

## Prix et distinctions

### Prix international L'Oréal-UNESCO Pour les Femmes et la Science 2022



Ce prix (100 000 €) est remis chaque année à cinq femmes scientifiques méritantes – une pour chacune des régions ci-après : Afrique et États arabes, Asie et Pacifique, Europe, Amérique latine et Caraïbes, Amérique du Nord – en reconnaissance de leurs réalisations scientifiques. Chaque scientifique a eu un parcours unique combinant un talent exceptionnel, un profond engagement envers son métier et un courage remarquable dans un domaine encore largement dominé par les hommes. Les domaines scientifiques retenus pour le prix alternent entre les sciences de la vie et de l'environnement (années paires) et les sciences de la matière, les mathématiques et les sciences informatiques (années impaires). Cinq lauréates du prix L'Oréal-UNESCO Pour les Femmes et la Science ont reçu le prix Nobel dans leur domaine de compétence : Christine Nusslein-Volhard et Elizabeth Blackburn en médecine ou physiologie, et Ada Yonath, Emmanuelle Charpentier et Jennifer Doudna en chimie.



Académie des sciences, DR.

Au palmarès de cette 24<sup>e</sup> édition (pour l'Amérique du Nord), **Katalin Karikó** professeure à la Perelman School of Medicine (Université de Pennsylvanie) et vice-présidente senior chez BioNTech RNA Pharmaceuticals, est récompensée pour son développement révolutionnaire d'un ARNm non inflammatoire

pouvant constituer un vaccin puissant et essentiel pour produire récemment des vaccins Covid-19 efficaces\*. Ses travaux ont ouvert la voie à de futures thérapies dans le cadre de maladies complexes telles que le cancer, l'insuffisance cardiaque, les accidents vasculaires cérébraux, l'anémie et les maladies auto-immunes.

\*Ses travaux ont été également récompensés par l'Académie des sciences, qui lui a décerné sa Grande Médaille 2021, et le groupe Solvay, qui lui a attribué son Prix pour la science du futur 2022.

### Antoine Petit reconduit à la tête du CNRS



© Richard Pak/  
CNRS Photothèque.

Antoine Petit a été nommé pour un second mandat à la tête du CNRS par le président de la République lors du conseil des ministres du 9 février dernier. « *Je suis heureux et très honoré de pouvoir continuer à apporter ma contribution au fonctionnement et aux évolutions de cet extraordinaire établissement qui a tant fait, et fait tant, pour la recherche française et son rayonnement*

*à travers le monde* » a indiqué Antoine Petit qui souhaite mettre « *la recherche fondamentale au service de la société* »

### 2022, Année internationale du verre



En proclamant 2022 « Année internationale du verre », les Nations unies ont souligné l'importance du rôle du verre dans les domaines scientifiques, économiques, artistiques et culturels. Le verre, matériau essentiel à de nombreuses technologies vitales, facilite la transition vers un monde plus durable ; c'est aussi un matériau qui se recycle à l'infini.

Cette résolution des Nations unies est le résultat d'un long cheminement initié en 2018 et rendu possible grâce au soutien de 1 500 universités et centres de recherche, de sociétés savantes et d'associations, de musées, d'artistes, de fabricants et d'entreprises dans 79 pays et sur les cinq continents.

L'industrie verrière française regroupe des acteurs industriels de tout premier plan dans différents domaines : flaconnage pour la parfumerie cosmétique et la pharmacie, emballages alimentaires, arts de la table, verre plat, laine et fibre de verre, isolation, verres pour l'optique et la photonique, bioverres, verres spéciaux...



Fibre optique en verre dopée avec des ions thulium. © Wilfried Blanc/INPHYNI UMR 7010.

Cette filière est également innovante en termes d'économie d'énergie, de lutte contre le changement climatique et d'économie circulaire : éoliennes, panneaux photovoltaïques, batterie pour un stockage plus rapide de l'énergie, sans oublier sa capacité à stocker par vitrification les déchets dangereux. La recherche académique française est à la pointe de la recherche mondiale tant au niveau fondamental (nombre d'articles dans des journaux internationaux) qu'en nombre de brevets déposés, conférant au verre un potentiel d'innovation très important.

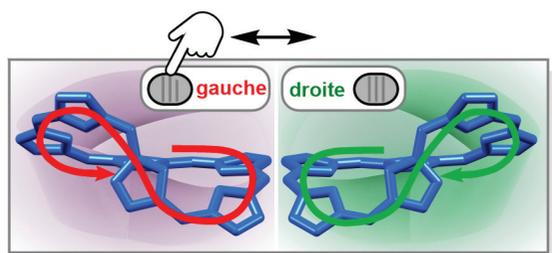
• [www.anneeduverre2022.fr](http://www.anneeduverre2022.fr) ; [www.iyog2022.org](http://www.iyog2022.org)

qui est pour lui la raison d'être du CNRS. Une attention particulière sera apportée aux grands défis sociaux, au monde économique, et à l'aide à la compréhension et à la décision. Le CNRS doit s'appuyer pour cela sur trois leviers qui font sa force : un potentiel d'interdisciplinarité unique, un réseau de partenariats académiques exceptionnel, et un ensemble remarquable de coopérations internationales.

• Source : CNRS, 09/02/2022.

## Recherche et développement

### De nouvelles molécules torsadées à chiralité commutable



Principe du changement de chiralité dans une molécule en anneau de Möbius.  
© Stéphane Le Gac.

Telles nos mains, les molécules chirales existent sous deux formes, appelées énantiomères, qui partagent une même formule chimique mais dont les structures sont des images l'une de l'autre dans un miroir et non superposables. La chiralité est une notion chimique essentielle, car deux énantiomères peuvent présenter des propriétés complètement différentes dans un environnement chiral malgré leur apparente similitude. Un grand nombre de réactions chimiques produisent un mélange des deux énantiomères. Pour favoriser une forme plutôt que l'autre, les chimistes ont besoin d'entités stéréogènes, c'est-à-dire capables d'orienter la production en faveur d'une seule des deux structures de la molécule chirale. Ces molécules stéréogènes sont généralement elles-mêmes chirales. Il serait encore plus intéressant de disposer de composés stéréogènes commutables, dont on peut contrôler quel énantiomère ils avantagent. Des chercheurs de l'Institut des sciences chimiques de Rennes (ISCR, CNRS/ENSCR/Université Rennes 1) ont réalisé une nouvelle avancée dans ce domaine en créant une molécule en anneau de Möbius, dont l'enroulement peut à souhait changer de sens et de pouvoir stéréogène.

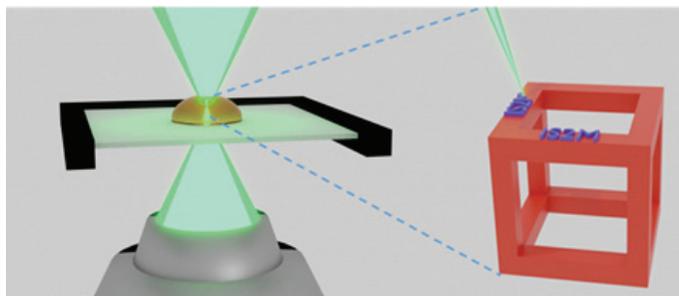
La molécule en anneau de Möbius incorpore une vrille de 180° et présente ainsi une chiralité topologique selon son sens d'enroulement. La molécule est composée d'un macrocycle formant un squelette flexible, sur lequel a été greffé un bras coordonnant pouvant se déplacer le long de l'anneau. Le bras comporte un motif chiral qui va transmettre sa déformation préférentielle à l'anneau en fonction d'un stimulus, qui est ici la présence de zinc associé à un ligand exogène. Quand ce ligand est retiré, la molécule et son bras reprennent leur forme et leur chiralité originelles et le procédé peut être reproduit plusieurs fois. Les chercheurs comptent introduire des fonctions supplémentaires afin d'exploiter cette chiralité topologique commutable.

Ces travaux ouvrent de nombreuses perspectives : les deux dispositions de cette molécule pourraient à leur tour contrôler la chiralité d'autres molécules en interagissant avec elles. Un nouvel outil pour contrôler la chiralité dès la synthèse ?

• Source : CNRS, 01/02/2022.

Réf. : H. Ruffin, A. Fihey, B. Boitrel, S. Le Gac, Möbius Zn(II)-hexaphyrins bearing a chiral coordinating arm: a chiroptical switch featuring P/M twist inversion controlled by achiral effectors, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.202113844>

### Des microstructures 3D aux propriétés de surface « vivantes »



© IS2M – Q. Bauerlin & A. Spangenberg.

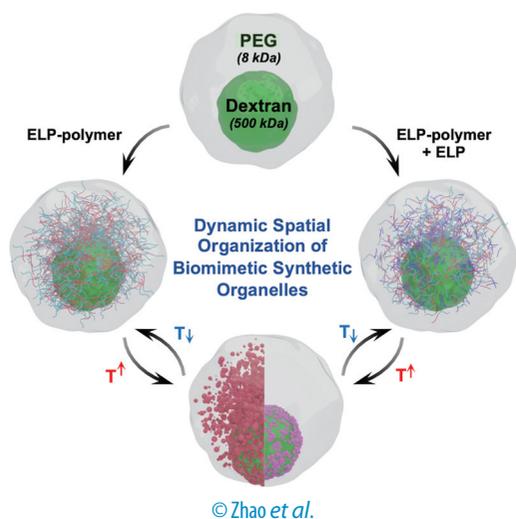
Ingénierie tissulaire, microrobotique, photonique..., autant de domaines où la micro-impression 3D offre de nombreuses possibilités. La micro-impression 3D par photopolymérisation a connu un essor important ces dernières années grâce à la commercialisation d'imprimantes de plus en plus performantes. Ces équipements scientifiques de haute précision rendent possible le prototypage rapide de structures 3D complexes aux échelles nano- à millimétriques. Malgré ces prouesses technologiques, les micro-objets élaborés présentent cependant des propriétés de surface difficilement modifiables puisque fixées par le type de résine polymère utilisée pour les fabriquer. Pourtant, décorer la surface d'un micro-objet par des motifs géométriques nanométriques ou encore guider l'ancrage cellulaire à certains endroits uniquement d'un micro-objet biocompatible sont des exemples qui montrent qu'un tel contrôle serait souhaitable. C'est chose faite grâce à une nouvelle stratégie de post-fonctionnalisation de ces micro-objets développée par des chercheurs de l'Institut de science des matériaux de Mulhouse (IS2M, CNRS/Université de Haute Alsace), qui utilise des macro-photoamorceurs synthétisés par polymérisation radicalaire contrôlée.

Contrairement à une photopolymérisation classique où les chaînes polymères formées sont dites « mortes », les chercheurs ont utilisé des chaînes polymères dites « vivantes » et donc disponibles pour réamorcer une réaction de photopolymérisation à partir de la surface de l'objet. Cette stratégie permet d'introduire de façon successive sur l'objet plusieurs monomères aux propriétés distinctes, telles que l'adhésion ou la non-adhésion cellulaire, la mouillabilité ou non, la rigidité ou au contraire la flexibilité, la conductivité ou l'isolation électrique ou thermique etc. L'utilisation d'une source de lumière focalisée permet qui plus est de localiser précisément ces modifications sur la surface de l'objet. Cette nouvelle approche qui couple micro-impression 3D et ingénierie macromoléculaire permet un contrôle spatio-temporel sans précédent des modifications chimiques et physico-chimiques des objets obtenus, leur conférant un caractère 4D.

• Source : CNRS, 01/02/2022.

Réf. : X. Wu, B. Gross, B. Leuschel, K. Mougine, S. Dominici, S. Gree, M. Belqat, V. Tkachenko, B. Cabannes-Boué, A. Chemtob, J. Poly, A. Spangenberg, On-demand editing of surface properties of microstructures made by 3D direct laser writing via photo-mediated RAFT polymerization, *Advanced Functional Materials*, 22 décembre 2021, DOI: 10.1002/adfm.202109446

## Un nouveau pas vers la conception d'une cellule artificielle



Les cellules eucaryotes, qui composent entre autres le corps humain, effectuent à l'intérieur d'elles-mêmes plusieurs réactions chimiques différentes en simultané. Cela n'est possible que grâce à leur capacité à créer en leur propre sein des sous-compartiments qu'elles contrôlent dans le temps et l'espace de façon dynamique. La maîtrise de cette compartimentation reste un verrou important pour la conception de cellules autonomes artificielles, qui pourraient servir à mieux étudier le fonctionnement des cellules naturelles, à optimiser certaines synthèses en s'inspirant de l'efficacité du monde du vivant, et des applications médicales inédites telles que la production sur demande de principes actifs dans le corps humain.

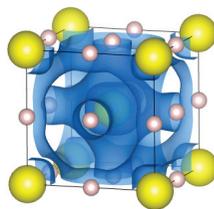
Des chercheurs du Laboratoire de chimie des polymères organiques (LCPO, CNRS/Institut polytechnique de Bordeaux/ Université de Bordeaux) ont synthétisé les premières macromolécules capables de se compartimenter de façon réversible et dynamique dans des conditions proches de celles de l'intérieur des cellules eucaryotes. Ces macromolécules synthétiques sont constituées d'une protéine désordonnée et thermosensible, proche de l'élastine qui donne sa souplesse à la peau, liée à un polymère de type poly(éthylène glycol), utilisé couramment dans l'industrie. Les macromolécules ont également été couplées à une sonde fluorescente, qui permet aux chimistes de les visualiser. À l'intérieur d'un système microfluidique qui contrôle les paramètres comme la concentration et la taille des systèmes avec suffisamment de précision pour garantir la répétabilité des expériences, les macromolécules ont été incorporées dans des gouttelettes de poly(éthylène glycol) et de dextran, mélange capable d'induire une séparation de phase liquide-liquide. En jouant sur la température, les chercheurs ont obtenu une compartimentation sélective des macromolécules dans une des phases ou à leur interface, contrôlant de façon dynamique leur assemblage et désassemblage, tout en gardant l'ensemble sous forme liquide.

Les chercheurs vont à présent tenter de confiner des enzymes dans ces compartiments et de les faire réagir sélectivement avec un contrôle spatio-temporel, se rapprochant ainsi un peu plus d'une cellule artificielle fonctionnelle.

• Source : CNRS, 18/01/2022.

Réf. : H. Zhao, E. Ibarboure, V. Ibrahimova, Y. Xiao, E. Garanger, S. Lecommandoux, Spatiotemporal dynamic assembly/disassembly of organelle-mimics based on intrinsically disordered protein-polymer conjugates, *Advanced Science*, 2021, <https://doi.org/10.1002/adv.202102508>

## Quels ingrédients pour un supraconducteur à haute température de qualité ?



© J. Contreras-García.

Les travaux théoriques et expérimentaux se multiplient pour améliorer la synthèse de supraconducteurs qui permettraient un transport électrique sans perte énergétique, une véritable révolution technologique !

Les supraconducteurs qui présentent une résistance électrique nulle ont permis des avancées technologiques essentielles comme la réalisation de champs magnétiques intenses utilisés en RMN ou en microscopie électronique, l'élaboration de réacteurs de fusion nucléaire, le transport par lévitation ou les ordinateurs quantiques de haute capacité. Les supraconducteurs doivent encore, hélas, être maintenus à basse température et/ou haute pression pour présenter ce phénomène.

Les récents travaux sur la supraconductivité à haute température ont montré le potentiel exceptionnel des composés riches en hydrogène. En effet, des systèmes comme  $H_3S$ ,  $YH_6$ ,  $YH_6'$  et  $LaH_{10}$  atteignent des températures critiques bien supérieures à 200 K, à des pressions qui restent élevées (de l'ordre du mégabar), ce qui fait d'eux de bons candidats pour espérer atteindre un jour la supraconductivité à température ambiante, le Saint Graal pour la communauté scientifique. Cependant, aucune règle ne permet aujourd'hui de prédire cette température en la reliant aux paramètres physico-chimiques des matériaux.

Dans ce contexte, les scientifiques du Laboratoire de chimie théorique (CNRS/Sorbonne Université) viennent de pointer le rôle essentiel de la théorie pour orienter les chimistes vers la synthèse de composés stables ayant toutes les chances de présenter cette propriété à haute température. Ils ont ainsi identifié une grandeur pertinente appelée « valeur de réseau » liée à la capacité du matériau à présenter un degré élevé de localisation électronique dans les zones inoccupées, entre les atomes qui le constituent. La valeur de ce paramètre leur permet de prédire, avec une précision raisonnable, la température critique de ces supraconducteurs à base d'hydrogène encore difficile à prédire actuellement.

Ces résultats vont permettre un criblage rapide des prédictions théoriques, mais aussi de mieux comprendre l'influence des paramètres structuraux et électroniques sur la supraconductivité à haute température. Un premier pas vers la conception des nouveaux supraconducteurs à base d'hydrogène en vue d'applications.

• Source : CNRS, 01/02/2022.

Réf. : F. Belli, T. Novoa, J. Contreras-García, I. Errea, Strong correlation between electronic bonding network and critical temperature in hydrogen-based superconductors, *Nature Communications*, 2021, [www.nature.com/articles/s41467-021-25687-0](https://www.nature.com/articles/s41467-021-25687-0)

## PEPR-Hydrogène décarboné : sept projets et un équipex retenus

Les sept projets de R&D et l'équipement d'excellence (équipex) retenus dans le cadre du Programme et équipement prioritaire de recherche sur l'hydrogène décarboné (PEPR-H2) viennent d'être dévoilés. Piloté scientifiquement par le CEA et le CNRS, le PEPR-H2 bénéficie d'un investissement de 80 millions d'euros dans le cadre du plan d'investissement France 2030,

afin d'accompagner la stratégie nationale sur l'hydrogène. Les PEPR visent à construire et consolider un leadership français dans des domaines scientifiques considérés comme prioritaires aux niveaux national ou européen et liés – ou susceptibles d'être liés – à une transformation de grande ampleur, qu'elle soit technologique, économique, sociétale, sanitaire ou environnementale.

D'une durée de cinq à six ans, les sept projets sont portés par des équipes de chercheurs reconnues dans le domaine de la production, du stockage, du transport et de la conversion de l'hydrogène. Un projet d'équipex dédié aux tests de performance et vieillissement des piles à combustibles basse température, réparti entre deux sites à Toulouse et Belfort, est venu compléter la structuration de la filière.

Un « club des industriels », composé de représentants de la filière, sera consulté tout au long de la vie des projets afin de s'assurer de la bonne concordance entre les recherches menées et les besoins de la filière.

### **Production d'hydrogène**

Les premiers projets retenus sont centrés sur la production d'hydrogène par électrolyse haute température de l'eau, conformément aux termes de la stratégie nationale hydrogène.

- CELCER-EHT se penchera sur la nature des matériaux et les procédés de mise en œuvre des cellules céramiques, cœur des réactions électrochimiques générant l'hydrogène, pour augmenter leurs performances et ralentir leur vieillissement tout en restant à coûts maîtrisés. Des cellules de taille industrielles (200 cm<sup>2</sup>) seront fabriquées et testées.

Objectif : démonstration de cellules céramiques présentant un taux de dégradation divisé par un facteur 5 par rapport à l'état de l'art (de 0,7 %/1 000 h) dans la plage 750-850 °C.

- PROTEC s'intéresse aux cellules céramiques fonctionnant à plus basse température (500-600 °C), permettant de lever les verrous liés à la très haute température. Cette technologie de cellules étant à une échelle TRL basse, les démonstrateurs prévus en fin de projet seront d'une taille « quasi industrielle » (de l'ordre de la dizaine de cm<sup>2</sup>), qui permet d'extrapoler les propriétés obtenues à celles de la future cellule de taille industrielle.

Objectif : démonstration de cellules céramiques présentant un taux de dégradation < 2 %/1 000 h à 600 °C.

### **Stockage et transport de l'hydrogène**

Les projets retenus couvrent deux milieux de stockage possibles : gaz pressurisé et solide. La voie stockage en milieu liquide sera explorée dans le cadre de l'appel à projets.

- SOLHYD s'intéresse au stockage stationnaire dans des milieux solides, qui présente des avantages majeurs en termes de compacité et de sécurité, en s'appuyant sur des outils numériques et le « machine learning », pour identifier les compositions les plus prometteuses.

Objectif : disposer de nouveaux matériaux capables de stocker plus de 3 % massique et plus de 71 gH<sub>2</sub>/L volumique (performances supérieures à la densité de l'hydrogène liquide) sous des conditions de température et de pression modérées.

- HYPERSTOCK est dédié au stockage et transport de l'hydrogène par voie gazeuse et hautes pressions. Il vise à référencer des matériaux métalliques et non métalliques en environnement sévère hydrogène. La connaissance des propriétés de ces matériaux permettra de limiter l'empreinte carbone des réservoirs hyperbares.

Objectif : identifier les matériaux capables d'entraîner une baisse de 20 % de l'empreinte carbone des réservoirs commercialisés aujourd'hui.

### **Conversion de l'hydrogène**

- PEMFC95 ambitionne de développer des piles à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC) capable de fonctionner à une température stabilisée de 95 °C contre 80 °C aujourd'hui. L'élévation de température permettra d'alimenter la PEMFC en hydrogène moins pur mais sans baisse de performances. Un gain de puissance et une diminution de coût sont également attendus.

Objectif : démonstration d'une monocellule de 25 cm<sup>2</sup> puis d'un mini-stack, fonctionnant dans des conditions opératoires compatibles de type « European automotive conditions ».

- DURASYS-PAC se concentre sur l'amélioration de la durabilité des piles à combustible (PAC) basse température, en identifiant les conditions de fonctionnement dégradantes pour la cellule et le stack (tolérance aux défauts, aux cyclages et au démarrage à froid) et en proposant des stratégies pour les éviter. Des protocoles fiables de vieillissement accéléré seront développés à l'échelle du stack et du système.

Objectif : des PAC basse température avec un démarrage en moins de 30 secondes sous une température de - 30 °C, et une durabilité supérieure à 24 000 h pour la mobilité lourde.

- FLEXISOC vise à explorer la flexibilité des cellules céramiques des piles à combustible haute température vis-à-vis du combustible utilisé comme par exemple des mélanges gazeux, voire des liquides. Les investigations se déclineront à l'échelle des matériaux, des cellules, des stacks, jusqu'aux systèmes.

Objectif : un démonstrateur de pile à combustible fonctionnant à 600 °C et présentant une tolérance au sulfure d'hydrogène (combustible de la PAC) multipliée par un facteur 5 par rapport à l'existant, tout en présentant des performances de rendements électrique et thermique comparables à celles obtenues aujourd'hui à 800 °C.

### **L'EquipEX+ DurabilitHy**

Il vise à doter la recherche académique de moyens d'essais très performants pour l'étude de la durabilité des technologies hydrogène-énergie, avec un focus sur les piles à combustible et les électrolyseurs de forte puissance de type PEM (« proton exchange membrane) en conditions opératoires représentatives des applications visées : stationnaire (dont micro-réseaux intelligents), embarqué terrestre (véhicules légers, lourds, trains...) et aéronautique.

• Source : CNRS, 03/02/2022.

## **Des émissions massives de méthane détectées depuis l'espace**

Contributeur majeur au changement climatique, le méthane (CH<sub>4</sub>) a un pouvoir de réchauffement sur cent ans environ trente fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>. Un quart des émissions anthropiques de ce gaz à effet de serre provient de l'exploitation mondiale du charbon, du pétrole et du gaz naturel, dont le CH<sub>4</sub> est le principal composant. En 2018, une étude avait déjà exposé, à partir du cas des États-Unis, la vaste sous-estimation dans les inventaires officiels des émissions liées à l'extraction et à la distribution du pétrole et du gaz. Un écart qui s'expliquerait par des rejets sporadiques non déclarés de grandes quantités de méthane par les exploitants de la filière.

Pour la première fois, une équipe de recherche internationale, pilotée par le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (CNRS/CEA/UVSQ) associé à la société Kayrros, a quantifié mondialement les plus abondantes des émissions de méthane libérées dans l'atmosphère par le

## Energy Observer 2 : un nouveau navire zéro émission



© Energy Observer 2 – Kadeg Boucher/JB Epron Design.

Longueur : 120 m ; largeur : 22 m ; tirant d'eau : 5,5 m ; surface aile de propulsion vélique : 1 450 m<sup>2</sup> ; port en lourd : 5 000 t ; conteneurs : 240 EVP (équivalent vingt pieds) ; pont Ro-ro : 480 m linéaires (camions, véhicules et conteneurs) ; hauteur entrepont : 6,5 m ; vitesse commerciale : 12 nœuds ; propulsion électrique : 4 MW ; puissance piles à combustible (RexH<sub>2</sub>, EODev) : 2,5 MW ; réservoirs d'hydrogène liquide (LH<sub>2</sub>) : 70 t (1 000 m<sup>3</sup>) ; autonomie : jusqu'à 4 000 milles nautiques.

Depuis sa création, Energy Observer repousse les limites de la décarbonation maritime. Après avoir développé un navire-laboratoire autonome doté de la première chaîne hydrogène complète, capable de produire son propre hydrogène avec ses surplus d'énergies renouvelables, Energy Observer franchit un nouveau cap en lançant la conception du navire le plus représentatif de l'industrie du transport maritime : **un cargo polyvalent alimenté par de l'hydrogène liquide**, technologie permettant une navigation zéro émission, tout en offrant de très grandes capacités de transport et une grande autonomie.

Ce nouveau concept de navire est développé par les meilleurs spécialistes et industriels. Son cahier des charges a été établi en fonction des besoins urgents de renouvellement des flottes de cargos polyvalents d'environ 5 000 tonnes de port en lourd. Utilisés sur des lignes intra-continentales et côtières, ces cargos représentent **une alternative au transport routier** et peuvent faire escale dans des ports modestes sans logistique lourde. Constituant près de 37 % de la flotte mondiale, de conception souvent ancienne et polluante, ce type de navire est donc identifié comme un segment prioritaire pour les ambitions d'Energy Observer et de ses partenaires dans leur quête d'accélération de la transition énergétique.

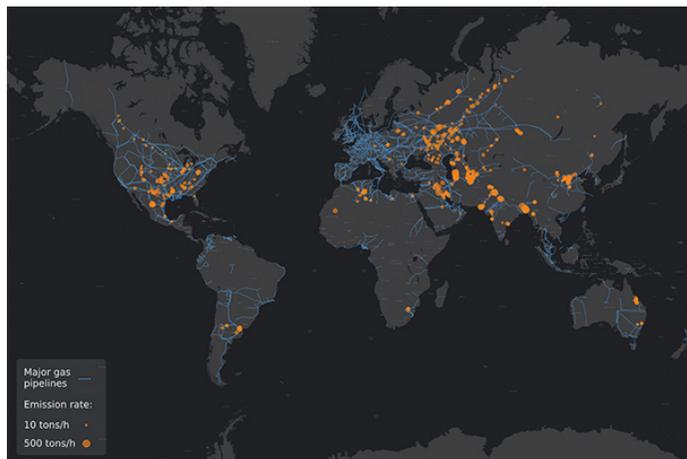
Au premier rang de ses partenaires figure Air Liquide, leader mondial de l'hydrogène depuis plus de cinquante ans pour l'industrie et le spatial. Air Liquide maîtrise à la fois la production, le stockage, la distribution et la sécurité de l'hydrogène liquide, et apporte ainsi son expertise technologique, industrielle et sa capacité d'innovation.

Autres partenaires : le groupe CMA CGM, leader mondial du transport maritime et de la logistique ; EODev, filiale industrielle d'Energy Observer qui a conçu le premier bateau hydrogène, expert de l'intégration de piles à combustible dans des milieux exigeants ; LMG Marin, cabinet d'architecture navale, pionnier en propulsions décarbonées qui a développé le premier ferry hydrogène liquide au monde, Hydra ; Ayro et ses systèmes de propulsion auxiliaire véliques aux grands navires (« Oceanwings® ») ; le Bureau Veritas (réglementations et innovations maritimes) ; le Cluster Maritime français et l'Institut T2EM, qui porte avec des partenaires académiques, scientifiques et industriels la création de l'Institut pour la transition éco-énergétique du maritime (T2EM) dont l'objectif est de piloter et mettre en œuvre le Programme national structurant « Navire & Port zéro émission » pour atteindre les objectifs de décarbonation, de réduction d'émissions et de respect de la biodiversité de la filière. Cet Institut accompagnera le développement, le déploiement et la validation de technologies grâce à un programme mutualisé de R&D, des démonstrateurs et des navires concepts. Energy Observer 2 est le « navire amiral » de l'Institut, premier démonstrateur à l'échelle pour alimenter l'ensemble de la filière.

« Avec Energy Observer, nous partageons cette volonté de repousser les frontières technologiques pour agir concrètement face à l'urgence climatique. L'hydrogène liquide jouera un rôle majeur dans la décarbonation du transport maritime. L'expérience d'Air Liquide et celle des différents acteurs réunis autour du projet Energy Observer 2 vont contribuer à prouver que l'hydrogène liquide est une énergie bas carbone adaptée aux cargos de grande taille. Ce projet ouvre des perspectives importantes en touchant au secteur du transport lourd, pour lequel l'hydrogène s'avère particulièrement pertinent. » (Matthieu Giard, Air Liquide).

• Source : Energy Observer, 02/02/2022.

secteur des hydrocarbures. Il peut s'agir de rejets accidentels ou liés à des opérations de maintenance, qui conduisent à des fuites très importantes. Les chercheurs ont pour cela analysé de façon systématique des milliers d'images produites quotidiennement pendant deux ans par le satellite Sentinel-5P de l'ESA. Ils ont ainsi cartographié 1 800 panaches de méthane à travers le globe, dont 1 200 ont été attribués à l'exploitation d'hydrocarbures. Ils estiment que ces « fuites » ont un impact climatique comparable à celui de la circulation de 20 millions de véhicules pendant un an.



Carte montrant la localisation des principaux gazoducs et les principales sources d'émission de méthane liées à l'industrie pétrolière et gazière. © Kayrros Inc., Esri, HERE, Garmin, FAO, NOAA, USGS, OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community.

Correspondant à 10 % des émissions estimées du secteur, ces observations ne sont que la partie visible de l'iceberg, car le satellite n'est capable de détecter de manière systématique que les panaches les plus massifs, qui sont aussi les plus intermittents (plus de 25 tonnes de CH<sub>4</sub> par heure). L'étude montre que ces rejets massifs ne sont pas aléatoires et chaotiques, mais détectés systématiquement au-dessus de certains sites d'extraction de pétrole et de gaz. L'observation de ces rejets, qui dépendent des protocoles suivis lors d'opérations de maintenance et de la réactivité face aux fuites accidentelles, montre que les réglementations mises en place par les États et les entreprises ont un rôle majeur.

Mais colmater ces « fuites » serait-il donc si coûteux pour les exploitants au point de justifier de telles pratiques ? En prenant en compte les coûts sociétaux sous-jacents aux impacts sur le climat et la qualité de l'air ainsi que le prix du gaz perdu, l'étude montre au contraire que les limiter serait synonyme de milliards de dollars d'économies nettes pour les pays qui en sont responsables. Ces travaux insistent ainsi sur la nécessité d'introduire un système de surveillance atmosphérique fiable qui permettrait à la fois de suivre les émissions de façon systématique et d'estimer l'impact de mesures locales visant à les réduire.

• Source : CNRS, 03/02/2022.

Réf. : T. Lauvaux, C. Giron, M. Mazzolini, A. d'Aspremont, R. Duren, D. Cusworth, D. Shindell, P. Ciais. Global assessment of oil and gas methane ultra-emitters, *Science*, 4 février 2022, DOI : 10.1126/science.abcj4351

## Le pôle IAR devient « Bioeconomy For Change »

Après dix-sept ans sous l'appellation IAR, le réseau de référence de la bioéconomie en France et en Europe devient Bioeconomy For Change (B4C). Cette nouvelle étape lui permet d'affirmer plus efficacement son positionnement et la manière dont ses 500 adhérents participent aux transitions agricole, industrielle, environnementale et alimentaire pour

que ce changement par la bioéconomie profite à tous, et durablement, au climat, aux citoyens, à la compétitivité, à la connexion des acteurs : quatre piliers qui fondent la nouvelle marque (B4C).

Le pôle, qui a pour ambition de faire de la France l'un des leaders mondiaux dans la valorisation de la biomasse, contribue au développement de la bioéconomie et aux stratégies d'innovation aux niveaux régional, national et européen. Depuis 2005, il a accompagné plus de 350 projets pour un investissement total de 2,5 milliards d'euros.

La bioéconomie englobe l'ensemble des activités de production et de transformation de la biomasse, qu'elle soit d'origine agricole, forestière ou aquacole, à des fins de production alimentaire (humaine ou animale), de produits et matériaux biosourcés ou d'énergie : transformation de la betterave en biocarburant, des pois en protéines végétales pour l'alimentation ou encore des molécules issues du bois pour remplacer celles de la pétrochimie... Les marchés et produits visés par la bioéconomie sont nombreux et touchent tous les domaines de notre quotidien. La bioéconomie représente aujourd'hui 1,9 million d'emplois en France et 300 milliards d'euros de chiffre d'affaires (23 millions d'emplois en Europe pour 2 300 milliards d'euros de chiffre d'affaires). Un poids économique important sur lequel la France a décidé de capitaliser afin de se positionner encore davantage comme l'un des leaders mondiaux du secteur. Fin 2021, trois stratégies d'accélération ont été lancées par le gouvernement français dans le cadre du 4<sup>e</sup> Programme d'investissements d'avenir (PIA4) et du plan de relance France 2030. Au total, près de 1,3 milliard d'euros sera investi dans la stratégie de développement des biotechnologies industrielles, de fabrication de produits biosourcés et de carburants durables, ainsi que dans les stratégies d'accélération agricole et alimentaire. Un effort conséquent qui permettra de soutenir la recherche, l'investissement industriel et les compétences.

• Source : Bioeconomy For Change, 25/01/22.

[www.bioeconomyforchange.eu](http://www.bioeconomyforchange.eu)

## Industrie

### Solvay augmente ses capacités de PVDF en France pour répondre à la demande croissante de batteries pour véhicules électriques



Le site de Tavaux. © Solvay.

Dans le cadre de ses investissements, Solvay étendra sa production de PVDF sur son site de Tavaux dans le Jura, l'un des sites industriels les plus importants du groupe. Son

activité repose sur la fabrication de produits chimiques fluorés et de polymères de spécialités, y compris le polyfluorure de vinylidène (PVDF Solef®), un polymère fluoré thermoplastique utilisé à la fois comme liant et comme revêtement de séparateur dans les batteries lithium-ion, essentiel pour créer des performances plus sûres.

Cet investissement (300 millions d'euros) confirme l'ancrage historique de Solvay sur le territoire national et renforce sa position de leader sur le marché mondial des batteries lithium-ion. Le groupe prévoit de faire passer ses ventes de l'activité Matériaux sur le marché automobile d'environ 800 millions d'euros en 2021 à plus de 2,5 milliards d'euros d'ici 2030. Ce nouveau projet portera sa capacité en Europe à 35 kilotonnes, créant ainsi le plus grand site de production de PVDF de la région. Cet investissement sera achevé d'ici décembre 2023.

• Source : Solvay, 01/02/2022.

## Partenariat Arkema/Morrow pour développer des solutions pour les batteries haut voltage



À partir des sels d'électrolyte de lithium de très haute pureté, propriété d'Arkema, et des batteries grand format haut voltage de Morrow, basées sur la technologie sans cobalt (LNMO), ce partenariat est destiné à accélérer le développe-

ment de nouvelles générations de batteries. Morrow Batteries vise à être la première entreprise au monde à commercialiser une batterie fonctionnant avec la technologie LNMO comme matériau actif de la cathode. Grâce à sa chimie spécifique, la LNMO aura un coût et une empreinte carbone significativement inférieurs aux autres batteries de performances comparables. De plus, l'optimisation de l'électrolyte transportant les ions chargés positivement entre la cathode et l'anode permettra d'améliorer considérablement les performances et la compétitivité de ces batteries de nouvelle génération.

Arkema a récemment inauguré son Centre d'excellence dédié aux batteries situé sur son centre de recherche de Pierre-Bénite, annonçant à cette occasion une augmentation de 50 % de ses capacités de production de polymères fluorés Kynar® PVDF afin de répondre à la demande en forte croissance de matériaux pour les batteries lithium-ion. Le groupe a développé des sels de lithium Foranext® de très haute pureté qui permettent d'augmenter considérablement la puissance, la stabilité et la durée de vie des batteries.

Ce partenariat explorera également l'utilisation des grades Kynar® CTO d'Arkema pour la première génération de cellules de batterie produites par Morrow, des grades PVDF d'origine renouvelable produits à partir de carbone d'origine végétale utilisant l'approche « mass balance ». La prochaine étape consistera à développer des procédés de fabrication de cathodes LNMO à partir de liants PVDF Kynar® d'Arkema en phase aqueuse. L'objectif commun est de commercialiser une technologie de batterie les plus rentables et durables au monde, avec une réduction du coût des cellules de 20 %.

Arkema cible un chiffre d'affaires proche d'un milliard d'euros dans les batteries d'ici 2030.

• Source : Arkema, 31/01/2022.

## Enseignement et formation

### L'X publie son Plan climat et met le développement durable au cœur de ses missions



L'École polytechnique accélère son engagement en faveur de la transition écologique avec la publication de son Plan climat. Ce dernier intègre le développement durable dans ses missions fondamentales de formation, de recherche, d'innovation et dans le fonctionnement de son campus.

Ce plan fixe dix objectifs réalisables à cinq ans, regroupés en trois piliers : former et engager, développer et innover, réduire et responsabiliser. Il s'inscrit dans le prolongement des engagements forts en faveur de la lutte contre le réchauffement climatique pris par l'École lors du colloque international « Réflexions : chercher, former et agir pour le développement durable », organisé en juin 2019 dans le cadre de son 225<sup>e</sup> anniversaire.

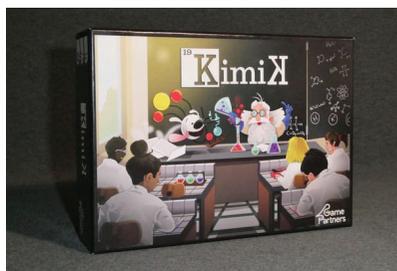
L'École avait publié en 2020 un premier bilan carbone du campus, permettant d'établir un diagnostic et de définir des trajectoires de réduction de ses émissions pour parvenir à la neutralité carbone à l'horizon 2050. Elle a ancré cette nouvelle étape de la transition écologique au sein de l'Institut polytechnique de Paris (IP Paris), qui lui a permis d'unir ses forces à celles de quatre autres écoles d'ingénieurs prestigieuses : l'ENSTA Paris, l'ENSAE Paris, Telecom Paris et Telecom SudParis. Dans ce cadre, elle a poursuivi le déploiement de ses modules de formations développement durable et des actions de recherche du centre interdisciplinaire d'IP Paris, Energy4Climate (E4C).

• Source : 26/01/22.

Intégralité du plan à retrouver sur :

<https://gargantua.polytechnique.fr/siatel-web/app/linkto/mlCYYShxxjZ>

### KimiK, un jeu pour découvrir et enseigner la chimie



© Game Partners.

Réalisé avec le soutien de la Fondation de la Maison de la Chimie et la participation de Chimie et Société, KimiK est un jeu de plateau utilisant des cartes « élément » pour construire des « molécules ». Ce jeu,

accessible à tous, ne demande aucun prérequis. Il peut être découvert en famille, en classe, lors d'activités associatives ou entre amis. Il est complété par un livret d'activités s'adressant aux professeurs qui enseignent en cycle 4 et en lycée professionnel ou général. Les vingt-quatre fiches pédagogiques proposent des pistes d'activités ou de TP utilisant les éléments de la boîte de jeu.

KimiK, créé par Anne Gomez, professeure PLP maths-sciences de l'Académie de Toulouse, et illustré par Cyril Bouquet, est édité par Game Partners et distribué par Sordalab et Equascience\*.

\*[www.gamepartners.fr/kimik](http://www.gamepartners.fr/kimik)

[www.sordalab.com/FR/catalogue/famille.php?num=318](http://www.sordalab.com/FR/catalogue/famille.php?num=318)

[www.equascience.com/105-decouverte-de-la-matiere](http://www.equascience.com/105-decouverte-de-la-matiere)