

RAPPORT D'ACTIVITÉ

2017

INNOVER  
LES ÉNERGIES

# IFP ENERGIES NOUVELLES



# SOMMAIRE

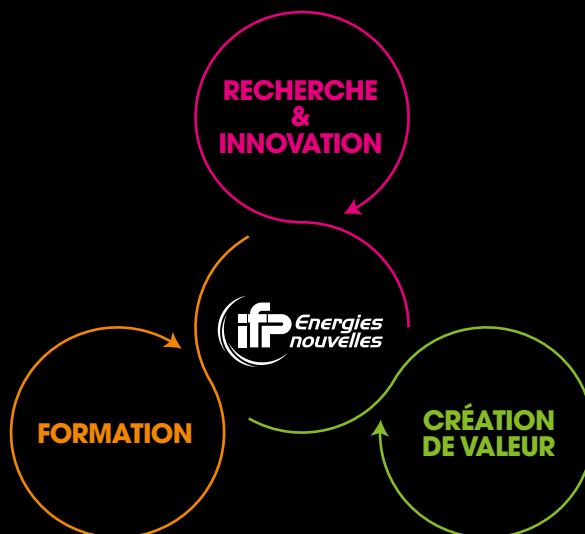
# NOTRE MISSION

## CONTEXTE

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE



## 3 AXES MAJEURS



### 01 **IFPEN, L'ESSENTIEL**

#### 01 Profil

Le message de Didier Houssin,  
Président d'IFPEN

#### 04 La gouvernance d'entreprise

#### 06 L'actualité 2017 d'IFPEN

#### 08 IFPEN-Lyon, 50 ans d'innovation

#### 10 Données sociales et financières

### 12 **DÉVELOPPER LES INNOVATIONS D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN**

#### 14 Mobilité durable

#### 20 Énergies nouvelles

#### 26 Hydrocarbures responsables

#### 32 Une recherche fondamentale au service de l'innovation

### 38 **CRÉER DE LA RICHESSE ET DES EMPLOIS**

#### 40 Une culture de l'innovation

#### 44 De la recherche à l'industrie

### 50 **FORMER LES ACTEURS DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE**

#### 52 IFP School

## IFP Energies nouvelles

est un acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. De la recherche à l'industrie, l'innovation technologique est au cœur de son action, articulée autour de trois priorités stratégiques : mobilité durable, énergies nouvelles et hydrocarbures responsables.

### DANS LE CADRE DE LA MISSION D'INTÉRÊT GÉNÉRAL CONFIEE PAR LES POUVOIRS PUBLICS, IFPEN CONCENTRE SES EFFORTS SUR :

- > l'apport de solutions aux défis sociétaux de l'énergie et du climat, en favorisant la transition vers une mobilité durable et l'émergence d'un mix énergétique plus diversifié ;
- > la création de richesse et d'emplois, en soutenant l'activité économique française et européenne et la compétitivité des filières industrielles associées.

Partie intégrante d'IFPEN, l'école d'ingénieurs IFP School prépare les générations futures à relever ces défis.

### UN FINANCEMENT PUBLIC/PRIVÉ

IFPEN dispose d'un savoir-faire éprouvé sur l'ensemble de la chaîne de valeur allant de la recherche fondamentale jusqu'à l'innovation. Son financement est assuré à la fois par le budget de l'État et par des ressources propres, provenant de partenaires industriels. Ces dernières représentent plus de 50 % du budget total d'IFPEN, une configuration quasi unique en France.

### UNE RECHERCHE CENTRÉE SUR L'INNOVATION

Les programmes de R&I d'IFPEN ont pour objectif de lever des verrous scientifiques et technologiques permettant de déboucher sur des innovations valorisables par l'industrie.

### LA RECHERCHE FONDAMENTALE, SUPPORT AUX INNOVATIONS DE DEMAIN

Le programme de recherche fondamentale d'IFPEN vise à créer un socle de connaissances indispensables au développement d'innovations. L'expertise scientifique des chercheurs d'IFPEN est internationalement reconnue et régulièrement sollicitée par les pouvoirs publics, à qui ils apportent dans leurs domaines de compétences des éléments d'éclairage utiles à la décision.

### LA CRÉATION DE RICHESSE ET D'EMPLOIS

Le modèle économique d'IFPEN repose sur la valorisation industrielle des technologies développées par ses chercheurs. Ce transfert technologique vers l'industrie est générateur d'emplois et d'activité en favorisant le développement économique des filières liées aux secteurs de la mobilité, de l'énergie et des éco-industries. La mise sur le marché des innovations d'IFPEN se fait au travers de partenariats étroits avec des industriels et les filiales de son groupe. Sur des marchés émergents ou matures, IFPEN crée des sociétés ou prend des participations dans des entreprises prometteuses, que ce soit directement ou par le biais de structures de capital investissement. Par ailleurs, IFPEN accompagne le développement des PME-PMI dans le cadre d'accords de collaboration leur permettant de bénéficier de son savoir-faire technique et juridique.

### L'INTERNATIONAL COMME CHAMP D'ACTION

Acteur de nombreux projets, plateformes technologiques et réseaux dans le cadre d'Horizon 2020, IFPEN contribue à faire émerger une vision européenne de la recherche dans les domaines de la mobilité et de l'énergie. À travers le monde, au sein de projets collaboratifs, de consortiums ou de contrats bilatéraux, ce sont plus de 100 partenaires académiques et industriels, sociétés internationales et PME, qui travaillent avec IFPEN.

### LA FORMATION, VECTEUR DE COMPÉTITIVITÉ

Dans le contexte de la transition énergétique, IFP School et IFP Training accompagnent au plus près les industriels dans leurs besoins en personnels hautement qualifiés pour répondre aux défis techniques, économiques et environnementaux actuels et futurs. IFP School, dans un environnement fortement international, propose à de jeunes ingénieurs diplômés des formations complémentaires de 3<sup>e</sup> cycle aux métiers de l'énergie, de l'automobile et de l'environnement. Elle diplôme tous les ans plus de 500 étudiants issus du monde entier. IFP Training, filiale d'IFPEN, apporte pour sa part chaque année, à près de 15 000 salariés de l'industrie, des formations professionnelles leur permettant d'être compétitifs.

LE MESSAGE DE **DIDIER HOUSSIN**

Président d'IFPEN

# PRÉPARER L'AVENIR EN S'APPUYANT SUR LES SUCCÈS D'IFPEN

“

*Il s'agit non seulement d'accélérer avec détermination l'orientation d'IFPEN vers les énergies nouvelles, mais aussi d'atteindre l'autofinancement des activités menées dans le cadre de la priorité stratégique Hydrocarbures responsables, conformément à notre contrat d'objectifs et de performance.*

”



Les orientations nationales concernant la transition énergétique sont claires. La présentation du plan Climat en juillet 2017 a donné la feuille de route pour faire de la France un pays neutre en carbone à l'horizon 2050. En ligne avec les ambitions portées par l'Europe et les engagements de la COP 21, ce plan renforce les objectifs définis par la loi de transition énergétique pour la croissance verte. IFPEN est pleinement en phase avec ceux-ci et est engagé dans un changement profond.

Il s'agit non seulement d'accélérer avec détermination l'orientation d'IFPEN vers les énergies nouvelles, mais aussi d'atteindre l'autofinancement des activités menées dans le cadre de la priorité stratégique Hydrocarbures responsables, conformément à notre contrat d'objectifs et de performance.

Témoin de cet engagement, la création en 2017 d'une direction Incubation et PME au sein d'IFPEN vise à accroître la diversification de l'entreprise vers les nouvelles technologies de l'énergie, via une innovation plus ouverte et une valorisation renforcée de nos résultats de R&I dans ce domaine. Cette nouvelle direction pilote actuellement le challenge d'innovation participative lancé en interne en septembre pour « réinventer les énergies ». Les 167 idées déposées illustrent la créativité et la mobilisation des collaborateurs d'IFPEN pour nous développer dans de nouveaux secteurs. Porteuses pour l'avenir, elles vont permettre à IFPEN de contribuer à la construction de nouvelles filières industrielles dans les domaines des énergies nouvelles et de la mobilité durable.

L'actualité du groupe IFPEN a été particulièrement riche en 2017, avec la création de deux nouveaux acteurs. La start-up DriveQuant a ainsi été lancée par IFPEN pour commercialiser une offre de services pour la mobilité connectée, issue de ses travaux de recherche. La société Mavel edt, quant à elle, a été créée par IFPEN et ses partenaires Mavel et Weisa Automobile Technology Limited afin de produire en petites séries des moteurs électriques innovants pour véhicules particuliers. Inaugurée en avril, sa ligne de production fournit déjà ses premiers clients. IFPEN contribue également à maintenir la compétitivité technologique de son groupe. Ainsi, l'opération de rapprochement entre Axens, Heurtey Petrochem et Eurecat, finalisée en 2017, permet de positionner la nouvelle entité sur l'ensemble des segments du raffinage, de la pétrochimie, du gaz, des biocarburants

et de la biochimie. Le nouveau groupe atteindra le milliard d'euros de chiffre d'affaires en 2018. Les autres sociétés du groupe IFPEN se portent mieux, les signaux de reprise sont là et les perspectives s'améliorent.

Autre enjeu pour IFPEN qui me tient particulièrement à cœur, celui de la transformation digitale. Un exercice de réflexion a été mené tout au long de l'année 2017 dans l'ensemble des secteurs de l'entreprise ; il a donné naissance à un plan d'action ambitieux. Le numérique va permettre à IFPEN de franchir de nouveaux seuils en termes d'efficacité collective, d'agilité et de réactivité. Il s'agit d'un changement culturel mais aussi d'une opportunité pour élargir notre offre de R&I dans nos différents domaines d'activité, avec de nouveaux outils, méthodes et services centrés notamment sur les données et leur traitement, pour répondre aux besoins de l'industrie.

L'année 2017 a enfin été marquée par le cinquantième anniversaire de notre établissement de Lyon. Ce fut l'occasion de célébrer, avec les représentants de nos tutelles et nos principaux partenaires industriels et académiques, un demi-siècle d'une aventure humaine jalonnée de succès, qui a démarré avec une trentaine de personnes et se poursuit aujourd'hui avec plus de 800 collaborateurs. Des partenaires qui ont souligné la spécificité du modèle IFPEN, à savoir notre capacité à établir des ponts fructueux entre recherche fondamentale, recherche appliquée et développement industriel au service de l'innovation. IFPEN-Lyon est aujourd'hui en pointe dans de nombreux domaines, comme celui de la catalyse ou des procédés éco-efficaces, et contribue à la création de valeur et d'emploi sur le territoire. Nous allons continuer d'accompagner les PME et start-up locales et poursuivre notre engagement en faveur de l'essor de nouvelles filières de la transition énergétique et de la mobilité durable.

Fier de ses succès passés, IFPEN se tourne aujourd'hui résolument vers l'avenir. Pour l'heure, je vous invite à découvrir les orientations, défis et faits marquants de l'année 2017 présentés dans ce document. Qu'il s'agisse d'électrification des véhicules, de chimie biosourcée, de biogaz, d'énergie houlomotrice ou encore de gestion du cycle de l'eau, les chercheurs d'IFPEN ont réalisé des avancées majeures dans de nombreux domaines.

Bonne lecture !

# LA GOUVERNANCE D'ENTREPRISE

## LE COMITÉ

# EXÉCUTIF



### DIRECTION GÉNÉRALE

- 1 Didier Houssin**  
Président
- 2 Pierre-Henri Bigeard**  
Directeur général adjoint Recherche et Innovation
- 3 Éric Lafargue**  
Directeur général adjoint Administration et gestion des filiales

### DIRECTEURS DES CENTRES DE RÉSULTATS

- 4 Catherine Rivière**  
Ressources énergétiques
- 5 Jean-Pierre Burzynski**  
Procédés
- 6 Gaëtan Monnier**  
Transports
- 7 Christine Travers**  
Formation
- 8 Nathalie Alazard-Toux**  
Développement industriel

### AUTRE MEMBRE DU COMITÉ EXÉCUTIF

- 9 Yves Boscher**  
Directeur des Ressources humaines

## LE CONSEIL D'ADMINISTRATION\*

### REPRÉSENTANTS DE L'ÉTAT

#### Adrien Bichet

Chef de bureau de l'Énergie, des participations, de l'Industrie et de l'Innovation à la direction du Budget, représentant le ministre chargé du Budget

#### Frédéric Ravel

Directeur scientifique du secteur «Énergie, Développement durable, Chimie et Procédés» au service de la stratégie de la Recherche et de l'Innovation à la direction générale pour la Recherche et l'Innovation, représentant le ministre chargé de la Recherche

#### Franck Tarrier

Sous-directeur des matériels de transport, de la mécanique et de l'énergie à la direction générale des entreprises, représentant du ministre chargé de l'Industrie

#### Marie-Solange Tissier

Présidente de la section régulation-ressources du Conseil général de l'Économie, de l'Industrie, de l'Énergie et des Technologies, représentant le ministre chargé de l'Énergie

### PERSONNALITÉS QUALIFIÉES

#### Didier Houssin

Président

#### Carla Gohin

Directrice de la Recherche, de l'Innovation et des Technologies avancées du groupe PSA

#### Hélène Jacquot-Guimbal

Directrice générale de l'Ifsttar (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux)

#### Bruno Jarry

Président de l'Académie des technologies

#### Hervé Le Treut

Membre de l'Académie des sciences, directeur de recherche au CNRS

#### Claude Nahon

Directrice Environnement durable du Groupe EDF

#### Sophie Paturle-Guesnerot

Managing Partner de Demeter Partner

#### Axel Plasse

Directeur adjoint Stratégie de développement des moteurs et boîtes de vitesses de l'Alliance Renault-Nissan-Mitsubishi

#### Philippe Sauquet

Directeur général Gas, Renewables & Power, Directeur général Strategy-Innovation Groupe, membre du comité exécutif, Total

#### Raphaël Schoentgen

Directeur de la Recherche et de la Technologie du Groupe Engie

### REPRÉSENTANTS DES SALARIÉS

#### Michel Castagné

Marie Velly

### ASSISTENT EN OUTRE AU CONSEIL D'ADMINISTRATION

#### Nathalie Deguen

Contrôleur général économique et financier, ministère de l'Économie

#### Philippe Geiger

Commissaire du Gouvernement auprès d'IFPEN, Directeur adjoint de l'Énergie du ministère de la Transition écologique et solidaire

#### Guillaume Gougeul

Secrétaire du Comité central d'entreprise

#### Grant Thornton et Deloitte & Associés

Commissaires aux comptes titulaires

\* Au 4 avril 2018

## LE CONSEIL SCIENTIFIQUE\*

#### Grégoire Allaire

Président, Professeur de mathématiques appliquées à l'École polytechnique, Professeur des universités de classe exceptionnelle (France)

#### Janne Blichert-Toft

Directeur de recherche au CNRS et Professeur en géosciences à l'École normale supérieure de Lyon

#### Carmen Claver

Professeur de chimie inorganique à l'université Rovira i Virgili de Tarragone (Espagne)

#### Christophe Coperet

Professeur de chimie moléculaire et titulaire de la chaire de chimie de surface et interfaces à l'École polytechnique fédérale de Zürich (Suisse)

#### Marc-Olivier Coppens

Professeur au Ramsay Memorial et Directeur du département de génie chimique à University College London (UCL)

#### Patrick Criqui

Directeur de recherche au CNRS, responsable de l'équipe d'économie, du développement durable et de l'énergie du laboratoire GAEL, du CNRS et de l'université Grenoble-Alpes

#### Luigi Del Re

Professeur à l'université Johannes Kepler de Linz (Autriche), Directeur de l'Institute of Design and Control of Mechatronical Systems

#### Jocelyne Erhel

Directrice de recherche à l'Inria

#### Mohamed Gabsi

Professeur des universités à l'ENS Paris-Saclay, expert référent CIR en sciences pour l'ingénieur au ministère (MESRI), enseignant au département Électrotechnique-Électronique-Automatique à l'ENS Paris-Saclay, chercheur au laboratoire SATIE-ENS de Paris-Saclay

#### Anke Lindner

Professeur de physique à l'université Paris Diderot et chercheur au laboratoire de physique et mécanique des milieux hétérogènes à l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de Paris (ESPC)

#### Michèle Marin

Présidente du centre Inra Occitanie à Toulouse

#### Jean-François Minster

Président de l'Institut photovoltaïque d'Île-de-France

#### Christine Rousselle

Professeur en combustion et diagnostics optiques à l'université d'Orléans, déléguée au TCP Clean and Efficient Combustion de l'AIE

#### Michel Sardin

Professeur émérite à l'INPL-ENSIC de l'université de Lorraine, conseiller à l'Institut Carnot ICEEL de Nancy

#### Luc Vervisch

Professeur des universités à l'Institut national des sciences appliquées (Insa) de Rouen

\* Au 4 avril 2018

# L'ACTUALITÉ 2017 D'IFPEN EN BREF



## NOMINATIONS AU SEIN D'IFPEN

Éric Lafargue succède à Georges Picard en tant que Directeur général adjoint, chargé du développement industriel, de la gestion des filiales, des questions juridiques, économiques et financières.

Nathalie Alazard-Toux a été nommée Directrice du centre de résultats Développement industriel en remplacement d'Éric Lafargue. Christine Travers a, quant à elle, été nommée Directrice d'IFP School, en remplacement de Philippe Pinchon. Cécile Barrère-Tricca (photo) a été nommée Chef de l'établissement IFPEN-Lyon en remplacement de Pierre Beccat. Enfin, Nathalie Schildknecht succède à Cécile Barrère-Tricca au poste de Directrice de la direction de recherche Physique et Analyse.



## UNE FEUILLE DE ROUTE POUR ACCOMPAGNER LA TRANSFORMATION DIGITALE

IFPEN a conduit en son sein une réflexion sur la transformation digitale, véritable axe stratégique pour les années à venir. La feuille de route ambitieuse qui en découle va guider l'évolution des outils et modes de fonctionnement de l'entreprise pour une efficacité accrue, mais aussi et surtout l'évolution de ses offres de R&I afin de répondre aux nouveaux besoins de ses marchés.

## UN CHALLENGE INTERNE POUR INNOVER LES ÉNERGIES !

IFPEN a lancé en 2017 un vaste challenge innovation en interne. L'ambition : contribuer au renforcement des activités d'IFPEN dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie (NTE), en alimentant les programmes de recherche en nouveaux projets. Au total, 167 propositions ont été évaluées en vue d'une sélection des six projets lauréats en 2018.





## UN PORTEFEUILLE DE FILIALES ET DE PARTICIPATIONS EN ÉVOLUTION

L'année 2017 a vu la finalisation de l'offre publique d'achat d'Axens sur Heurtey Petrochem. Ce rapprochement a donné naissance à un groupe mondial de référence pour les carburants propres et les procédés éco-efficients, premier vecteur de valorisation industrielle des innovations d'IFPEN. Par ailleurs, 2017 a été marquée, d'une part, par la création de la start-up DriveQuant dans le domaine de la mobilité connectée et, d'autre part, par la création conjointe avec Mavel et Weisa Automobile Technology Limited de la société Mavel edt, positionnée sur la production de motorisations électriques pour le marché automobile.

### COLLOQUE PANORAMA 2017

Les technologies du numérique sont au cœur de la transition énergétique. Elles sont appelées à jouer un rôle structurant dans l'intégration des énergies renouvelables, dans le développement de l'efficacité énergétique et dans la réduction des consommations d'énergie. C'est pourquoi IFPEN a consacré son colloque Panorama 2017 au thème « Révolution numérique dans l'industrie : quels impacts dans les secteurs de l'énergie et des transports ». L'événement a réuni 280 participants en présentiel et 500 en live sur internet, autour d'experts du numérique parmi les grands acteurs des domaines de l'énergie, des transports, de l'ingénierie et du conseil.



Retrouvez les notes de synthèse et les vidéos des intervenants



### UN SÉMINAIRE DÉDIÉ À LA SPATIALISATION EN ANALYSE DE CYCLE DE VIE (ACV)

L'ACV est un outil clé pour quantifier les externalités environnementales d'une filière, depuis la ressource à mobiliser jusqu'à la mise sur le marché d'un produit. L'expertise d'IFPEN dans ce domaine prend désormais en compte la dimension géographique, une approche indispensable pour aborder les questions de territorialité inhérentes à la décentralisation des moyens de production liés aux énergies nouvelles. La tenue à IFPEN en mars 2017 de la journée thématique du réseau EcoSD\* sur la spatialisation en ACV a permis d'en illustrer tout le potentiel. Co-organisée avec l'Irstea, l'Inra et l'École des métiers de l'environnement, cette rencontre a rassemblé une centaine de représentants des milieux académiques, industriels et institutionnels.

\* Écoconception de systèmes pour un développement durable

### HAUSSE DU NOMBRE DE BREVETS DÉPOSÉS

Avec 187 premiers dépôts de brevets en 2017, IFPEN a dépassé son précédent record datant de 2016. Parmi ces 187 dépôts, 79 sont en relation avec les nouvelles technologies de l'énergie (NTE). Des chiffres qui témoignent de la qualité de la politique d'innovation d'IFPEN et de la priorité accordée à la valorisation des résultats de sa R&I. Au total, son portefeuille compte aujourd'hui plus de 11 000 brevets en vigueur.

**13<sup>e</sup>** déposant de brevets en France d'après l'Inpi



Plus de **600** publications scientifiques et communications à congrès



Près de **500** élèves diplômés par IFP School dont près de 50 % d'étudiants étrangers



Certifié **ISO 9001** pour les activités de R&I



# IFPEN-LYON 50 ANS D'INNOVATION

**E**n 1967, IFPEN, qui a alors besoin de nouveaux espaces d'expérimentation, crée à Solaize son centre d'études et de développements industriels. Le site accueille notamment des unités pilotes et des équipements de grande taille afin d'extrapoler à l'échelle industrielle les recherches menées en laboratoire. Au fil des décennies, IFPEN a ainsi contribué au développement de nouveaux produits, procédés et filières industrielles dans les domaines de l'énergie, du transport et des éco-industries. Un demi-siècle riche d'innovations.

[www.50ansifpenlyon.com](http://www.50ansifpenlyon.com)

## Quelques dates clés

### 1971

#### CRÉATION DE COFLEXIP

La société Coflexip est créée à l'initiative d'IFPEN pour développer et commercialiser des conduites flexibles destinées au transport sous-marin des hydrocarbures. Un concept novateur, dans un marché jusque-là dominé par la conduite rigide. Après une forte expansion internationale, Coflexip fusionne en 2002 avec Technip, une autre société créée par IFPEN en 1958.



### 1981

#### LANCEMENT DES TRAVAUX SUR LES BIOCARBURANTS

On sait depuis les débuts de l'automobile que la fermentation de la betterave produit de l'éthanol qui peut être utilisé comme carburant. Une alternative qui revient à l'ordre du jour après le deuxième choc pétrolier. IFPEN développe alors des procédés de production de biocarburants dits de 1<sup>re</sup> génération. Depuis les années 2000, les travaux portent sur le développement de la 2<sup>e</sup> génération, issue de biomasse non alimentaire. Il est notamment à l'origine du Diester®, qui alimente aujourd'hui de nombreux véhicules Diesel.

### 1990

#### EXTENSION DE L'ACTIVITÉ MOTEURS À SOLAIZE

Si les recherches d'IFPEN sur les motorisations ont démarré dès les années 60 sur le site de Rueil-Malmaison, leur implantation sur celui de Lyon date quant à elle de 1990. Leur objectif est d'aboutir au meilleur compromis rendement / émissions. L'année précédente, IFPEN participe au programme « Voiture propre et économe » élaboré par les pouvoirs publics et l'industrie automobile.





## Chiffres clés

(à fin 2017)

**841**  
collaborateurs

**34045** m<sup>2</sup>  
de bâtiments

**2 600<sup>e</sup>**  
licence vendue

▲  
**2001**

### CRÉATION D'AXENS

Afin de proposer aux industriels une offre intégrée de technologies et de services permettant de réduire l'impact environnemental des produits pétroliers et de la production de carburants, IFPEN crée la société Axens. Fort de plus de 2 300 collaborateurs à fin 2017, le groupe Axens est aujourd'hui une référence mondiale pour les procédés et catalyseurs à destination des marchés du raffinage, de la pétrochimie, du gaz, des carburants alternatifs et des produits biosourcés.



**2016**

### PREMIER SUCCÈS DANS L'ÉOLIEN OFFSHORE FLOTTANT

La technologie de flotteur et d'ancrage développée par IFPEN et la société SBM Offshore est retenue par EDF Energies Nouvelles dans le cadre d'un appel à projet de l'Ademe sur les fermes éoliennes flottantes. Une partie des travaux est réalisée sur le site de Solaize.

## Ils parlent d'IFPEN...

### ALAIN BERETZ

Directeur général de la Recherche et de l'Innovation, ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

« IFPEN illustre très bien l'importance de la cohérence entre enseignement, recherche et innovation. Sa réussite, IFPEN la doit à la vraie cohérence entre ces trois rôles ».

### LUC BENOÎT-CATTIN

Directeur général Industrie d'Arkema

« IFPEN est capable de faire un pont important entre recherche académique et recherche appliquée, pour déboucher sur une dimension commerciale ».

### JEAN-FRANÇOIS PINTON

Président de l'ENS de Lyon

« Au centre du triptyque recherche, formation et innovation, il y a un passeur qui est IFPEN dans le secteur de la chimie dans la vallée du Rhône ».




Retrouvez les interventions lors du colloque « Les 50 ans d'IFPEN-Lyon »

# DONNÉES SOCIALES & FINANCIÈRES

## DONNÉES SOCIALES

**A**fin de répondre aux orientations nationales concernant la transition énergétique, mobiliser efficacement les ressources de l'entreprise est un objectif qui passe par une politique de ressources humaines dynamique. Cette dernière se donne comme priorité d'identifier et d'anticiper les compétences capables de développer une expertise scientifique et technique de haut niveau.



**1 638**   
Effectif total équivalent temps plein pour  
l'année 2017

dont **1 115** chercheurs (ingénieurs  
et techniciens de la R&D)

et **+ de 210** allocataires  
de recherche, post-doctorants  
et stagiaires



**450**  
collaborateurs ont été  
mobiles depuis 2014



**72%**  
des salariés ont bénéficié  
d'au moins une action  
de formation en 2017



**4.89%**  
Taux d'emploi de travailleurs  
handicapés en 2017



## DONNÉES FINANCIÈRES

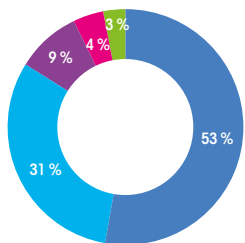
L'exécution budgétaire 2017 est marquée par une forte progression des redevances, due notamment aux très bonnes performances commerciales de la filiale Axens d'IFPEN. Les charges opérationnelles sont globalement en baisse, du fait d'une masse salariale stable depuis deux exercices et d'une politique de dépenses externes rigoureuse.

Il en résulte en 2017 une amélioration du résultat opérationnel d'IFPEN par rapport au budget initial, malgré des annulations de crédits enregistrées au cours de l'exercice sur la dotation budgétaire du ministère de la Transition écologique et solidaire.

L'objectif, pour 2018 et les années suivantes, est de poursuivre la trajectoire dessinée en 2017, en recherchant un équilibre durable du résultat opérationnel, à travers la poursuite de l'accroissement des ressources propres de l'établissement et le maintien de ses charges opérationnelles à leur niveau actuel, associés à une stabilisation de la dotation budgétaire. Cette dotation est aujourd'hui dédiée au financement des recherches dans le domaine des NTE. Sa stabilisation sera un facteur majeur d'accélération de la transformation du modèle économique d'IFPEN pour les années à venir.

### RÉPARTITION DES CHARGES COURANTES

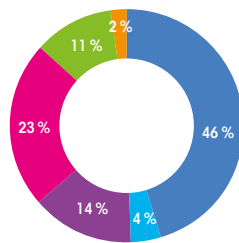
Clôture 2017



- Frais de personnel
- Frais de fonctionnement courant
- Taxes
- Amortissements, provisions
- Autres

### RÉPARTITION DES PRODUITS COURANTS

Clôture 2017



- Dotation budgétaire nette
- Soutiens publics
- Prestations recherche collaborative
- Dividendes
- Autres

**278.2 M€**

**Charges opérationnelles**

dont **232,9 M€**  
pour la R&I



**125,1 M€**

**Dotation budgétaire**

**150,1 M€**

**Ressources propres**

**50 %**

**du budget consacré aux NTE**



POIDS DES NTE DANS LA R&I IFPEN (EN %)	2017
Total NTE	50
Énergies nouvelles	13
Mobilité durable	16
Recherche fondamentale transverse	21

COMPTES CONSOLIDÉS GROUPE IFPEN (EN M€)	2017
Chiffre d'affaires	1 055,6
Résultat d'exploitation	51,8
Résultat net part du groupe	23,7

# DÉVELOPPER LES



L'engagement d'IFPEN en faveur d'un mix énergétique durable se traduit par des actions visant à la fois à gagner en efficacité énergétique, à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et à améliorer l'empreinte environnementale de l'industrie et des transports, tout en répondant à la demande mondiale en mobilité, en énergie et en produits pour la chimie.

Dans cet objectif, IFPEN développe des solutions permettant, d'une part, d'utiliser des sources d'énergie alternatives et, d'autre part, d'améliorer les technologies existantes liées à l'exploitation des énergies fossiles. Ses travaux visent à lever des verrous scientifiques et technologiques permettant de déboucher sur des innovations valorisables par l'industrie, compétitives sur les plans économique et énergétique. Ses chercheurs développent des procédés, des équipements, des logiciels et des services dans le cadre de programmes de R&I ambitieux, selon trois grands axes : la mobilité durable, les énergies nouvelles et les hydrocarbures responsables.

Afin de faciliter l'émergence de ses innovations, IFPEN s'appuie sur un solide programme de recherche fondamentale. Celle-ci constitue un socle transverse dont la finalité est de répondre aux questionnements scientifiques liés au développement de nouveaux produits mais également d'anticiper les besoins futurs.


Au total, près de 1 200 chercheurs sont mobilisés au quotidien sur les deux sites d'IFPEN, représentatifs de plus de 50 métiers, pour faire vivre cette stratégie de recherche au service de l'innovation et de la transition énergétique.

Toujours plus de services pour les véhicules connectés - p. 16  
Lancement d'un projet de démonstration houloporteur - p. 23  
Traitement de gaz : réduire les coûts, accroître la performance - p. 28  
Un nouvel « Afout » à la disposition d'IFPEN - p. 32

FAITS MARQUANTS 2017 : L'ESSENTIEL

# INNOVATIONS D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN

- 14 **Mobilité durable**
- 20 **Énergies nouvelles**
- 26 **Hydrocarbures responsables**
- 32 **Une recherche fondamentale au service de l'innovation**



# MOBILITÉ DURABLE

**25%**  
de la demande  
mondiale d'énergie  
est liée aux  
transports

Réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants, diversifier les sources d'énergie et prendre en compte l'évolution des modes de déplacement : tels sont les enjeux de la mobilité durable. IFPEN met son expertise au service de ce triple défi, au travers de son institut Carnot IFPEN Transports Energie (IC IFPEN TE). Celui-ci explore quatre pistes technologiques complémentaires que sont l'électrification des véhicules, le développement de services et de logiciels pour le véhicule connecté, l'amélioration de l'efficacité énergétique des moteurs thermiques et leur dépollution, et enfin l'optimisation de l'utilisation des carburants, notamment à bas carbone.

## L'institut Carnot IFPEN Transports Energie

Les activités d'IFPEN dans le domaine du transport et de la mobilité s'inscrivent, depuis sa labellisation en 2006, dans le cadre de l'IC IFPEN TE. Renouvelé en juillet 2016 dans le cadre du Carnot 3, ce label est une reconnaissance de la capacité d'IFPEN à mener des actions de recherche partenariale et à soutenir l'innovation des entreprises. L'IC IFPEN TE est un membre actif du réseau des instituts Carnot. Engagé au sein des actions Carnot filières, il coordonne l'action Carnauto dédiée au secteur de l'automobile et de la mobilité, et participe à l'action AirCar, consacrée au secteur de l'aéronautique.



### FAIT MARQUANT

#### À LA RENCONTRE DES ACTEURS DE LA MOBILITÉ



L'IC IFPEN TE noue des relations avec des TPE, PME et ETI des filières automobiles et de la mobilité lors d'événements qu'il organise ou auxquels il participe. L'objectif : permettre à ces entreprises de trouver un accompagnement R&I en réponse à leur besoin d'innovation. En 2017, l'IC IFPEN TE a ainsi :

- organisé en mai le premier rendez-vous « 17-20 Carnauto » à IFPEN-Lyon, sur le thème de l'électrification des véhicules. L'occasion pour la vingtaine d'entreprises présentes d'échanger sur l'offre Carnauto et sur les financements possibles de la R&I avec Bpifrance ;
- participé en octobre à la 10<sup>e</sup> édition des Rendez-vous Carnot à Paris et rencontré sur son stand de nombreux porteurs de projets, qui feront l'objet d'un suivi et de potentielles collaborations.



**FAIT MARQUANT****LES CHERCHEURS D'IFPEN ALIMENTENT LES PROJETS DE L'INSTITUT CARNOT**

Afin de promouvoir les changements technologiques et comportementaux en matière de mobilité grâce à des concepts ou services nouveaux, l'IC IFPEN TE a lancé début 2017, en interne, son deuxième appel à projets sur la mobilité durable. Cette démarche avait pour but de renforcer la capacité de recherche et d'innovation en mobilisant les chercheurs d'IFPEN concernés. Parmi les 30 propositions reçues et évaluées, deux ont été retenues et ont fait l'objet d'une pré-instruction.

**FAIT MARQUANT****VERS DES VÉHICULES POIDS LOURDS ÉCONOMES EN CARBURANT**

IFPEN participe au projet Falcon (Flexible & Aerodynamic truck for Low CONsumption), dont l'ambition est de développer un véhicule poids lourd complet économe en carburant, destiné au

transport de marchandises. D'une durée de trois ans, ce projet est porté par Renault Trucks avec 12 partenaires des secteurs industriel, académique et de la recherche. Labellisé par les pôles de compétitivité Cara, Mov'eo, Capenergies et Véhicule du futur, il a été retenu lors du 23<sup>e</sup> appel à projets du Fonds unique interministériel (FUI). IFPEN, en collaboration avec Enogia, est en charge du développement du prototype du système de récupération d'énergie thermique ORC et d'évaluer les performances des composants.

**Développer l'électrification des véhicules**

L'électrification des véhicules est un élément clé pour réduire la consommation de carburant et limiter l'impact des transports sur l'environnement et la santé. Déjà en forte croissance, elle s'appuiera dans un premier temps sur différentes solutions d'hybridation adaptées aux usages. Les travaux d'IFPEN dans ce domaine couvrent le développement de machines électriques innovantes, efficaces et à forte puissance massive, ainsi que leur électronique de puissance. IFPEN conçoit également des technologies de récupération de l'énergie thermique perdue. Enfin, en raison de l'architecture complexe des véhicules électrifiés, la gestion de l'énergie à bord fait aussi l'objet de travaux d'optimisation.

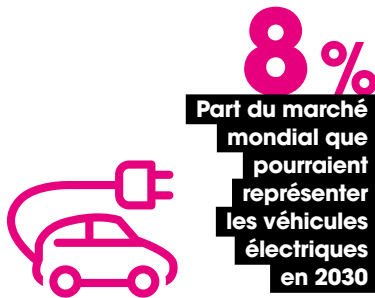
**FAITS MARQUANTS****E-TURBO : UN TURBOCOMPRESSEUR QUI PRODUIT DE L'ÉLECTRICITÉ**

La majorité des moteurs thermiques actuels utilisent un turbocompresseur pour améliorer les performances et la consommation du véhicule, en récupérant une partie de l'énergie perdue dans les gaz d'échappement. IFPEN et son partenaire Mavel vont plus loin en développant une solution originale de turbocompresseur électrifié, le

e-turbo. L'objectif : améliorer les prestations en accélération et l'agrément de conduite, mais également réduire la consommation de carburant en rendant plus performant le fonctionnement du moteur et en récupérant encore davantage d'énergie à l'échappement. Un démonstrateur, conçu et testé en 2017, a permis de valider le concept de la machine électrique innovante adaptée à cette application, très exigeante en termes mécanique et électrique en raison du très haut régime de rotation. Il confirme la capacité d'IFPEN à développer des systèmes électriques complexes et énergétiquement efficaces. Mis au point initialement pour des véhicules sportifs, le e-turbo est aussi destiné aux véhicules de moyenne gamme, au transport de marchandises et aux engins de chantier.

**PREMIERS ESSAIS CONCLUANTS POUR UN MODULE D'ORC APPLIQUÉ AUX CHALUTIERS**

Lancé en 2014, le projet européen EfficientShip vise à réduire de 5 % la consommation de carburant des chalutiers et à sensibiliser le secteur maritime à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Partenaires du projet, Enogia, IFPEN et CNR-Ismar ont adapté aux bateaux de pêche un système de récupération d'énergie thermique ORC (Organic Rankine Cycle, cycle de Rankine organique). Celui-ci permet de transformer en électricité la chaleur perdue des gaz d'échappement des moteurs. En 2017, les premiers essais du module installé sur un chalutier pilote se sont révélés concluants puisque les premiers kilowatts électriques ont été produits. Les tests du prototype vont se poursuivre sur quelques mois afin d'alimenter les auxiliaires électriques à bord, dont l'énergivore machine à glace, indispensable à la conservation des poissons. L'extrapolation des résultats permettra d'évaluer l'intérêt de la technologie ORC pour d'autres types de navire.



## Récupérer l'énergie thermique à basse température

IFPEN et son partenaire Enogia, spécialiste de la récupération de chaleur, développent un système ORC capable de valoriser l'énergie thermique du circuit de refroidissement des moteurs. Une approche originale qui réduit les contraintes, et permet ainsi de rendre le système plus léger et plus compact, moins coûteux, plus fiable et plus facile à intégrer. Adaptable aux poids lourds comme aux véhicules légers, en motorisation essence ou Diesel, cette solution permet de diminuer de 2 à 3 % la consommation de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub> en utilisation courante.

## De l'apport des analyses de cycle de vie pour une mobilité durable

Afin d'atteindre la neutralité carbone du secteur des transports en 2050, plusieurs solutions émergent parmi lesquelles l'électrification des véhicules sous différentes formes (batterie, hybridation légère, hybridation rechargeable), l'amélioration des performances des motorisations et de leur post-traitement et l'incorporation de biocarburants. IFPEN utilise la méthode des analyses de cycle de vie (ACV) pour étudier les performances environnementales des différentes motorisations envisagées, en prenant en compte à la fois le cycle de vie du véhicule et les vecteurs énergétiques associés (carburants fossiles, biocarburants, électricité). Cette approche permet ainsi de comparer les différents scénarios de déploiement de la mobilité durable et d'identifier les plus bénéfiques pour l'environnement.

## Progresser vers une mobilité connectée

À l'instar de nombreux segments de l'économie, le secteur des transports connaît aujourd'hui une double révolution : technologique et d'usage, avec l'apparition de nouvelles formes de mobilité. Dans ce contexte, les technologies du numérique représentent un levier intéressant pour évoluer vers une « écomobilité » plus propre et plus sûre. Parce que l'impact énergétique et environnemental d'un véhicule dépend de son usage en conditions réelles, IFPEN développe des services et des solutions logicielles pour véhicules connectés dédiés à l'analyse énergétique, à l'écoconduite, au monitoring des émissions polluantes et à l'analyse de la conduite sur le plan de la sécurité.

### FAIT MARQUANT

#### TOUJOURS PLUS DE SERVICES POUR LES VÉHICULES CONNECTÉS

IFPEN exploite les possibilités offertes par la mobilité connectée pour mettre au point de nouveaux services innovants. En 2017, deux domaines ont été privilégiés : la réparation automobile et la qualité de l'air. La première solution développée concerne ainsi le télédiagnostic du niveau d'usure de pièces telles que les plaquettes de frein, les pneumatiques ou les batteries. La seconde porte, quant à elle, sur la quantification et le monitoring des émissions polluantes associées au trajet d'un véhicule, enregistré via une application smartphone ou un boîtier télématique. Ces solutions différenciantes sur le marché sont venues enrichir la gamme de services de DriveQuant, start-up créée en février 2017 par IFPEN. Elles complètent celles déjà proposées sur l'analyse énergétique, la sécurité au volant et l'écoconduite.

## Pour une approche globale de la mobilité connectée

Du vélo au poids lourd en passant par le véhicule particulier, IFPEN propose des solutions d'écomobilité adaptées à différents types de transport :

- à travers l'application smartphone Geco air, qui analyse les émissions polluantes et de CO<sub>2</sub> liées aux déplacements de ses utilisateurs, quel que soit le type de transport utilisé, pour les aider à réduire leur impact environnemental ;
- avec La compagnie des mobilités, pour intégrer à l'application smartphone de calcul d'itinéraire vélo Geovelo des modules permettant d'évaluer la dépense énergétique associée à un trajet ou de qualifier l'état des pistes cyclables en temps réel ;
- ou encore avec Michelin Solutions, via le développement de l'offre Mybestroute lancée en 2017 et qui permet aux professionnels du transport poids lourd d'identifier le meilleur itinéraire en termes de consommation, de durée et de coût du trajet.



**FAIT MARQUANT****FAIRE ÉVOLUER LES CONDUCTEURS  
VERS DES « ÉCOMOBILISTES »  
AVEC GECO AIR**

Développée par IFPEN, l'application Geco air estime en temps réel les émissions polluantes et de CO<sub>2</sub> d'un trajet. Lancée début 2017, Geco air a d'ores et déjà suscité l'intérêt de nombreux particuliers mais aussi des collectivités locales, ainsi que des acteurs de la qualité de l'air. Preuve de cette dynamique, le succès de la 4<sup>e</sup> édition du challenge d'écoconduite interentreprises en région lyonnaise, basé cette année sur l'utilisation de l'application. Organisé avec le Grand Lyon et l'ADDVC (Association pour le développement durable de la Vallée de la chimie), ce challenge vise à sensibiliser les automobilistes aux atouts d'une conduite plus économe et plus écologique, tout en permettant à leur entreprise d'évaluer et de contribuer à la réduction de l'empreinte environnementale de leurs salariés. Au total, 61 établissements ont participé au challenge – un record – et 204 000 km ont été parcourus en mode écomobilité.

**±20%**

**Variation des émissions  
de CO<sub>2</sub> selon les conducteurs  
pour un même trajet urbain**

**ALEXANDRE CHASSE**

Chef du projet Télédiagnostics  
et gestion de flottes à IFPEN

« IFPEN et Michelin Solutions ont signé en juillet 2017, pour cinq ans, un accord de collaboration visant à poursuivre les travaux conduits depuis 2015 afin de réduire la consommation des poids lourds et les dépenses en carburant associées, qui peuvent représenter jusqu'à 30 % des coûts pour les gestionnaires de flottes. Un premier axe de travail a abouti à la commercialisation de l'offre Mybestroute de Michelin Solutions. Sa plus-value réside dans la précision et la fiabilité des prédictions de consommation des poids lourds, rendue possible par l'approche adoptée, basée sur la modélisation du trajet et la prise en compte de paramètres tels que la charge du véhicule ou le dénivelé du parcours. D'autres axes de collaboration, comme l'écoconduite et le diagnostic énergétique, sont à l'étude. »

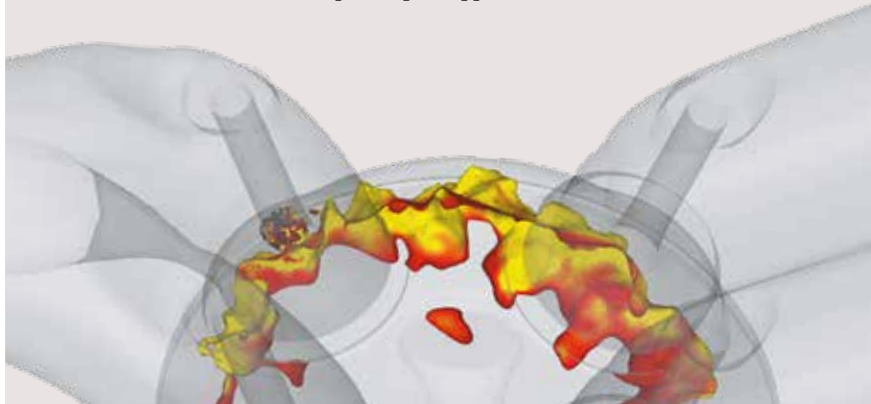
**x4****Évolution attendue****du marché du véhicule connecté entre 2015 et 2020****Améliorer les motorisations thermiques**

Dans un contexte marqué par les orientations du plan Climat, avec la fin annoncée des motorisations émettant des gaz à effet de serre à l'horizon 2040, les effets du « Dieselgate » et le durcissement des normes environnementales à l'échelle mondiale, l'offre des industriels est aujourd'hui en pleine mutation. Dans cette transition, les moteurs essence, intégrés dans des chaînes de traction hybridées, vont jouer un rôle essentiel à court et moyen termes pour la majorité des véhicules routiers. Le gazole, quant à lui, restera le carburant de référence des véhicules industriels et des poids lourds, et le kérosène celui de l'aéronautique. En phase avec la réalité du marché, IFPEN mène des recherches visant à améliorer le rendement des moteurs thermiques tout en réduisant les émissions de polluants, via l'optimisation des technologies existantes et l'introduction de solutions en rupture.

**FAIT MARQUANT****LOGICIELS DE MODÉLISATION ET SIMULATION :  
CONFIANCE RENOUVELÉE DES PARTENAIRES D'IFPEN**

Dans le cadre de ses travaux de R&I, IFPEN développe des outils logiciels pour la conception des groupes motopropulseurs (GMP), commercialisés par différents partenaires. Deux contrats de collaboration majeurs ont ainsi été renouvelés en 2017 :

- le premier pour une durée de cinq ans avec Convergent Science Inc., partenaire leader mondial des logiciels de modélisation 3D de la combustion moteur. Ce nouveau cycle élargit le périmètre de la collaboration, notamment à la simulation aux grandes échelles (LES pour Large Eddy Simulation) ;
- le deuxième pour une durée de quatre ans avec Siemens PLM Software, partenaire leader mondial dans les outils de simulation système. Fruit d'une collaboration initiée par IFPEN avec la PME française Imagine il y a plus de 15 ans, la plateforme LMS Imagine.Lab Amesim de Siemens PLM Software a intégré en 2017 l'outil HOT (Hybrid Optimization Tool) issu de la R&I d'IFPEN. Cet outil vise à faciliter la conception et l'optimisation des GMP hybrides, en permettant d'identifier les avantages et inconvénients d'une architecture ou d'un composant par rapport à un autre.



**FAIT MARQUANT****EN ROUTE VERS DES MOTEURS ESSENCE À HAUT RENDEMENT**

Augmenter significativement le rendement thermodynamique des motorisations essence fait partie des axes de recherche d'IFPEN. Des systèmes de combustion optimisés par une approche originale d'aérodynamique interne ont ainsi été identifiés et développés en 2017. Présentée au congrès d'Aix-la-Chapelle en octobre, une démonstration sur un moteur 1 litre – 3 cylindres – 2 soupapes par cylindre a permis d'atteindre un rendement effectif maximum de 42,5 % et des rendements supérieurs à 40 % sur une très large plage de fonctionnement. Autre projet dans ce domaine, Eagle (Efficient Additivated Gasoline Lean Engine) a été lancé en 2016 dans le cadre du programme européen Horizon 2020. Piloté par IFPEN, ce projet rassemble neuf partenaires pour une durée de trois ans et demi. Il vise à développer une motorisation essence pour une application hybride permettant des pics de rendement de 50 %. Différentes technologies sont évaluées à cette fin, dont une isolation thermique intelligente pour la chambre de combustion, un système d'allumage innovant, l'utilisation d'hydrogène comme additif à l'essence et un système de dépollution adapté au fonctionnement en mélange pauvre.

**« Dieselgate » : IFPEN membre de la commission pour le contrôle des émissions de polluants**

À la suite de l'affaire Volkswagen, le ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer a lancé fin 2015 une enquête approfondie portant sur 86 véhicules équipés de motorisations Diesel et commercialisés en France. Ils ont été testés sur banc à rouleau et sur piste dans le but de détecter des anomalies dans les dispositifs de dépollution. IFPEN, membre de la commission indépendante, a été mandaté pour analyser les résultats et formuler des recommandations dans un rapport paru en juillet 2016. Dix véhicules ayant montré des niveaux d'émissions particulièrement élevés ont également fait l'objet d'une étude approfondie menée par IFPEN et d'un rapport paru en avril 2017.



Retrouvez  
le rapport  
complémentaire  
d'avril 2017

# 66 g/km

**Objectif moyen d'émissions de CO<sub>2</sub> fixé par l'Union européenne pour les voitures neuves à l'horizon 2030**



# 14%

**des émissions urbaines de particules en France sont issues du secteur des transports**

**FAIT MARQUANT****NOUVELLES AVANCÉES EN POST-TRAITEMENT AUTOMOBILE**

IFPEN poursuit ses recherches pour améliorer la performance de ses solutions de dépollution. En 2017, une zéolithe permettant d'accroître la conversion des oxydes d'azote à basse température lors de la réduction catalytique sélective (SCR pour Selective Catalytic Reduction) a été identifiée. D'autres investigations seront menées pour vérifier sa capacité à augmenter la sélectivité du catalyseur et à limiter les rejets d'ammoniac dans les gaz d'échappement. Dans le domaine des filtres à particules, un fluide multifonction permettant d'apporter l'ammoniac nécessaire à la catalyse SCR et d'améliorer la régénération du filtre à particules en abaissant la température de combustion des suies a été mis au point. À la clé : un système de post-traitement simplifié et une consommation de carburant réduite. Enfin, IFPEN participe au projet européen Soreal-23, qui vise à caractériser des appareils de mesure de particules inférieures à 23 nanomètres.

## Optimiser l'utilisation des carburants

**Q**uel que soit le type de carburant utilisé, conventionnel ou alternatif, l'adéquation entre le moteur et le carburant permet de garantir des performances énergétiques et environnementales optimales. L'introduction de carburants à bas carbone (gaz naturel, biocarburant, hydrogène, etc.) requiert en particulier des technologies spécifiques. IFPEN travaille au développement de nouveaux couples moteur/carburant à faibles émissions et à forte efficacité énergétique, avec un focus particulier sur le gaz naturel, qui offre des perspectives intéressantes. La problématique de la production des carburants alternatifs est traitée dans le chapitre « Énergies nouvelles » (voir page 20).

### FAIT MARQUANT

#### TESTS EN USAGE RÉEL DE VÉHICULES ÉQUIPÉS DU CONCEPT CIGAL

Lancé en juillet 2016, le projet Casual, financé par l'Ademe Auvergne-Rhône-Alpes, est entré dans une phase d'expérimentation en 2017. Ce projet associe IFPEN et Warning, une entreprise spécialisée dans la livraison de marchandises en milieu urbain. D'une durée d'un an, dont six mois de roulage sur une mini-flotte de véhicules, Casual fait la démonstration de l'intérêt en usage réel du concept Cigal développé par IFPEN. Dans un contexte d'accès de plus en plus contraint aux centres-villes, ce concept, qui repose sur l'injection simultanée de gaz et d'essence dans un moteur thermique, représente une étape importante dans la transition énergétique avant le tout électrique. Cette campagne de tests a également permis de recueillir des informations sur les consommations respectives des deux carburants, afin d'optimiser les réservoirs utilisés.



Entretien avec  
**ARTHUR LEROUX**, Président d'ENOGIA

*Créée en 2009, Enogia est une start-up française spécialisée dans les systèmes de récupération d'énergie thermique ORC\*. Elle travaille en partenariat avec IFPEN depuis 2014 pour étendre sa gamme d'applications.*

#### Quels marchés ciblez-vous ?

*Au démarrage de notre activité, nous avons privilégié des applications stationnaires, principalement dans le domaine des énergies renouvelables : installations de cogénération biomasse et biogaz, centrales géothermiques, etc. Nous voulons devenir leaders sur ce segment mais aussi élargir notre périmètre au marché des transports, notamment grâce à la miniaturisation.*

#### Pourquoi un partenariat avec IFPEN ?

*Les chercheurs d'IFPEN travaillaient déjà sur la récupération de chaleur sous l'angle système. Nous apportons une approche composant qui vient enrichir la réflexion commune. Par ailleurs, les moyens d'essais d'IFPEN sont bien supérieurs aux nôtres et nous permettent d'accélérer la mise sur le marché de nos produits. Enfin, les équipes d'IFPEN ont une capacité de veille prospective que nous n'avons pas en tant que start-up. C'est sous leur impulsion que nous nous sommes tournés vers les applications transport. J'ajouterais que nous avons trouvé auprès d'IFPEN une compréhension très fine des enjeux d'une start-up, ce qui est rare et précieux.*

#### Sur quels projets travaillez-vous ensemble ?

*Nous avons plusieurs applications à l'étude dans les secteurs automobile, ferroviaire et maritime. Nous développons aussi une turbine de 100 kW pour applications stationnaires, afin de pouvoir adresser des marchés aux besoins de puissance supérieurs à ceux couverts par notre gamme de produits.*

\* Organic Rankine Cycle, cycle de Rankine organique

# ÉNERGIES NOUVELLES

La transition énergétique et la lutte contre le changement climatique reposent sur l'exploitation de nouvelles ressources comme la biomasse lignocellulosique ou les énergies marines, dont le potentiel est appelé à se développer. IFPEN met au point des procédés de production de carburants durables à partir de biomasse utilisables dans les moteurs conventionnels, ainsi que des procédés de production d'intermédiaires chimiques biosourcés. Ses activités visent également à proposer des solutions technologiques pour le développement des énergies marines. En adjacence à ces travaux, IFPEN s'intéresse également aux technologies de stockage de l'énergie. Enfin, dans un objectif de réduction à la source des émissions de CO<sub>2</sub>, IFPEN œuvre à l'avancement des procédés de captage du CO<sub>2</sub>.

## Produire des biocarburants

**2020  
-2030**

**Décennie qui verra  
l'essor industriel des  
biocarburants 2G**

**P**artout dans le monde, les travaux de R&I concernant la production de biocarburants portent essentiellement sur le développement des filières dites de 2<sup>e</sup> génération (2G), utilisant la ressource lignocellulosique telle que les résidus agricoles ou forestiers, sans concurrence avec l'alimentation humaine. IFPEN étudie les deux voies principales de conversion de la biomasse en carburant : la voie biochimique (production de bioéthanol) et la voie thermo-chimique (production de biogazole et de biokérosène), aussi appelée filière BtL (*Biomass to Liquid*). Ses travaux portent sur l'ensemble de la chaîne de procédés, du prétraitement de la lignocellulose à la production du carburant, en passant par l'optimisation de l'intégration des différentes étapes, tant sur le plan économique qu'environnemental.

### FAIT MARQUANT

#### DERNIÈRES ÉTAPES AVANT LA COMMERCIALISATION DU PROCÉDÉ FUTUROL

Dans le domaine de la conversion biochimique, IFPEN participe au projet collaboratif Futurol, qui vise le développement et la mise sur le marché d'une chaîne complète de production de bioéthanol de 2<sup>e</sup> génération, compétitive sur le plan économique. Après la mise en service en 2016 du prototype industriel de prétraitement de la biomasse, installé dans la sucrerie industrielle de Tereos à Bucy-le-Long (Aisne), le projet a franchi une nouvelle étape clé en 2017. Une campagne de tests menée sur ce prototype a en effet permis d'acquies les paramètres techniques nécessaires pour valider l'extrapolation industrielle de la technologie. De nouveaux essais seront réalisés en 2018 sur le pilote de Pomacle (Marne) afin de qualifier un large spectre de biomasses et compléter le dossier procédé. La commercialisation du procédé est assurée par Axens.



**FAIT MARQUANT****DÉMARRAGE À FROID RÉUSSI DES UNITÉS PILOTES DU PROJET BIOTFUEL**

*En matière de conversion thermochimique, IFPEN est l'un des acteurs du projet BioTfuel, dont l'objectif est de développer et mettre sur le marché une chaîne de production de biodiesel et de biokérosène de 2<sup>e</sup> génération à l'horizon 2020. En 2017 s'est achevée la construction des deux pilotes de démonstration : l'un pour le prétraitement de la biomasse par torréfaction sur le site du groupe Avril à Venette (Oise) ; l'autre pour la gazéification de la biomasse torréfiée sur un site mis à disposition par Total près de Dunkerque. Les deux unités pilotes ont démarré en fin d'année, la phase de tests à froid et les premiers tests R&I seront lancés en 2018.*

*Ils permettront de valider l'enchaînement des technologies retenues et de garantir l'extrapolation à l'échelle industrielle, ainsi que l'efficacité globale de la chaîne de procédés.*

## **IFPEN, co-animateur de la solution Nouvelles ressources**



IFPEN anime, aux côtés de Veolia, la solution Nouvelles ressources, une des neuf solutions de la Nouvelle France industrielle, qui prend la suite des plans Chimie verte et biocarburants et Recyclage et matériaux verts. IFPEN y pilote le groupe thématique Biocarburants avancés et participe au groupe Chimie biosourcée. Dans ce cadre, IFPEN a notamment participé à l'organisation en avril 2017 d'un séminaire avec la Direction générale des entreprises (DGE) sur les conditions pour l'émergence en France d'une filière de production industrielle de biocarburants lignocellulosiques.

## **Produire des bases pour une chimie verte**

La chimie biosourcée est désormais considérée comme une voie réaliste, à terme, pour produire la plupart des grands intermédiaires pétrochimiques actuellement issus des ressources fossiles, notamment pour la production de plastiques. Il sera également possible de produire de nouvelles molécules avec de nouvelles fonctionnalités. Cette tendance s'inscrit dans un contexte de demande croissante de la part des consommateurs en produits biosourcés et de déficit dans l'approvisionnement mondial pour certains aromatiques et oléfines. IFPEN travaille au développement de procédés, catalyseurs et biocatalyseurs pour la transformation de la biomasse en alcools, oléfines et aromatiques.

**FAIT MARQUANT****VALIDATION D'UN PILOTE POUR LA PRODUCTION DE BIO-AROMATIQUES**

*IFPEN, Axens et la société américaine Anellotech se sont associés en 2015 pour développer Bio-TCat, un procédé de conversion thermocatalytique de la biomasse lignocellulosique pour la production de bio-aromatiques (BTX pour benzène, toluène et xylènes). En 2017, un important jalon a été franchi avec la mise en opération de l'unité pilote installée sur le site de Silsbee au Texas, visant à tester la viabilité du procédé à l'échelle industrielle. Les premiers tests, très positifs, ont permis de valider les technologies et le contrôle de procédé du pilote. Un important programme d'essais est prévu en 2018 et 2019 afin d'acquérir les données opérationnelles nécessaires à l'extrapolation du procédé à l'échelle industrielle. Au terme du développement, l'industrialisation et la commercialisation de ce procédé seront assurées par Axens.*



## FAIT MARQUANT

**PRODUCTION DE BIOBUTADIÈNE :  
LE PROJET BIOBUTTERFLY TIENT  
SES PROMESSES**

Les travaux de recherche menés par IFPEN, Michelin et Axens dans le cadre du projet BioButterfly ont abouti en 2017 à une première expérimentation sur pilotes, installés sur le site d'IFPEN à Lyon. Objectif de ce projet soutenu par l'Ademe : tester les différentes opérations de catalyse et de séparation qui, une fois intégrées, permettront de produire du butadiène (intermédiaire chimique utilisé dans la fabrication des caoutchoucs synthétiques) à partir de biomasse. Les données expérimentales acquises ont confirmé la performance économique et environnementale du procédé par rapport à la voie fossile. Par ailleurs, un démonstrateur préindustriel a été défini, sa construction doit être décidée en 2018. Le cas échéant, ce démonstrateur permettra de valider le fonctionnement du procédé et la qualité du butadiène produit. Les partenaires ciblent une industrialisation à l'horizon 2020.

10%

Estimation de la croissance moyenne annuelle de la production de plastiques biosourcés sur la période 2017-2030

**Investir de nouveaux marchés  
liés aux énergies nouvelles**

De nouvelles thématiques de R&I, tirées par les marchés de la transition énergétique et de l'économie circulaire, font aujourd'hui leur apparition. Les domaines investis par IFPEN couvrent les procédés de transformation de matières usagées, comme les plastiques, vers les grands intermédiaires pour la chimie, ainsi que les technologies de purification des biogaz ou encore des effluents aqueux, en vue du recyclage des eaux industrielles.

## FAITS MARQUANTS

**PURIFICATION DU BIOGAZ : PREMIÈRE DÉMONSTRATION  
MONDIALE D'UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE**

IFPEN est associé depuis 2015 à la PME Arol Energy au sein du projet Biomet, soutenu par l'Ademe, qui a pour objectif la valorisation énergétique du biogaz issu de méthanisation. La purification du biogaz s'effectue grâce à une technologie de lavage aux amines développée par IFPEN, permettant à la fois de réduire l'empreinte carbone et d'augmenter la rentabilité économique du procédé. Cette technologie de purification a fait l'objet d'une démonstration en 2017 sur le site de méthanisation territoriale Terragr'Eau à Évian. Du biogaz a pu y être purifié au-delà de la spécification réglementaire et a été injecté dans le réseau de gaz naturel géré par GRDF. Les premiers résultats obtenus confirment la performance de cette technologie baptisée AE-Amine, déjà prête pour un déploiement à l'échelle industrielle.



10%

Objectif d'incorporation de gaz vert dans la consommation de gaz en France à l'horizon 2030\*

\* Objectif fixé par la loi pour la transition énergétique et la croissance verte

**UN NOUVEL ADSORBANT  
POUR L'EXTRACTION DU LITHIUM**

Pour optimiser la productivité des gisements de lithium présents dans les sols salins, IFPEN et son partenaire Eramet développent un procédé d'extraction intensifié reposant sur un adsorbant sélectif. Il permettra de mieux exploiter les sources existantes, avec une empreinte environnementale réduite. Une nouvelle formulation d'adsorbant a été validée en 2017 en conditions opérationnelles, démontrant de bonnes performances en termes de rendement, de résistance mécanique et de sélectivité. Les opérations unitaires du procédé ont également été testées. Ces travaux visent à préparer une mise en œuvre industrielle à l'horizon 2020 sur le site d'extraction argentin d'Eramet.



## Développer l'éolien offshore et les énergies marines

L'éolien offshore, comme l'énergie des courants et de la houle, représente une voie d'avenir dans le domaine des énergies renouvelables, mais encore peu exploitée. IFPEN contribue à son essor en s'appuyant sur ses compétences historiques à la fois dans le domaine de l'offshore pétrolier et du contrôle avancé pour l'automobile. Grâce à cette expertise, IFPEN est positionné sur plusieurs segments de la chaîne de valeur, depuis l'évaluation de la ressource jusqu'à la mise au point de systèmes de contrôle performants pour éoliennes terrestres et offshore. IFPEN contribue également au développement d'une technologie houlomotrice performante, valorisable par l'industrie.

### FAIT MARQUANT

#### LANCEMENT D'UN PROJET DE DÉMONSTRATION HOULOMOTEUR

*Si quelques démonstrateurs sont actuellement en test dans le monde, les systèmes houlomoteurs se trouvent aujourd'hui à un stade très amont de développement. Dans ce domaine, IFPEN participe au projet S3, lancé début 2017 pour quatre ans avec SBM Offshore, qui en est le pilote, et l'École centrale de Nantes. Soutenu par l'Ademe, ce projet a pour objectif de réaliser et tester en conditions réelles un démonstrateur houlomoteur reposant sur un système innovant de machine conçu par SBM Offshore. Celui-ci utilise des polymères électro-actifs qui se déforment sous l'action de la houle, convertissant ainsi directement l'énergie des vagues en électricité. IFPEN est en charge du développement des stratégies de prédiction à court terme de la houle, qui rendront possible le contrôle actif de la machine et augmenteront sa capacité de production électrique.*

## Les technologies du digital au service des NTE

Les secteurs de l'éolien, des énergies marines ou du stockage d'énergie sont des domaines où l'utilisation de technologies liées au digital est relativement répandue. À titre d'exemple, l'offre d'IFPEN repose d'ores et déjà sur des approches centrées sur les mesures, telles que les solutions logicielles Wise-Lidar et Wise-Control. Il s'agit désormais pour IFPEN de faire évoluer cette offre digitale avec ses partenaires, en exploitant toujours plus les possibilités offertes par le numérique.



## Des logiciels « dans le vent »

En partenariat avec Leosphere, IFPEN développe des solutions permettant d'utiliser les mesures de vent fournies par des capteurs lidar afin d'accroître la productivité énergétique et de réduire les coûts d'exploitation des éoliennes. Un premier volet de cette collaboration porte sur le traitement de la mesure lidar. Il a donné naissance au logiciel Wise-Lidar, qui permet d'affiner les prédictions de la ressource en vent et ainsi de mieux évaluer la rentabilité d'un projet éolien. Le second volet concerne le développement de solutions de contrôle pour piloter l'orientation des éoliennes en fonction du vent (système Wise-Control testé dans le cadre du projet ANR SmartEole).

### FAIT MARQUANT

#### NOUVELLES MESURES PAR LIDAR POUR LE PROJET SMARTEOLE

*Dans le cadre du projet ANR SmartEole visant à améliorer la productivité et la durée de vie des éoliennes grâce à des technologies de contrôle avancé, IFPEN, en coopération avec Avent Lidar Technology (groupe Leosphere) développe et teste une solution logicielle et matérielle innovante baptisée Wise-Control. Basée sur la mesure de vent par lidar, elle permet d'estimer le champ de vent en temps réel pour adapter l'orientation de la nacelle et des pales dans*



*la direction optimale. En 2017, une campagne d'essais réalisée sur une éolienne terrestre a démontré la pertinence de cette solution : des gains de production potentiels significatifs et une réduction des efforts mécaniques ont été mis en évidence. L'augmentation de l'efficacité de la production et la réduction des coûts de maintenance sont des leviers majeurs de développement de l'énergie éolienne.*





# 5 à 20%

**Part de la consommation électrique mondiale que représente le potentiel énergétique des vagues**



## Entretien avec **ANTOINE LE COTTY**

Directeur technique  
Énergies renouvelables,  
SBM Offshore

**SBM Offshore, un des leaders mondiaux des systèmes flottants pour le secteur de l'énergie, a conçu une solution de flotteur et d'ancrage pour éolienne offshore avec la collaboration d'IFPEN.**

### Quelle est votre vision du marché des énergies marines renouvelables (EMR) ?

Le secteur de l'énergie est en mutation et s'oriente vers un mix énergétique dont les EMR seront partie intégrante. Après l'accélération qui s'est produite dans l'éolien offshore posé depuis une décennie, un développement industriel de l'éolien flottant serait complémentaire. L'énergie houlomotrice a aussi toute sa place, à condition de mettre au point des systèmes efficaces opérationnellement. D'une manière générale, les clients recherchent des acteurs ayant de l'expérience et une capacité à appréhender les enjeux de l'exécution des projets et des opérations offshore.

### Comment fonctionne le partenariat signé en 2015 avec IFPEN ?

L'éolien flottant nécessite une connaissance de l'énergie, de l'offshore et de l'éolien, mais aussi des outils d'analyse nouveaux. Nos compétences, unies à celles d'IFPEN, couvrent l'ensemble de ce périmètre. La coopération se déroule remarquablement bien et les interactions sont naturelles, ce qui traduit un partenariat basé sur une synergie réelle.

### Quels sont les défis à relever sur les projets ?

Nous avons formulé une proposition technique prometteuse, portée par deux acteurs crédibles et complémentaires. Le principal défi est la mise au point technologique d'une solution complète couplée flotteur/turbine. Parallèlement, il s'agit de préparer l'évolution vers des applications pour fermes commerciales.

## Développer le stockage d'énergie

L'urgence des énergies renouvelables variables, comme le solaire ou l'éolien, nécessite de mettre en place des solutions pour en lisser les variations, garantir la stabilité du réseau de distribution et répondre aux pics de consommation qui résulteront du développement de l'électrification dans de nouveaux secteurs, tels que les transports. Parmi les options possibles, on compte la densification et l'interconnexion accrue des réseaux de transport et de distribution, mais aussi le stockage stationnaire d'énergie électrique. C'est sur ce dernier segment qu'IFPEN concentre son activité. Par ailleurs, IFPEN s'intéresse aussi à la problématique du stockage souterrain, en particulier du gaz naturel. L'enjeu majeur pour ce type de stockage est d'en assurer le confinement et d'être en mesure de prendre à temps, si nécessaire, toute mesure de remédiation appropriée.

### FAITS MARQUANTS

#### BATTERIES À FLUX : UNE TECHNOLOGIE PROMETTEUSE À L'ÉTUDE

En matière de stockage stationnaire d'énergie, IFPEN cible le développement de technologies alternatives aux batteries Li-ion, actuel standard du marché, et s'intéresse plus spécifiquement aux batteries redox à flux, aussi appelées batteries à circulation. Dans ce type de batteries, des électrolytes liquides stockent l'énergie sous forme électrochimique et circulent à travers des membranes échangeuses d'ions, générant ainsi de l'électricité par une réaction d'oxydoréduction. Ces batteries présentent un double avantage : elles peuvent être dimensionnées en puissance et en énergie à façon, et supportent un nombre très important de cycles de recharge. L'enjeu majeur concerne la mise au point de nouveaux électrolytes moins coûteux et plus performants sur le plan énergétique, sujet sur lequel IFPEN concentre son activité. Ses travaux vont de la compréhension des mécanismes à la modélisation multiphysique et multi-échelle de la technologie, en vue de son optimisation.

#### PREMIÈRE INDUSTRIELLE POUR LE DÉTECTEUR DE MÉTHANE GASMAT

Dans le domaine du stockage souterrain du gaz naturel, IFPEN et son partenaire Aerovia ont conçu le système d'échantillonnage d'air mobile GasMap, permettant d'aider les opérateurs à mieux détecter d'éventuelles fuites de méthane sur leurs sites de stockage géologique. Embarqué à bord d'un véhicule, il mesure en temps réel la concentration de méthane au niveau du sol et dans l'atmosphère. En cas d'anomalie, des traceurs complémentaires permettent de distinguer une fuite d'un rejet biogénique. Une campagne de mesures menée en 2017 sur le site de stockage d'un industriel a démontré la performance de ce dispositif pour identifier et cartographier les fuites dans le sous-sol et l'atmosphère. Des travaux de modélisation de la dispersion du gaz à partir des données de vent permettront à l'avenir d'affiner encore la précision de la détection et d'y associer des flux d'émissions. Ce système de surveillance de la qualité de l'air pourra trouver des applications dans d'autres domaines.

## Capter le CO<sub>2</sub>

**M**algré un contexte ne permettant pas encore son essor à l'échelle industrielle, la filière captage et stockage du CO<sub>2</sub> est toujours considérée comme un potentiel contributeur majeur à la baisse des émissions de CO<sub>2</sub> et à l'atteinte des objectifs définis par la COP 21. La création fin 2016 par dix grandes compagnies d'un fonds d'un milliard de dollars – l'*Oil & Gas Climate Initiative* – visant à développer des technologies pour réduire significativement les émissions de CO<sub>2</sub> au travers notamment du captage, du stockage et de l'utilisation du CO<sub>2</sub> (CCUS) va dans ce sens. Les travaux menés par IFPEN consistent à développer des technologies et des procédés capables de capter le CO<sub>2</sub> émis par les industries intensives en énergie (sidérurgie, cimenterie, raffinage ou pétrochimie). Deux axes de recherche sont privilégiés : le captage en postcombustion par solvant et l'oxycombustion à travers la combustion en boucle chimique.

### FAIT MARQUANT

#### LA COMBUSTION EN BOUCLE CHIMIQUE AU CŒUR D'UN NOUVEAU PROJET

*Aux côtés de Sintef et de Total, IFPEN compte parmi les neuf partenaires industriels, universitaires et institutionnels du projet Cheers, lancé en octobre 2017 pour cinq ans. Financé par le programme européen Horizon 2020 et la Chine, ce projet devrait faire progresser la technologie de captage du CO<sub>2</sub> par le procédé de combustion en boucle chimique (CLC pour Chemical Looping Combustion) mis au point par IFPEN et Total. Le pilote industriel construit en Chine permettra d'évaluer l'efficacité du procédé jusqu'à la production d'un flux de CO<sub>2</sub> « pur » qui pourrait être, au choix, stocké dans le sous-sol, valorisé pour la récupération assistée du pétrole ou recyclé par l'industrie chimique.*



**STÉPHANE BERTHOLIN**

Chef du projet Cheers pour IFPEN

« IFPEN, en partenariat avec Total depuis 2008, développe un procédé de combustion en boucle chimique (CLC) permettant de produire de l'énergie tout en captant le CO<sub>2</sub> émis. La CLC est un procédé de rupture qui consiste à utiliser l'oxygène contenu dans un solide porteur pour réaliser la combustion. Le solide se charge en oxygène par oxydation au contact de l'air dans un premier réacteur et restitue cet oxygène pour brûler le combustible dans un second réacteur. L'absence d'azote dans les fumées issues de cette combustion permet un captage aisé du CO<sub>2</sub> après condensation de la vapeur d'eau. Les recherches conduites par IFPEN et Total ont permis de développer des briques technologiques innovantes et d'identifier des matériaux synthétiques porteurs d'oxygène à fort potentiel technico-économique. Dans le cadre du projet sino-européen Cheers, IFPEN est notamment en charge de la conception du pilote de démonstration et de la sélection d'un solide porteur d'oxygène adapté au procédé. »



# HYDROCARBURES RESPONSABLES

L'industrie pétrolière et parapétrolière doit aujourd'hui satisfaire une demande en hydrocarbures qui reste soutenue, tout en réduisant fortement son empreinte environnementale et en consommant moins d'énergie. IFPEN met au point des procédés éco-efficaces pour la production de carburants, d'hydrogène et d'intermédiaires chimiques répondant aux normes les plus exigeantes. En outre, IFPEN développe des technologies de pointe dans des domaines ciblés tels que l'exploration ou la récupération assistée des hydrocarbures, afin de mieux produire les réserves existantes.

## 2035

Date à partir de laquelle la demande globale en carburant devrait se stabiliser\*



### FAIT MARQUANT

#### VERS DES PERFORMANCES ACCRUES EN CONVERSION PROFONDE DES RÉSIDUS

La sévérisation des spécifications de l'Organisation maritime internationale (International Maritime Organization ou IMO) pour les fiouls de soute renforce le besoin de procédés de conversion profonde des fractions lourdes. IFPEN accompagne l'adaptation du raffinage à cette évolution du marché en améliorant les performances du procédé Hydeep, commercialisé par Axens depuis 2016, et qui offre déjà des niveaux de conversion sans précédent (plus de 90 %). Ainsi, en 2017, les travaux de recherche se sont poursuivis afin de développer une version optimisée permettant de traiter des charges plus réfractaires et d'origines diverses, d'orienter la conversion en fonction des contraintes locales, mais aussi d'améliorer la performance économique et environnementale du procédé.

### Convertir et purifier les bruts lourds et les résidus

**S**i, à court terme, le contexte de faible prix du baril est peu favorable à la conversion des résidus et des bruts lourds en produits plus légers, ce marché apparaît comme porteur à moyen et long termes en raison, d'une part, de l'extinction progressive des fiouls lourds de basse qualité et autres résidus ultimes et, d'autre part, de l'augmentation de la part des pétroles lourds et extra-lourds dans l'approvisionnement pétrolier mondial. Dans ce domaine, IFPEN poursuit le développement de procédés et de catalyseurs permettant de convertir et purifier des charges de plus en plus lourdes, en vue d'en améliorer la flexibilité, l'efficacité énergétique et l'empreinte environnementale.

\* Avec une nette diminution des carburants associés à la mobilité particulière, compensée par la poursuite du développement du transport de marchandises et du transport aérien.

## Désulfuration profonde : aller toujours plus loin

Les nouvelles normes de l'IMO durciront les spécifications relatives à la teneur en soufre des carburants marins au niveau mondial à partir de 2020. Anticipant leur entrée en application, IFPEN travaille depuis plusieurs années sur l'amélioration de ses procédés de conversion et de désulfuration profonde. Cet effort de recherche a conduit à la mise au point d'un procédé innovant permettant de produire simultanément du fioul de soute à très basse teneur en soufre et des distillats à forte valeur ajoutée, tout en assurant la qualité de la fraction lourde. Grâce à l'intégration des opérations de désulfuration et de conversion, son efficacité énergétique et économique est également optimisée.



# 0,1%

**Teneur maximale en soufre dans les fiouls marins autorisée par l'IMO dans les zones ECA (mer Baltique, mer du Nord et côtes nord-américaines) depuis 2015**

### FAIT MARQUANT

#### ALLIANCE FCC : FIN D'UN CYCLE ET DÉBUT D'UN NOUVEAU

Dans le domaine de la conversion des charges lourdes, IFPEN mène des recherches pour rendre plus éco-efficient le cluster FCC (Fluid Catalytic Cracking ou craquage catalytique en lit fluidisé), qui comprend le prétraitement des charges du FCC et le procédé FCC lui-même. Ce dernier est développé dans le cadre de l'Alliance FCC, qui réunit depuis 35 ans IFPEN, Axens, Total et TechnipFMC. Les travaux de recherche conduits dans le cadre du cycle 2015-2017 de l'Alliance FCC ont permis de développer de nouvelles approches technologiques autour de ce procédé clé, le rendant plus flexible en termes de produits ciblés (bases pétrochimiques ou carburant), tout en réduisant son empreinte environnementale. Un nouveau cycle de trois ans démarre en 2018, centré sur une prise en compte renforcée des besoins couplés du raffinage et de la pétrochimie.



## Produire et purifier les carburants

Le durcissement des normes et réglementations liées aux carburants se poursuit au niveau mondial en vue d'améliorer la qualité de l'air, avec la généralisation de la teneur en soufre des essences et des gazoles à 10 ppm, ou encore la réduction de la teneur en oléfines et en benzène des essences. Pour y répondre, les travaux d'IFPEN portent sur la mise au point de catalyseurs et de procédés d'hydrotraitement, de reformage catalytique et d'isomérisation des paraffines pour la production d'essence, ainsi que d'hydrodésulfuration pour la production de gazoles et de kérosènes. Par ailleurs, IFPEN développe des technologies permettant d'offrir de la flexibilité aux opérateurs vis-à-vis des carburants produits, afin de faire face au déséquilibre de la balance essence/gazole dans certaines zones géographiques.



### FAIT MARQUANT

#### DES CATALYSEURS ADDITIVÉS POUR L'HYDROTRAITEMENT DES DISTILLATS MOYENS

Dans un contexte de durcissement des normes environnementales et de charges de plus en plus difficiles à traiter, la désulfuration des coupes gazoles requiert des catalyseurs toujours plus actifs. IFPEN a mis au point en 2017 une nouvelle technologie d'additivation des catalyseurs du procédé d'hydrotraitement Prime-D commercialisé par Axens, permettant d'augmenter leur performance tout en réduisant les coûts de production. Cette technologie a vocation à être déclinée à l'ensemble des catalyseurs d'hydrotraitement développés par IFPEN.

## FAITS MARQUANTS

**NOUVEAU PROCÉDÉ PRIME-G+ : MOINS DE SOUFRE, PLUS D'OCTANE**

Une nouvelle version du procédé d'hydrodésulfuration des essences Prime-G+ a été finalisée par IFPEN, en collaboration avec Axens, en 2017. Elle vise deux principaux marchés. D'une part, les États-Unis, où la sévèrisation des spécifications pour le soufre (norme Tier 3 passant de 30 à 10 ppm) entraîne un besoin de remodelage. Le schéma du procédé mis au point par IFPEN permet en effet de limiter les investissements nécessaires pour adapter les unités existantes. D'autre part, l'Asie, et notamment la Chine, où le respect de la nouvelle norme (10 ppm) s'accompagne d'une forte contrainte d'octane. Le procédé développé par IFPEN répond à ce besoin spécifique, puisqu'il offre une rétention d'octane maximum. Plus de 290 unités Prime-G+ ont été licenciées par Axens dans le monde à ce jour, faisant de ce procédé une référence en matière de production d'essence propre.

**MINI FORMAT, MAXI EFFICACITÉ POUR LES INTERNES D'HYDROCRAQUAGE**

Un nouvel interne de réacteur ultracompact destiné aux unités d'hydrocraquage a été développé par IFPEN en 2017, en collaboration avec Axens qui en assure la commercialisation. Son concept innovant permet de diviser par trois la hauteur des plateaux distributeurs, tout en garantissant une qualité de mélange et de distribution équivalente aux générations antérieures. À la clé, plus d'efficacité catalytique, ce qui offre aux raffineurs la possibilité de traiter une charge accrue et d'améliorer ainsi la compétitivité de leurs installations. Ce nouvel interne réduit également l'empreinte environnementale des procédés d'hydrocraquage.

**Traiter et convertir le gaz naturel**

IFPEN étudie la conversion du gaz naturel, d'une part, pour la production centralisée d'hydrogène à travers le développement de procédés à haute efficacité énergétique et émissions de CO<sub>2</sub> réduites, d'autre part, pour la production de carburant liquide. Cette dernière s'effectue par le biais du procédé Fischer-Tropsch. On parle de voie *GtL* (*Gas to Liquid*). Les recherches d'IFPEN sur la voie *GtL* portent sur la recherche de nouveaux catalyseurs et sur l'accroissement de la productivité du procédé, afin de réduire les coûts de la filière et d'en limiter l'impact environnemental. En outre, IFPEN s'intéresse à la désacidification du gaz naturel et propose une offre allant du design de procédé à la mise au point de solvants, en passant par le développement de garnissages pour les colonnes d'absorption.

## FAIT MARQUANT

**TRAITEMENT DE GAZ : RÉDUIRE LES COÛTS, ACCROÎTRE LA PERFORMANCE**

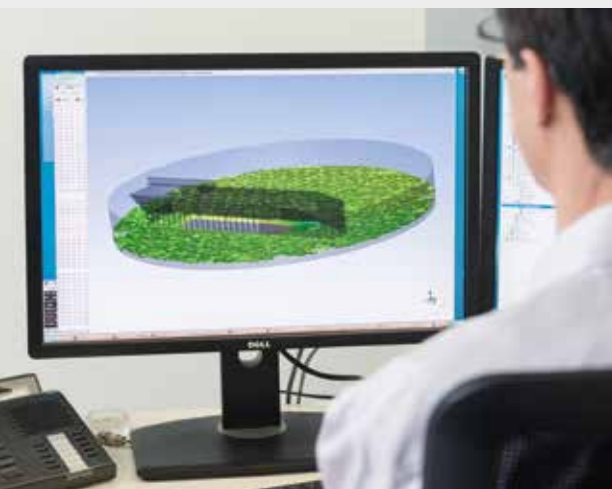
L'offre d'équipements d'IFPEN s'est enrichie en 2017 d'un nouveau distributeur de gaz. Assurant une meilleure distribution au sein des colonnes d'absorption, il permet d'en réduire la hauteur de plus de 10 %, diminuant ainsi le coût d'investissement pour les industriels. Il s'adapte aussi bien aux internes conçus par IFPEN qu'aux autres références du marché. Par ailleurs, une méthodologie permettant de caractériser finement les performances des internes a été mise au point et testée sur un garnissage commercial de dernière génération. Cette méthodologie doit permettre à Prosernat, filiale d'IFPEN, de formuler des offres optimisées auprès de ses clients. Enfin, en matière de procédés de désacidification, IFPEN travaille sur le développement d'un nouveau solvant.

40%

environ des réserves gazières commerciales sont acides et nécessitent d'être traitées

**Préparer la transformation digitale des raffineries**

Dans de nombreux secteurs d'activité, l'acquisition et l'exploitation des données sont devenues des leviers d'amélioration de la performance. Conscient de cet enjeu, IFPEN a lancé une réflexion sur le potentiel des technologies digitales pour optimiser l'opération des unités industrielles. Capteurs connectés, intelligence artificielle, apprentissage automatique ou encore clouds sont quelques-uns des concepts explorés. Ils donneront lieu à des démonstrations de faisabilité, ciblées dans un premier temps sur les procédés de reformage catalytique et de désulfuration des essences. À terme, cette démarche pourrait s'appliquer à l'ensemble des procédés de raffinerie, de pétrochimie et de bioraffinerie.



## Produire des intermédiaires pétrochimiques

Les intermédiaires pétrochimiques sont à l'origine de nombreux produits de la vie courante tels que les plastiques ou les fibres textiles synthétiques, qui connaissent une demande croissante au niveau mondial. La croissance du secteur de la pétrochimie est ainsi une tendance de fond. Les travaux d'IFPEN visent à mettre au point de nouveaux procédés de production d'oléfines (éthylène, propylène, butadiène, etc.) et d'aromatiques (benzène, toluène, xylènes) et à améliorer les performances des procédés existants, tout en accroissant le niveau de pureté des produits et en consommant moins d'énergie.



**ANNE-AGATHE QUINEAUD**  
Chef du projet Nouveau procédé d'hydrogénation de la coupe C2 à IFPEN

### FAIT MARQUANT

#### UN NOUVEAU TAMIS À HAUT RENDEMENT POUR LE PROCÉDÉ ELUXYL

IFPEN et Arkema ont finalisé en 2017 un nouveau tamis moléculaire destiné au procédé Eluxyl de séparation du paraxylène, produit majeur rentrant dans la formulation d'un polymère utilisé pour la fabrication des bouteilles en plastique et des fibres textiles synthétiques. Il offre un gain de productivité de 140 % par rapport à la génération précédente, tout en permettant de produire un paraxylène ultrapur, très recherché par l'industrie chimique. Cette innovation répond ainsi à une demande forte du marché. Elle consolide également le leadership d'Axens, qui commercialise le procédé Eluxyl et détient plus de 30 références dans le monde. Ces succès ont conduit Arkema à implanter une nouvelle unité de production dans son usine de Honfleur, où sont fabriqués les tamis moléculaires du procédé Eluxyl. Inaugurée en avril 2017, cette unité a doublé la capacité de production de l'usine et permis la création d'emplois locaux.

« Le marché de l'éthylène est en forte croissance, avec une demande tirée par les besoins en polymères. Or pour être valorisé, l'éthylène, essentiellement produit par vapocraquage d'hydrocarbures, doit être d'une très grande pureté : il faut réduire la teneur en acétylène à moins d'1 ppm en toutes circonstances. C'est un défi scientifique et technique, qui nécessite d'utiliser un catalyseur d'hydrogénation sélective offrant d'excellentes performances. IFPEN a développé un catalyseur permettant d'atteindre un très haut niveau de pureté et a démontré en 2017 sa très grande flexibilité opératoire. Ces connaissances vont permettre à Axens d'optimiser ses offres commerciales auprès des pétrochimistes. »

**+3%** 

Taux de croissance moyen annuel de la demande en intermédiaires chimiques sur la période 2018-2035

## Comprendre et modéliser le sous-sol

Les bassins sédimentaires et les réservoirs d'hydrocarbures explorés par l'industrie pétrolière sont de plus en plus complexes du point de vue géologique. Or, leur bonne connaissance est indispensable afin de réduire les risques et garantir des taux de succès élevés en exploration. C'est ce que permettent les technologies développées par IFPEN, seul organisme de recherche national dont les compétences dans le domaine des géosciences s'étendent de la compréhension des phénomènes à l'échelle nano et microscopique jusqu'à la modélisation à l'échelle du bassin.

## Vers le traitement de données pour l'exploration-production

Le secteur de l'exploration-production est aujourd'hui en pleine mutation liée à l'apport de la digitalisation, tant dans les outils que dans les méthodes de travail. Au travers de POC (*proof of concepts*), IFPEN compte accompagner les industriels dans cette transformation. L'objectif est d'être en mesure de construire des offres s'intégrant dans ce nouvel environnement, centrées sur les données dont nos partenaires disposent.





### Entretien avec

**OLIVIER HOUZÉ**, Directeur général de KAPPA

**JEAN BURRUS**, Président-Directeur général de Beicip-Franlab

**IFPEN, Beicip-Franlab et KAPPA ont signé en décembre 2017 un contrat de partenariat pour offrir aux industriels une solution avancée et complète pour la simulation de réservoir. Ce contrat fait suite à une première collaboration initiée en 2016 entre Beicip-Franlab et KAPPA sur la commercialisation du logiciel de simulation dynamique de réservoir PumaFlow.**

#### Quelles sont les attentes du marché de la simulation de réservoir ?

**O. H. :** C'est un marché très compétitif, avec des acteurs historiques et des nouveaux venus assez agressifs. Les cartes sont en train d'être rebattues, et le secteur est confronté à des mutations technologiques (cloud, automation, big data) dont l'impact sera considérable même s'il n'est pas encore clair. Il y a aussi des attentes « endémiques » : plus rapide, plus fiable, plus de modèles, etc.

**J. B. :** À ces mutations technologiques s'ajoute, dans le cas de la simulation de gisement, l'impératif de mieux lier les métiers du puits et ceux du réservoir. Ceci découle de la nécessité pour nos clients d'augmenter la production à court terme, sans perdre de vue l'importance du contexte réservoir. Il faut de nouveaux workflows pour répondre à ces besoins.

#### Pourquoi un partenariat KAPPA/Beicip-Franlab/IFPEN ?

**O. H. :** La crise de 2015 nous a tous amenés à reconsidérer notre modèle. Ce partenariat permet à KAPPA d'étendre son périmètre d'activité à la simulation de réservoir pour laquelle nous n'avions pas la masse critique. Il s'agit de capitaliser sur les points forts respectifs des partenaires : KAPPA dans le domaine des logiciels ; IFPEN dans le domaine technique ; Beicip-Franlab en tant que spécialiste du réservoir.

**J. B. :** L'idée initiale était de nouer un partenariat strictement commercial. Mais les contacts avec nos clients respectifs nous ont convaincus qu'ensemble nous pouvions apporter de nouvelles solutions valorisant mieux nos forces respectives. Ainsi est née l'idée d'un nouveau produit intégrant le meilleur de chaque entité et offrant une solution plus attractive pour les utilisateurs. Il était important pour Beicip-Franlab, non seulement de continuer à fournir une solution de simulation de gisement pour ses clients actuels, mais surtout d'apporter un avantage compétitif par rapport à l'offre du marché.

#### En quoi le partenariat de 2017 va-t-il plus loin que celui de 2016 ?

**O. H. :** Il n'y a pas de commune mesure. Le partenariat de 2016 revenait à utiliser KAPPA comme vecteur commercial des logiciels IFPEN, en établissant à la marge un certain nombre de passerelles techniques. Dans ce nouveau partenariat, KAPPA va réécrire le volet applicatif de ces logiciels et se connectera aux modules de calcul d'IFPEN. Le résultat sera des produits KAPPA « powered by » IFPEN.

**J. B. :** Nous visons à présent à créer une nouvelle plateforme de simulation de gisement. Les utilisateurs y trouveront la performance et la qualité du simulateur actuel PumaFlow dans les domaines de la physique des écoulements et des traitements numériques, mais aussi une plus grande capacité à intégrer les interprétations de puits, les données dynamiques et de monitoring, ainsi que les possibilités offertes par le cloud. Beicip-Franlab continuera à apporter son expertise métier dans la définition du produit et les services de support à ses clients historiques.

### FAITS MARQUANTS

## GEOANALOG : UN NOUVEAU SERVICE WEB DESTINÉ À L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE

IFPEN a lancé en décembre 2017 son service web GeoAnalog. Cet outil de formation et d'aide à la décision, qui a déjà retenu l'attention de plusieurs grands acteurs de l'industrie pétrolière, contribue à mieux comprendre la déformation des structures géologiques complexes et ainsi mieux orienter les stratégies d'exploration. Depuis une simple connexion Internet, il permet d'accéder à une base de données de modèles analogiques structuraux, fruit de 30 ans d'expertise et de près de 1 500 expériences analogiques menées par IFPEN. Que ce soit en environnement bureau ou mobile, les données sont pour partie accessibles à tous en mode SaaS (Software as a Service). Le catalogue complet des modèles analogiques peut être consulté gratuitement et, pour les clients de GeoAnalog, les modèles sont analysés et visualisés via des technologies interactives et intuitives.

<https://geoanalog.ifpen.fr>



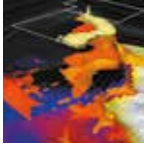
## LA NOUVELLE VERSION D'OPENFLOW SUITE COMMERCIALISÉE

La version 2017 d'OpenFlow Suite vient d'être mise sur le marché par Beicip-Franlab. Elle a mobilisé fortement les équipes d'IFPEN, ainsi que Beicip-Franlab et Tech'advantage pour la phase d'industrialisation qui s'est poursuivie pendant près d'un an. Cette version consolide les efforts importants réalisés depuis celle de 2016 pour répondre aux attentes des clients en termes d'ergonomie, de robustesse et de performance des applications TemisFlow, DionisosFlow, FracaFlow, PVTFlow, PumaFlow, CougarFlow et EasyTrace. Elle intègre également des fonctionnalités nouvelles, comme la prise en compte des ICD (Inflow Control Devices), systèmes de contrôle intelligents du flux dans les puits, au sein du simulateur de réservoir PumaFlow.



## FAIT MARQUANT

## MIEUX PRÉDIRE LES SURPRESSIONS ET LE CHAMP DE CONTRAINTES DANS LES BASSINS PÉTROLIERS



La modélisation des régimes de pression dans les bassins pétroliers est déterminante pour le dimensionnement des forages et la sécurité des puits. À mesure que l'exploration pétrolière se tourne

vers des contextes géologiques de complexité croissante, des modèles prédictifs de plus en plus performants sont nécessaires. Pour répondre à cette problématique, IFPEN et Total ont lancé en 2015 le projet Nomba, au sein duquel IFPEN développe un calculateur couplant le simulateur de bassin ArcTem (intégré dans la suite TemisFlow de modélisation des systèmes pétroliers) avec un logiciel libre de simulation géomécanique. En 2017, une première mondiale de modélisation 3D hydromécanique couplée réalisée sur un bassin du portefeuille de Total a démontré le contrôle exercé par les contraintes tectoniques sur l'amplitude des surpressions. Les futurs développements auront pour objectif d'appliquer cette méthodologie à des contextes tectoniques faillés 2D et 3D de plus en plus complexes afin d'estimer l'évolution des surpressions et des champs de contraintes dans l'histoire des bassins sédimentaires.

## Produire mieux avec la récupération assistée

La récupération assistée des hydrocarbures (EOR pour *Enhanced Oil Recovery*) est devenue un enjeu stratégique pour la plupart des compagnies pétrolières afin d'accéder à de nouvelles réserves. Elle contribue en effet à satisfaire la demande en hydrocarbures dans un contexte de transition énergétique, en produisant davantage à partir des réservoirs existants, le tout avec une meilleure valorisation des eaux de production et une limitation du nombre de nouveaux forages. Pour répondre à ce besoin, IFPEN, Beicip-Franlab et Solvay se sont associés au sein de l'Alliance EOR. Cette dernière développe des solutions adaptées aux différentes conditions de réservoir et à tous types de procédés EOR. Son offre couvre l'intégralité de la chaîne, depuis la mise au point de formulations EOR à l'échelle du laboratoire jusqu'à leur mise en œuvre et leur suivi sur champ. IFPEN se positionne également fortement sur la problématique de l'optimisation du cycle de l'eau en contexte EOR, dans l'optique de favoriser son développement écoresponsable.

## FAITS MARQUANTS

## GESTION DU CYCLE DE L'EAU EN EOR : SUCCÈS DU JIP DOLPHIN 2

Le JIP (Joint Industry Project) Dolphin 1, qui s'est achevé fin 2016, a permis d'étudier l'impact des additifs utilisés par l'EOR chimique sur la gestion des eaux de production pétrolières. Dolphin 2, lancé début 2017 pour trois ans, porte principalement sur l'extrapolation de Dolphin 1 à l'échelle d'un pilote semi-industriel et sur le test de nouvelles technologies de traitement des eaux développées spécifiquement pour le contexte EOR. Cette seconde phase du JIP compte désormais dix partenaires, dont quatre nouveaux entrants par rapport à Dolphin 1. Les avancées du JIP Dolphin contribuent par ailleurs à enrichir l'offre intégrée développée par IFPEN en partenariat avec Beicip-Franlab et Solvay dans le cadre de l'Alliance EOR.

## SIGNATURE DE CINQ PILOTES POUR L'ALLIANCE EOR

Les pilotes EOR sont une première étape indispensable afin de valider les solutions développées spécifiquement pour chaque champ pétrolier à l'échelle laboratoire. Ces pilotes permettent en effet de vérifier la performance de la solution EOR et d'évaluer les risques potentiels avant tout déploiement à grande échelle. L'Alliance EOR a ainsi contractualisé cinq pilotes en 2017 avec des compagnies pétrolières sur cinq champs répartis dans le monde entier.

# 18

compagnies pétrolières dans la communauté du JIP Dolphin

## EOR chimique : un troisième workshop couronné de succès

IFPEN a organisé en mai 2017 la troisième édition du workshop *Chemical EOR: Key Success Factors*, consacré à l'EOR par voie chimique. Il a réuni les responsables et experts dans ce domaine de plus de 30 compagnies pétrolières venant de 20 pays différents. Ce workshop a été l'occasion pour les industriels de partager des cas concrets d'application sur champs et de découvrir les dernières innovations des laboratoires d'IFPEN, à l'avant-garde dans le domaine de l'EOR.





# UNE RECHERCHE FONDAMENTALE AU SERVICE DE L'INNOVATION



**30%**  
Part de la recherche fondamentale dans les activités de R&I d'IFPEN

La politique scientifique d'IFPEN poursuit un double objectif : soutenir les ambitions d'innovation de l'entreprise et garantir l'excellence scientifique de ses travaux de recherche. Afin de renforcer la lisibilité et la cohérence d'ensemble de ses actions, IFPEN a structuré sa recherche fondamentale autour de neuf verrous scientifiques. En focalisant les efforts de recherche et en mutualisant les questionnements, cette démarche vise à accélérer l'acquisition et la diffusion des briques de connaissances manquantes pour faire avancer l'innovation. Elle facilite également la mobilisation des meilleures communautés scientifiques, à travers une stratégie de partenariats académiques pertinente et la participation à des projets collaboratifs nationaux et européens. Elle permet enfin de piloter l'évolution de la recherche fondamentale dans le temps, en identifiant les thématiques de recherche émergentes.

## Relever les défis des verrous scientifiques

La démarche « verrous scientifiques » formalise les grands questionnements interdisciplinaires liés aux activités d'IFPEN, lesquels s'échelonnent de la compréhension des mécanismes à l'échelle atomique, jusqu'à l'évaluation de l'impact économique et environnemental des procédés et produits. Elle est mise en œuvre par « défis ». Au sein d'un verrou, un défi exprime une difficulté scientifique à surmonter et qui constitue un frein au développement des innovations d'IFPEN. À chaque défi est associée une feuille de route pluriannuelle constituée de projets, de thèses et de postdoctorats, ainsi que de partenariats académiques structurants. Les défis constituent ainsi des outils de pilotage des programmes de recherche fondamentale d'IFPEN.

### FAIT MARQUANT

#### UN NOUVEL « ATOUT » À LA DISPOSITION D'IFPEN



L'optimisation numérique intervient dans de nombreux travaux d'IFPEN et apporte une plus-value en termes de précision, de robustesse et de rapidité. Elle est, en particulier, incontournable pour le calage de simulateurs numériques sur des données expérimentales et pour l'aide à la conception de technologies. Dans

le cadre du verrou scientifique 7 « Commander et optimiser les systèmes complexes », IFPEN a développé une plateforme transverse, nommée *Atout\**, dédiée à l'optimisation et à l'analyse d'incertitudes, capitalisant les différents algorithmes et méthodes développés par les chercheurs en interne, en vue d'un déploiement large auprès des équipes. Pouvant se connecter à tout logiciel métier interne ou externe, *Atout* est utilisée dans des domaines d'application variés, par exemple pour la conception et la fiabilité des éoliennes flottantes ou encore pour le calage des lois de comportement des matériaux et des modèles cinétiques.

\* Advanced Tools for Optimization and Uncertainty Treatment

# VERROUS SCIENTIFIQUES D'IFPEN : LES RÉSULTATS 2017

## EXPÉRIMENTATION, ACQUISITION DE DONNÉES, COMPRÉHENSION

### ■ VERROU 1 : caractériser les matériaux et fluides pour l'énergie aux différentes échelles

La concentration locale en palladium dans les grains de catalyseur pour les procédés d'hydrogénation sélective est un facteur critique du point de vue de l'activité catalytique. IFPEN a mis au point une nouvelle approche quantitative d'analyse élémentaire à haute résolution, tant du point de vue compositionnel (échelle du ppm) que géométrique (résolution micrométrique). Cette approche, basée sur le LIBS (*Laser Induced Breakdown Spectroscopy*), se démarque par sa simplicité de mise en œuvre et sa rapidité d'opération.

### ■ VERROU 2 : comprendre, à l'échelle moléculaire ou adaptée, les mécanismes réactionnels chimiques, catalytiques et enzymatiques

Pour la production photocatalytique de carburants à partir de l'énergie solaire et d'un mélange  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ , des matériaux alternatifs prometteurs ont été identifiés, permettant une diffusion accrue du flux incident de photons au sein du lit catalytique. À la clé, des performances accrues à iso-surface et une réduction de l'emprise au sol de l'installation. Des travaux complémentaires en modélisation cinétique ont permis une description précise des phénomènes impliqués.

### ■ VERROU 3 : comprendre l'effet du confinement des fluides sur leur dynamique et réactivité en milieux poreux

La productivité de certains procédés de séparation est limitée par le temps de diffusion des fluides à la structure microporeuse des catalyseurs mais il est possible de l'améliorer par la création d'un réseau mésoporeux additionnel. Dans le cas de zéolithes employées pour la séparation des xylènes, différentes méthodes de caractérisation (calorimétrie par immersion, infrarouge, analyse gravimétrique, adsorption statique, etc.) ont permis de mesurer et de mieux comprendre l'impact de l'introduction d'un nouveau réseau et de la surface externe ainsi générée sur les propriétés de transport.

### ■ VERROU 4 : traiter de manière optimale les flux massifs de données d'expérimentation ou de simulation

La plateforme PlugIn!, qui regroupe les outils d'IFPEN dédiés au traitement et à l'analyse des signaux, des images et des volumes 3D, a évolué en vue de son ouverture en open access en 2018. Elle intègre de nombreux algorithmes dont deux issus de développements récents : une approche innovante de reconstruction 3D pour le rendu surfacique de catalyseurs et un outil de recalage robuste de chromatogrammes, permettant de gagner un facteur 10 en temps de traitement.

## MODÈLES PHYSIQUES ET DESCRIPTEURS POUR LA SIMULATION

### ■ VERROU 5 : identifier des descripteurs pour la conception des matériaux, procédés et simulateurs

Dans le contexte d'électrification croissante des transports, des recherches sont en cours sur l'identification de descripteurs de la distribution des champs magnétiques. Ceux-ci permettront d'identifier les grandeurs principales impliquées dans les

phénomènes couplés d'origine thermique et électromagnétique, et ainsi d'optimiser la conception et le rendement de moteurs synchro-réductants afin d'améliorer le compromis coût/performance des véhicules électriques.

### ■ VERROU 6 : modéliser des phénomènes fortement couplés dans une perspective de changement d'échelle

Dans le cadre du projet ANR MORE4LESS, les transferts thermiques dans un lit de particules fixes ou fluidisées ont été étudiés au moyen de l'outil numérique PeliGRIFF, développé par IFPEN. Ce dernier permet de simuler un écoulement fluide/particules à deux échelles : l'échelle micro, où les interactions fluide/particules sont directement calculées, et l'échelle méso, où les interactions fluide/particules sont moyennées et modélisées à l'aide de corrélations analytiques ou empiriques. La comparaison de deux résultats a permis d'évaluer la validité des corrélations utilisées et d'améliorer les lois qui régissent les transferts thermiques entre fluide et particules, une avancée importante pour le génie des procédés ainsi que pour des applications en stockage de l'énergie.

## SIMULATION, OPTIMISATION OU COMMANDE DES SYSTÈMES

### ■ VERROU 7 : commander et optimiser les systèmes complexes

Une méthode a été développée pour calculer les profils de vitesse d'un véhicule permettant de minimiser sa consommation énergétique, tout en respectant les contraintes imposées par le parcours et les véhicules environnants. Elle se base sur une estimation de la position future du véhicule qui précède et sur une résolution semi-analytique, donc rapide, des équations de commande optimale.

### ■ VERROU 8 : atteindre la meilleure performance numérique et informatique dans nos codes de calcul

Développée dans le cadre de la collaboration entre IFPEN et le CEA autour de la plateforme Arcane, la nouvelle bibliothèque d'algèbre linéaire Alien est désormais disponible. Interface logicielle unique et adaptée aux exigences du calcul parallèle haute performance, elle donne accès aux principales bibliothèques de solveurs linéaires de la communauté scientifique telles que Petsc et SuperLU, ainsi qu'aux bibliothèques IFPEN propres (IFPSolver, MCGSolver). Alien a d'ores et déjà été intégrée dans les simulateurs basés sur Arcane mais aussi dans le simulateur de réservoir PumaFlow.

## ENJEUX ÉCONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

### ■ VERROU 9 : évaluer les impacts économiques et environnementaux des innovations de la transition énergétique

IFPEN a réalisé un modèle de simulation intégré de la demande de transport routier, permettant d'établir des scénarios de développement du parc de véhicules en France et en Europe à l'horizon 2030. Ce modèle étudie les dynamiques du marché des véhicules particuliers par type de technologie ou mode de propulsion. Il permet également d'étudier les effets d'une vaste gamme d'instruments et de politiques publiques, et d'évaluer les impacts environnementaux ( $\text{CO}_2$ , particules, etc.) de ces politiques. Il a été pensé pour être directement connectable aux modèles de prospective énergétique de la famille TIMES développés par IFPEN.



### BENJAMIN HERZHAFT

Responsable de programme, en charge de la coordination de la recherche fondamentale à la direction scientifique d'IFPEN

« L'Ancre\* mène actuellement une réflexion sur la recherche fondamentale, visant à favoriser l'émergence d'une communauté de recherche interdisciplinaire sur les sciences de base pour l'énergie. IFPEN participe au groupe de travail constitué fin 2016 avec l'ambition de construire un programme national de recherche autour d'objectifs partagés, en vue d'irriguer les innovations dans le domaine de l'énergie. Une démarche d'identification des verrous et défis scientifiques, similaire à celle que nous avons déployée à IFPEN, a été mise en œuvre. Des séminaires de travail ont ainsi été organisés fin 2017 sur deux premiers verrous, ayant rassemblé chacun une vingtaine d'experts académiques et industriels pour identifier les sujets et les axes de recherche à privilégier. »

\* Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie

# 45

défis formalisés en 2017



## Outils digitaux : vers une recherche 4.0 ?

L'expérimentation, la modélisation et la simulation de phénomènes physiques sont au cœur de la recherche fondamentale d'IFPEN. Elles produisent des données qui sont exploitées pour faire avancer les connaissances et mettre au point des innovations. Mais avec le volume et la diversité des données générées, la question de leur partage, de leur analyse ou encore de leur visualisation se pose de façon accrue. Comment traiter de manière optimale ces flux massifs ?

De leur côté, les technologies numériques offrent aujourd'hui de nouvelles possibilités d'exploiter de façon toujours plus efficace les données massives. Après avoir transformé des pans entiers de l'industrie et des services, peuvent-elles en faire autant pour la recherche dans le domaine de la transition énergétique ?

C'est pour répondre à ces problématiques qu'IFPEN étudie le potentiel de la transformation digitale. Objectif : accélérer le processus de recherche et d'innovation dans ses métiers. Cette réflexion s'inscrit dans le cadre du verrou scientifique 4 d'IFPEN « Traiter de manière optimale les flux massifs de données d'expérimentation ou de simulation ». En 2017, deux domaines d'application dans le secteur du développement des procédés ont été identifiés :

### • L'unité connectée

Il s'agit d'utiliser les objets connectés et les plateformes numériques nouvelles pour générer plus de données et favoriser leur découplage afin d'intensifier les essais pilotes. Puces RFID, capteurs miniaturisés, réseaux à courte portée, clouds... sont autant de technologies qui peuvent être mises à profit pour enrichir l'acquisition et l'exploitation de données dématérialisées, et ainsi optimiser l'expérimentation pilote.

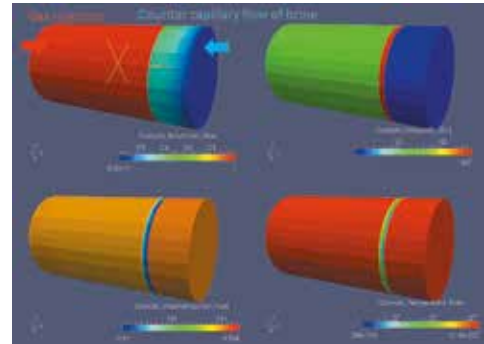
### • Le modèle augmenté

Les outils de la transformation digitale (intelligence artificielle, *machine learning*, big data, etc.) peuvent accélérer l'établissement de relations structure/propriétés et permettre ainsi à la fois d'imaginer des innovations et de mieux prédire le comportement des procédés et des catalyseurs mis au point par IFPEN.

Des démonstrations de faisabilité seront réalisées dans ces deux domaines afin de valider leur capacité à faire évoluer la recherche d'IFPEN vers une dimension 4.0.

## Mettre en œuvre une stratégie de recherche partenariale

IFPEN entretient un écosystème dynamique de partenariats académiques aux niveaux français et européen, qui contribue à la réalisation de sa recherche fondamentale. Ces partenariats, orientés sur les défis associés aux verrous scientifiques, se concrétisent principalement sous la forme de thèses de doctorat et de projets collaboratifs avec soutiens publics, en particulier financés par l'ANR ou le programme européen Horizon 2020. En 2017, IFPEN a soumis 19 propositions en réponse à l'appel à projets générique 2018 de l'ANR, soit un doublement de sa participation par rapport aux années précédentes. IFPEN participe par ailleurs à deux laboratoires d'excellence, iMust en région Auvergne-Rhône-Alpes et Matisse en région Île-de-France, ainsi qu'à l'équipement d'excellence NanoimagesX. Enfin, IFPEN construit des partenariats structurants sur le long terme avec des acteurs de la recherche publique mais aussi avec des industriels. Parmi ces partenaires, citons, à titre d'exemple, le CNRS, et le CEA avec lequel un accord de partenariat a été signé en juin 2017 afin de renforcer les collaborations en faveur de la transition énergétique et de la mobilité durable.



### FAIT MARQUANT

#### LANCEMENT DE L'INSTITUT CONVERGENCE DATAIA

IFPEN est membre fondateur de Dataia, institut Convergence dédié aux sciences des données. Soutenu par l'ANR et porté par l'université Paris-Saclay, cet institut interdisciplinaire rassemble 12 partenaires (universités, instituts de recherche et grandes écoles) autour des défis scientifiques et techniques liés aux sciences des données et à leurs enjeux socio-économiques. En ligne avec la transformation digitale qu'entreprend IFPEN, cette participation s'inscrit dans le cadre du verrou 4 « Traiter de manière optimale les flux massifs de données d'expérimentation ou de simulation » et se matérialisera par plusieurs thèses.

### FAIT MARQUANT

#### UNE DYNAMIQUE DE MUTUALISATION ET DE PARTAGE EN RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Signe de son ancrage territorial en région Auvergne-Rhône-Alpes, IFPEN a renforcé ses liens avec deux acteurs clés : l'ENS de Lyon et l'université de Lyon. Signé en février 2017 (photo) pour une durée de quatre ans, l'accord-cadre de collaboration scientifique avec l'ENS de Lyon vient prolonger un partenariat scientifique de plus de 20 ans. Il ambitionne de renforcer les capacités de recherche, de transfert de savoirs et d'innovation pour répondre aux défis de la chimie de demain et de la transition énergétique, avec un focus particulier sur la modélisation appliquée à la catalyse. La convention d'association liant IFPEN et l'université de Lyon a, quant à elle, été signée en avril 2017. Elle vise à renforcer les liens entre l'enseignement supérieur, la recherche et le monde économique. Parmi ses objectifs : favoriser l'émergence de nouvelles thématiques dans les domaines de l'énergie, de la mobilité durable et des éco-industries, ou encore augmenter la visibilité et le rayonnement international de la R&I dans ces domaines.



Retrouvez les interviews des présidents de l'ENS de Lyon et de l'université de Lyon à l'occasion de la célébration des 50 ans d'IFPEN-Lyon

15 **accords-cadres de collaboration  
académique en vigueur à fin 2017**

## Une recherche fondamentale en lien avec l'industrie

IFPEN noue des relations avec les industriels afin de mutualiser les efforts de recherche fondamentale dans différents domaines d'application. IFPEN et Michelin ont ainsi mis en œuvre en 2017 une collaboration autour des matériaux et procédés, regroupant trois axes d'intérêt commun : l'activation des systèmes catalytiques, les méthodes de reconstruction moléculaire et l'évaluation économique des procédés. Cette collaboration prend notamment la forme d'une thèse co-encadrée dans le domaine de la catalyse homogène. Autre exemple, IFPEN poursuit des collaborations avec PSA et Renault sur la recherche précompétitive dans le domaine des motorisations au sein du Groupement scientifique moteurs (GSM). Le nouveau programme pluriannuel qui démarre vise une mobilité durable à un coût abordable et compétitif.

**ZLATKO SOLOMENKO**Lauréat du prix de thèse  
Yves Chauvin 2017 d'IFPEN

« Ma thèse portait sur l'étude des écoulements diphasiques et du mouillage dans les garnissages structurés utilisés pour la purification des gaz. J'ai proposé et validé une méthodologie de simulation numérique des phénomènes de mouillage qui pourra être utilisée pour le développement de géométries optimales pour les contacteurs gaz/liquide. Ce sujet m'a donné l'opportunité d'élargir mes connaissances en simulation numérique et en expérimentation, sous le pilotage de scientifiques reconnus dans leur domaine. J'ai particulièrement apprécié la disponibilité de mes encadrants et la possibilité d'accéder à du matériel expérimental de pointe. Recevoir ce prix de thèse a été une grande fierté et la reconnaissance d'un travail dont j'espère qu'il permettra d'améliorer les performances des unités de purification des gaz ou de captage du CO<sub>2</sub>. »

**Entretien avec  
JEAN DAILLANT**

Directeur général de SOLEIL

**Le renouvellement en 2017 de l'accord-cadre de recherche entre IFPEN et le synchrotron SOLEIL marque la volonté des deux partenaires de renforcer leur collaboration.**

### Quelle est la politique partenariale de SOLEIL ?

Notre vocation est de produire du rayonnement synchrotron et de l'exploiter pour mener des recherches. Mais cet outil couvre tellement de disciplines que nous ne pouvons prétendre les traiter toutes. C'est pourquoi nous le mettons également à la disposition des acteurs scientifiques, académiques et industriels. Nous le faisons dans le cadre de partenariats ciblés, comme celui qui nous unit à IFPEN depuis une dizaine d'années.

### Comment qualifieriez-vous la relation entre IFPEN et SOLEIL ?

Elle a toujours été excellente et de très haut niveau. L'enjeu, aujourd'hui, est de l'approfondir encore davantage en apprenant à mieux nous connaître. Plus nous serons proches, plus nous pourrons enrichir notre collaboration en intégrant plus étroitement les besoins d'IFPEN dans nos programmes et en associant IFPEN à nos nouveaux développements : photo-émission à pression ambiante, infrarouge, etc.

### Vos sujets de collaboration ont-ils évolué au fil du temps ?

En effet, et c'est un autre axe sur lequel nous travaillons ensemble. Historiquement, notre partenariat concernait essentiellement le domaine de la catalyse. Ce volet est toujours très actif et bénéficie de l'amélioration de nos outils, comme la ligne de lumière ROCK. Depuis quelques années, notre collaboration s'est également étendue à d'autres domaines tels que la caractérisation des catalyseurs pendant la réaction ou, plus récemment, l'étude de la morphologie des roches par tomographie. Cet élargissement des thématiques de recherche est appelé à se poursuivre dans le cadre des nouvelles technologies de l'énergie, et notamment dans les domaines de la combustion en boucle chimique pour le captage du CO<sub>2</sub>, de la transformation de la biomasse en bioproduits ou des batteries.

## De l'importance des thèses à IFPEN



Couvrant l'ensemble des verrous scientifiques, les thèses de doctorat constituent l'un des outils principaux de la recherche fondamentale d'IFPEN. Si leur vocation première est de faire progresser les connaissances scientifiques, elles sont aussi un moyen de mobiliser les compétences des laboratoires partenaires. Les thèses contribuent également au renouvellement des idées et au développement de nouveaux concepts. Chaque année, le prix Yves Chauvin récompense l'excellence des travaux et l'originalité de la démarche de recherche d'un doctorant. En 2017, ce prix a été remis à Zlatko Solomenko pour sa thèse intitulée « Étude des écoulements diphasiques et du mouillage dans les garnissages structurés ». Réalisée et encadrée au sein d'IFPEN, cette thèse a été dirigée par l'École centrale de Lyon. Elle s'inscrit dans le cadre du verrou 6 « Modéliser des phénomènes fortement couplés dans une perspective de changement d'échelle », avec des applications possibles dans les domaines du traitement de gaz et du captage du CO<sub>2</sub>.



« Ma thèse en 3 minutes » :  
découvrez les vidéos  
de deux doctorants  
2017 d'IFPEN

135 **thèses en cours en moyenne  
chaque année**

## Échanger avec la communauté scientifique

**E**n complément d'une recherche partenariale active, IFPEN favorise les échanges entre ses chercheurs et la communauté scientifique pour se maintenir au plus haut niveau d'excellence et promouvoir le partage des connaissances. Ces interactions prennent différentes formes : accueil ou organisation d'événements sur des thématiques en lien avec les verrous scientifiques d'IFPEN, participation à des réseaux scientifiques ou encore accueil de visiteurs scientifiques. Ce ressourcement permet de nourrir, de part et d'autre, les réflexions des chercheurs et de stimuler les avancées de la recherche. La diffusion des connaissances, à travers la publication d'articles scientifiques, est un autre moyen utilisé par IFPEN pour rendre accessible sa R&I et permettre à la communauté scientifique de s'en emparer.

**159** 

**publications de chercheurs IFPEN dans des revues scientifiques internationales à comité de lecture en 2017**

### FAIT MARQUANT

#### LES RENCONTRES SCIENTIFIQUES D'IFPEN 2017

Sous l'égide de l'Académie des sciences, les Rencontres scientifiques d'IFPEN rassemblent, autour d'une thématique, des experts internationaux issus des milieux académique et industriel. Ces experts viennent présenter leurs travaux de recherche et discuter des progrès réalisés, des applications possibles et des futurs défis à relever. En 2017, deux Rencontres scientifiques ont été organisées, en lien avec les problématiques abordées par IFPEN :

- la première, en mars, dédiée à la chimie computationnelle pour réduire les polluants issus de la combustion ;
- la seconde, en décembre, consacrée aux colloïdes et aux fluides complexes pour les énergies, co-organisée avec le CEA.



## OGST, la revue d'IFPEN en open access

IFPEN anime le comité éditorial de la revue à comité de lecture *Oil & Gas Science and Technology* (OGST). Diffusée au format numérique et indexée dans les plus grandes bases de données internationales, OGST couvre l'ensemble des disciplines et domaines d'activité d'IFPEN. Six numéros sont parus en 2017, comprenant des dossiers thématiques dédiés à trois Rencontres scientifiques d'IFPEN, portant sur les thèmes de la dynamique des écoulements à interfaces fluides ; des méthodes numériques et du calcul haute performance pour la simulation d'écoulements complexes ; et enfin de la simulation aux grandes échelles pour les moteurs à combustion interne. Par ailleurs, la revue a recueilli plus de 1 500 citations d'articles en 2016, permettant d'obtenir un facteur d'impact à deux ans publié dans *Web of Science* (WoS) de 1,184, en hausse par rapport à 2015 (1,087). Retrouvez les articles et dossiers d'OGST en accès libre sur le site : <http://ogst.ifpenergiesnouvelles.fr>.



## Ils ont été récompensés en 2017...

- **Kim Larmier**, ancien doctorant d'IFPEN, prix de thèse 2017 de l'European Federation of Catalysis Societies ;
- **Charles-Philippe Lienemann**, prix Recherche Innovation 2017 de la Société chimique de France ;
- **Bertrand Paul**, ancien doctorant d'IFPEN, prix de thèse Pierre Londe 2017 du Comité français de mécanique des roches.



# DE LA **RICHESSSE** ET DES **EMPLOIS**

- Alliance Ancre : bilan positif de la présidence IFPEN - p. 40
- Vif succès pour le challenge d'innovation interne 2017 - p. 41
- Valoriser les boues de stations d'épuration avec Cleef System - p. 45
- Démarrage réussi pour la société DriveQuant - p. 47

L'ESSENTIEL DES **FAITS MARQUANTS 2017** 





40 **Une culture  
de l'innovation**

44 **De la recherche  
à l'industrie**

IFPEN est engagé dans l'innovation technologique et le soutien à l'activité économique française et européenne. Son modèle économique repose sur la valorisation industrielle des solutions qu'il développe, aussi bien dans ses domaines d'activité historiques que dans le secteur des nouvelles technologies de l'énergie (NTE).

IFPEN a mis en place en interne les conditions nécessaires au développement d'une véritable culture de l'innovation et veille en permanence à renforcer, en France et à l'international, son intégration et ses collaborations avec les structures de l'écosystème d'innovation.

La capacité de transfert à l'industrie des résultats de sa R&I, vers les grands groupes comme vers le tissu des start-up, PME et ETI, est une force d'IFPEN. Elle se traduit en particulier par une politique de dépôt de brevets ambitieuse et prend tout son sens à travers le groupe IFPEN. L'envergure et la notoriété des sociétés du groupe (Axens,

Beicip-Franlab, Heurtey Petrochem, IFP Training, etc.), tout comme le potentiel prometteur des dernières entreprises créées ou soutenues (telles que Mavel et DriveQuant), illustrent la réussite de cette politique de valorisation, créatrice de richesse et d'emplois.

L'ambition d'IFPEN est aujourd'hui de renforcer sa capacité d'innovation sur les nouvelles technologies de l'énergie et sa contribution au développement des filières industrielles vertes et de la mobilité durable. À ce titre, les partenariats industriels, le soutien à l'innovation des PME et des start-up, et la croissance des filiales du groupe IFPEN font l'objet d'efforts accrus.

# UNE CULTURE DE L'INNOVATION

Le succès du modèle de création de valeur d'IFPEN repose sur sa capacité à délivrer des innovations, à travers le développement d'une vision prospective de ses activités et la production d'une recherche répondant aux besoins de ses clients et partenaires. IFPEN a également déployé une organisation, des méthodes et des outils lui permettant de détecter des opportunités nouvelles et de prendre en compte, dès l'origine des projets de recherche, le potentiel de valorisation marché des produits visés. Enfin, IFPEN s'investit au sein de projets de recherche collaborative : en mutualisant les efforts, ces projets permettent d'accélérer la mise sur le marché des innovations et l'émergence de filières industrielles de la transition énergétique.

## Une approche prospective

L'une des forces d'IFPEN est sa capacité à anticiper les besoins en matière de R&I. Pour cela, il conduit une réflexion prospective afin d'identifier les thématiques vers lesquelles orienter son action. IFPEN accompagne également les pouvoirs publics dans leur réflexion stratégique sur la prospective énergétique et apporte sa contribution à l'élaboration de la programmation nationale et européenne en matière de recherche. IFPEN est très impliqué dans l'alliance Ancre<sup>1</sup>, dont il fait partie des membres fondateurs avec le CEA, le CNRS et la CPU<sup>2</sup>. Il est également membre associé de l'alliance AllEnvi<sup>3</sup>. En outre, la démarche « verrous scientifiques » mise en place par IFPEN contribue à dégager une vision prospective de ses activités de recherche fondamentale. Cette prospective bénéficie de l'apport du conseil scientifique et s'enrichit des partenariats noués par IFPEN.

<sup>1</sup> Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie

<sup>2</sup> Conférence des présidents d'universités

<sup>3</sup> Alliance nationale de recherche pour l'environnement

### FAIT MARQUANT

#### ALLIANCE ANCRE : BILAN POSITIF DE LA PRÉSIDENTIE IFPEN



*Didier Houssin, Président d'IFPEN, a assuré la présidence de l'Ancre de septembre 2015 à septembre 2017, avant de transmettre le relais au CEA. Une présidence marquée par une actualité énergétique particulièrement riche (COP 21, paquet Énergie-Climat 2030, loi de transition énergétique pour la croissance verte, etc.), dans laquelle l'Ancre a joué pleinement son rôle :*

*identification des enjeux du futur, contribution à l'élaboration des politiques publiques, orientation de la programmation et production de connaissances à haute valeur ajoutée.*

*Les éléments de satisfaction sont nombreux : les scénarios de prospective technico-économique de l'Ancre dans le domaine de l'énergie font aujourd'hui autorité ; ses contributions à l'élaboration de la Stratégie nationale de la recherche énergétique (SNRE), aux évolutions de l'ANR, aux processus nationaux et européens de programmation de la recherche ont été déterminantes ; la constitution d'une communauté scientifique autour des « sciences de base pour l'énergie » est en bonne voie ; les collaborations avec les alliances AllEnvi (environnement), Athena (sciences humaines et sociales) et Allistene (numérique) ont été renforcées ; la montée en puissance du consortium de valorisation thématique (CVT) réussie.*

# 12

**études stratégiques  
réalisées par le CVT Ancre  
depuis décembre 2012**

## Scénario énergétique à 2050 : des technologies complémentaires

L'Ancre a publié en février 2017 son scénario de prospective technologique « Loi de transition énergétique pour la croissance verte » à 2050. Ce scénario avait pour objectif d'identifier les technologies clés, les principaux verrous à lever et les solutions à privilégier pour atteindre les grands objectifs fixés par la loi de transition énergétique pour la croissance verte, ainsi que par la programmation pluriannuelle de l'énergie. Il montre que ces différentes technologies sont complémentaires, non exclusives et devront, à des rythmes souvent accélérés, être toutes mises en œuvre. IFPEN a contribué activement à la coordination de ce travail, qui a mobilisé l'ensemble des groupes programmatiques de l'Ancre.



Téléchargez  
le scénario de l'Ancre

## Le rôle des comités industriels

Trois comités industriels sont chargés d'examiner les programmes de R&I d'IFPEN, afin d'en évaluer la pertinence au regard des besoins de l'industrie. Ces comités, qui se réunissent deux fois par an, rassemblent une dizaine de représentants de grands acteurs industriels français des secteurs de l'énergie, de la chimie ou des transports. Ils permettent d'échanger sur le contexte énergétique et les évolutions en cours dans ces secteurs, et formulent, chaque année, un avis sur le programme de recherche d'IFPEN.



## Vers une innovation « agile »

### Un pilotage dynamique des projets

L'innovation est le cœur de métier d'IFPEN ; son organisation même est au service de sa stratégie d'innovation. Les programmes de R&I sont conduits par des centres de résultats responsables de l'élaboration, de l'avancement et des débouchés industriels des projets. Un pilotage dynamique permet de gérer ces derniers, depuis leur phase d'instruction jusqu'à celle de leur développement, à travers différentes étapes jalonnées par des prises de décision fondées sur l'atout de l'innovation et l'attrait du marché visé.

### Détecter et incuber des idées en rupture

Un dispositif d'incubation interne permet de favoriser l'émergence et la maturation d'innovations en rupture avec les domaines d'activité historiques d'IFPEN, servant la transition énergétique et les nouveaux marchés associés. Il fédère des compétences en marketing stratégique et en développement de modèles d'affaires. Son portefeuille de projets est actuellement structuré autour de quatre domaines : le stockage stationnaire d'énergie, l'économie circulaire, l'écologie industrielle et la valorisation du CO<sub>2</sub>.



### FAIT MARQUANT


#### VIF SUCCÈS POUR LE CHALLENGE D'INNOVATION INTERNE 2017

À la suite du succès de l'appel à idées de projets 2016, un challenge d'innovation participative de plus grande envergure a été lancé en interne en 2017, afin de renforcer les activités d'IFPEN dans le domaine des NTE, en cohérence avec le plan Climat et la loi de transition énergétique pour la croissance verte. Celui-ci a rencontré un large succès : 167 idées ont été proposées, couvrant les 8 thématiques du challenge et portées par des équipes multidisciplinaires. L'ambition est d'alimenter les programmes d'IFPEN, dont ceux de l'incubateur interne, en nouveaux projets, et d'augmenter à moyen terme la création de valeur et d'emplois dans ces domaines. Au terme du processus de sélection, six projets seront retenus en 2018.



**BENOIST THIROUARD,**  
Directeur de la direction  
Incubation et PME d'IFPEN

« Dans un environnement accéléré et en mutation constante, l'open innovation est devenue une nécessité. Créée fin 2017, la direction Incubation et PME joue un rôle moteur dans l'amélioration des processus d'innovation ouverte d'IFPEN. L'enjeu est de renforcer notre capacité d'innovation sur les NTE, en enrichissant notre réflexion et en ressourçant nos idées à l'extérieur. Il s'agit également d'être plus agiles, d'identifier plus tôt des opportunités, de les partager plus rapidement afin de se positionner plus vite. Le challenge d'innovation interne en cours à IFPEN est un excellent vecteur : son format permet d'inscrire très tôt les projets identifiés dans un dialogue indispensable avec les prescripteurs, partenaires et clients potentiels, de façon à sécuriser et accélérer la création de valeur pour IFPEN. Pour aller encore plus loin, IFPEN étudie l'ouverture de son challenge en externe et travaille au renforcement de son intégration au sein de l'écosystème national et européen d'innovation. »

**6 à 8**   
projets incubés au sein d'IFPEN  
chaque année



### Concentrer les efforts

**P**our réduire le temps de mise sur le marché de ses innovations, IFPEN peut rassembler physiquement, sur un « plateau » de travail et pendant un temps court, une équipe pluridisciplinaire resserrée, focalisée sur le développement d'un produit technologique. Un format de travail en « cellule innovation » est également expérimenté depuis 2014 pour renforcer le processus d'innovation sur des segments de marché à forts enjeux. Ces deux dispositifs sont ouverts sur l'extérieur, en privilégiant les échanges avec les industriels des secteurs concernés. Cellule innovation et collaboration en mode plateau sont à l'origine de la création par IFPEN de la start-up DriveQuant en 2017, afin de commercialiser les services web développés par ses chercheurs dans le domaine du véhicule connecté.

### Une stratégie de recherche partenariale

**P**arce que les défis de la transition énergétique dépassent les compétences scientifiques et technologiques d'un seul organisme, parce que mutualiser les connaissances, les savoir-faire et les coûts crée des synergies et accélère le processus d'innovation, parce que développer de nouvelles filières industrielles nécessite d'impliquer tous les acteurs, IFPEN privilégie une recherche collaborative en nouant des partenariats stratégiques avec les acteurs académiques et industriels, tout au long de la chaîne de l'innovation.

### Un maillage de partenaires

IFPEN s'est constitué un écosystème de collaborations avec des universités, des organismes de recherche, des industriels et des PME à l'échelle nationale mais aussi européenne. À titre d'exemple, citons l'accord-cadre de collaboration scientifique signé en 2017 avec l'université d'Utrecht autour des géosciences et des énergies renouvelables, l'accord signé avec la PME italienne Mavel pour co-développer et commercialiser des motorisations électriques innovantes, ou encore le projet collaboratif franco-allemand BioTfuel visant à développer une chaîne de procédés de production de biodiesel et de biokérosène de 2<sup>e</sup> génération associant Axens, le CEA, IFPEN, Avril, ThyssenKrupp Industrial Solutions et Total.

66



projets collaboratifs avec soutiens publics  
impliquant IFPEN en cours en 2017

## Au cœur du Système français de recherche et d'innovation

**A**u-delà des projets de recherche fondamentale pour lesquels il bénéficie du soutien d'acteurs comme l'ANR (voir page 35), IFPEN participe à des structures collaboratives tournées vers la recherche technologique et l'innovation, associant les industriels. Il est ainsi acteur de sept pôles de compétitivité – dont les pôles rhônalpins Axelera (chimie et environnement) et Cara (transports urbains) dont il est membre fondateur – des instituts pour la transition énergétique Vedecom (mobilité) et Pivert (chimie du végétal), et est institut Carnot pour ses activités transports. IFPEN est également partie prenante de projets soutenus par l'Ademe dans les domaines de la mobilité durable et des énergies nouvelles, parmi lesquels plusieurs démonstrateurs de recherche. Trois nouveaux projets coordonnés par IFPEN ont été sélectionnés dans le cadre des appels à projets 2017 de l'Ademe. Enfin, dans l'optique de renforcer son ancrage territorial, d'une part, et ses partenariats industriels, d'autre part, IFPEN participe à des projets collaboratifs soutenus par la région Auvergne-Rhône-Alpes et par le Fonds unique interministériel.

## IFPEN, acteur de l'espace européen de la recherche

**I**FPEN est engagé de longue date aux côtés de l'industrie et de la recherche académique au sein de différentes structures européennes, telles que les plateformes technologiques ETIP Bionenergy et Ertrac (transport routier) ou l'Alliance européenne sur la recherche en énergie (EERA). IFPEN participe également à plusieurs projets soutenus par l'Union européenne, notamment dans le cadre du programme Horizon 2020.

## Réseaux européens et thématiques émergentes

IFPEN a rejoint ETP4HPC, association à visée industrielle promouvant le développement d'une offre technologique en calcul haute performance (HPC pour *High Performance Computing*) en Europe, compétitive par rapport au reste du monde, et plus généralement d'un écosystème couvrant toute la chaîne de valeur simulation/calcul. IFPEN est également membre de l'association CO2 ValueEurope, lancée en novembre 2017 avec pour objectif de promouvoir le développement et le déploiement commercial de solutions industrielles durables, visant à transformer le CO<sub>2</sub> en d'autres substances valorisables.

## Des collaborations industrielles variées

**L**orsqu'IFPEN perçoit une complémentarité avec un acteur industriel en termes de compétences et de briques technologiques, il peut être amené à mettre en place un partenariat de recherche bilatérale, afin de mettre en commun moyens et savoir-faire. IFPEN travaille ainsi avec plus d'une centaine d'acteurs industriels français et étrangers. Ces collaborations offrent de plus à IFPEN l'opportunité d'accéder à des données industrielles, de travailler sur des cas d'études concrets et de s'assurer que sa R&I est en prise avec les enjeux industriels.



### FAIT MARQUANT

#### HORIZON 2020 : QUATRE PROPOSITIONS SÉLECTIONNÉES EN 2017

*En 2017, IFPEN a augmenté sa participation aux appels à propositions du programme Horizon 2020 en se positionnant sur de nouvelles thématiques, comme le calcul haute performance, et en saisissant de nouvelles opportunités pour sa recherche fondamentale (dépôts de projets ERC\* et de réseaux de doctorants ITN\*\*). Au total, 17 propositions ont été soumises, contre 10 en 2014, 9 en 2015 et 12 en 2016. Parmi celles-ci, quatre propositions ont été acceptées dans les domaines de l'électrification des véhicules et du CO<sub>2</sub>, représentant plus de 3,5 millions d'euros de financement demandés pour IFPEN. Le taux de succès cumulé d'IFPEN en réponse aux appels à propositions d'Horizon 2020 pour les éditions 2014 à 2017 se monte à 41 %. Un bon résultat qui démontre l'adéquation entre les axes stratégiques d'IFPEN et les priorités européennes en matière de R&I.*

\* European Research Council ou Conseil européen de la recherche

\*\* Innovative Training Networks ou réseaux de formations innovantes

# DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

Acteur engagé de la transition énergétique, IFPEN mène une politique de soutien à la compétitivité des entreprises et favorise le développement économique des filières de l'énergie, de la mobilité et de l'environnement. La valorisation industrielle des technologies qu'il développe est au cœur de l'ADN d'IFPEN. Le passage du laboratoire à l'industrie prend différentes formes, au cas par cas, en fonction du contexte : partenariat de R&I, cession de licences, soutien aux PME et aux jeunes entreprises innovantes, prise de participations ou création de filiales au sein du groupe IFPEN. Par l'ensemble de ces actions, IFPEN participe à la création de richesse et d'emplois.

## Protéger et valoriser l'innovation

### Une valorisation de la R&I en partenariat avec l'industrie

IFPEN s'associe avec des industriels le plus en amont possible des projets de manière, d'une part, à s'assurer de l'adéquation des produits de sa R&I avec les besoins du marché et, d'autre part, à disposer d'un vecteur de commercialisation. Lorsqu'IFPEN met en place un partenariat, celui-ci donne lieu à différentes formes de partage de la propriété intellectuelle et de valorisation. Pour les contrats de recherche bilatérale par exemple, IFPEN et son partenaire définissent ensemble les règles de propriété des résultats. Les *Joint Industry Projects* (JIP), quant à eux, rassemblent plusieurs partenaires autour d'un programme de R&I opéré par IFPEN. À l'issue du projet, les industriels exploitent les résultats mais IFPEN conserve la propriété industrielle. Autre forme de collaboration, les offres communes : en 2010, IFPEN, Beicip-Franlab et Solvay ont créé l'Alliance EOR afin de commercialiser ensemble une offre de services et de conseil destinée à l'industrie pétrolière pour la récupération assistée du pétrole.

The  
EOR  
Alliance

### Une politique de dépôts de brevets ambitieuse

Le dépôt de brevets est un élément clé de la stratégie de valorisation de la recherche d'IFPEN. Les enjeux de propriété industrielle sont pris en compte dès le démarrage des projets, non seulement pour protéger les résultats des travaux de R&I mais aussi pour permettre leur transfert vers l'industrie. IFPEN figure ainsi parmi les 15 premiers déposants de brevets en France, aux côtés de grands groupes industriels. Cette présence d'IFPEN parmi les leaders de la R&I illustre sa volonté de soutenir, par l'innovation, les filières industrielles d'aujourd'hui et de demain.



**FAIT MARQUANT****IFPEN, 13<sup>e</sup> DÉPOSANT DE BREVETS EN FRANCE**

IFPEN s'est placé à la 13<sup>e</sup> place du classement de l'Inpi en termes de nombre de demandes de brevets publiées en 2017. IFPEN figure ainsi parmi les trois premiers organismes de recherche français avec le CEA et le CNRS. Un résultat qui, rapporté à l'effectif, le positionne même au premier rang. Par ailleurs, IFPEN a réalisé 187 premiers dépôts de brevets (essentiellement français) en 2017 – un niveau encore jamais atteint – dont 79 en relation avec les nouvelles technologies de l'énergie (NTE). Il fait également partie des principaux déposants de brevets à l'étranger, avec 1 140 droits créés en 2017.

**11 000****brevets en vigueur dans le portefeuille d'IFPEN au niveau mondial****FAIT MARQUANT****IFPEN ENTRE AU CAPITAL DE LA COMPAGNIE DES MOBILITÉS**

IFPEN est devenu en janvier 2018 actionnaire à 20 % de la start-up La compagnie des mobilités. Cette jeune entreprise conçoit, développe et commercialise des applications mobiles et Internet pour déplacements doux en zones urbaines et touristiques. Elle est à l'origine de la solution d'aide à la navigation vélo Geovelo, primée en juin 2017 par la région Île-de-France dans le cadre du challenge Viva Technology. Cette prise de participation renforce le positionnement d'IFPEN sur le marché de la mobilité connectée et conforte le partenariat R&I mis en place courant 2017 avec La compagnie des mobilités pour contribuer au développement de l'application Geovelo.



Découvrez la vidéo de l'application Geovelo déployée par la métropole d'Orléans

**Accompagner les entreprises innovantes****Les PME et start-up, partenaires d'innovation et de valorisation d'IFPEN**


**D**epuis près de 30 ans, IFPEN conduit une politique active de soutien aux PME. Aujourd'hui, cet accompagnement s'étend aux start-up et se concentre sur les nouvelles technologies de l'énergie. L'objectif : accélérer les projets d'innovation et codévelopper de nouveaux produits et services dans les domaines du transport, de l'énergie et des éco-industries. Le partenariat prend différentes formes : collaboration R&I le plus souvent, mais aussi mise à disposition de compétences et de moyens techniques, aide à la valorisation industrielle ou encore appui financier. Une prise de participation au capital est également envisageable. IFPEN œuvre ainsi à la consolidation d'un tissu de PME et de start-up dans ses domaines d'activité.

**FAIT MARQUANT****VALORISER LES BOUES DE STATIONS D'ÉPURATION AVEC CLEEF SYSTEM**

Cleef System propose aux sites disposant d'une station d'épuration, urbaine ou industrielle, un procédé innovant de valorisation des boues en écocombustible à fort pouvoir calorifique. En octobre 2017, cette PME a inauguré son premier démonstrateur industriel sur la plateforme chimique de Roussillon (Isère). D'une capacité de 200 kg/h, celui-ci est le fruit de quatre années de développements menés avec le soutien technologique d'IFPEN. Il permet de transformer une partie des boues de la station d'épuration de la plateforme en écocombustibles, qui viennent alimenter une centrale biomasse fournissant de la vapeur haute pression aux industriels implantés sur le site, créant ainsi une boucle courte d'économie circulaire. Présent aux côtés de l'entreprise dès l'origine, IFPEN lui a apporté son aide pour mieux comprendre les phénomènes régissant le procédé et passer à l'échelle industrielle.



**300** ...  
**nouvelles PME rencontrées  
 en moyenne chaque année par IFPEN**




#### FAIT MARQUANT

#### IFPEN REÇOIT LE PRIX DE L'ORGANISME DE R&D LE PLUS SOLlicitÉ DURANT TECHINNOV

IFPEN a participé en février 2017 à la convention d'affaires Techinnov, organisée par la Chambre de commerce et d'industrie de l'Essonne. Cette journée annuelle contribue à plus de 10 000 rendez-vous pris entre PME, start-up, partenaires industriels, organismes de recherche, sociétés d'accélération du transfert de technologies et organismes financeurs. Pour sa 11<sup>e</sup> participation, IFPEN a rencontré un vif intérêt, avec près de 70 demandes de contact et 40 rendez-vous réalisés. IFPEN a ainsi reçu le prix de l'organisme de R&D le plus sollicité durant la journée. Ces rendez-vous ont permis d'entrer en relation avec des PME et d'en orienter certaines vers la plateforme technologique Carnauto.

#### Carnauto, AirCar, Axel'One : des soutiens adaptés

Le démarrage d'une nouvelle entreprise nécessite des moyens tant en termes d'hébergement que d'équipements sur-mesure (laboratoires, moyens d'expérimentation). IFPEN propose une offre de soutien logistique au sein de la plateforme d'innovation collaborative Axel'One, dédiée à la chimie et à l'environnement en région Auvergne-Rhône-Alpes. Parmi ces ressources, la plateforme Procédés innovants située sur le site d'IFPEN-Lyon ou le supercalculateur d'IFPEN. IFPEN accompagne aussi les PME dans le cadre de structures partenariales avec d'autres centres de recherche. Il s'investit en particulier dans des projets inter-Carnot favorisant la mise à disposition de plateformes technologiques, comme les actions « Carnot filières » Carnauto (automobile et mobilité) et AirCar (aéronautique).

#### La contribution au financement du capital de sociétés innovantes

IFPEN est amené à participer, dans ses domaines d'intérêt – éco-industries, éco-énergies et mobilité –, au capital de sociétés, directement ou indirectement via des fonds. À titre d'illustration, IFPEN accompagne depuis ses débuts la société Demeter Partners, leader européen du capital investissement pour la transition énergétique, en investissant activement dans les fonds qu'elle lance dans ce domaine. Ces fonds couvrent l'intégralité de la chaîne de financement en fonds propres, de l'amorçage aux infrastructures dédiées à l'environnement et à la transition énergétique. Au sein de ces fonds, IFPEN apporte aussi son expertise dans le choix des entreprises à soutenir.

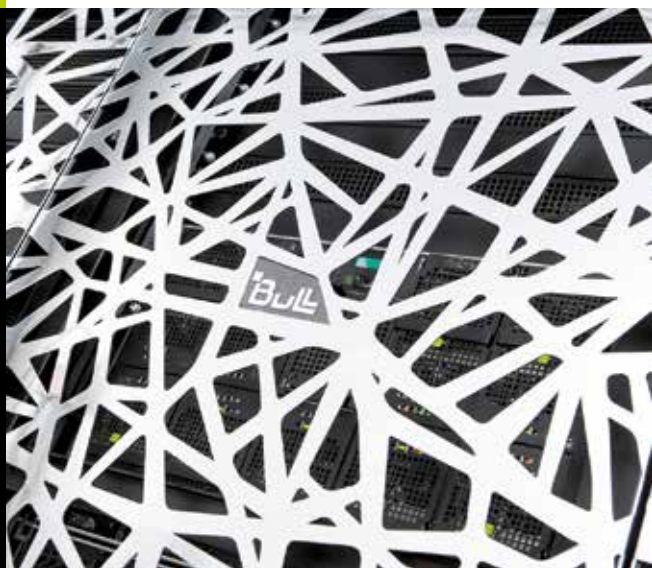
#### FAIT MARQUANT

#### PARTICIPATION AU NOUVEAU FONDS DEMETER 6

Demeter a lancé en novembre 2017 un fonds dédié aux start-up des secteurs smart city et smart energy, deux secteurs propices à l'émergence de nouveaux champions répondant aux défis du changement climatique. Ce nouveau fonds financera et accompagnera sur le long terme une vingtaine de jeunes pousses européennes basées en France, en Espagne et en Allemagne. La participation au fonds Demeter 6 est un moyen pour IFPEN de co-investir dans des entreprises innovantes du secteur des NTE.

**120**

**sociétés financées par Demeter depuis 12 ans**





## Soutenir la création d'entreprises

### Une capacité à faire émerger des pépites

Identifier de nouveaux produits ou services issus de la R&I et pouvant faire l'objet d'une mise sur le marché via le lancement d'entreprises fait partie des ambitions d'IFPEN. L'objectif est de gagner en agilité pour pouvoir répondre plus rapidement aux besoins des clients sur des marchés en pleine évolution. IFPEN contribue ainsi à la création de sociétés et en amorce le développement en apportant une grande partie du capital de départ.

### Un dispositif d'essaimage

IFPEN accompagne ses salariés souhaitant créer des entreprises et ce, quel que soit le domaine visé. Le dispositif d'essaimage prévoit une période d'incubation de 6 à 18 mois, pendant laquelle IFPEN fait bénéficier le salarié de son expérience en création de société.

## Le groupe IFPEN

Le pivot de la politique de valorisation d'IFPEN réside dans son portefeuille de filiales et de participations, qui rassemble aujourd'hui des acteurs industriels de référence au niveau mondial (Axens, Heurtey Petrochem, Beicip-Franlab, IFP Training, etc.) et de jeunes entreprises innovantes telles que Mavel edt ou DriveQuant. Ce modèle, qui a fait ses preuves dans le domaine des hydrocarbures, peut répondre au besoin actuel de création de filières dans les secteurs des énergies nouvelles et de la mobilité durable. IFPEN oriente aujourd'hui ses efforts en ce sens, avec la création et la prise de participations au capital de sociétés centrées sur les NTE.

#### FAIT MARQUANT

### DÉMARRAGE RÉUSSI POUR LA SOCIÉTÉ DRIVEQUANT

Exemple de la démarche de création d'entreprises par IFPEN, la start-up DriveQuant, lancée en février 2017 afin de se positionner sur le marché émergent mais d'ores et déjà concurrentiel de la mobilité connectée. DriveQuant commercialise une offre de services dans le domaine des technologies mobiles appliquées au transport connecté et à la mobilité, allant de l'analyse de la conduite à la sécurité des véhicules, en passant par le coaching et l'analyse énergétique, et l'estimation des émissions polluantes. Des services qui ont déjà séduit à ce jour des grandes compagnies d'assurances et des gestionnaires de flottes, avec lesquels des collaborations sont en cours.



### Entretien avec DAVIDE BETTONI

Président-Directeur général  
de Mavel

*Depuis près de 20 ans, la société italienne Mavel fournit des moteurs électriques et des électroniques de puissance de haute performance pour des applications ciblées. En collaboration avec IFPEN, elle élargit son périmètre d'action au marché automobile.*

#### Que vous apporte le partenariat avec IFPEN ?

*Sur le plan technique, nous avons tiré parti de nos complémentarités. D'un côté, notre expérience dans les moteurs et les onduleurs. De l'autre, les capacités de R&D d'IFPEN et ses nombreux moyens d'essais. Le fait de nous appuyer sur un partenaire structuré nous apporte également beaucoup. Sur le plan financier, la participation d'IFPEN au capital de Mavel a donné un coup d'accélérateur à notre croissance.*

#### Vous avez créé ensemble Mavel edt, quelle est l'activité de cette société ?

*Il s'agit d'une entité dédiée à la production en grande série de motorisations électriques pour des petits véhicules destinés à la Chine. Elle est codétenue par Mavel, IFPEN et l'investisseur Weisa Automobile Technology Ltd. Après avoir industrialisé nos procédés en Italie, nous allons transférer la ligne de production en Chine courant 2018. La production en petite série et l'expertise en ingénierie de Mavel resteront en Europe.*

#### Avez-vous d'autres projets prévus avec IFPEN ?

*Lancer un développement pour le secteur automobile représente un investissement considérable. Nous explorons donc plusieurs pistes, notamment dans le domaine des turbocompresseurs, mais aucun projet spécifique n'est lancé pour l'instant. Une chose est sûre : notre technologie est réellement différenciée sur le marché des motorisations électriques. Dans la conjoncture actuelle, nous sommes confiants sur son avenir !*

**+ de 50%**  
des ressources propres d'IFPEN  
sont issues de la valorisation industrielle  
de ses travaux

## PRINCIPAUX FAITS MARQUANTS

### DES FILIALES ET PARTICIPATIONS DU GROUPE IFPEN



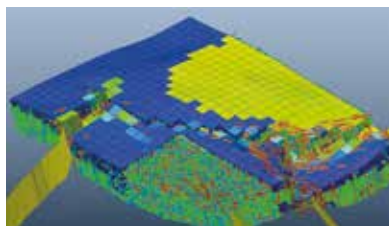
#### Groupe Axens : procédés catalytiques, raffinage et pétrochimie, carburants alternatifs

**E**n 2017, le groupe Axens a poursuivi son développement, porté par ses activités de licence, de catalyseurs et d'adsorbants. Plusieurs succès notables ont été concrétisés dans le domaine des procédés de production de carburants propres et d'aromatiques, avec la mise en service de nombreuses unités licenciées. Plusieurs régions du monde soutiennent cette demande, en particulier le Moyen-Orient, l'Inde et la Chine. De nouveaux procédés ont par ailleurs été commercialisés ou développés dans le domaine de la chimie et des biocarburants notamment. Le succès sur le marché des gammes de catalyseurs Impulse (hydrotraitement), Prime-G+ (hydrodésulfuration), Symphony (reformage catalytique) et Craken (hydrocraquage) ont conduit à mettre en route ou décider de nouveaux investissements en France, aux États-Unis et en Arabie saoudite. À noter également le lancement de Connect'In, offre digitale d'assistance en ligne pour le suivi et l'optimisation des performances des unités.

Le groupe Axens détient désormais 92,4 % de la société Heurtey Petrochem et de sa filiale Prosernat. Cette acquisition, menée fin 2016, lui permet de se renforcer dans les domaines du traitement de gaz, des fours et des équipements de procédés et des modules technologiques, en élargissant son offre. Cette activité a connu une année difficile, marquée par un creux de marché. Elle a été réorganisée en regroupant les forces projets et ingénierie, afin d'améliorer sa compétitivité. Le groupe a pour objectif de développer, en lui permettant d'opérer sur le marché tiers, tout en développant des synergies avec les autres branches d'Axens.

Le groupe Axens intègre également désormais 50 % d'Eurecat, spécialiste de la régénération et du conditionnement des catalyseurs.

#### Beicip-Franlab : études, conseil et logiciels en géosciences pour l'industrie du pétrole et du gaz



**E**n 2017, dans un contexte toujours difficile pour les activités liées à l'exploration-production, Beicip-Franlab a maintenu une activité soutenue, permettant un exercice positif. Elle est tirée notamment par le Moyen-Orient et l'Iran, où plusieurs études intégrées concernant des champs importants ont été réalisées. La demande dans cette région du monde s'oriente de plus en plus vers des études combinant la compréhension du réservoir et l'optimisation des puits et réseaux de surface. L'année se caractérise aussi par un net redresse-

ment de la part de marché de Beicip-Franlab en Afrique du Nord, particulièrement en Algérie, où d'importants projets d'exploration ont été initiés à la fois pour des réservoirs conventionnels et non conventionnels. On notera par ailleurs une bonne tenue de l'activité en Europe, via de l'assistance technique et la réalisation de plusieurs projets. Après une année 2016 difficile en Asie, plusieurs projets sur le thème des réservoirs karstiques ont été réalisés et ont conduit à des succès techniques. Dans le domaine des logiciels, plusieurs ventes ont été réalisées auprès de clients majeurs de Beicip-Franlab, aussi bien pour les technologies d'exploration que de réservoir.

#### Tech'avantage : une ESN\* au service du secteur énergétique

**E**n 2017, Tech'avantage a développé ses activités de tierce maintenance applicative dans le domaine de l'amont pétrolier. Outre les travaux menés sur la gamme de logiciels en géosciences Flow, la société a élargi ses compétences dans le domaine des nouvelles technologies en lançant la commercialisation en mode SaaS (*Software as a Service*) de son application EDC (*EasyDocContents*) d'aide contextuelle embarquée ou « *embedded contextualized user help* ».

\* Entreprise de services du numérique

#### IFP Technologies Canada : valorisation de technologies en exploration-production et environnement

**E**n 2017, l'activité d'IFP Technologies Canada s'est principalement focalisée sur la promotion de l'Alliance EOR (IFPEN, Beicip-Franlab, Solvay), ainsi que sur des activités de conseil liées à la récupération assistée des hydrocarbures.

### Groupe IFP Training : formation professionnelle

**E**n 2017, dans un marché très déprimé, IFP Training a continué de déployer son offre de formations certifiantes dans de nombreux pays (Algérie, Congo, Émirats arabes unis, France, Gabon, Iran, Koweït, Mexique, Nigeria, etc.) répondant ainsi au besoin de développement et de certification de compétences de ses clients. Le second semestre a été marqué par d'importants succès, en particulier au Mexique, avec de nouveaux services d'accréditation de centres de formation, en Oman pour la formation sur unités réelles de personnels dans le domaine de la pétrochimie et au Tchad suite à un appel d'offres de la Banque mondiale.

En juillet 2017, IFP Training a apporté à la société Corys les titres qu'elle détenait dans sa filiale RSI. À la suite de cette opération, RSI a fusionné avec la société Corys pour constituer un leader mondial de la simulation dynamique dans le domaine de l'énergie et des transports. IFP Training détient à ce jour 25 % du capital de Corys.

### DriveQuant : services pour véhicules et conducteurs connectés

**S**a première année d'exercice a permis à DriveQuant de conforter son positionnement technique et marché, avec l'acquisition d'une dizaine de clients, acteurs de l'assurance, de la gestion de flottes et de la distribution de pièces de rechange. La société débute 2018 avec d'excellentes perspectives et des équipes techniques et commerciales en fort développement.

### Mavel : ingénierie du groupe motopropulseur

**E**n avril 2017, Mavel edt, création conjointe de Mavel, Weisa Automobile Technology Limited et IFPEN, a inauguré à Pont-Saint-Martin en Italie la nouvelle chaîne de production en petites séries de la gamme de moteurs électriques innovants et performants de petite puissance développés par IFPEN et Mavel.



### easyLi : ingénierie du groupe motopropulseur

**E**n 2017, la société easyLi, qui conçoit, produit et commercialise des systèmes de stockage d'énergie électrique clés en main, a remporté le marché des batteries et kits de recharge de la start-up CityScoot. CityScoot équipe la ville de Paris avec des scooters électriques en *free floating*, c'est-à-dire sans contrainte de point de prélèvement/recharge. La société easyLi présente un résultat positif et une croissance construite sur une offre duale de stockage de l'énergie, dans la mobilité électrique légère et dans le stationnaire.

## PORTEFEUILLE DES PARTICIPATIONS INDUSTRIELLES au 30 avril 2018

Procédés de raffinage, pétrochimie, catalyseurs et hydrogène

PME-PMI et Start-up Transition énergétique

Demeter / Demeter 2 / Demeter 3  
Amorçage / Demeter 4 INFRA / Demeter 6

Fonds 3E

Fonds régional Rhône-Alpes

Conseil et logiciels en géosciences

Formation



LES **ACTEURS**  
DE LA **TRANSITION**  
**ÉNERGÉTIQUE**

Nouveau module « Innovation et Entrepreneuriat » - p. 52  
 Les étudiants d'IFP School récompensés par leurs pairs - p. 53  
 Premiers diplômés du programme Petroleum Data Management - p. 54

## L'ESSENTIEL DES FAITS MARQUANTS 2017



La formation fait partie des missions statutaires d'IFPEN. Son école d'application, IFP School, forme les futurs acteurs de la transition énergétique, capables de répondre aux attentes de l'industrie et de la société dans les domaines de l'énergie et des motorisations.

Les diplômés d'IFP School sont non seulement immédiatement opérationnels, mais aussi préparés aux métiers de demain associés à la transition énergétique. L'École a d'ores et déjà adapté son offre de formation, en faisant évoluer le contenu des programmes existants et en créant de nouveaux.

IFP School entretient des liens étroits avec l'industrie et propose des enseignements en adéquation avec ses besoins. Son modèle de partenariat – le parrainage par une entreprise ou le contrat d'apprentissage – est aujourd'hui éprouvé. À l'international, IFP School propose des formations conjointes avec des universités de référence, conduisant souvent au double diplôme.

Pour continuer à être reconnue comme une référence mondiale de la formation diplômante dans les domaines de l'énergie et des transports, IFP School attache une attention particulière à la qualité du recrutement des élèves et s'efforce de toujours améliorer ses programmes, notamment en développant l'ouverture de ses étudiants sur les aspects environnementaux et éthiques.

L'École forme des ingénieurs ayant une vision globale de leur secteur, ouverts sur le monde et capables de travailler en milieu multiculturel.



# IFP SCHOOL

IFP School propose aux jeunes ingénieurs des formations professionnalisantes dans les domaines de l'énergie et des transports. Son ambition est double : apporter à l'industrie les compétences dont elle a besoin aujourd'hui et former les futurs acteurs de la transition énergétique. Elle s'appuie, pour cela, sur un écosystème structurant de partenaires de premier plan, académiques et industriels, et propose à ses élèves un modèle pédagogique de pointe, en privilégiant des supports et des outils innovants. Grâce aux compétences acquises, les diplômés d'IFP School sont immédiatement opérationnels pour les secteurs de l'énergie et des transports, et déjà préparés aux métiers de demain dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie (NTE).

## Adapter les formations aux besoins industriels et sociétaux

**P**our répondre aux défis posés par la révolution énergétique en cours, IFP School accélère l'évolution de ses formations en introduisant, dans nombre de ses programmes, de nouvelles thématiques directement liées aux NTE. Une stratégie qui lui permet d'être en phase avec les besoins de l'industrie et de la société, et de former des ingénieurs d'excellence non seulement disponibles immédiatement pour les entreprises, mais surtout capables d'innover pour l'avenir, car préparés aux métiers de demain.



## Des compétences nouvelles pour répondre au besoin de technologies innovantes

La transition énergétique exige de nouvelles compétences dans des domaines variés. IFP School les intègre à ses formations :

- nouvelles technologies : électrification des véhicules, procédés ex-biomasse, captage du CO<sub>2</sub>, éolien offshore, *smart grids* ou encore énergies renouvelables pour la production d'électricité vus sous l'angle économique ;
- efficacité énergétique, afin d'optimiser l'utilisation de l'énergie sur toute la chaîne de production et de consommation ;
- transformation numérique, ou comment comprendre et mobiliser le big data pour gérer les nouvelles contraintes de production d'énergie ;
- interdisciplinarité, pour décloisonner les disciplines et les secteurs et créer ainsi des passerelles entre métiers grâce à la multiplication de projets transverses.

### FAIT MARQUANT

#### NOUVEAU MODULE « INNOVATION ET ENTREPRENARIAT »

La première session du module « Innovation et Entrepreneuriat », organisée sur la thématique de la mobilité, a réuni plus d'une trentaine d'élèves de différents programmes pendant le mois de janvier 2017. Avec ce projet transverse, IFP School incite ses étudiants à découvrir toutes les facettes de la création d'entreprise : proposition d'idées innovantes grâce à des techniques de créativité (design thinking), élaboration d'un business model, définition d'un plan marketing, prototypage au sein d'un fablab et pitch pour convaincre de potentiels investisseurs. Face au succès de cette première session, qui répond à la fois aux besoins d'agilité inhérents à l'innovation énergétique et aux aspirations des étudiants, une deuxième édition a été organisée en janvier 2018.

## FAIT MARQUANT

**UNE INITIATIVE POUR UN CAMPUS DURABLE**

Créée en septembre 2017, la Sustainable Campus Initiative vise à initier et à soutenir, sur le campus d'IFP School, des initiatives permettant de diffuser des comportements et pratiques exemplaires en matière de développement durable. Les projets abordent des questions aussi diverses que les consommations d'énergie, les transports, l'alimentation et même la santé. À côté d'actions mises en place spécifiquement sur le campus, IFP School profite aussi de la démarche RSO d'IFPEN pour gagner en efficacité. Parmi les premières initiatives lancées, une campagne sur les écogestes et l'installation de bornes de tri centralisé des déchets.

**CHRISTINE TRAVERS**

Directrice d'IFP School

« L'ambition d'IFP School est de former aujourd'hui des talents directement opérationnels pour les entreprises engagées dans l'innovation énergétique, avec des compétences larges qui les préparent déjà aux métiers de demain. Pour donner corps à ce que nous sommes en train de devenir, l'École de l'innovation énergétique et de la mobilité durable, et pour contribuer, à travers la réussite de nos élèves, à construire un monde au service d'une énergie durable et accessible. »

13

programmes de formation orientés industrie, dont 7 anglophones

## FAITS MARQUANTS

**LES ÉTUDIANTS D'IFP SCHOOL RÉCOMPENSÉS PAR LEURS PAIRS**

Une équipe de cinq étudiants d'IFP School a remporté en juin 2017 le concours Field Challenge organisé à l'échelle mondiale par l'European Association of Geoscientists & Engineers. Ils ont simulé le développement d'un champ d'hydrocarbures en mer du Nord à partir de données fournies par Total. Ce concours réunissait huit équipes finalistes venues d'Europe et d'Asie. Les étudiants d'IFP School en étaient déjà sortis vainqueurs en 2011, 2014 et 2016 : une récompense qui souligne la reconnaissance, par les industriels du secteur, de la pertinence et de la qualité des formations délivrées par l'École.

**UNE NOUVELLE OFFRE DE FORMATION AVEC SINGAPOUR**

Un accord de coopération a été signé par IFP School en mars 2017 avec la National University of Singapore. Il jette les bases de la création d'une offre de formation nouvelle dans le domaine de l'énergie. Un premier programme de master joint, intitulé Petroleum Projects and Offshore Technology, constitue la première brique de cette offre et devrait voir le jour en 2019.

**Une offre diversifiée de partenariats pour les entreprises**

Le modèle de formation conçu par IFP School repose sur une intégration industrielle poussée. De nombreuses possibilités de collaboration sont proposées aux entreprises :

- parrainage d'étudiants ou contrats d'apprentissage,
- détachement de jeunes professionnels à haut potentiel déjà en poste,
- enseignement et animation de projets,
- organisation de visites industrielles,
- mise à disposition de données réelles pour des études de cas,
- financement d'une chaire industrielle,
- sponsoring d'événements ou d'espaces sur le campus.

**S'appuyer sur un réseau de partenaires internationaux**

IFP School travaille avec des partenaires de référence du monde académique et du secteur industriel. Grâce à de nombreuses collaborations avec des universités et grandes écoles, en France et à l'international, des programmes sont ainsi sanctionnés par un double diplôme. Par ailleurs, ses liens étroits avec l'industrie permettent à IFP School de rester en phase avec les besoins des entreprises en termes de compétences, actuelles et futures. Cette proximité explique aussi le taux de placement très élevé de ses étudiants car c'est avec les industriels, représentés au sein de son conseil de perfectionnement, qu'IFP School ajuste les effectifs de ses promotions en fonction des estimations des futures opportunités de recrutement.



### SYLVAIN CALISTI

Product Manager chez Kayrros,  
diplômé *Petroleum Economics  
and Management* 2012

« Ce qui m'a le plus marqué lors de mes études à IFP School ? Sans doute les gens ! Où que j'aille dans le monde, je retrouve toujours un ancien élève du programme *Petroleum Economics and Management* avec qui je peux évoquer tout ce que nous y avons appris et le bon temps passé à IFP School ! »

# + de 80%

des élèves d'IFP School sont soutenus  
par des entreprises pendant leurs études



## La formation pour tous grâce aux Mooc

IFP School a organisé en 2017 les troisièmes sessions de ses Mooc (*Massive Online Open Courses*) sur la mobilité durable et sur la chaîne *Oil & Gas*. Au total, plus de 80 000 personnes ont suivi les différentes sessions de ces cours en ligne depuis leur lancement en 2014. Gratuits, dispensés en anglais et sous-titrés en français, les Mooc d'IFP School permettent d'abolir les frontières et de toucher des populations d'apprenants de pays et d'environnements très variés. Une expérience réussie qui donnera lieu à des Mooc sur de nouveaux sujets courant 2018 et en 2019.

## Un réseau international dans plus de 100 pays

Au total, 18 000 anciens élèves travaillent aujourd'hui dans les industries de l'énergie et des transports, dans plus de 100 pays. Ce réseau constitue un relais important pour le rayonnement de la France à l'international. Les activités de formation diplômante assurées par IFP School jouent un rôle essentiel dans les relations partenariales d'IFPEN à l'international. En formant les hauts potentiels pour des entreprises françaises et internationales, IFP School construit en effet un lien privilégié avec ceux qui deviendront les futures élites industrielles et politiques de leurs secteurs ou de leurs pays.

## Privilégier une pédagogie innovante

Le modèle pédagogique d'IFP School repose sur une approche qui met l'accent sur la résolution de problématiques concrètes, afin de préparer au mieux l'intégration professionnelle de ses étudiants et d'améliorer leur employabilité. IFP School développe et utilise des méthodes favorisant l'acquisition de savoir-faire et l'apprentissage par l'expérimentation : pédagogie inversée, *serious games*, réalité virtuelle ou *mobile learning* sont autant d'outils permettant de faire des étudiants d'IFP School des professionnels directement opérationnels dès l'obtention de leur diplôme.

### FAITS MARQUANTS

#### PREMIERS DIPLÔMÉS DU PROGRAMME PETROLEUM DATA MANAGEMENT

Seize élèves de la première promotion du Mastère Spécialisé® *Petroleum Data Management* ont été diplômés en octobre 2017. L'objectif de ce programme est de répondre aux défis posés au secteur de l'énergie par le big data, en formant des experts capables de gérer l'ensemble des données acquises dans le domaine de l'exploration et de l'exploitation des ressources naturelles, en particulier le pétrole, le gaz naturel et l'eau.

#### LEARNING BY DOING : AU PLUS PRÈS DES MÉTIERS DE DEMAIN



IFP School est à la pointe de la pédagogie (classe inversée, communauté d'apprenants, Mooc, réalité virtuelle, serious game, tutorat, etc.). Déjà primée en 2015, l'École a d'ailleurs remporté en juin le Grand prix du Digital Learning Excellence Award, décerné par les groupes Cegos et AEF, pour son module de formation « *Inspection d'unité industrielle* ».

Il propose notamment aux élèves du programme *Énergie et Procédés* des exercices pour l'élaboration de procédures de détection d'anomalies, via une visite avec casques de réalité virtuelle, en préparation d'une visite de terrain réelle. Cette approche ludique permet aux étudiants de s'immerger dans un environnement industriel, fidèle à l'esprit « *learning by doing* » (l'apprentissage par l'expérimentation) de l'École.



**350**   
enseignants issus de l'industrie



### LARISSA HOUSE

Ancienne élève *Petroleum Economics and Management* 2017

« L'enseignement reçu à IFP School, avec des intervenants de l'industrie et des études de cas, est très appliqué, et complémentaire de la formation plus théorique de Colorado School of Mines, que je suis dans le cadre de mon double diplôme. Cette approche opérationnelle est un plus pour mon avenir professionnel. »

### FAIT MARQUANT

#### PARRAINAGE DE LA PROMOTION 2017

Thierry Pilenko, Président exécutif de TechnipFMC (au centre sur la photo) a parrainé la promotion 2017 d'IFP School.



## CONSEIL DE PERFECTIONNEMENT

### AU TITRE DES PERSONNALITÉS DE L'INDUSTRIE

#### Bruno Covin

Directeur de la Stratégie et de l'Ingénierie avancée GMP & EV de l'alliance Renault Nissan

#### Michel Forissier

Directeur Marketing Produit, R&D, Pôle Propulsion, Valeo

#### Hervé Galleron

Directeur des Ressources humaines, ExxonMobil France

#### Olivier Peyret

Président directeur général, Schlumberger France,

#### Arnaud Pieton

Executive Vice-President Ressources humaines, TechnipFMC

#### Sandra Roche-Vu Quang

Chief Business Development Officer & CEO of New Countries - North, South and Eastern Europe, Engie

#### Éric Zielinski

Plant Engineering Manager, Saipem SA

### AU TITRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR OU DE LA RECHERCHE

#### Dominique Bonvin

Professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne

#### Élisabeth Crépon

Directrice, Ensta ParisTech

#### Bernard Leduc

Professeur à l'Université libre de Bruxelles

#### Alain Storck

Ex-Président de l'université de Technologie de Compiègne

### AU TITRE DES ANCIENS ÉLÈVES

#### Nathalie Brunelle

Secrétaire générale - SVP Corporate Affairs, Total

#### Patrice Marez

Directeur Conception, Système, Chaîne de traction, Groupe PSA

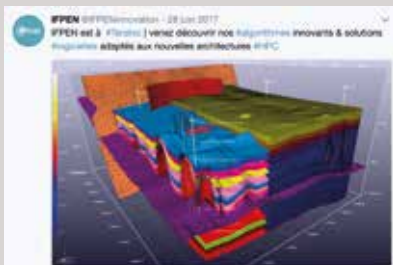
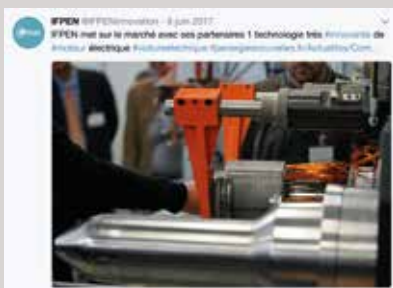
#### Jean-Baptiste Renard

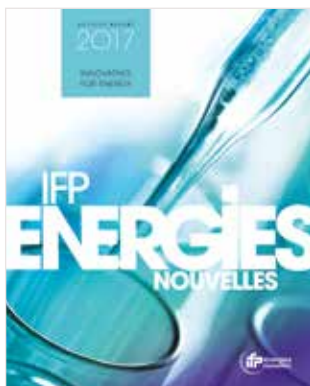
Consultant, expert en énergie

# # RETOUR SUR L'ANNÉE 2017



## d'@IFPENinnovation





**IFP Energies nouvelles**  
1 et 4, avenue de Bois-Préau  
92852 Rueil-Malmaison Cedex  
Tél. : + 33 1 47 52 60 00

**IFP Energies nouvelles-Lyon**  
Rond-point de l'Échangeur de Solaize  
BP 3 – 69360 Solaize  
Tél. : + 33 4 37 70 20 00

[www.ifpenergiesnouvelles.fr](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr)

**Retrouvez IFPEN et IFP School sur les réseaux sociaux**



**Rédaction :** IFPEN • **Conception et réalisation graphique :** O'communication

**Impression :** ce document a été imprimé sur du papier recyclé certifié FSC



**Crédits photographiques :** Alexis Chezière • Arol Energy •  
Avent Lidar Technologies • Cleef System • Contextes • Cyrille Dupont • DP Multimédia •  
ENS Lyon • Fotolia • HappyDay • IFPEN • LeoSphere • Masterfilms • Mavel • M. Dutartre •  
Objectif Images • O'Communication • Patrick Messina • Photo France • Roar Lindefjeld /  
StatoilHydro • Sabine Serrad • SBM • Studio Humphrey, X.

ISSN 2427-2973 - IFP Energies nouvelles

Droits de reproduction, textes et illustrations réservés.

RAPPORT D'ACTIVITÉ

2017

INNOVER  
LES ÉNERGIES

[www.ifpenergiesnouvelles.fr](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr)

## RÉPONDRE AUJOURD'HUI AUX ENJEUX DE DEMAIN

### **IFP Energies nouvelles**

est un acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. De la recherche à l'industrie, l'innovation technologique est au cœur de son action.

