réacteur à méthane, c'est de l'hydrogène et du  $\text{CO}_2$  qui permettent la production d'un méthane synthétique et la chaleur de la réaction exothermique est utilisée pour réchauffer ces stations. L'opération consomme du  $\text{CO}_2$  au lieu d'en produire, comme c'est le cas actuellement.

## GRZ Technologies, la première start-up issue des travaux de l'EPFL Valais Wallis

Ce spin-off de l'EPFL Valais Wallis, issu du Laboratoire du Professeur Züttel, propose une solution de stockage de l'énergie renouvelable de longue durée au moyen d'hydrures métalliques. Cette solution est particulièrement intéressante si on la compare aux moyens habituellement déployés pour stocker l'hydrogène à l'état gazeux.



La technologie mise en œuvre s'appuie sur l'utilisation d'hydrure, une poudre métallique qui absorbe et stocke des quantités significatives d'hydrogène même à basse pression et température ambiante

Etant d'une faible densité et plus léger que l'air, il faut normalement dépenser beaucoup d'énergie pour comprimer l'hydrogène lorsqu'il se présente sous forme de gaz. Les hydrures métalliques proposent une compression spontanée de l'hydrogène à température et pression ambiantes. Conformément aux principes de la thermodynamique, c'est la composition métallique elle-même qui attire les atomes d'hydrogène qui viennent spontanément se faufiler entre les atomes de métal. Comme

une éponge, les métaux absorbent le gaz, par intercalation des atomes d'hydrogène et la formation d'un hydrure avec l'alliage. Il en résulte une densité volumétrique très compétitive, tout comme le bilan énergétique du processus dans son ensemble.

La toute jeune société propose principalement une solution de stockage d'hydrogène qui recourt aux hydrures ainsi qu'un compresseur portable à hydrure métallique qui tire profit des propriétés thermodynamiques des hydrures. Ces appareils sont d'abord destinés à la communauté scientifique et au contrôle de la qualité dans l'industrie. Cofondée en 2017 par le D<sup>r</sup> Noris Gallandat, M. Claudio Ruch et le P<sup>r</sup> D<sup>r</sup> Andreas Züttel, c'est la fondation The Ark qui accompagne la start-up depuis ses débuts. Rapidement, elle bénéficie du programme national Venture Kick et intègre le programme national de coaching pour start-up d'Innosuisse. En 2018, elle est sélectionnée par Venturelab pour une tournée de réunions d'affaires et de rencontres d'investisseurs en Chine. Cette jeune société au fort potentiel d'expansion a été classée au 51<sup>e</sup> rang des Top 100 Swiss Startup Award 2018.

**Le GMF travaille sur les cellules solaires à colorant et à pérovskite, les diodes organiques à émission d'onde, le développement de capteurs chimiques, la photophysique et photochimie des assemblages moléculaires.**

Un des buts du groupe GMF mené par le Professeur Nazeeruddin est de résoudre le clivage de l'accès à l'énergie dans le monde en proposant une technologie photovoltaïque bon marché, simple à produire et facile d'utilisation. Une énergie solaire accessible, produite localement pourrait remplacer l'usage du charbon ou autres carburants fossiles. Pour y arriver, les chercheurs opèrent un subtil jeu d'équilibre entre les impératifs de simplicité, de performance, de stabilité et de durabilité. C'est à la frontière du monde quantique, aidé d'une approche interdisciplinaire impliquant différentes expertises, qu'il est possible de concevoir des matériaux de synthèse aux propriétés innovantes et de les perfectionner. C'est le cas des deux types de cellules solaires pour lesquelles le Professeur Nazeeruddin possède une vaste expertise.

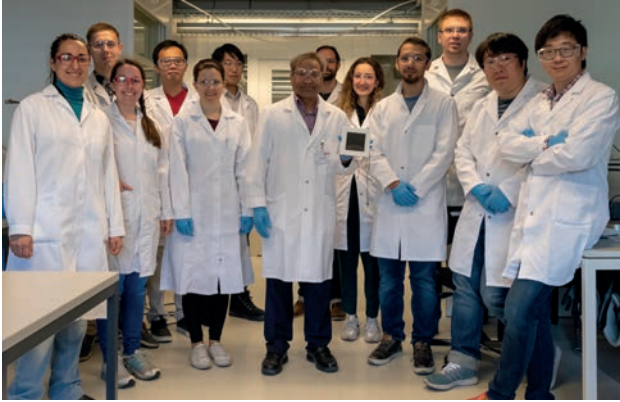
### Portrait de son responsable le Professeur Mohammad Nazeeruddin



Après un doctorat en chimie de l'Osmania University d'Hyderabad en Inde, le Professeur Mohammad Khaja Nazeeruddin rejoint l'équipe du Professeur Grätzel à l'EPFL en 1987. C'est alors que commence une très longue et fructueuse collaboration qui se portera principalement sur l'étude de la photosynthèse dans le but de concevoir de nouvelles cellules photovoltaïques. Durant ses années à Lausanne, le Professeur Nazeeruddin reçoit par deux fois l'EPFL Award for Excellence, en 1998 et 2006. Plus tard, lorsque l'EPFL lui propose de monter un nouveau laboratoire de chimie dans le cadre de sa nouvelle antenne en Valais, il accepte sans hésiter. Le Groupe pour l'ingénierie moléculaire des matériaux fonctionnels ouvre ses portes à Sion en 2015. Deux ans plus tard, en 2017, une pluie de récompenses et de consécration saluent les recherches du Professeur Nazeeruddin. La Royal Society of Chemistry lui adresse le statut de Fellow en reconnaissance de ses contributions exceptionnelles à l'avancement des sciences. La même année, l'Académie européenne des sciences (EURASC) accepte à l'unanimité la nomination du Professeur Nazeeruddin parmi les meilleurs scientifiques européens dans le domaine des sciences des matériaux. À cela s'ajoute la désignation du



Professeur Nazeeruddin comme l'un des « esprits scientifiques les plus influents du monde » dans tous les domaines scientifiques, par l'agence Thomson Reuters (Clarivate Analytics). Toujours auprès du même établissement, il apparaît chaque année au sommet des listes de chercheurs les plus cités.



Le team du Professeur  
Mohammad Nazeeruddin

### **Des cellules solaires à colorant directement inspiré des plantes: les cellules Grätzel**

Le Professeur Nazeeruddin possède une vaste expérience des cellules solaires qui imitent le processus de photosynthèse des plantes. Il a inventé plusieurs sensibilisateurs, notamment le rouge (N719) et le noir (N749) au début des années 90, qui atteignaient plus de 12% d'efficacité. Dans le cas de ces cellules, la lumière va exciter les électrons dans le colorant qui vont gagner de l'énergie pour être ensuite rapidement collectés sur une électrode en dioxyde de titane. Les cellules solaires à pérovskites ont été développées à partir des cellules solaires à colorant. En raison de leur efficacité supérieure dans la transformation de la lumière en énergie, elles ont remplacé le colorant dans la cellule solaire à colorant.

### **Silicium versus Pérovskite**

Dans le domaine du photovoltaïque, les cellules solaires en silicium occupent une place prépondérante. Avec 90 pour cent des parts de marché, une stabilité garantie sur 25 ans, une conversion certifiée à 26.6% et des modules commerciaux qui assurent entre 17 et 19% d'efficacité, leur potentiel d'amélioration est limité. Avec la pérovskite, les photons absorbés produisent instantanément

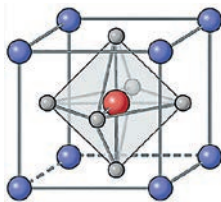


une paire électron-trou (exciton) avec une grande longueur de diffusion. Les charges positives et négatives peuvent être ainsi facilement transportées vers les électrodes de sortie, où se produit la séparation des charges. C'est cette propriété optoélectronique exceptionnelle, cette capacité à convertir la lumière en électricité, qui fait de la pérovskite un semi-conducteur très étudié.

### **Les cellules solaires à pérovskite proposent des records de rendement de photoconversion en laboratoire**

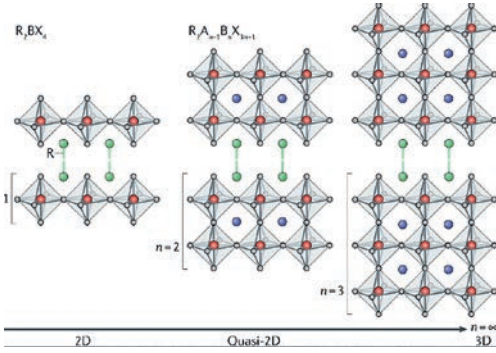
De par le monde, les cellules solaires à pérovskite sont pressenties comme faisant partie de la prochaine génération de cellules solaires qui pourraient rivaliser avec les cellules en silicium. Leur courbe de popularité est telle que près de mille laboratoires dans le monde travaillent sur ce sujet. Le Professeur Nazeeruddin cible ses recherches sur les cellules photovoltaïques dont la production pourrait se faire partout, qui seraient bon marché et dont la température de production requise avoisinerait les 120 degrés. Ce n'est que depuis 2009 que la pérovskite est utilisée comme semi-conducteur dans le domaine photovoltaïque. Les laboratoires de l'EPFL ont fait croître l'efficacité des cellules à pérovskite de façon vertigineuse, la faisant progresser de 10% à 22.50%. Ce semi-conducteur est non seulement abondant et peu onéreux, mais il peut être

ABX<sub>3</sub>



La maille élémentaire de la pérovskite est constituée de trois éléments : le A peut représenter un cation organique ou inorganique, le B un cation de plomb Pb<sup>2+</sup> et le X un ion halogénure. La structure pérovskite idéale représente un octaèdre.

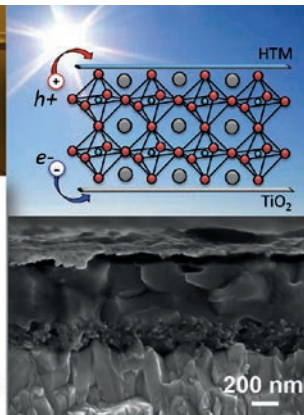
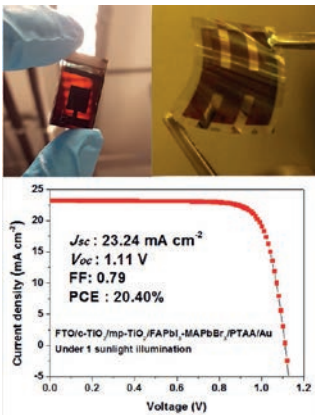
synthétisé pour donner naissance à des cristaux d'une taille et d'une forme spécifique. Pour atteindre des records de conversion d'énergie solaire en électricité, le Professeur Nazeeruddin fait croître des cristaux de pérovskite en gros grains afin de permettre une plus grande absorption du spectre. Cette croissance commence dans un anti-solvant à l'échelle du nanomètre pour se terminer à l'échelle d'un micron (du milliardième au millionième de mètre). Un des objectifs du laboratoire est l'optimisation des techniques de dépôt de pérovskite qui peut se faire par pulvérisation ou par impression à jet d'encre. Cette étape s'inscrit dans une architecture de couches qui ont chacune leur fonction dans la conversion et le transport de la lumière en électricité.



Selon les propriétés recherchées, l'assemblage de plusieurs mailles va constituer une structure cristalline de pérovskite qui peut être organisée en 1, 2 ou 3 dimensions. Les structures en 2 dimensions sont plus stables alors que les structures en 3 dimensions offrent une plus large absorption du spectre visible.

Le Professeur Nazeeruddin travaille sur la conception d'interfaces de nouveaux matériaux pour le transport d'électrons ainsi que la mise au point d'une nouvelle famille de matériaux de transport à large bande interdite. Les possibilités de matériaux et d'architectures dans l'élaboration des cellules solaires sont variées. Le Professeur Nazeeruddin étudie les combinaisons de matériau, qui ajustées avec précision à l'aide de cations d'amines organiques de différentes tailles et fonctionnalités, assureront l'équilibre entre l'efficacité et la stabilité des cellules solaires à pérovskite. Etant donné la facilité de la mise en œuvre à des températures relativement basses, le contrôle de la relation structure-propriétés aux interfaces où se réalisent les échanges et les transformations est particulièrement important.

Le groupe GMF a travaillé à la stabilisation des cellules à pérovskite aux halogénures qui, lorsqu'exposées aux conditions extérieures, montraient des signes de détérioration liés à l'humidité et à la chaleur. En 2017 s'est achevé un premier test de



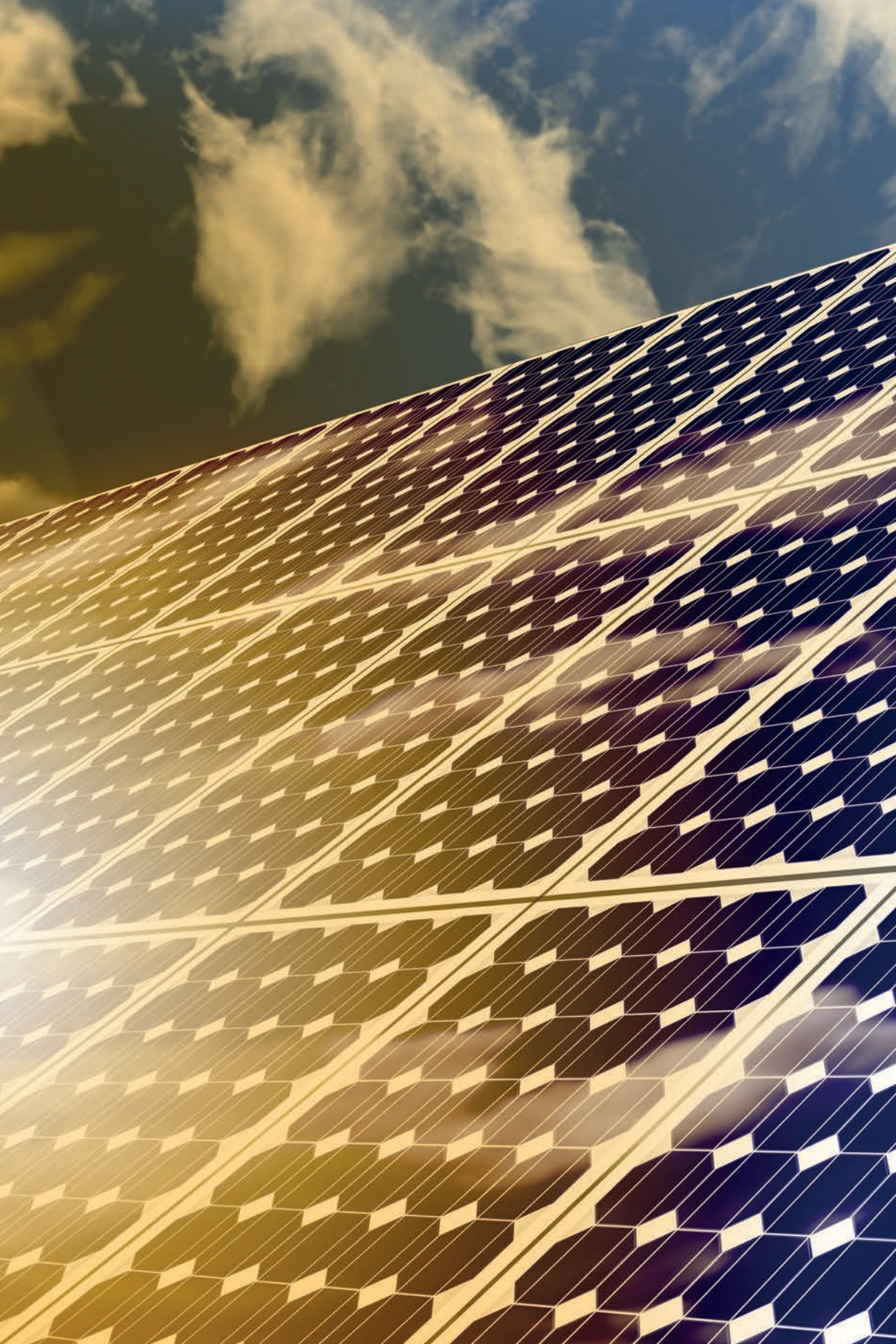
La cellule solaire à pérovskites est constituée d'un empilement de fines couches qui ont chacune leur fonction : une couche mésoporeuse d'oxyde de titane infiltrée par du matériau pérovskite pour le transport des électrons et au-dessus de la couche de pérovskite se trouve un matériau de transport de trous (HTM : spiro-OMeTAD).

cellule solaire combinant des pérovskites de 2 et 3 dimensions. Développée et testée en collaboration avec Michael Grätzel et la société Solaronix, cette cellule solaire en pérovskite hybride 2D/3D a donné des résultats probants. Ainsi la cellule à pérovskite 2D/3D conçue avec une architecture basée sur le carbone a montré une efficacité de 12,9%, alors que celle basée sur une cellule solaire mésoporeuse standard a affiché une efficacité de 14,6%. Dans le cadre de cette recherche, un panneau solaire de  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  a été produit industriellement. Celui-ci a démontré une grande stabilité et une efficacité constante de 11,2% pendant plus de 10'000 heures.

Ces cellules solaires en pérovskite hybride 2D/3D ont fait partie d'une autre étude plus récente faite avec des chercheurs du Qatar, de Suisse et d'Italie. Dans ce cas, c'est une fine couche déposée sur les pérovskites de faible dimension (2D) qui a permis de protéger le dispositif de l'humidité. Les cellules solaires fabriquées avec ce nouveau composite pérovskite ont montré une efficacité de 20% dans leur capacité à convertir l'énergie solaire en électricité. Grâce à cette couche supérieure plus résistante, les cellules ont maintenu leur efficacité pendant 200 heures. Ce nouveau matériau pourrait être transposé dans d'autres dispositifs, tels que les diodes électroluminescentes et les photodétecteurs.

Une infime quantité de plomb est présente dans certaines cellules solaires à pérovskites, ce qui impliquerait de prévoir leur recyclage dans le cas d'une commercialisation. Le Professeur Nazeeruddin s'intéresse aux études de ses collègues, notamment celles du Professeur Wendy Queen qui a développé une technologie d'encapsulation au travers de MOF (Metal Organic Framework). Celle-ci pourrait peut-être être intégrée aux cellules solaires du groupe GMF afin d'encapsuler cette infime quantité de plomb. D'autant plus que de par leur souplesse et leur finesse, les capteurs solaires développés par le Professeur Nazeeruddin pourraient être transposés sur la carrosserie d'une voiture.





En 2018, le groupe d'ingénierie moléculaire des matériaux fonctionnels, en collaboration avec le Professeur Paul Dyson, a remporté le premier appel à subventions de l'initiative « Tech4Impact ». L'objectif est d'offrir une subvention de démarrage de 50'000 francs aux projets des chercheurs de l'EPFL comportant un impact durable significatif. « DESPERS » est l'un des deux projets sélectionnés.

**DESPERS: Résoudre le problème de la pénurie d'eau par dessalement à l'aide de cellules solaires à pérovskite**

Il est prévu pour ce projet de développer un module qui dessalinise l'eau de mer afin de fournir de l'eau potable alimentée par des cellules solaires à pérovskite. Avec pour objectif l'efficacité au prix le plus bas afin d'aider les populations des pays en développement et les camps de réfugiés. Ce module pourrait également être utilisé à grande échelle pour des exploitations agricoles.



D<sup>r</sup> Cristina Roldán Carmona,  
P<sup>r</sup> Paul Joseph Dyson  
P<sup>r</sup> Mohammad Khaja Nazeeruddin

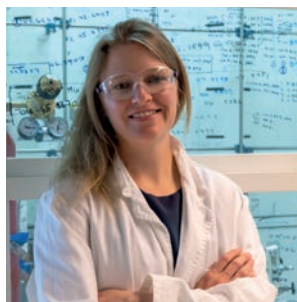
**Dirigé par le Professeur Wendy Queen, ce laboratoire de chimie expérimentale et durable s'emploie à développer des alternatives pour la séparation des liquides et des gaz afin de réduire la consommation d'énergie. Des solutions efficaces pour une extraction sélective des métaux lourds présents dans l'eau sont également en cours de développement.**



Comme les opérations de séparation représentent entre 10% et 15% des dépenses énergétiques mondiales, l'équipe LFIM s'efforce de concevoir de nouveaux nanomatériaux offrant la meilleure qualité de séparation d'espèces sélectionnées (des entités chimiques identiques) telles que le  $\text{CO}_2$ , des atomes, des molécules, à partir de milieux en phase liquide et gazeuse. Il est possible de convertir parfois les invités capturés, tel que le  $\text{CO}_2$ , en d'autres produits chimiques ou carburants à valeur ajoutée.

Le Professeur Wendy Queen, une jeune et brillante chercheuse américaine, a pour priorité absolue la préservation de l'environnement. Avec son équipe, elle se consacre à la conception et à la modification de structures organométalliques (MOF pour Metal-Organic Frameworks), une classe de matériaux poreux de type « éponge ». Conçues synthétiquement, ces « éponges » présentent diverses fonctions chimiques ainsi qu'une grande variété de tailles, de formes et de volumes de pores facilitant la séparation des gaz et des liquides.

### Portrait de son responsable le Professeur Wendy Lee Queen

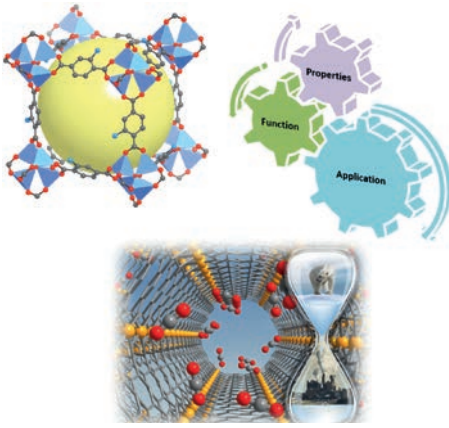


Après son doctorat en chimie inorganique en 2009 à l'Université Clemson en Caroline du Sud, le Professeur Queen poursuit ses recherches au « NIST Center for Neutron Research » aux États-Unis. En 2012, elle rejoint le « Lawrence Berkeley National Laboratory » en Californie, en tant que chercheuse au « Molecular Foundry ». Nommée Professeur assistante tenure track à l'EPFL, elle lance en 2015 son propre laboratoire à l'antenne EPFL Valais Wallis à Sion. En seulement trois ans, son équipe a déjà déposé plusieurs brevets et fait plusieurs couvertures de revues de référence.

### **Comprendre le processus de cristallisation des structures organométalliques pour aider la planète**

Bien qu'à ce jour plusieurs dizaines de milliers de structures organométalliques (MOF) aient été identifiées dans le monde, il apparaît nécessaire de mieux comprendre comment contrôler





Ci-dessus, un exemple de structure organo-métallique appelée MOF-5. Il consiste en grappes d'ions métalliques liées par des ligands organiques. Les blocs de construction peuvent être facilement ajustés dans leurs structures, ce qui a un impact sur leurs propriétés et la sélectivité des molécules hôtes. La sphère jaune représente la fraction du vide ou le volume du pore. L'image d'en bas montre une vue agrandie du CO<sub>2</sub>, ici en rouge et gris, capturé dans un cadre appelé Fe-MOF-74

la synthèse de ces matériaux cristallins et poreux. L'un des défis consiste à relier les structures et les applications en comprenant le comportement chimique des matériaux sur leur surface interne, car c'est la réaction chimique interne qui dicte quelle structure convient le mieux à une application donnée. L'objectif principal du laboratoire est de contribuer aux connaissances qui permettront de résoudre les problèmes au niveau mondial. Par exemple, ce laboratoire s'emploie à réduire les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> en améliorant l'efficacité énergétique de processus sélectionnés ou par la capture directe du CO<sub>2</sub> émis.

### Propriétés des MOFs:

#### Grande surface d'absorption -

#### Sélectivité - Polyvalence (de ce qui peut être absorbé)

De nombreux MOF ont une forte densité de canaux de taille nanométrique qui conduisent à des surfaces internes jamais atteintes auparavant, permettant l'absorption de grandes quantités d'espèces invitées. La modification de la structure interne influe sur la quantité d'invités pouvant être adsorbée ainsi que sur le degré de sélectivité du matériau pour un invité ciblé. Grâce à la structure cristalline interne du MOF, les chercheurs peuvent observer les particules absorbées et découvrir les caractéristiques structurales générant les propriétés qu'ils souhaitent privilégier, réduisant ainsi l'apport d'énergie dans divers processus de séparation.

Les différents nanomatériaux développés et testés par le Professeur Queen et son équipe sont destinés à différentes utilisations. L'une d'entre elles vise à capter le CO<sub>2</sub> en utilisant une éponge absorbante placée directement à la source des émissions (gaz d'échappement de voiture, cheminées d'usine). Le recyclage de métaux précieux tels que l'or est une autre application pour laquelle une éponge absorbante a été mise au point. Celle-ci permet de capturer de fines traces d'or dans l'eau. D'autres éponges

absorbantes sont en cours d'élaboration, destinées à collecter les résidus de métaux lourds tels que le plomb, le mercure et l'arsenic dans l'eau.

### **Une surface de 7000 m<sup>2</sup> présente dans un gramme**

Avec un gramme de leur nouveau matériau, le laboratoire LFIM a atteint une surface interne équivalente à 7000 m<sup>2</sup>. C'est justement cette surface, cette grande quantité d'espace vacant qui peut être ainsi destinée à la capture des polluants, toutes sortes d'espèces invitées (CO<sub>2</sub>, plomb, mercure ...)

L'équipe du Professeur Queen a récemment mis au point un MOF extrêmement efficace dans l'extraction des traces de métaux lourds. Il a été testé auprès d'échantillons prélevés sur différents sites fluviaux dans le monde. L'ingrédient miracle de ce MOF est la dopamine, un neurotransmetteur que les chercheurs ont polymérisé à l'intérieur des pores de ce nanomatériau. Le résultat est ce qui pourrait être comparé à une super-éponge : à la fois très durable et écologique, avec une capacité d'absorption et de sélectivité élevée, des taux d'extraction record pour des métaux lourds. En développant des matériaux dont les pores sont 50'000 fois plus petits que le diamètre d'un cheveu humain, il est devenu possible de capturer rapidement de grandes quantités de polluants. Grâce à cette innovation, il est aujourd'hui techniquement possible de nettoyer l'eau avec ce matériau, même lorsque ces polluants sont à l'état de traces. De plus, seul l'élément souhaité est capturé, permettant ainsi aux autres éléments de circuler, même s'ils sont de plus grande taille.

### **Projet pilote**

Une fois la preuve de faisabilité établie, la prochaine étape importante consiste à trouver les partenaires adéquats. D'une part pour les développements de la production et de la structuration des nouveaux nanomatériaux en quantité suffisante, et d'autre part, pour mener à bien des projets pilotes à grande échelle. Actuellement, un projet pilote est en préparation avec des industries métallurgiques pour extraire les métaux de grande valeur de leurs eaux usées. Le nouveau nanomatériau, qui se présente sous la forme d'une poudre à sa sortie du laboratoire, sera structuré en perles par les chercheurs de la HES-SO. Une autre collaboration est



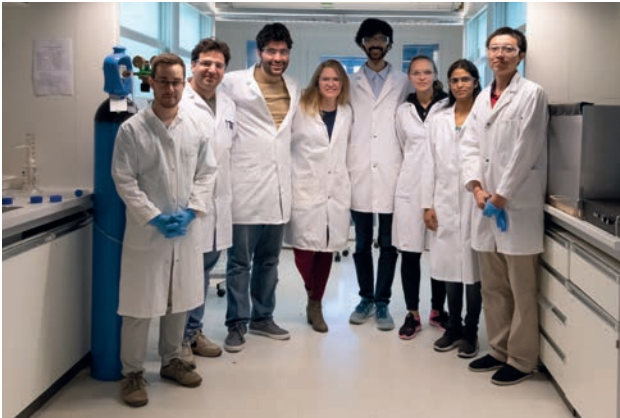
en préparation avec l'Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau, « EAWAG », qui a accepté de réaliser une démonstration de ce matériau adsorbant les métaux dans son usine pilote de traitement des eaux usées.

### Choisi parmi 1300 laboratoires

Les MOFs peuvent également être utilisés pour administrer des substances dans le corps, en particulier dans le cadre du traitement du cancer. L'automne dernier, à Boston, Wendy Queen et un membre de son équipe ont remporté le premier prix d'un concours organisé par Merck. Le montant de ce prix se monte à un million d'euros. Ce succès est remarquable compte tenu du nombre important de laboratoires en compétition.

### RePlaSte

En novembre 2018, le laboratoire du Professeur Wendy Queen remporte le premier concours Tech4Impact. Leur projet « RePlaSte » propose de transformer du plastique non recyclable en méthane ou en hydrogène. L'initiative Tech4Impact de l'EPFL vise à ré-



compenser les projets de recherche ayant un impact positif significatif sur la société.

le team du Professeur  
Wendy Lee Queen



**Mené par le Professeur Raffaella Buonsanti, le Laboratoire de nanochimie pour l'énergie développe des approches qui utilisent la chimie par voie humide pour la synthèse de nanocristaux. Ce groupe de chercheurs étudie les liens entre les propriétés, les tailles et les compositions de ces nanocristaux afin de conduire des réactions telles que la conversion du CO<sub>2</sub> ou le craquage de l'eau.<sup>1</sup>**

Lorsque les matériaux sont réduits à l'échelle nanométrique, leurs propriétés physico-chimiques changent. Par exemple, les nanocristaux métalliques peuvent fondre à une température plus basse que le même matériau constitué en une masse. Des nanocristaux semi-conducteurs peuvent absorber des couleurs différentes de celles de leurs équivalents en vrac. Ils s'avèrent également être de meilleurs catalyseurs en raison d'un rapport surface/volume plus élevé.

Le laboratoire LNCE utilise la nanochimie colloïdale, qui consiste à produire des nanomatériaux à partir de particules immergées dans un solvant. Cette approche ascendante autorise un contrôle parfait de la composition, de la taille et de la forme de ces nanocristaux avec une précision à l'échelle atomique. Une des applications qui enthousiasme les chercheurs de ce laboratoire est la photosynthèse artificielle. Elle consiste à convertir la lumière du soleil, l'eau et le dioxyde de carbone en produits chimiques et en combustibles à valeur ajoutée. La recherche du meilleur catalyseur capable de convertir le  $\text{CO}_2$  à la température et à la pression ambiante en utilisant de l'énergie provenant d'énergies renouvelables est aussi un des thèmes importants de leurs recherches. Ce type de conversion offre ainsi deux avantages : recycler le  $\text{CO}_2$  tout en stockant de l'énergie.

### Portrait de son responsable le Professeur Raffaella Buonsanti



C'est en Italie que le Professeur Buonsanti étudie la chimie et obtient son doctorat en nanosciences de l'Université du Salento, à Lecce en 2010. Par la suite, elle œuvre durant cinq années au prestigieux « Molecular Foundry », le centre de recherche des nanosciences du « Lawrence Berkeley National Laboratory » (LBNL), d'abord en tant que post-doctorante, puis en tant que scientifique.

De 2013 à 2015, Raffaella est chercheuse tenure-track au département des Sciences des Matériaux du « Joint Center for Artificial Photosynthesis » du LBNL. En 2015, L'EPFL la nomme Professeur assistante tenure track et elle lance alors l'activité du Laboratoire de Nano Chimie pour l'Energie à



l'EPFL Valais Wallis. En 2018, elle est désignée comme étoile montante de la chimie des matériaux par la Royal Society of Chemistry.

### Les usages historiques des nanomatériaux

Les propriétés optiques des nanoparticules métalliques étaient déjà connues et exploitées à l'époque des Romains. Le plus célèbre exemple en est la coupe romaine Lycurgus datant du IV<sup>e</sup> siècle. Elle contient des nanoparticules d'or qui, une fois illuminées, présentent une couleur rouge rubis.

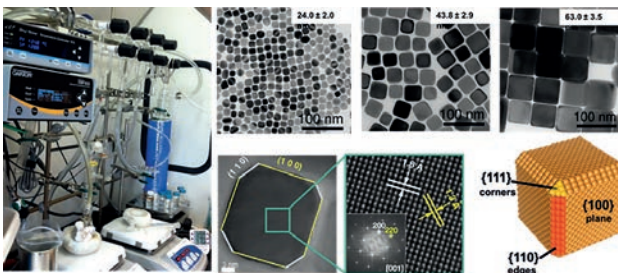


La coupe Lycurgus au British Museum

D'autre part, des artisans du monde arabe des IX<sup>e</sup> et X<sup>e</sup> siècles avaient aussi recours à des nanoparticules de cuivre et d'argent. Celles-ci étaient incorporées dans les glaçures des céramiques afin de les rendre plus scintillantes.

### Concevoir des nanomatériaux avec une précision atomique

Lorsque l'on examine les matériaux à l'échelle nanométrique, de nouveaux phénomènes physiques apparaissent et comme les réactions chimiques ont lieu à leur surface, leur grand état de division garantit une utilisation maximale du matériau. Élaborés à partir de particules, ces nanomatériaux peuvent être transformés en catalyseurs de choix car ils offrent un large éventail de compositions et de propriétés qui peuvent être ajustées à la réaction souhaitée. Le groupe LNCE fabrique des nanoparticules d'une taille et d'une forme bien définies afin de les tester dans le cadre d'une démonstration de faisabilité. Comprendre la relation qui existe entre la structure et la réactivité est essentiel



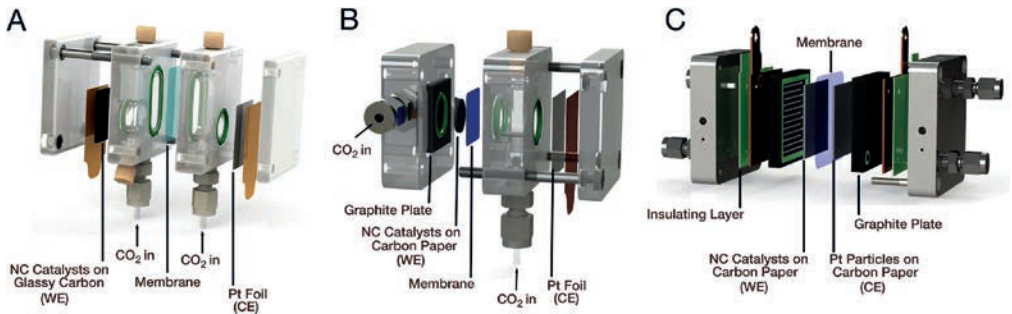
La synthèse colloïdale est une approche de chimie humide réalisée dans une fiole à trois cols. (Droite) Images produites par microscopie électronique avec des résolutions plus basses et plus élevées de nanocristaux de cuivre de forme cubique conçus à l'échelle atomique.



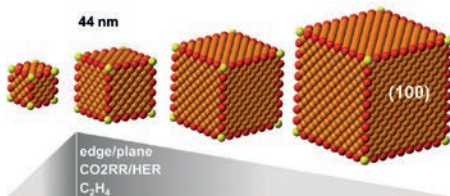
afin de bâtir des connaissances portant sur ces procédés. Cette expérience, qui met donc en place une preuve de concept, est le fruit d'une collaboration étroite entre plusieurs groupes de chercheurs qui apportent leurs visions théoriques et mathématiques sur ces expériences.

### Catalyse et conversion du CO<sub>2</sub>: des études fondamentales aux prototypes de réacteurs

Propulsées par la crise pétrolière, les recherches dédiées à la réduction de CO<sub>2</sub> pour en faire une source nouvelle d'énergie



furent très populaires dans les années 80. Oubliée durant de nombreuses années, ce n'est que récemment que l'idée de transformer le dioxyde de carbone en un élément d'intérêt par le biais d'un processus électrochimique a refait surface. Cette conversion électrochimique du CO<sub>2</sub> en produits chimiques à valeur ajoutée est justement aujourd'hui le sujet de recherche du Professeur Buonsanti. Afin de passer de l'expérimentation fondamentale à un processus industrialisé, celle-ci teste actuellement ses nanocristaux catalytiques dans des cellules telles que présentées ci-dessus afin de comprendre quel impact peuvent avoir la taille, la



Comment la taille et la forme affectent-elles la capacité des nanocristaux de cuivre à réduire électrochimiquement le CO<sub>2</sub> en méthane ou en éthylène?

forme et la composition de ces cristaux sur la conversion du CO<sub>2</sub>. Il est bien connu que la morphologie des nanocristaux utilisés comme catalyseurs est susceptible de moduler l'activité et la sélectivité catalytique. Le groupe de recherche LNCE étudie comment appliquer au mieux ce principe dans la réduction électrochimique du CO<sub>2</sub>.

**L'industrie chimique engendre une forte empreinte énergétique du fait des processus énergivores qui sont nécessaires à la séparation des atomes et des molécules. Le Laboratoire de séparations avancées (LAS), dirigé par le Professeur Kumar Varoon Agrawal, se concentre sur le développement d'une membrane nanoporeuse de nouvelle génération capable de purifier efficacement l'hydrogène, de capturer le carbone et les hydrocarbures et de purifier l'eau, réduisant ainsi de manière significative la consommation d'énergie nécessaire pour ces tâches.**

Tous les types de procédés de séparation sont essentiels dans l'industrie chimique : la séparation qui purifie les matières premières utilisées pour fabriquer un produit et, dans le cadre d'un processus de recyclage, pour purifier l'eau et les produits à recycler. La séparation moléculaire s'applique également à la séparation du CO<sub>2</sub> de l'azote dans le contexte du captage du carbone. Dans la plupart des pays développés, les processus de séparation représentent entre 20% et 40% de la consommation totale d'énergie. Pour une usine chimique, ce poids peut même atteindre entre 40% et 70% de l'énergie totale consommée. Le Professeur Agrawal consacre tous ses efforts à la mise au point de nouvelles membranes qui, dans le cadre d'une opération simple et peu énergivore, seraient capables de séparer des molécules. La synthèse de nouvelles membranes hautement performantes permettrait de différencier les molécules en fonction de leur taille. Avec l'appui de théoriciens du domaine de la chimie quantique, le Professeur Agrawal a mis au point un programme qui intègre la science des matériaux et le génie chimique afin de synthétiser, traiter et caractériser des matériaux nanoporeux monocouche.

### Portrait de son responsable le Professeur Kumar Varoon Agrawal



Après avoir obtenu son diplôme en génie chimique à l'IIT Bombay en 2005, le Professeur Agrawal travaille pour Procter & Gamble à Kobe, au Japon, dans l'équipe Product design au sein de la division R&D de la société. En 2008, il rejoint l'Université du Minnesota aux États-Unis pour entreprendre un doctorat en génie chimique. Sa thèse, qui porte sur la synthèse de zéolithes à deux dimensions, ouvre la voie à la création d'un nouveau type de membrane

hautement performante. Il passe ensuite deux ans en tant que chercheur post doctorant au MIT, dans le Massachusetts, USA. En juillet 2016, ce chercheur de talent est nommé Professeur assistant tenure track à l'EPFL. Depuis, il dirige le Laboratoire des séparations avancées basé à Sion. Sa chaire et ses recherches, axées sur le captage de CO<sub>2</sub> à l'aide de membranes de graphène hautement performantes, sont financées par la société suisse Gaznat

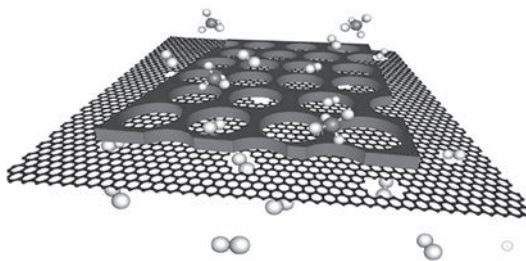
SA, une société qui assure l'approvisionnement et le transport du gaz naturel à haute pression en Suisse occidentale. En 2018, la North American Membrane Society décerne au Professeur Agrawal le prix du « Young Membrane Scientist Award ».

### **Séparer des éléments chimiques grâce à une membrane**

Le Professeur Agrawal et son équipe ont réussi à produire dans leur laboratoire la membrane la plus fine possible, une membrane de graphène de l'épaisseur d'un atome. Le graphène est une couche unique de graphite, un matériau feuilleté et gris utilisé pour fabriquer les mines de crayon.

Le groupe expérimental LAS travaille sur la production de pores de haute qualité et de taille parfaite sur des nanofeuillets de graphène. Ces pores résultent d'une technique de gravure chimique développée à Sion qui consiste à les créer par l'élimination d'atomes de graphène. Le film de graphène, ainsi produit, est conçu pour comporter des pores de taille moléculaire telle qu'ils ne laissent passer que des atomes et des molécules bien spécifiques. Il existe un fort potentiel d'applications pour les membranes ayant une taille de pore précise allant de 0,25 à 1,0 nanomètre. Par exemple, dans le cas de la séparation de l'azote et du méthane, la taille idéale des pores de la membrane est de 0,37 nanomètre. Comme la taille de la molécule de méthane est de 0,38 nanomètre et que celle de l'azote est de 0,36 nanomètre, seul l'azote pourra traverser une membrane ayant une taille de pore de 0,37 nanomètre.

La séparation de gaz la plus difficile à réaliser est celle de l'air car ses composants, l'azote et l'oxygène, sont très proches chimiquement et physiquement. Leurs tailles sont voisines : respectivement 0,34 et 0,36 nanomètre. Ainsi, pour cette séparation des gaz, la taille du pore doit être calibrée avec une précision de 0,01 nanomètre. Le Professeur Agrawal vise justement ce niveau de précision. Le laboratoire a pu jusqu'ici gérer une taille des pores de 0,03 nanomètre en séparant  $H_2$  et  $CO_2$  de  $N_2$ , et vise une précision de 0,01 nanomètre ( $H_2$  : l'hydrogène à l'état gazeux,  $N_2$  : azote).



Séparation d'hydrogène et de méthane avec une membrane faite d'une nanofeuille de graphène avec des pores précis et réguliers sur une surface de  $1\text{mm}^2$ , sans fissure réalisée par LAS. Dans cette expérience, les chercheurs ont développé une membrane de graphène monocouche spécialement conçue pour séparer l'hydrogène du méthane dans ce que l'on appelle le «tamisage par gaz». La membrane était stable aux pressions et températures industrielles (au moins jusqu'à 7 bars et  $250^\circ\text{C}$ ).

### **Une membrane ayant l'épaisseur d'un atome**

Un autre aspect important de ces membranes est l'épaisseur de celle-ci. Grâce à des calculs et l'expérimentation, l'équipe LAS a prouvé qu'une membrane d'une épaisseur d'un seul atome conviendrait mieux à une séparation moléculaire efficace. Plus précisément, la membrane produite aujourd'hui dans le laboratoire LAS permet d'obtenir un flux moléculaire cent fois plus rapide que toute autre membrane actuellement commercialisée. Les travaux à venir du laboratoire devraient lui permettre d'augmenter ce flux moléculaire jusqu'à être des milliers de fois plus rapide. En d'autres termes, pour obtenir les mêmes résultats, cette fine membrane de graphène doit couvrir une surface beaucoup plus petite que toutes les autres membranes existantes. Dans le cas de la simulation de la capture du  $\text{CO}_2$  par les centrales électriques, le flux moléculaire plus rapide confère un avantage technique et économique indéniable à cette membrane de graphène monocouche en comparaison des solutions existantes constituées à base d'amines.

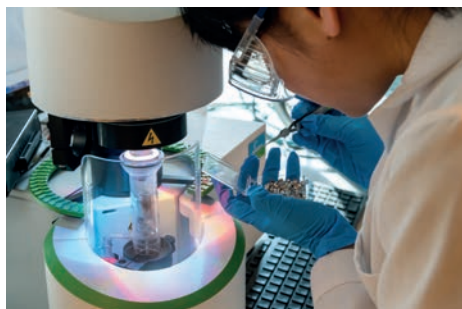
Plusieurs défis sont à relever pour construire la membrane parfaite de graphène à un seul atome. Qu'il s'agisse de l'incorporation d'une grande densité de pores de taille moléculaire ou du transfert de la feuille de graphène sur un support poreux, ce sont incontestablement des opérations délicates. Les chercheurs du Laboratoire LAS développent actuellement plusieurs techniques innovantes pour produire des pores à haute densité.

Ils ont également mis au point une technique spécifique de transfert pour éviter toute fissure ou déchirure de la nanofeuille. Ils y sont parvenus avec leur record de surface publié de  $1\text{mm}^2$ , mais aussi plus récemment, avec des surfaces de  $1\text{cm}^2$ .

Ces membranes de graphène d'une épaisseur d'un atome pourraient s'avérer efficaces pour plusieurs types de séparations chimiques importantes comme le captage du carbone, la récupération de l'hydrogène, la purification de l'eau potable, ou dans une pile à combustible. Le graphène est en lui-même très peu coûteux. Ce qui n'est pas le cas du support nanoporeux qui constitue le cadre pour la membrane de graphène à atome unique. Aujourd'hui, le coût global de cette membrane s'élève à environ 1000 dollars par mètre carré, ce qui réduit les possibilités d'application à l'industrie chimique. Comme pour beaucoup de nouvelles technologies, le coût du support pour la membrane pourrait très bien diminuer drastiquement dans un avenir proche, ce qui rendrait ces membranes économiquement abordables y compris pour des applications domestiques telles que les dispositifs portables de filtration de l'eau ou les masques respiratoires. Dans le cas du CO<sub>2</sub>, l'utilisation de membranes en graphène est déjà économiquement intéressante.

### **Membrane pour la purification de l'eau**

Un étudiant travaille actuellement sur un projet visant à développer une membrane capable de purifier l'eau. Ce projet est financé par CODEV, une agence des Nations Unies à l'EPFL.



L'objectif de cette recherche est de mettre au point un procédé efficace utilisant des matériaux synthétisés de haute performance qui améliorent les transferts de chaleur et de masse. En bref, l'idée est d'ajouter une échelle qui accélère le processus d'évaporation et utilise donc beaucoup moins d'énergie pour faire bouillir de l'eau.

Sur le plan chimique, le défi consiste à synthétiser une membrane apte à résister à l'encrassement et à l'eau chlorée. Dans le cas de l'eau de mer, la pression osmotique actuellement utilisée peut entraîner des coûts importants, d'où l'idée de développer une nouvelle membrane qui permettrait le rejet du sel en une seule étape.

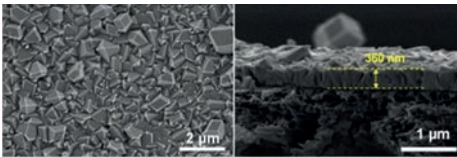
## Procédé de membrane MOF ultrafine de haute qualité

Les industries chimiques et pétrochimiques dépendent beaucoup d'énergie pour purifier le propylène en le séparant du propane. La distillation cryogénique utilisée aujourd'hui produit une empreinte énergétique élevée, car les deux gaz doivent être liquéfiés à des températures inférieures à zéro degré. Le Professeur Agrawal et son équipe ont travaillé sur une nouvelle méthode de cristallisation des membranes à structures organométalliques (MOF pour Metal Organic Frameworks) ultrafines qui offre une performance exceptionnelle pour la séparation propylène-propane. Les structures organométalliques sont des polymères cristallins et poreux constitués de nœuds métalliques reliés entre eux par des ligands organiques. Les membranes à base de MOF figurent parmi les plus performantes en ce qui concerne la séparation des molécules, même lorsque la séparation propylène-propane se passe à température ambiante. Cette méthode de nucléation, la nucléation étant le processus de formation de nouveaux cristaux en solutions, peut être étendue à une large gamme de cristaux nanoporeux en vue de la synthèse de films minces polycristallins exempts de défauts.

## Créer des films minces polycristallins parfaits et sans défaut

Le groupe LAS vise à développer des techniques ascendantes, en partant de zéro, capables de déposer un film d'une épaisseur d'un nanomètre présentant une structure poreuse ordonnée et

une taille de pore inférieure au nanomètre. Ces films ultrafins nanoporeux, s'ils sont synthétisés avec une porosité élevée dans une morphologie sans défaut, sont destinés à être très efficaces et pourraient remplacer certains des processus actuels à forte consommation d'énergie.



Les membranes MOF ultrafines de haute qualité sont synthétisées sur des substrats poreux du commerce, ce qui réduit le nombre de défauts pour une sélectivité de séparation maximale.



# STI – Faculté des Sciences et Techniques de l'Ingénieur

Deux groupes de recherche dédiés à l'énergie et aux systèmes énergétiques, tous deux affiliés à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Ingénieur, sont présents sur le site de l'antenne EPFL Valais Wallis à Sion :

**François Maréchal**

↳ IPESE Processus industriels et ingénierie des systèmes énergétiques

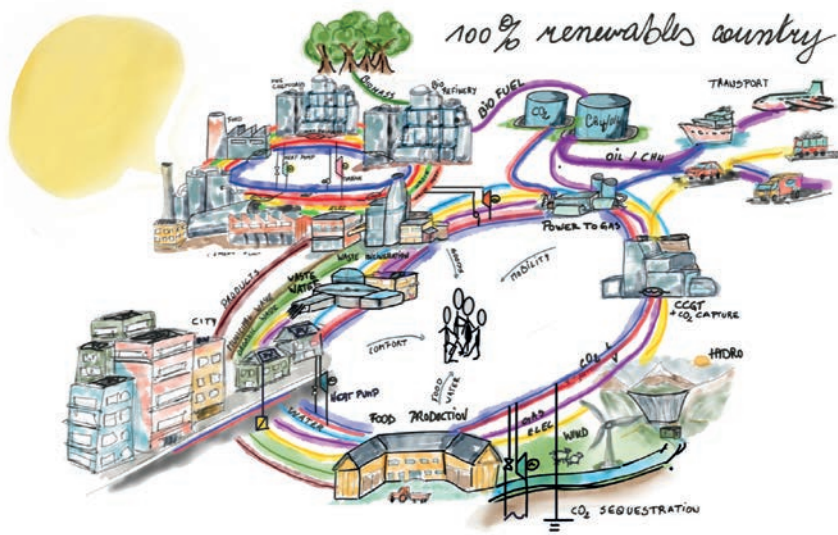
**Jan Van Herle**

↳ SCI STI JVH Groupe GEM, Les matériaux dédiés à l'énergie

**Le groupe IPSE imagine et crée les  
procédés et les systèmes énergétiques  
de demain.**

**Comment faire des choix  
d'investissement pertinents qui allient  
les impératifs économiques  
et énergétiques aux impératifs envi-  
ronnementaux ? Comment faire une  
transition énergétique qui marie l'exis-  
tant et les options du futur ?**

Le rôle du groupe IPESE, mené par le Professeur Maréchal, est justement d'offrir des méthodes et des outils aux ingénieurs afin de les aider à penser les systèmes énergétiques de demain. Cette approche globale synthétise les procédés existants et in-



tère ceux à venir faisant ainsi du groupe de recherche IPESE le partenaire idéal pour les industries, les chercheurs d'Energypolis, les autorités. C'est à l'antenne EPFL Valais Wallis que le Professeur Maréchal et son équipe, constituée d'une trentaine de personnes, imaginent comment concrétiser une plus grande autonomie énergétique.

### Portrait de son responsable le Professeur François Maréchal



Le Professeur François Maréchal est ingénieur chimiste, titulaire d'un doctorat en sciences appliquées de l'université de Liège en Belgique. En 2001 il intègre le groupe du Professeur Favrat à l'EPFL afin d'y offrir son expérience de l'industrie et faire de la recherche. Depuis 2013, il dirige le groupe d'Ingénierie des Processus industriels et des systèmes énergétiques.

## **La question énergétique abordée sous tous les angles, de l'extraction au recyclage**

Afin d'offrir la meilleure couverture de l'étude des procédés et des systèmes énergétiques, le Professeur François Maréchal a organisé son équipe en trois groupes de recherche.

Le premier est dédié au secteur de l'industrie et à l'utilisation rationnelle des ressources et de l'énergie. Afin de comprendre les implications économiques, thermodynamiques et environnementales, les chercheurs déterminent comment l'énergie est utilisée sur toute la chaîne de valeur et le cycle de vie d'un produit. C'est sur cette base qu'il est possible d'imaginer de nouveaux procédés ou symbioses industrielles entraînés par les énergies renouvelables.

Le deuxième groupe recherche les procédés utiles au stockage à long terme des énergies qui représentent des alternatives aux énergies fossiles. Par exemple, ici sont étudiées les techniques de bio-raffinage en remplacement des raffineries de pétrole ainsi que l'intégration des piles à combustibles et de l'électrolyse pour le stockage long terme de l'électricité.

Quant au troisième groupe, il se préoccupe de trouver l'agencement idéal des procédés développés par les autres groupes de recherche dans les systèmes qui satisfont les besoins d'une ville, d'un pays ou d'un continent.

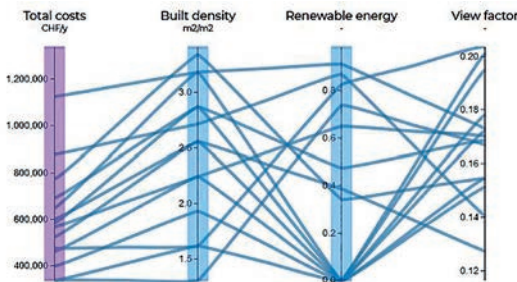
Depuis 2013, le Professeur Maréchal et ses équipes ont signé une quarantaine de contrats et mené autant de projets. Cette activité intense offre au groupe IPESE une dynamique vertueuse qui lui permet de répondre parfaitement aux enjeux actuels. Voici quelques exemples de sujets de recherche, dont certains ont débouché sur des dépôts de brevets ou des créations de sociétés.

## **Méthodologie pour gérer la complexité appliquée à l'urbanisme**

Développée au sein de l'IPESE, la méthodologie SAGESSE permet de gérer des projets complexes qui requièrent d'évaluer simultanément différents impératifs. Grâce à la formulation de multiples scénarios, la pertinence de chaque proposition est rapidement établie. Cette méthodologie peut être appliquée au domaine de la planification énergétique à différentes échelles, celle d'un quartier, d'une ville, d'un canton, ou d'un pays et est notamment valorisée par la start-up URBio ([www.urbio.ch](http://www.urbio.ch)).

## Des algorithmes pour co-créer

Un exemple concret de cette approche a été développée dans le cadre d'une collaboration avec le canton de Genève. Dans ce cas, il s'agissait de réaménager les quartiers des Cherpines et des Palettes en respectant plusieurs objectifs : la densification du tissu urbain, la réduction du niveau de CO<sub>2</sub> et enfin la protection du patrimoine. Les chercheurs Sébastien Cajot et Nils Schüler ont appliqué la méthodologie SAGESSE au domaine de l'urbanisation. Le logiciel, qu'ils ont développé à cette occasion, a été créé pas à pas, au gré des impératifs et des demandes des différents groupes de personnes impliquées. Par exemple, ils ont pu ajouter



Projet de recherche en collaboration avec le canton de Genève. Si le prix est plus bas, la densité augmente...chaque ligne relie les paramètres d'un scénario. Des nouveaux paramètres peuvent être intégrés au fur et à mesure de leur identification.

à leurs modèles les contraintes légales, des critères architecturaux ou urbanistiques. Une fois tous les paramètres nécessaires intégrés au modèle, des algorithmes ont pu identifier les scénarios potentiels.

L'expérience a démontré que la visualisation des résultats faisait non seulement progresser le projet de manière efficace, mais aussi créative. Les contraintes pratiques étant rapidement identifiées et traitées,

de nouvelles attentes ou de nouveaux paramètres pouvaient alors être intégrés au processus. L'extraordinaire avantage d'une telle méthodologie est d'offrir en définitive une méthode transparente qui permet à toutes les parties concernées de percevoir simultanément le résultat, stimulant ainsi la créativité. Il devrait alors être plus facile de parvenir à un compromis, de s'assurer que les contraintes sont bien respectées tout en laissant la part belle au potentiel créatif. La prochaine étape de développement sera d'y ajouter la réalité virtuelle. Les intervenants d'un projet pourraient alors expérimenter en immersion virtuelle les différents scénarios possibles d'aménagement des espaces urbains.

## **Utiliser le CO<sub>2</sub> en un système de climatisation ou de chauffage urbain grâce à un réseau de CO<sub>2</sub>**

Fait assez surprenant, le CO<sub>2</sub> peut refroidir l'atmosphère d'une pièce. Il est d'ailleurs déjà utilisé comme fluide frigorigène dans les supermarchés. C'est à l'état liquide qu'il rafraîchit. A l'état gazeux en revanche il peut chauffer une pièce ou de l'eau. L'idée plaît au Professeur Maréchal qui étudie depuis quelques années la possibilité d'implémenter un réseau de CO<sub>2</sub> à l'échelle d'un quartier. Un de ses doctorants a d'ailleurs démontré le potentiel d'un tel réseau en 2016. Un prototype et une simulation dans les Rues Basses de Genève ont démontré une économie d'énergie finale de plus de 80%. C'est alors une pompe à chaleur qui ajuste la température du fluide. Un tel système, envisagé au niveau d'un quartier d'une grande ville telle que Genève, pourrait être rentabilisé en l'espace de 4 à 6 ans. Le concept est développé par la start-up sédunoise ExerGo.

## **Transfert de la recherche fondamentale au potentiel d'application industrielle**

Le Professeur Wendy Queen, qui dirige le laboratoire LFIM sur le campus Energypolis, a développé un matériau qui permet la capture du CO<sub>2</sub>. Afin d'être efficace et rentable, c'est à la source d'émission de CO<sub>2</sub> que cette nouvelle technologie doit être positionnée. Lorsqu'il s'agit d'imaginer la commercialisation de sa découverte, c'est tout naturellement vers le Professeur Maréchal que le Professeur Queen se tourne. Le dispositif développé pour un véhicule à moteur par les équipes du Professeur Maréchal prend la forme de plusieurs réservoirs qui facilitent les différentes étapes du traitement des gaz. Car il faut d'abord récupérer les gaz du pot d'échappement de véhicule à moteur pour les refroidir avant de procéder aux étapes d'absorption puis de désorption du CO<sub>2</sub>. Celui-ci est ensuite compressé dans une bombonne installée sous le camion. Lorsque la bombonne est pleine, il suffit de la porter à un lieu de collecte afin que le CO<sub>2</sub> puisse être recyclé par co-électrolyse sous forme de carburant renouvelable. Un brevet a été déposé sur l'équipement qui capture le CO<sub>2</sub> à la sortie du moteur.

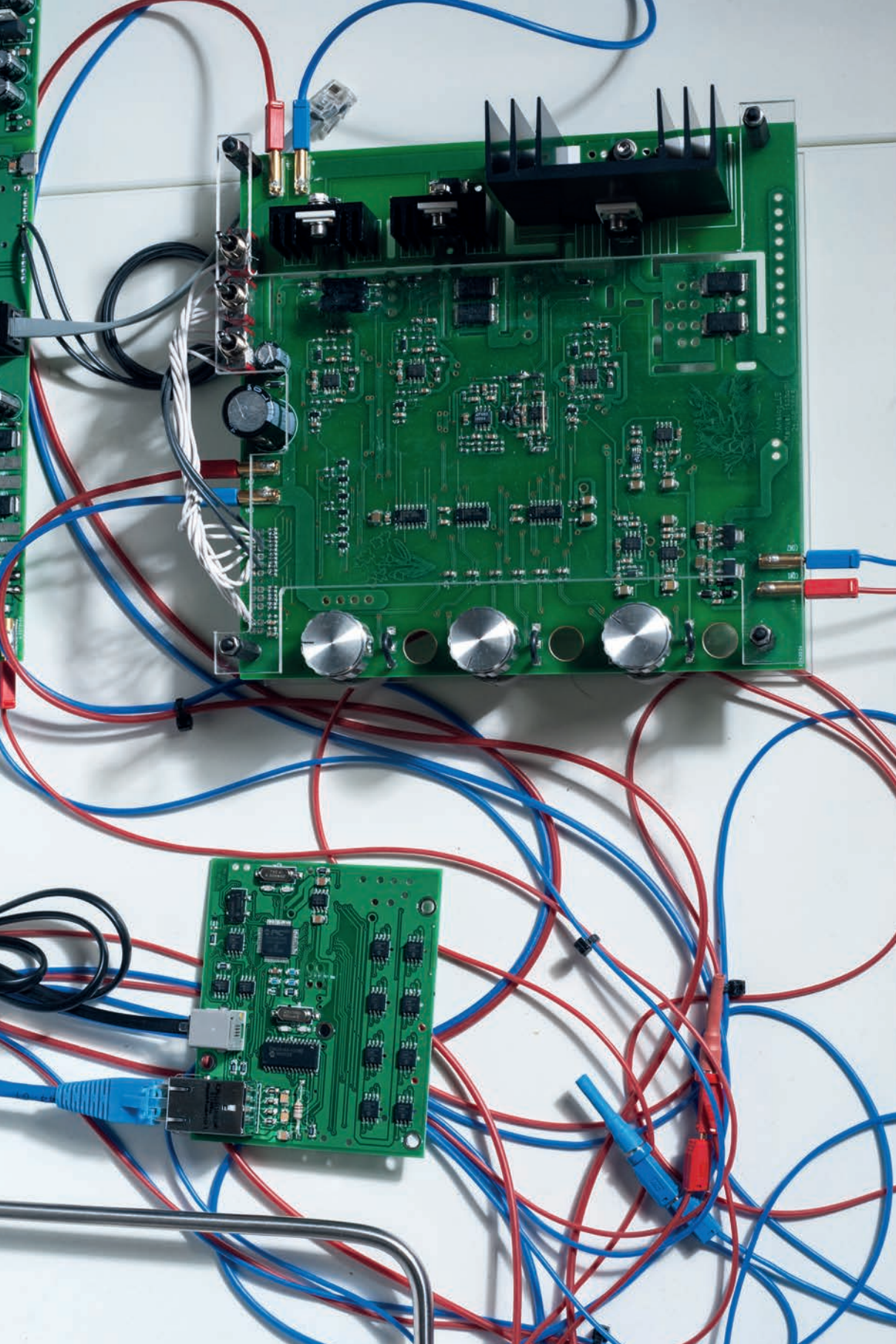


## **Economie circulaire**

Pour ce qui est du recyclage du CO<sub>2</sub>, le Professeur Maréchal foisonne d'idées. Outre l'utilisation du CO<sub>2</sub> comme système de chauffage urbain, il est également possible de l'introduire dans un processus de méthanation. Il s'agit alors de la transformation de l'électricité en méthane par le biais d'électrolyse. Ceci requiert aussi du CO<sub>2</sub>. C'est une manière intéressante, parmi d'autres, de récupérer et de stocker le surplus d'énergie photovoltaïque et d'utiliser l'infrastructure de distribution de gaz existante. Voici des exemples d'économie circulaire, où aucun déchet n'est perdu. Les techniques qui contribuent à une plus grande efficacité énergétique sont là et d'autres sont sur le point d'aboutir. Additionnées les unes aux autres, elles permettent de se rapprocher de l'auto-économie énergétique.

## **Synthèse, méthodologie et intégration des approches**

IPESE est une plateforme de recherche qui, grâce à son rôle de synthèse, peut développer des méthodologies et des outils performants et actualisés. Ceux-ci contribuent à l'amélioration des processus énergétiques sur toute la chaîne de valeur. Le bénéfice commun est grand car le transfert de connaissances se fait plus rapidement. Grâce aux avancées de la recherche fondamentale, les industries peuvent alors améliorer leur rentabilité en réexaminant la consommation énergétique de leurs processus. Les chercheurs trouvent pour leur innovation la meilleure voie vers une application industrielle. Les institutions publiques accèdent à une vue d'ensemble actualisée lorsqu'elles doivent s'engager dans de nouveaux investissements ou mettre à jour leur cadre juridique. L'approche systémique adoptée par le Professeur Maréchal est bel et bien dans l'air du temps.



## **Start-up issues du groupe de recherche IPESE**

**EXERGO** : société de conseil en optimisation des systèmes énergétique. La société vend également une technologie brevetée liée au réseau de CO<sub>2</sub>. Elle a débuté ses activités au printemps 2018 avec le soutien de la fondation The Ark. ([www.exergo.ch](http://www.exergo.ch))

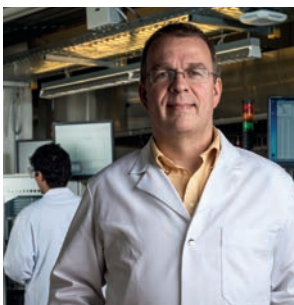
**URBIO** : société en cours de création. Son but est d'offrir une assistance à la planification urbaine afin d'envisager les scénarios les plus intéressants selon une série d'objectifs donnés. Une application web est déjà disponible ([www.urbio.ch](http://www.urbio.ch)).

**Spécialiste de la conversion directe du gaz en électricité et chaleur utile, GEM propose de produire localement son électricité et de chauffer sa maison au moyen d'une pile à combustible à haute température. Ce même dispositif pourrait aussi, par électrolyse, convertir l'électricité renouvelable (p. ex. solaire) en méthane synthétique afin de le réinjecter dans le réseau de gaz naturel existant.**

Le groupe GEM occupe 160 m<sup>2</sup> dédiés à l'expérimentation. Sa principale mission actuelle est de comprendre le fonctionnement des piles à combustible à haute température ainsi que le processus d'électrolyse. Son responsable, le maître d'enseignement et de recherche Jan Van Herle, est un expert de la technologie à oxyde solide, un type de pile à combustible qui fonctionne à des températures comprises entre 600 et 800 °C. Avec son groupe, il a développé cette technologie jusqu'à obtenir un taux record de conversion de 75% du gaz naturel en électricité DC en conditions de laboratoire. Cette conversion directe s'opère par la voie électrochimique, sans aucune combustion, offrant ainsi une alternative à la fois propre et efficace au boiler traditionnel. De plus, le biogaz, issu de déchets organiques, fait aussi partie des combustibles que les piles à combustible à oxyde solide peuvent transformer en électricité.

Un autre sujet de recherche du groupe GEM est l'électrolyse. Elle permet de convertir le surplus d'électricité, issue par exemple d'énergies renouvelables, en gaz. Cette production de méthane synthétique peut fortement contribuer à une solution de stockage longue durée des énergies renouvelables. Et ce d'autant plus que le groupe du MER Van Herle réussit à convertir 80% de cette électricité renouvelable en gaz synthétique.

### Portrait de son responsable le Maître d'enseignement et de recherche Van Herle

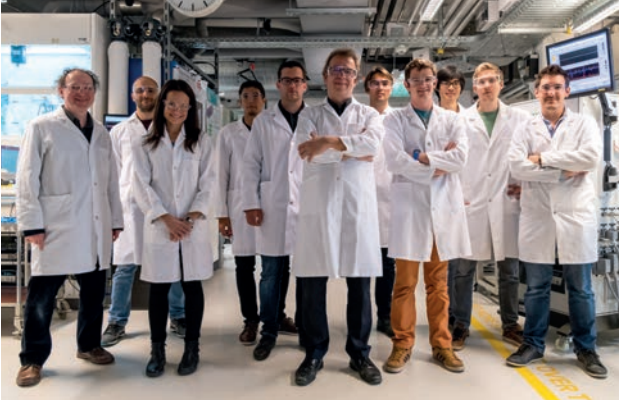


D'origine belge, ce chimiste formé à Bâle étudie dès les années 90 les mécanismes réactionnels des piles à combustible lors de son doctorat effectué à l'EPFL. Après un séjour de recherche au Japon consacré à l'étude des poudres céramiques, il réintègre l'EPFL pour y poursuivre ses recherches et passer en parallèle un master en technologies de l'énergie. En 2000, il cofonde avec 3 ingénieurs de l'EPFL la société HTceramix SA, qui s'associe sept ans plus tard à un industriel italien pour devenir la société SOLIDPower. Depuis, cette société demeure un partenaire industriel clé du groupe de recherche. En 2015, le groupe d'électrochimie GEM ouvre ses portes à Sion.



## Les piles à combustible, c'est quoi exactement ?

Le principe de la pile à combustible est de produire un courant continu issu d'une réaction électrochimique qui se déclenche à la place d'une combustion. C'est la réaction entre l'hydrogène (le combustible) et l'oxygène de l'air (l'oxydant) séparé par une membrane ionique conductrice, qui va produire de l'énergie électrique par mécanisme d'oxydoréduction. L'hydrogène et l'air ne



le Team du Maître  
d'enseignement et de  
recherche Van Herle

se rencontrent jamais, mais ils sont chacun en contact avec la membrane ionique étanche, elle-même contactée de part et d'autre par un catalyseur qui fera la promotion des réactions d'oxydation du combustible, respectivement la réduction de l'oxygène. L'électrolyte, au centre, voit transiter les ions d'oxygène avec pour résultat la génération d'un courant électrique produit en continu ainsi qu'une émission d'eau et d'air appauvri en oxygène.

Il existe différentes familles de piles à combustible qui s'organisent en fonction de l'usage attendu, de la température de fonctionnement et des matériaux utilisés pour leur fabrication. À température ambiante, le catalyseur sera composé d'un métal rare, comme le platine, et la membrane sera en polymères. De leur côté, les piles à oxyde solide fonctionnent à des températures supérieures à 600 degrés. Ces hautes températures facilitent les processus électrochimiques qui peuvent alors intervenir sans recours à un métal rare. C'est principalement sur ce type de piles que porte le travail du MER Van Herle.

## **Les piles à combustible à oxyde solide pour produire de l'électricité et de la chaleur, en cogénération**

Déjà en fonction pour un usage résidentiel auprès de 300'000 foyers au Japon, les piles à combustible dites de microcogénération sont dimensionnées pour produire de l'électricité, fournir le chauffage et l'eau chaude à une habitation reliée au réseau du gaz naturel. Ce dispositif ressemble alors à un frigo ou une petite armoire et propose une puissance de 1 à 2 kWe.

Concrètement, cette technologie fonctionne comme suit : dans une première étape, le combustible, gaz naturel ou biogaz, transite par un réacteur chimique, appelé reformeur afin d'être transformé en hydrogène ( $H_2$ ) et monoxyde de carbone ( $CO$ ). Ces deux combustibles ainsi formés vont ensuite circuler du côté de l'anode de la pile alors que l'air chargé d'oxygène arrive du côté cathode. Au centre, seuls les ions d'oxygène traversent les membranes de type céramique, produisant par réaction chimique de l'électricité, de la chaleur utile, de l'eau et du  $CO_2$ . Si l'eau est condensée, le  $CO_2$  peut alors être collecté pour être réutilisé à l'étape inverse, l'électrolyse.

### **GEM propose une version stationnaire de la pile à combustible qui permet de produire sa propre électricité de façon propre et efficace**

Pour la version résidentielle de la pile à combustible développée par le MER Van Herle, une connexion au réseau de gaz naturel est requise. En Europe, plus de 110 millions de ménages ainsi que les deux tiers des communes de Suisse sont connectés au gaz naturel. Présentant un taux de conversion en électricité de 60% (nette AC), cette performance est à elle seule déjà bien supérieure au rendement de la plupart des technologies existantes à petite et moyenne échelle. A cela s'ajoute 25 à 30% de chaleur utile.



Pile à combustible en fonction (Bluegen)

Les piles à combustible à oxyde solide offrent une technologie complètement réversible, puisqu'elle produit de l'électricité à partir du gaz et du gaz à partir de l'électricité.



## **Convertir efficacement les surplus d'électricité renouvelable en gaz**

Pour cette conversion, un courant électrique est appliqué à la fois à de la vapeur d'eau et à du CO<sub>2</sub> permettant, par électrolyse, de retrouver l'hydrogène (H<sub>2</sub>) et le monoxyde de carbone (CO). Ces deux éléments vont transiter ensuite au travers d'un réacteur chimique pour être transformés en méthane (méthanation). Dans ce cas, 80% de l'électricité est convertie en méthane. Il est alors possible de réinjecter ce méthane synthétique renouvelable dans le réseau de gaz naturel afin d'y être stocké et redistribué.

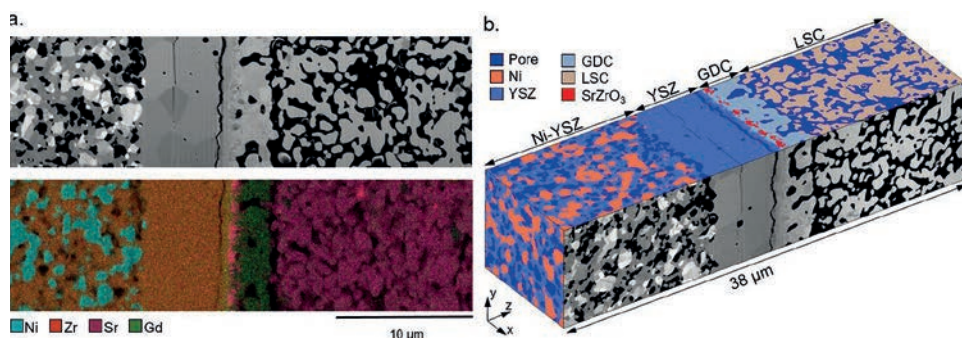
## **De nombreuses collaborations**

La pertinence globale des approches énergétiques développées est toujours vérifiée de concert avec le Professeur Maréchal, avec qui le MER Van Herle travaille en étroite collaboration depuis des années. Par ailleurs, une coopération tissée avec le Laboratoire d'Automation à Lausanne a permis de tester la validité d'une approche de contrôle recourant à un algorithme d'optimisation en temps réel. L'expérimentation a abouti à des résultats prometteurs montrant qu'un système aussi complexe peut parfaitement être contrôlé et optimisé par cette approche.

Dans le cadre d'une autre coopération, le groupe a aidé à coupler un nouveau microcompresseur tournant à très haute vitesse avec une pile de 6 kWe. Issue du Laboratoire de Conception Mécanique Appliquée de l'EPFL, ce microcompresseur permet de faire recirculer à l'intérieur de la pile à combustible à haute température les gaz non convertis au premier passage afin d'augmenter encore le rendement. Plus récemment, le groupe a entamé une autre nouvelle collaboration dans le cadre d'un travail de bachelor conduit à la Haute Ecole d'Ingénierie de Sion. Il est question ici de développer des capteurs de flux de chaleur. Cette idée pourrait déboucher sur la création d'une start-up.

## Expertise et savoir-faire du groupe de recherche GEM

Au travers de ces nombreux travaux de recherche, le groupe GEM a acquis une grande connaissance pratique dans les domaines des matériaux, de l'électrochimie, des catalyseurs, de la microscopie électronique et des problèmes de corrosion liés à l'utilisation des hautes températures. Les piles à combustible à oxyde solide sont constituées de couches successives de matériaux, chacune d'elles étant développée pour répondre à des objectifs bien spécifiques. Des échantillons de matériaux sont scrutés au niveau de l'évolution de leur microstructure, à l'échelle de 100 atomes. Cette expertise reconnue a valu au MER Van Herle et son équipe



Vue d'une coupe de cellule SOFC au microscope

de nombreuses participations à des projets européens dont 10 sont en cours en 2019. L'approche multidisciplinaire adoptée par le groupe lui permet d'étudier les différentes techniques de conversion sous tous leurs aspects et à différentes échelles : de la modélisation à la conception, de la validation à la caractérisation, des interfaces entre matériaux aux systèmes de pile entiers. Il arrive que des tests tournent pendant des années pour expérimenter des nouveaux matériaux ou concepts. Tout ce potentiel d'analyse pratique est également proposé aux industries.

# SV –

# Faculté des Sciences de la Vie

Cette faculté œuvre à l'interface entre l'ingénierie et la biologie pour faire progresser la compréhension du monde vivant et résoudre les problèmes biomédicaux.

BMI – Neuroscience –  
Brain Mind Institute

Dans cet institut, les chercheurs en neurosciences de l'EPFL développent et appliquent de nouvelles technologies pour étudier la fonction cérébrale, les dysfonctionnements et les possibilités thérapeutiques.

Friedhelm Hummel

↳ Defitech Chair of Clinical Neuroengineering

**Le Centre de Neuroprothèses crée des synergies entre les réseaux de chercheurs et les établissements cliniques afin de développer la médecine de précision. Le CNP Valais y participe fortement.**

**CNP est constitué d'un réseau de chercheurs reconnus mondialement dans leurs domaines.**

Le Centre de Neuroprothèses (CNP) est une unité de l'EPFL ayant pour mission de mener des travaux de recherche interdisciplinaire qui marient les neurosciences, l'ingénierie et la médecine. Hautement innovante, cette approche réunit huit chaires qui œuvrent à la restauration des fonctions motrices, sensorielles et cognitives. La présence du CNP en Valais s'est vue renforcée à l'automne 2016 avec l'arrivée du Professeur Hummel. Installée à Sion et financée par la fondation Defitech et le canton du Valais, sa chaire pilote de nouveaux projets qui ont permis d'enrichir l'équipe existante d'une douzaine de personnes.

Doté d'une organisation privilégiant la coopération et le partenariat, le centre vise à convertir les avancées majeures de la neuro-ingénierie et des neurosciences en applications cliniques viables. La création en 2013 du centre CNP Valais participe de cette vision en favorisant la rencontre de la recherche fondamentale et de la recherche clinique. C'est sur cette base que peut s'appuyer en particulier le développement d'une médecine personnalisée, une thématique fortement soutenue par de grands programmes gouvernementaux et internationaux.

### **CNP Valais, pour être plus proche des patients et des cliniciens**

Le Centre de neuroprothèses fut le premier à s'implanter sur le site de l'antenne EPFL Valais Wallis: le site de Sion offre une base idéale pour opérer un rapprochement entre recherche fondamentale et recherche clinique. Avec l'Hôpital du Valais situé à quelques mètres de la Clinique romande de réadaptation (CRR), et la clinique Berner à proximité (Crans-Montana), les chercheurs ont la possibilité de mener des études sur un bassin de population



hétérogène et ce, sur le long terme, ce qui fait du site CNP Valais une carte majeure pour la recherche. De leur côté, les patients peuvent également bénéficier plus rapidement des innovations en matière de diagnostic et d'approches thérapeutiques. À titre d'exemple, l'Hôpital du Valais à Sion a pu se doter de l'IRM le plus performant du marché avec à la participation

financière de l'EPFL, du FNS et du Centre Wyss. Ce partenariat offre un scanner de pointe adapté à la clinique et à la recherche. Il est également important de noter que ce scanner est identique à celui installé au Campus Biotech de Genève où les chercheurs du CNP développent des protocoles innovants qui seront alors rapidement implémentés vers une utilisation clinique.

## Historique du CNP Valais

### 2013-2016:

#### Première étape d'installation

En 2013, le CNP ouvre son antenne en Valais avec deux lignes de recherche clinique: la « Réadaptation des aspects moteur et cognitifs » et la « Réparation de la moelle épinière et la locomotion ».

#### **Réadaptation des aspects moteur et cognitifs**

Durant cette phase, de nombreux patients sont évalués selon divers aspects moteur et cognitifs et les premières études portent principalement sur les problèmes découlant des suites d'un AVC. L'équipe du Professeur Millán travaille sur l'utilisation d'une interface cerveau-ordinateur pour la rééducation neurologique. Les aspects de la représentation et de la conscience du corps sont quant à eux évalués par l'équipe du Professeur Blanke. Un des exemples types d'étude clinique concerne le syndrome d'héminégligence spatiale. Par ailleurs, dans le cadre d'un autre projet, il s'attache à soulager les douleurs chroniques qui surgissent chez les patients ayant subi une lésion de la moelle. Ce sont au total cinq projets et deux études de cas cliniques qui ont été conduits en collaboration avec la CRR et l'Hôpital de Sion. Plus de 110 patients ont ainsi été traités et de nombreuses personnes saines ont été testées afin de constituer des groupes témoins.

#### **Réparation de la moelle épinière et de la locomotion**

Un programme pionnier et ambitieux de rééducation assistée par robot a également pris forme. Il est destiné aux patients présentant une lésion de la moelle épinière ou aux patients victimes d'AVC.



Le consortium de recherche dirigé par le Professeur Courtine développe et teste des neuroprothèses implantables, ainsi que des systèmes et technologies robotiques en vue d'améliorer la récupération des fonctions motrices des jambes. Plus précisément, un système de stimulation électrique est implanté au-dessous de la blessure afin de stimuler la région de la moelle épinière qui contrôle les muscles des jambes. Le but de ce programme est de faciliter la repousse des voies neurales résiduelles afin de rétablir la communication entre le cerveau et la moelle épinière sous lésionnelle, et ainsi d'améliorer durablement le contrôle moteur des jambes.

En 2016, le consortium que dirige le Professeur Courtine en association avec la CRR SUVA obtient le soutien du projet européen EuroStars, qui finance pour moitié le projet « LEAP ». Ce programme de référence a permis le développement d'un appareil de lévitation qui permet aux patients implantés de s'entraîner à la marche dans un environnement sûr et naturel. Ce système, baptisé Rysen, est à présent commercialisé par la société Motek.

### 2017-2018 :

#### Expansion du CNP Valais et installation de la chaire du Professeur Hummel

Durant cette phase d'expansion, le nombre de projets s'est étendu à seize. Pour ce qui est de la réparation de la moelle épinière et de la locomotion, le Professeur Courtine poursuit ses projets de suspension robotique destinée à améliorer la rééducation de la démarche. Un besoin accru de soutien au niveau du tronc a pu être identifié, provoquant la création d'un nouveau système à la SUVA. Des essais cliniques ont eu lieu avec huit participants paraplégiques qui ont pu, grâce à des implants et après quelques mois d'entraînement, retrouver le contrôle volontaire sur leurs muscles sans stimulation.



De leur côté, les recherches liées à la conscience de soi du laboratoire du Professeur Blanke se poursuivent. Plusieurs nouveaux projets voient le jour (voir portrait du Docteur Bassolino), dont un qui touche aux

hallucinations dans la maladie de Parkinson. Les premières données récoltées ont confirmé le besoin d'explorer le sujet aux travers de nouvelles études de terrain.

Avec l'arrivée du Professeur Hummel à l'automne 2016 et la création de sa chaire, c'est aussi une nouvelle ligne de recherche clinique qui s'ajoute aux deux premières : la « récupération des lésions cérébrales et la neurostimulation ».

### Portrait du Professeur Friedhelm Hummel, de sa chaire et de ses projets

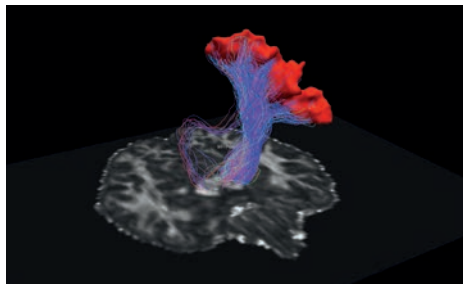


Ce neurologue agréé bénéficie d'une excellente expertise clinique en neurologie aiguë, en particulier dans le domaine des accidents vasculaires cérébraux. Cette expertise de premier plan lui vaut d'être sollicité par des instituts coréen, français ou ita-

lien à des fins d'analyses de leurs bases de données. C'est à l'aide de l'apprentissage automatique qu'il le fait. Il excelle également dans les domaines des mécanismes de vieillissement en bonne santé, des neurosciences interventionnelles et de la stimulation cérébrale, ainsi que de l'apprentissage et de la neuroplasticité. Depuis son arrivée, il partage son temps entre Sion et Genève où il gère deux équipes d'une douzaine de personnes. Il est à la tête de plusieurs projets tels que « TiMeS » présenté ci-dessous, ou « AVANCER ». Ces projets ont pour caractéristique une approche multidisciplinaire qui intègre d'autres chaires.

#### **« TiMeS »: Vers une médecine de précision personnalisée pour le rétablissement après un AVC: une approche longitudinale multimodale et multi domaines.**

Les enjeux sociétaux liés au traitement de l'AVC sont importants. Chaque année 16'000 nouveaux cas sont répertoriés en Suisse. On sait qu'actuellement moins d'un patient sur cinq retrouve sa vie



professionnelle ou sa vie d'avant, ce qui en fait la première cause du handicap chez l'adulte.

Sachant que chaque cas est unique, que peut-on savoir des lésions survenues au cerveau et comment le cerveau récupère-t-il d'une lésion? Le Professeur Hummel fait remarquer

que ces mécanismes de récupération sont peu connus, que ce soit au niveau de la spécificité de chaque patient ou de leur évolution durant les semaines qui suivent l'AVC. Comme une attaque cérébrale produit un impact à la fois au niveau de la lésion et du réseau du cerveau, il est vital d'acquérir le plus d'informations possibles sur ces interactions et sur leur évolution dans le temps. L'imagerie fonctionnelle (EEG, fMRI) ainsi que l'imagerie structurale (MRI structurale) permettent alors d'identifier les réseaux qui ne fonctionnent plus. Coordonné par le Professeur Hummel, le projet «TiMeS», ambitionne de trouver les biomarqueurs susceptibles de prédire le type de prise en charge qui sera efficace. Afin de progresser vers une médecine personnalisée une approche longitudinale, multimodale (IRMf, électrophysiologie) et multi domaines (moteur, visuelle, cognitive) a été mise en place.

Ce projet, doté de 3 millions de francs, est financé par les Ecoles Polytechniques Fédérales dans le cadre de l'axe stratégique de la santé personnalisée et des technologies associées (PHRT). Les infrastructures qui rapprochent la recherche fondamentale des patients et des cliniciens ainsi que la collecte et l'évaluation informatisée de données relatives aux biomarqueurs sont des aspects majeurs de ce plan. Ces données, couplées à l'auto-apprentissage, devraient favoriser le développement de thérapies ciblées. Grâce aux partenariats tissés avec l'Hôpital du Valais de Sion, la CRR SUVA et la clinique Berner à Crans-Montana il est désormais possible de suivre les patients tout au long de leur parcours à l'aide des dernières innovations neurotechnologiques. Les patients sont ainsi évalués quatre fois durant leur parcours. La première fois en phase aiguë, c'est-à-dire durant les 4 à 7 jours qui suivent l'accident, à l'Hôpital du Valais à Sion, et ceci jusqu'à la phase dite chronique. Chaque année, l'établissement traite entre 400 et 500 cas d'AVC.

## Les autres projets du Professeur Hummel

« AVANCER » est un autre projet du Professeur Hummel. Soutenu par la fondation Wyss, il propose une approche novatrice et ciblée pour les personnes en phase chronique de l'AVC. Cette étude clinique est destinée aux patients qui manifestent une déficience



sévère de leurs membres supérieurs durant des mois ou des années après un AVC. Les deux idées novatrices consistent à superposer simultanément différentes techniques de stimulation et à changer de stratégie sitôt qu'il n'y a plus de progrès. Les stimulations proposées sont réalisées à l'aide d'un exosquelette, d'une stimulation des

muscles périphériques et de stimulations cérébrales non invasives.

La réorganisation du système visuel après un AVC ou dans le cas de la maladie de Parkinson constitue un autre sujet de recherche. Il n'existe actuellement aucune thérapie qui traite de l'hémianopsie, la perte complète ou partielle de la vue. Environ vingt pour cent des patients d'AVC présentent des troubles visuels. Cette étude vise à comprendre comment fonctionne la partie du cerveau responsable de la vision afin de l'aider à se réorganiser à l'aide d'oscillations électromagnétiques. Dans le cas de la maladie de Parkinson, les troubles visuels sont les premiers troubles à se manifester. Ils apparaissent bien avant les troubles moteurs. L'étude du système visuel de ces patients permettrait de mieux comprendre les mécanismes liés à cette maladie.

Un autre objectif important pour la chaire du Professeur Hummel est de comprendre le vieillissement en bonne santé. Il s'agit d'identifier les moyens susceptibles d'aider les personnes âgées à conserver un esprit sain et à poursuivre une vie active. Différentes approches sont étudiées telles que la stimulation du cerveau et la formation, l'apprentissage. Pour atteindre ces objectifs, le Hummel-Lab applique une approche moderne des neurosciences recourant à des systèmes multimodaux (IRM structurelle/fonctionnelle, EEG, neuromodulation par TMS mono-, multifocale, tES) ainsi qu'à la psychophysique cognitive multi-domaines. Des approches ludiques de la rééducation ou de l'apprentissage sont aussi étudiées afin de mesurer l'impact que peut avoir le

jeu dans la progression des patients. Une plateforme de conseil à distance pour les patients d'AVC chronique est aussi à l'étude. Ce projet permettrait le transfert direct et actualisé des connaissances issues de la recherche fondamentale en applications ciblées au domicile du patient, par voie numérique.

Portrait du Docteur Michela Bassolino  
chercheuse et pionnière de l'antenne  
CNP Valais



Arrivée à l'automne 2013, le docteur Michela Bassolino a instauré avec ses collègues la présence du CNP Valais à la Clinique de Réadaptation Romande (CRR-SUVA). La chercheuse est affiliée à la chaire du Professeur Olaf Blanke basée à Genève. Le thème de recherche de cette chaire, financée par la fondation Bertarelli, est l'étude et la compréhension des mécanismes neurologiques de la conscience de soi corporelle et de l'intégration multisensorielle.

Auparavant, lors de son doctorat et de son post doctorat à l'Institut Italien de Technologie (IIT) de Gènes, cette chercheuse avait déjà étudié les effets de l'immobilisation sur la perception du corps. Qu'est-ce qui l'a amenée en Valais ? L'opportunité d'allier la recherche fondamentale et le contact avec les cliniciens et les patients, dans le cadre d'un réseau dont l'approche est multidisciplinaire. Basée à Sion à 80%, elle passe un jour par semaine au Campus Biotech de Genève.

Au travers des projets du Professeur Blanke qu'elle traite au CNP Valais, elle développe des outils qui aident à comprendre, diagnostiquer et soigner les représentations corporelles chez les patients. Des protocoles ont été spécialement conçus et testés en collaboration avec les neuropsychologues de la CRR afin de permettre des évaluations comportementales. Celles-ci ont permis d'identifier des distorsions corporelles chez les patients victimes d'un AVC. D'autre part, des modifications de la représentation corporelle chez les personnes âgées mais en bonne santé ont également été remarquées. Certains de ces protocoles ont été sélectionnés afin d'être utilisés dans les évaluations longitudinales. Ceux-ci participent au développement d'une approche personnalisée (PHRT).

En 2016, une subvention Ambizione du Fonds National Suisse permet au Docteur Michela Bassolino de lancer son propre projet de recherche, ce qui lui permet d'engager un doctorant et une assistante de recherche. Le but de son projet vise à recourir à une illusion pour tenter d'améliorer et de restaurer le processus de

réalisation de la conscience de soi. Comme signalé précédemment, certains patients après un AVC perdent la conscience d'une partie de leur corps. Des recherches antérieures ont montré la possibilité de manipuler expérimentalement l'expérience d'avoir un corps et de le contrôler. Pour ce projet, un groupe témoin de patients sains a été recruté afin de calibrer de nouvelles méthodes d'évaluation. Il s'agit en l'occurrence de parvenir à provoquer un mouvement du bras par stimulation magnétique transcrânienne, et dans le même temps, de projeter l'image d'un bras qui bouge. La stimulation visuelle au moyen de réalité virtuelle synchronisée avec une stimulation musculaire pousse le sujet à identifier le bras virtuel comme étant le sien. Cette méthode pourrait être adaptée aux patients d'AVC en phase chronique à des fins d'évaluation et de restauration de la conscience de soi. Depuis 2016, Michela Bassolino accompagne également deux étudiants en master de physiothérapie et de psychologie qui participent aux travaux de recherche du CNP Valais à la SUVA.



# ENAC – Faculté de l'environ- nement naturel, architectural et construit

Cette faculté regroupe des disciplines qui sont appelées à trouver des solutions qui garantissent un cadre de vie durable à l'humanité par une intégration réussie des activités humaines au sein de la biosphère.

IEE – Institut d'ingénierie  
de l'environnement

La mission principale de cet institut s'inscrit dans une perspective de développement durable et se déploie au travers de l'étude des interactions entre les activités anthropiques et les ressources naturelles (eau, air, climat, sol, écosystèmes...). Le nouveau pôle de recherche sur l'environnement Alpin et Polaire (ALPOLE) fait partie intégrante de cet institut tout comme le groupe de recherche du Professeur Battin :

Tom Ian Battin

↳ SBER Laboratoire de recherche en biofilms et écosystèmes fluviaux

## **Nouveau pôle de recherche sur l'environnement Alpin et Polaire (ALPOLE)**

**La deuxième phase d'implantation de l'EPFL en Valais prévoit d'ici fin 2021 l'installation d'un nouveau pôle dédié à l'environnement. Celui-ci devrait accueillir environ 150 personnes dans un bâtiment spécifiquement adapté aux besoins de la recherche.**

Les cinq premières chaires qui s'installeront à Sion dans un premier temps sont :

- ↳ Environnements extrêmes axés sur les systèmes glaciers alpins et polaires
- ↳ Sciences et Ingénierie computationnelles de l'environnement
- ↳ Sciences intégrées des bassins versants (mise au concours 2019-2020)
- ↳ Adaptation environnementale (mise au concours 2019-2020)
- ↳ Laboratoire de recherche sur les biofilms et les écosystèmes fluviaux (Pr T. Battin) (voir Projet: Vanishing Glaciers, et l'étude des ruisseaux alpins)

Partie intégrante de l'Institut d'Ingénierie de l'Environnement (IIE), ce sont à terme huit chaires qui se partageront les espaces mis à disposition. Celles-ci auront pour mission d'étudier, comprendre et anticiper les changements climatiques et leurs effets.

Le Swiss Polar Institute rejoindra également ALPOLE sur le site de Sion. Cet Institut est issu d'une initiative suisse dont la mission est résolument internationale. Le SPI a été créé afin de fournir des services et de promouvoir les synergies au sein de la communauté polaire suisse. Lancé par un consortium d'universités suisses - l'EPFL, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), l'ETH de Zurich et l'Université de Berne - il a été cofondé avec les Editions Paulsen. Il est soutenu par le Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI).

## Le premier projet du pôle ALPOLE a démarré, il s'appelle « Vanishing Glaciers »



« Vanishing Glaciers » a débuté en été 2018 et se terminera en 2022. Pour ce nouveau projet mené par le Professeur Tom Battin, il s'agit de collecter des échantillons qui produiront des données inédites sur les écosystèmes en voie d'extinction issus d'environnements extrêmes situés partout dans le monde. Des centaines d'échantillons contenant des micro-organismes provenant de ruisseaux alimentés par des glaciers seront prélevés dans les régions d'Alaska, de l'Himalaya, des Andes, du Groenland, de la Scandinavie, du Pamir (Tadjikistan), du Kamtchatka (Russie), du Caucase, de la Nouvelle-Zélande et des Alpes européennes.

Ce projet d'envergure et multifacette est d'une importance scientifique capitale. D'une part, parce qu'il permettra d'alimenter la future banque de bactéries qui s'établira au sein d'ALPOLE à Sion. Il sera alors possible d'identifier et de comprendre les stratégies d'adaptation que ces bactéries ont su développer face à des environnements extrêmes. Quelles enzymes leur ont permis cette adaptation ? D'autre part, cet échantillonnage du microbiome des ruisseaux issus de la fonte des glaciers donnera un aperçu de ce à quoi ressemblaient les micro-organismes il y a des milliers d'années. L'idée de cette banque est d'offrir la possibilité aux scientifiques d'aujourd'hui et de demain d'étudier ces micro-organismes issus du monde entier. Parce que le séquençage du génome des bactéries libérées par la fonte des glaciers offre aussi des potentiels de découvertes inédites telles que de nouvelles biomolécules, un tel centre intéressera également les acteurs du secteur de la biotechnologie. Ainsi, le site d'ALPOLE devrait rapidement acquérir un rayonnement international. Ce projet permettra également de mieux comprendre le phénomène de fonte de glaciers ailleurs dans le monde afin d'anticiper les conséquences de la fonte des glaciers en Suisse. Le projet « Vanishing Glaciers » est financé par la fondation privée NOMIS.









## SBER – Laboratoire de recherche sur les biofilms et les écosystèmes fluviaux

Le laboratoire du Professeur Tom Battin, actuellement installé à Lausanne, prendra ses quartiers au sein d'ALPOLE à Sion dès que les travaux d'aménagement seront achevés. Ce laboratoire est reconnu internationalement pour son expertise sur les flux de carbone issus des ruisseaux alpins. L'approche choisie est écosystémique, c'est-à-dire qu'elle intègre les éléments de la physique, de la chimie et de la biologie. Ainsi, les chercheurs étudient la vie des micro-organismes dans les cours d'eau en tenant compte de toutes les interactions et les réactions chimiques, les transformations en lien avec un environnement lui-même en transformation. Pour le Professeur Battin, c'est la condition sine qua non qui permet d'appréhender le rôle qu'ont ces micro-organismes dans un contexte plus vaste.

C'est dans cet esprit que le laboratoire SBER a souhaité répondre à la question : « Quelle est la contribution des ruisseaux de montagne dans le grand cycle du carbone ? ». Alors qu'aucune donnée n'existait à ce sujet, l'équipe du Professeur Battin a entrepris une observation d'envergure et systématique de douze ruisseaux alpins. Grâce à des capteurs installés depuis 2016 dans les ruisseaux des montagnes valaisannes, le Professeur Battin et son équipe ont pu identifier un flux d'émission de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère cent fois plus important que les valeurs communément établies. Les données collectées offrent, par modélisation, la quantification de la vitesse des échanges gazeux entre les ruisseaux de montagne et l'atmosphère. Ces données fiables permettent d'estimer au niveau mondial tous les échanges gazeux des cours d'eau de montagne. Jusqu'à ce jour, la spécificité de ceux-ci n'avait pas été prise en compte, simplement par manque de données. Or, sachant que 30% de la surface du globe est recouverte de montagnes, elles-mêmes agrémentées de nombreux ruisseaux, quantifier ce phénomène mondial et naturel est nécessaire afin de comprendre et d'anticiper l'évolution du grand cycle du carbone.

**Les projets de démonstration servent à la mise à l'épreuve du marché. Ils sont réalisés à l'échelle réelle (1:1) et permettent une appréciation globale des performances du système sur les plans technique, économique et social en prévision d'une introduction effective sur le marché.**

**Ils clarifient notamment les questions relatives aux charges d'entretien et de maintenance et attirent l'attention des utilisateurs potentiels sur les nouvelles technologies, les nouveaux produits, la nouvelle forme d'organisation.**

## Mobility lab Sion-Valais



Développer la mobilité du futur : des navettes autonomes parfaitement intégrées sillonnent la ville de Sion

En 2014, l'EPFL, la HES-SO Valais-Wallis, le Canton du Valais, la Ville de Sion et la Poste créent un partenariat afin de réaliser un laboratoire d'innovation dans l'espace public. Les premiers résultats se concrétisent en

2016 sous la forme d'une navette de transport public autonome. Celle-ci s'élance sur la voie publique à la vitesse de 1,5 kilomètre par heure dans les rues de la vieille-ville de Sion. Une première mondiale qui attire l'attention des médias internationaux et des touristes. Aujourd'hui ces navettes autonomes sont devenues un modèle d'intégration dans l'espace urbain totalisant des milliers d'utilisateurs. De nouveaux parcours sont développés, poursuivant ainsi l'étude de la mobilité du futur dans un environnement réel.

## La plateforme de démonstration de Martigny



Dans le cadre du développement de plateforme de démonstration énergétique, le site de la Step de Martigny reçoit depuis 2014 un projet développé par le Professeur Girault (LEPA) en collaboration avec la Ville de Martigny, Synergy et le CREM.

Initialement orienté vers l'électromobilité et particulièrement l'hydrogène, le site propose une chaîne complète de production stockage et distribution d'hydrogène couplée à une borne de recharge rapide pour les véhicules à batteries. Actuellement, d'autres projets sont en cours de développement notamment en collaboration avec la HES-SO Valais -Wallis et divers laboratoires de l'EPFL.

# Indicateurs d'activités

La mise en place et le suivi des activités de l'antenne valaisanne de l'EPFL sont observés au moyen d'une série d'indicateurs d'activités et de cibles quantitatives ou qualitatives à atteindre par chacun des partenaires.

Au terme des 5 premières années d'activités le bilan des engagements réciproques s'inscrit largement au-delà des espérances initiales.

118.4 millions de francs ont été investis (hors achat et transformation du bâtiment de la rue de l'industrie 17) par le Canton, la Ville de Sion ainsi que l'EPFL (compris les fonds de tiers apportés par cette dernière).

Les charges d'exploitation et par là l'impact économique local ont fortement augmenté pour atteindre 29.9 millions en 2018 dont 14.5 millions représentent des salaires versés. L'EPFL a apporté une contribution de 22.34 millions par son propre budget et les fonds de tiers engagés durant l'exercice ce qui représente une part effective de 74% alors que l'objectif négocié limitait cette participation à 55%. Ceci se traduit par une augmentation sensible du nombre d'emplois créés qui atteint désormais 226 personnes alors que la cible fixée se limitait à 150 emplois en vitesse de croisière.

Près de 72% des collaboratrices et collaborateurs de l'antenne habitent en Valais ce qui contribue à l'impact positif sur les finances cantonales.

Au chapitre de la recherche, l'antenne compte 92 doctorants issus de 43 pays. Les laboratoires « sédunois » ont déposé de nombreux projets tant dans le cadre des programmes suisses qu'euro-péens de recherche. 13 millions de francs ont ainsi été acquis en 2018 portant le cumul des fonds de tiers obtenus depuis le début du projet, courant 2014, à 72.8 millions de francs.

Cela dénote la haute qualité des chercheurs établis en Valais. L'EPFL s'est engagée à apporter 100 millions de francs en Valais sur 10 ans. Au terme des 5 premières années les apports cumulés (investissements et exploitation) dépassent 76 millions de francs.

Les prochaines années verront la transformation du bâtiment du centre d'impression des Ronquoz avec la mise à disposition de 10'000 m<sup>2</sup> de locaux. 160 emplois supplémentaires seront créés avant l'extension du domaine de la santé au sein de la Haute école de santé sur le pôle hospitalier.



Le Canton, la Ville de Sion (10%) contribuent au financement des charges d'exploitation et d'investissement de l'antenne EPFL Valais Wallis sur la base de la convention d'implantation signée le 19 décembre 2012 et des crédits d'objets et d'engagements décidés par le parlement cantonal et le conseil général de la Ville de Sion.

## Indicateurs 1 janvier 2019

**76.2 Mio.**

Apport total  
EPFL

**118.4 Mio.**

Apports finan-  
ciers cumulés

**13 Mio.**

Fond de tiers  
acquis en 2018

**42.1 Mio.**

Apport total  
Valais/Sion

**72.8 Mio.**

Cumul fonds de  
tiers acquis

**Part EPFL**

Exploitation  
22.34 Mio.  
74%

**29,9 Mio.**

Charges d'ex-  
ploitation 2018

**14.46 Mio.**

Salaires versés  
2018

**Part VS**

Exploitation  
7.64 Mio.  
26%

**226**

Emplois

**161**

Habitent en  
Valais (71.2%)

**43**

nationalités

**92**

doctorants

**122**

Habitent à  
Sion (55.1%)



Editeur EPFL Valais Wallis 2019  
Texte Laurence Facelli  
Photos Arts et Movies Roux, Paul Cardi, Alain Herzog, Bertrand Rey,  
Stefan Tschumi, Istock photo  
Graphisme Anouk Andenmatten  
Fonts: Suisse int'l, Suisse Works, Suisse Int'l Mono,  
Papier: Z-Offset, Curious Matter, Imprimé en Valais