

IFP SCHOOL

ALUMNI **MAG**



DOSSIER

QUELS TALENTS POUR LA MOBILITÉ DE DEMAIN ? VISION DES ENTREPRISES ET RÉPONSES D'IFP SCHOOL



-  NEWS FROM **IFP SCHOOL**
- Création d'une chaire ECAV
 - Lancement d'un club CO₂

-  ABOUT THE **ASSOCIATION**
- Prix pour Drust au CES 2019
 - Dîner de gala 2018



**WE CERTIFY THE COMPETENCIES
OF OIL & GAS INDUSTRY PROFESSIONALS**

OUR SOLUTIONS FROM UPSTREAM TO DOWNSTREAM



45 YEARS OF EXPERIENCE IN OIL & GAS TRAINING



ifptraining.com



Ensemble vivons le progrès.

Membre des plus grands constructeurs de machines de chantier au monde, Liebherr œuvre aussi dans de nombreux autres secteurs d'activité qui vont de la fabrication de composants aux appareils électroménagers en passant par l'aéronautique. Depuis plus de 60 ans, Liebherr est associé à un large éventail de produits et de prestations haut de gamme qui évoluent sans cesse. Le lien étroit avec la pratique, la maturité technologique affirmée ainsi que les exigences de qualité toujours très élevées sont les prérequis à la satisfaction des clients du Groupe.

Liebherr Machines Bulle SA dans le canton de Fribourg en Suisse développe et fabrique des moteurs diesel et à gaz, des systèmes d'injection, ainsi que des composants hydrauliques et des réducteurs de distribution de pompe. Les composants et systèmes ne sont pas employés seulement au sein du Groupe, mais équipent également les engins d'autres constructeurs.

Liebherr-Components Colmar SAS est spécialisée dans le développement, la conception, l'assemblage et les tests de moteurs diesel de grande puissance. Ces derniers viennent étoffer le portefeuille actuel de moteurs diesel Liebherr avec une plage de puissance comprise entre 1,2 et 4,5 MW.

Bienvenue dans l'équipe - nous nous réjouissons de recevoir votre candidature.

Liebherr Machines Bulle SA
Personne de contact RH :
Anne-Christine Doelling
Tél. : +41 26 913 40 06
Email : AnneChristine.Doelling@liebherr.com

Liebherr-Components Colmar SAS
Personne de contact RH :
Lise Baechler
Tél. : +33 3 89 30 76 50
Email : Lise.Baechler@liebherr.com

Visitez notre page carrière
www.liebherr.com/carriere

LIEBHERR

EDITO



Philippe Brunet (APP 88),
Alliance SVP
Powertrain & EV Engineering

La révolution de la mobilité, tant de fois évoquée, est maintenant engagée de façon inéluctable mais il reste encore de nombreuses interrogations sur sa concrétisation et sa vitesse de déploiement. S'il est acquis que la mobilité du futur reposera sur un véhicule autonome, connecté et électrique, cette transformation dépendra de 3 facteurs en constante évolution et interdépendants :

- la sévérisation des contraintes réglementaires,
- le rapport des usagers à la mobilité et à ses modes de consommation,
- la maturité des technologies.

C'est pourquoi les industriels acteurs de cette révolution doivent se montrer agiles afin de s'adapter à différents scénarios.

Reste une inconnue de taille : l'acceptation par le marché du surcoût induit. Cette acceptation sera fonction de la valeur apportée par les nouvelles technologies et perçue par le client. Le ratio coût-valeur sera déterminant pour le choix de celles qui seront déployées. Il y a un consensus de plus en plus large pour considérer que le véhicule électrique sera, à terme, la technologie dominante. Toutefois, compte tenu de son coût actuel, des technologies d'hybridation seront nécessaires pour assurer la transition du tout thermique au tout électrique.

Un enjeu majeur est le développement de nouvelles compétences, dans de nombreux domaines dont certains encore à explorer: chimie des batteries, e-machine, approche systémique (et non par composant), mécatronique, big data, conception *Model Based Design*, etc. IFP School doit donc poursuivre sa mission de formation des acteurs de l'industrie de la mobilité, en restant à l'avant-garde des offres de formation sur les compétences à développer.

Bonne lecture !

The mobility revolution, so often mentioned, is now underway, but still with a lot of questions about its implementation and speed of deployment.

While it is assumed that "mobility of the future" will be based on an autonomous, connected and electric vehicle, this transformation will depend on 3 constantly evolving and interdependent factors:

- *Stricter regulatory constraints,*
- *The relationship of users to mobility and to its consumption patterns,*
- *The maturity of technologies.*

This is why the companies involved in this revolution must be agile in order to adapt to different scenarios.

One major question mark remains: what about the market's acceptance of the additional cost involved? This acceptance will depend on the value provided by new technologies and perceived by the customer. The cost-value ratio will be decisive in the selection of technologies to be deployed.

There is a growing consensus that the electric vehicle will eventually be the dominant technology. However, given its current cost, hybridization technologies will be required to ensure the transition from thermal to electrical.

A major challenge is the development of new skills, in many areas, some of which still to be explored: battery chemistry, e-machine, systemic approach (and not by component), mechatronics, big data, Model Based Design, etc.

IFP School must therefore pursue its mission of training actors in the mobility industry, by remaining at the forefront of training offers on the skills to be developed.

Have a good reading!



- Pour la dissémination et la valorisation scientifique, la chaire aura comme objectif de favoriser l'organisation d'événements tels que des workshops et des conférences, valoriser le travail des étudiants IFP School tout en renforçant les relations avec les partenaires industriels et académiques.

La chaire est portée par deux titulaires : Ouafae El Ganaoui Mourlan (Responsable de programme PWT à IFP School) et Antonio Sciarretta (Chef de projet IFPEN "Algorithmes pour la mobilité intelligente"). ■

Missions

La chaire réunira les enseignants-chercheurs du centre MMD d'IFP School et les équipes de recherche en mobilité durable d'IFPEN, ainsi que d'autres partenaires académiques et industriels.

Les missions principales concerneront l'enseignement, la recherche et la dissémination.

- Pour l'enseignement, la chaire aura comme but d'accompagner l'orientation des programmes du centre MMD de l'Ecole vers le véhicule électrique, en y intégrant des nouveaux cours et projets liés au véhicule connecté et autonome et en particulier :
 - le développement et la coordination des enseignements et unités d'enseignement liés à l'ECAV dans les programmes du centre en liaison avec un réseau international d'intervenants,
 - la responsabilité des projets de fin d'études liés à la thématique ECAV,
 - l'encadrement d'étudiants apprentis de l'École dans les directions de recherche d'IFPEN.
- Pour la recherche, la chaire permettra l'encadrement de thèses de doctorat et de stagiaires de master sur la thématique de la chaire. Le montage de thèses CIFRE avec des industriels est souhaitable. La chaire contribuera à la coordination des actions de R&I IFPEN dans ces thématiques.



**Dr.-Ing. OUAFAE
EL GANAOUI-MOURLAN**

Diplômée d'un doctorat en Mécanique des fluides de l'université d'Aix Marseille II ainsi que d'un diplôme d'ingénieur de l'École Centrale de Marseille, Ouafae El Ganaoui-Mourlan débute sa carrière au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) en 1999. Après un post-doctorat à IFP Energies nouvelles, elle a intégré le groupe PSA Peugeot Citroën en 2004. En 2011, elle a rejoint IFP School où elle est responsable du cycle anglophone Powertrain Engineering.



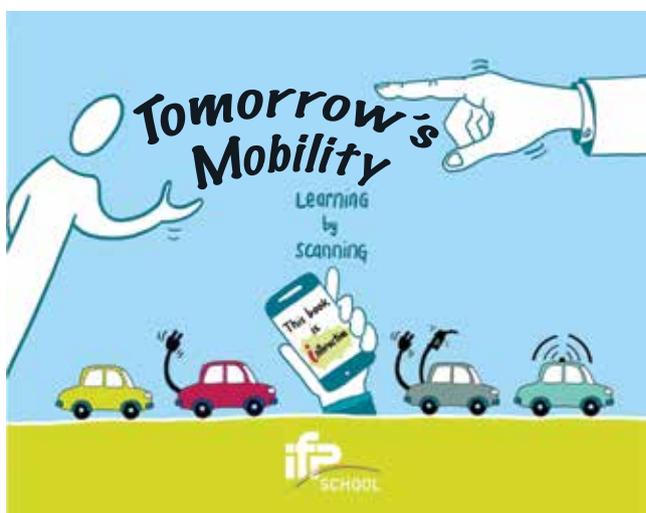
Dr. ANTONIO SCIARRETTA

Dr. Antonio Sciarretta was born in Ortona, Italy, in 1970. He received a M.Sc. (Mech. Eng.) in 1995, and a Doctorate degree (Thermal machines) in 1999, both from the University of L'Aquila, Italy. After several teaching and research experiences in Italy and Switzerland, he joined the Control, Signals and Systems Department of IFPEN in 2006. He has actively contributed to the development of hybrid-vehicle activities at IFPEN and he is currently managing research activities on control and optimization for connected and autonomous vehicle systems.

MOOC MOBILITÉ DE DEMAIN : UN SUCCÈS RENOUVELÉ !

Près de 5000 inscrits au nouveau MOOC* consacré aux technologies durables pour le secteur automobile conduit par IFP School fin 2018 et conçu en partenariat avec IFP Training et Vedecom. Parmi eux : 65 % de participants internationaux issus de 106 pays et 25 % d'étudiants.

*Massive Open Online Course



Les diverses innovations pédagogiques du MOOC telles que le fil rouge du professeur Otto, les *serious games* et la réalité virtuelle, ont été particulièrement appréciées par les apprenants de ce MOOC qui a enregistré un taux de complétion de 20 %, très supérieur au taux moyen de 7% du marché.

Découvrez l'essentiel
de ce MOOC dans le livre
édité pour l'occasion.



NOUVEAU MOOC SUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

En cohérence avec l'évolution de ses domaines de formation, IFP School propose du 18 mars au 19 avril un nouveau MOOC certifiant intitulé « Transition énergétique : innover pour un avenir bas carbone », soutenu par la Fondation Total et la Fondation Tuck.

Disponible en anglais et sous-titré en français, ce nouveau MOOC, gratuit et certifiant, vise à sensibiliser les étudiants et futurs ingénieurs,

ainsi que les professionnels, aux enjeux de la transition énergétique et aux innovations du secteur pour accompagner le passage au Scénario du développement durable.

Inscription jusqu'au 12 avril sur
mooc-energytransition.ifp-school.com



CRÉATION D'UN CLUB CO₂ PAR DES ÉLÈVES DE L'ÉCOLE : UNE INITIATIVE INÉDITE !

Deux étudiants de la promotion 2019, Liyas OTSMANE (DEG) et Yani MEZIANE (GOL), conscients de l'importance de la problématique CO₂, ont créé un club dédié à ce sujet.

Il est assurément encourageant, voire salubre, que la jeune génération se saisisse de cette question. C'est pourquoi nous avons souhaité faire le point sur cette initiative avec ses deux auteurs.

Créer un club CO₂ est une initiative inédite pour des étudiants IFP School. Pouvez-vous nous indiquer ce qui vous a conduits à cette décision et ce que vous en attendez ?

Nous nous destinons tous deux à des carrières dédiées à l'exploitation du sous-sol et nous avons pris conscience de l'importance des problématiques relatives au CO₂. L'idée de ce club est de fédérer les étudiants et les professionnels intéressés par la thématique CO₂ sous ses différents aspects : changement climatique, stockage et valorisation, marché carbone et contrôle technologique des émissions. Nous avons initié cette démarche au sein de l'École car nous souhaitons qu'elle soit portée par des étudiants, futurs professionnels de l'énergie.

Comment voyez-vous la suite ?

Nous souhaitons que le club prenne la forme d'un groupe de réflexion dans lequel les membres puissent se rencontrer pour échanger leurs idées et partager leurs connaissances. Le CO₂ concerne tous les programmes d'IFP School car il doit en être tenu compte dans la gestion de l'énergie, sa production et, bien sûr, son utilisation.

Nous souhaitons organiser des réunions-débats dédiées aux différentes thématiques relatives



au CO₂ : émissions "négatives", utilisation de la biomasse, captage du CO₂ dans les centrales, fonctionnement du marché européen du CO₂, etc. Ces réunions pourront également prendre la forme de "mini-COP" avec jeu de rôle pour simuler des rencontres entre professionnels internationaux. Enfin, nous aimerions proposer des conférences sur ces sujets.

Qu'est-ce qui vous semble le plus utile pour réussir votre pari ?

Que tout étudiant ou ancien élève intéressé par ces thématiques prenne contact avec nous. Nous recherchons des conférenciers ayant des connaissances et des expériences professionnelles autour du CO₂ ainsi que des volontaires pour nous aider dans notre réflexion et dans la construction de ce club.

Un dernier message ?

Le CO₂ est un sujet qui va affecter à la fois nos activités professionnelles, qu'il a déjà commencé à impacter, et nos vies personnelles. Cette initiative est donc un moyen pour nous de partager cette prise de conscience et mieux nous armer face à ces défis. ■



DOSSIER

MOBILITÉ : UN SECTEUR EN PLEINE MUTATION

UN DÉFI POUR LES ENTREPRISES ET POUR IFP SCHOOL

Nous allons consacrer les trois numéros de 2019 à analyser les changements induits à la fois par la volonté de transition énergétique et par la révolution numérique, pour chacun des trois grands secteurs industriels couverts par IFP School. L'objectif est de faire le lien entre la vision des entreprises, leurs attentes en matière de compétences nouvelles et la réponse de l'École au plan de la formation.

Le premier volet de cette trilogie porte sur « la mobilité », avec une question principale « quels talents pour une mobilité durable ? ». Cette interrogation a généré de multiples questions :

- À quoi vont ressembler les transports de demain ?
- Quelles sont les tendances en Asie (Inde et Chine) ?
- Quelle sera la pénétration des véhicules autonomes et à quel rythme ?
- Que nous réserve la motorisation électrique des véhicules terrestres, en augmentation sensible au niveau mondial ?
- Comment choisir entre piles à hydrogène et batteries comme sources d'énergie ?
- Parle-t-on de remplacement ou de complément des motorisations essence et diesel ?
- Et en écho au numéro 269, quel sera l'impact sur les besoins et solutions de stockage d'électricité, liés à l'intermittence des sources d'énergie renouvelable ? etc.

Pour préparer ce dossier, nous nous sommes appuyés sur l'étude stratégique menée par le centre Motorisations et mobilité durable d'IFP School afin de répondre à la question : Quelle offre de formation pour accompagner la mutation de l'automobile et de la mobilité ?

En matière de motorisation, la diversité des solutions proposées témoigne du foisonnement de la recherche dans ce domaine, foisonnement qui n'est pas sans rappeler celui qui a eu lieu à l'aube de l'ère automobile. Les véhicules de demain seront différents suivant les usages qui en seront faits et seront davantage partagés qu'aujourd'hui mais avec, comme dénominateur commun, de concourir à une mobilité plus propre, plus sûre et plus efficace.

Réduire les émissions de polluants, augmenter l'efficacité énergétique et améliorer la sécurité des véhicules seront les défis à relever par ces nouvelles technologies, au milieu d'un nouveau monde qui émerge dans les brumes d'un horizon lointain... mais où les moteurs thermiques resteront vraisemblablement très présents durant les 2 ou 3 prochaines décennies.

Bonne lecture à tous !

Le comité éditorial

QUELLE OFFRE DE FORMATION POUR ACCOMPAGNER LA MUTATION DE L'AUTOMOBILE ET DE LA MOBILITÉ ?

Le Centre Motorisations et mobilité durable (MMD) d'IFP School a conduit une étude stratégique entre mi-2017 et début 2018. Le plan d'action résultant de cette étude a été mis en place au sein des programmes du Centre dès la rentrée de septembre 2018.

Plusieurs objectifs ont motivé le lancement de cette étude :

- Engager une réflexion tactique (court terme) et stratégique (moyen terme) sur l'évolution de notre offre de formation pour les ingénieurs du "powertrain 4.0" qui vont accompagner le développement d'une mobilité durable ;



PIERRE DURET

Directeur du centre Motorisations et mobilité durable d'IFP School

Diplômé en 1981 de l'Ecole Centrale de Paris, option Mécanique de l'énergie, Pierre Duret a débuté comme ingénieur de recherche au sein d'IFPEN, où sa carrière l'a conduit au poste de directeur adjoint du centre de résultats Moteurs Energie en 2001.

En 2003, il est nommé directeur du centre MMD, ex centre Moteurs et Utilisations des Hydrocarbures. Pierre est aussi président de la section technique "Groupes motopropulseurs" de la SIA (Société des Ingénieurs de l'Automobile) devenue, depuis 2018, la Communauté d'experts "Technologies des chaînes de traction".



- Améliorer l'attractivité de notre formation et la valeur de chacun de nos programmes au sein de cette offre en l'orientant vers les compétences répondant aux futurs besoins métiers de nos partenaires industriels et aux attentes des étudiants sur les nouvelles technologies de la mobilité durable ;
- Se positionner comme un leader dans la formation des ingénieurs "powertrain 4.0" ;
- Communiquer sur notre nouveau positionnement en France et à l'international.

À ce titre, plus de 20 interviews ont été réalisées auprès de dirigeants de 15 entreprises, parmi nos principaux partenaires industriels : constructeurs, équipementiers, sociétés d'ingénierie, etc. (Ford, Groupe PSA, Renault, Toyota, Volvo, Bosch, Continental, Delphi, Mann Hummel, Transdev, Valeo, AVL, IAV, IFPEN, VEDECOM).

Cette enquête portait sur leur vision du futur de la mobilité et les enjeux associés et aussi, et surtout, sur les compétences attendues chez nos futurs diplômés. Voici une brève synthèse des résultats ainsi que le plan d'action qui en a résulté.

D'après la vision des participants sur le futur de la mobilité et sur les challenges associés, on devrait assister au développement de l'intermodalité des solutions de transport et à une certaine remise en question de la possession individuelle de la voiture. L'électrification et l'hybridation vont se développer pour répondre à la sévèrisation des normes anti-pollution associée à une accélération du rythme de changement des réglementations. Concernant le système "Powertrain" (ou la chaîne de traction), les besoins en ingénieurs pour développer des moteurs thermiques vont diminuer, même si le moteur thermique restera présent en version essence via l'hybridation (présent en 2030-2040 dans encore 70 % des motorisations). Le moteur Diesel pour véhicule particulier semble avoir une fin programmée, alors que pour les poids lourds et les bus, la mobilité s'oriente vers une diversité des solutions entre le tout électrique pour le dernier kilomètre et les carburants liquides (diesel) et gazeux pour les longues distances.

Concernant la connectivité, la cybersécurité deviendra un point clé. Le transport public connaîtra une transformation profonde avec l'arrivée du véhicule autonome.

La diminution du marché du véhicule propriétaire et l'augmentation du marché du véhicule partagé va entraîner de nouvelles contraintes liées aux nouveaux usages : la conception du powertrain pour véhicule partagé devra être revue pour être plus robuste et capable de faire davantage de kilomètres. En même temps, même si le business model actuel va être perturbé, il devrait néanmoins rester de la place pour la voiture individuelle et le modèle de mobilité classique.

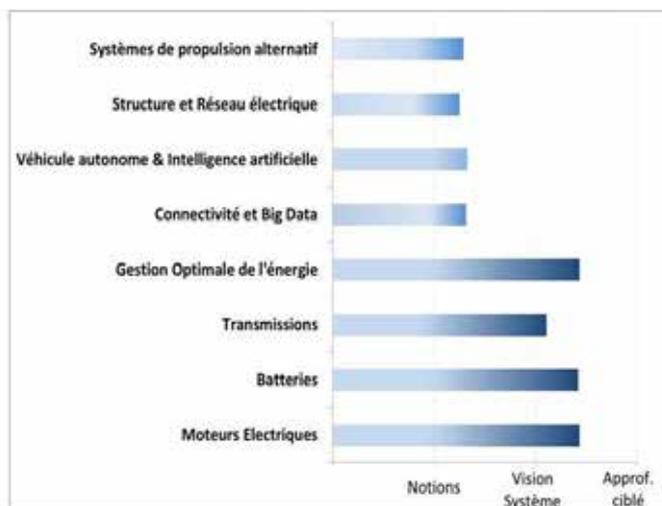
À noter la présence de 14 Alumni parmi la vingtaine de dirigeants interviewés.

- **Philippe Bercher** : Directeur technique adjoint Powertrain, Delphi Technologies (MOT 84)
- **Philippe Brunet** : Alliance Global VP Powertrain & EV Engineering, Renault-Nissan-Mitsubishi (APP 88)
- **Bruno Covin** : Alliance Powertrain Strategy, Renault-Nissan (MOT 92)
- **Bertrand Demortier** : responsable du département "System Technical Projects & Application", Powertrain Division, Continental (MOT 86)
- **Olivier Ferlin** : VP Powertrain Engineering, Volvo Trucks (MOT 96)
- **Cyril Jouron** : Chef du service Composants Electrification, Renault-Nissan (MOT 95)
- **Patrice Marez** : Directeur Conception chaine de traction, Groupe PSA (APP 82)
- **Jérôme Migaud** : Directeur Transportation Innovation World, Mann Hummel (MOT 97)
- **Vanessa Picron** : Directrice Driving Assistance Research, Valeo (MOT 97)
- **Bernard Swoboda** : Maitre Expert, Groupe PSA (MOT 80)
- **Richard Tilagone** : Responsable de programme, Centre de résultats Transports, IFPEN (MOT 91)
- **Jean-Michel Van Bael** : General Manager Powertrain R & D, Toyota Motor Europe (MOT 94)
- **Franck Vangraefschep** : Chef de projet Nouveaux moteurs électriques, VEDECOM (MOT 99)
- **Patricia Villoslada** : Directrice Systèmes de transport autonome, Transdev (MOT 01)





Parmi les compétences clés qui vont être nécessaires pour accompagner cette "révolution" dans l'automobile, l'approche système "holistique", fil conducteur et spécificité de nos formations, est considérée comme essentielle et le point fort d'IFP School à maintenir quelle que soit l'évolution du contenu technique. Des sujets qui étaient déjà abordés dans nos enseignements au stade des notions, vont être approfondis pour faire partie de cette approche système de la chaîne de traction. Il s'agit de tout ce qui est lié aux motorisations électriques ou électrifiées (machines électriques, électronique de puissance, batteries, nouvelles transmissions, etc.).



Niveaux d'enseignement requis par technologies (synthèse des répondants)

De plus, de nouveaux sujets, encore à peine évoqués, vont faire partie des notions de base à connaître. Cela concerne la connectivité, les big data, le véhicule autonome et les systèmes de propulsion alternatifs tels que la pile à hydrogène.

À partir de la synthèse de cette étude, un plan d'action a été construit par l'équipe du centre MMD, puis discuté et affiné avec nos partenaires industriels lors de nos GOP (Groupes d'orientation prospective) de mars 2018 et enfin validé lors du Conseil de perfectionnement d'IFP School d'avril 2018.

Ce plan d'action a prévu la mise en œuvre d'un grand virage vers l'électrification dès la promotion entrée en septembre 2018. La part des cours spécifiques relatifs à l'hybride et l'électrique est passée d'environ 5 à 18 %. En tenant compte des autres évolutions, telles que l'introduction de travaux pratiques sur des bancs de machines électriques (voir encadré page 16), ou la forte "électrification" des projets de fin d'études et des sujets de périodes en entreprise, nous allons quasiment atteindre l'équilibre entre les enseignements relatifs aux motorisations thermiques et ceux dédiés aux motorisations électrifiées.

L'offre globale de formation du centre MMD comprend maintenant cinq programmes :

- Trois programmes ingénieurs de spécialisation :
 - Énergie et motorisations (MOT)
 - Powertrain engineering (PWT) - anglophone
 - Énergie et produits (PRO)
- Un master M2 : Electrification et Propulsion Automobile (EPA) en partenariat avec l'ENS Cachan dans le cadre de l'université Paris-Saclay ;
- Un nouveau mastère spécialisé (pour professionnels) : Groupe Moto-Propulseur (GMP) avec deux options Thermique-Hybride & Hybride-Electrique, opéré en partenariat avec IFP Training.

Dans le cadre de notre étude stratégique, nous avons aussi travaillé sur la valeur de chacun des programmes ainsi que leur différenciation et complémentarité. Les programmes MOT & PWT, assez proches dans le contenu mais différents par la langue, ont été repositionnés. Il a été décidé que la part des enseignements sur l'hybridation et l'électrification serait la même et représenterait d'ici 2020 environ 50 % des cours. La différenciation se fait donc sur le contenu hors électrification avec l'objectif de développer la valeur de MOT comme de PWT.

Ainsi, pour MOT, programme francophone avec une ouverture internationale plus limitée, l'objectif est de couvrir un secteur plus large et plus diversifié de motorisations, pas seulement automobiles mais aussi pour le transport longue distance et les applications hors route.

Ses enseignements et ses cibles en termes de partenariats industriels s'élargissent aux applications poids lourds, véhicules commerciaux et off-road (moteurs marins, ferroviaire, aéronautique, moteurs stationnaires, etc.) avec comme énergie embarquée non seulement l'électricité et les carburants type essence ou diesel, mais aussi le gaz et l'hydrogène qui ont du sens pour ces secteurs hors automobile.

Quant au programme PWT, très international, il reste tourné vers l'industrie automobile globale, en couvrant les motorisations hybrides essence et électriques pour véhicules particuliers et utilitaires, avec la prise en compte des contraintes urbaines, du dernier kilomètre, de l'infrastructure électrique, de la connectivité et de la conduite autonome, etc.

Le programme PRO, jusque-là orienté vers les carburants, lubrifiants et leur utilisation dans les motorisations, a lui aussi fait de la place dans son contenu pour intégrer les batteries et leur utilisation dans l'électromobilité.



Enfin, le master EPA, qui, stratégiquement, a toujours été positionné en avance de phase par rapport à nos enseignements d'ingénieurs de spécialisation, intègre dès cette année scolaire une nouvelle unité d'enseignement sur le véhicule connecté et autonome.

Pour accompagner toutes ces évolutions, gagner en compétences sur ces sujets, développer de nouveaux enseignements et partenariats académiques et industriels, une chaire "*Electric Connected and Autonomous Vehicle for smart mobility*" a été lancée le 1^{er} janvier 2019 (voir article page 6). Elle va contribuer à fédérer les équipes de recherche et d'enseignement d'IFPEN et d'IFP School sur ces sujets.

C'est donc une nouvelle aventure qui s'ouvre maintenant pour l'École et le centre MMD. Cette étude stratégique et la mise en place des actions qui en ont découlé ont généré une formidable motivation de toute les équipes avec le soutien de la direction de l'École et d'IFPEN.

Pour conclure, je voudrais remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de ce projet, tous les répondants à notre enquête, et en particulier nos alumni, à qui nous sommes très reconnaissants d'avoir bien voulu nous fournir des informations très précieuses, ainsi que tous mes collègues du Centre sans qui ce travail n'aurait pas pu voir le jour. ■





TRAVAUX PRATIQUES SUR BANC ÉLECTRIQUE

L'ambition de notre centre est de donner une formation de grande qualité sur les véhicules électriques/hybrides. Une parfaite maîtrise de la partie expérimentale via les travaux pratiques permet une meilleure assimilation des principes théoriques des véhicules électriques/hybrides dispensés pendant les cours.

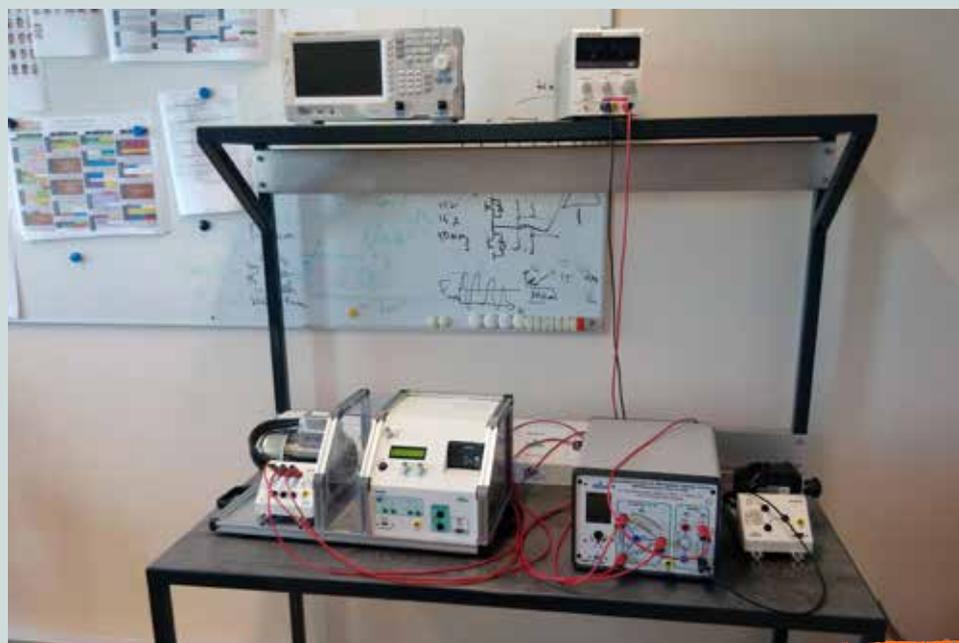
Dans cette optique, l'École s'est équipée de bancs expérimentaux qui vont permettre aux étudiants de réaliser des travaux pratiques de caractérisation des moteurs électriques (couple, vitesse, puissance), de l'électronique de puissance (onduleur, hacheur, PWM) et des stratégies de contrôle commande. De plus, ces travaux pratiques permettent aux étudiants de développer leur aptitude au travail collaboratif et de mettre en pratique leurs idées lors des projets finaux. ■



EL HADJ MILIANI

El Hadj Miliani a obtenu son diplôme de doctorat dans le domaine des énergies renouvelables à l'université de Franche-Comté en collaboration avec Alstom Power en 2005.

Après sa thèse, il a travaillé chez Valeo sur le véhicule électrique/hybride, puis chez Bombardier Transport sur les trains électriques. Depuis 2010, il est enseignant/chercheur dans le domaine des véhicules électriques/hybrides à IFP Energies nouvelles et IFP School.



Un des bancs électriques expérimentaux récemment installé au centre MMD.

ENTRETIEN AVEC BERNARD SWOBODA (MOT 80)



Ingénieur ENSAM et IFP School, Bernard Swoboda est entré chez PSA en 1980 où il a occupé différents postes en recherche/développement dans le domaine énergétique (performance, consommation, émissions, thermique moteur, thermique habitacle et aérodynamique). Sa carrière peut se diviser en 3 grandes parties : conception moteur à la direction des Moteurs, puis synthèse véhicule à la direction des Véhicules, enfin, expertise en consommation énergétique véhicule dans le poste de maître-expert. Ce périmètre couvre à la fois le moteur thermique et électrique. Bernard connaît très bien IFP School, comme ancien élève puis comme professeur au centre MMD.

Quelle est votre vision sur la mobilité au sens large ?

Il y aura une urbanisation croissante et le besoin en mobilité va aussi s'accroître dans les pays moins développés. D'ici 2050, je ne crois donc pas en la disparition du véhicule pour une mobilité personnelle ou regroupée.

Quels choix technologiques d'ici 2030 ?

Les technologies dépendront de la réglementation en vigueur, elles doivent bien entendu répondre à cette dernière tout en donnant une parfaite satisfaction au client. Les réglementations ne cesseront pas de se sévérer et l'exigence du client va continuer à augmenter. Pour un véhicule équipé d'un moteur thermique, l'objectif sera de baisser la consommation de carburant. Pour un véhicule électrique, l'objectif sera d'augmenter l'autonomie et, afin de conserver

un coût d'usage intéressant, il ne faudra pas que son utilisation induise une taxe supplémentaire sur l'électricité.

Ce qui se passe en Chine est intéressant. Ce pays s'est fixé comme objectif d'atteindre les exigences réglementaires imposées en Europe en 2020 en planifiant, depuis 2005, quatre phases de sévèrisation de la réglementation. En 2020, la Chine veut mettre en place deux normes en même temps : la norme CAFE et la norme NEV (New Energy vehicle). À ce jour, tout ce que le Groupe PSA développe pour l'Europe, il le développe aussi pour la Chine.

La réglementation va imposer la technologie à mettre en œuvre. PSA s'attend ainsi à une électrification croissante de ses véhicules, avec des VE et PHEV d'ici 2020. Entre 2020 et 2025, PSA se prépare à une introduction progressive de MHEV (Mild).

En revanche, l'introduction de ces technologies n'est pas encore précisée en termes de vitesse et de taux. D'ici 2030, PSA prévoit 90 % de véhicules électrifiés.

Quelles compétences seront recherchées et quels thèmes devrions-nous approfondir dans nos programmes au centre Motorisations et mobilité durable ?

Les 3 principales compétences recherchées sont :

- les compétences déjà développées à IFP School relatives à la chaîne de traction d'un moteur thermique,
- la conception de chaînes de traction électrifiées (MHEV, PHEV, BEV),
- des connaissances approfondies dans le domaine des moteurs électriques et des batteries.

Merci Bernard pour votre soutien à IFP School. ■

MORE ELECTRICITY IN OUR POWERTRAIN PROGRAMMES: A CHANGE VERY WELCOME BY STUDENTS



PWT 19 students.

Gabriel NICHELE
(Brazil)

My first thoughts regarding applying for IFP School were doubtful. Even though it has a tradition of excellence in the automotive field, the market itself is changing and claims no more for tradition but innovation. I couldn't have been more wrong. The "École du Pétrole" couldn't be more engaged into the energy transition. It perfectly combines tradition AND innovation. The Powertrain Master offers not only excellent courses about combustion engines but also a whole semester focusing on the new technologies, in a very dynamic, self-guided and multicultural environment. Many things changed in the course in fast steps, and I am particularly pleased of being part of it. There is a solid team behind all that, offering a lot of personal and career support, field trips, practical works, MOOCS, and many other opportunities beyond excellent teaching units. I am certain that I am in the perfect place to prepare for the future and drive my career. ■

Sava VUJIC
(Canada)

The powertrain program provides its students with experience and instruction regarding both electric/hybrid and conventional ICE powertrain technologies. This is extremely valuable as it helps prepare the students to contribute to the rapidly changing transportation and automotive industries. There are many courses focused on power electronics, electric motors and hybrid technology that allow the students to be well prepared for a new era in electric and hybrid mobility. ■

Julie JACQUET
(France)

Engineers have to adapt and get prepared for the coming changes in the automotive industry to be able to cope with the energy transition. The Powertrain program at IFP School is preparing us to extend our knowledge and competencies through new lectures about hybridization and electrification allowing us to be ready to take over the future challenges of the automotive powertrains. ■

Niranjan EDAPADDY
(India)

Tomorrow's mobility symbolizes the mix of electric and conventional engines which points us to the direction of hybrid vehicles according to several future tellers of the automobile industry. In the future world of growing hybrid vehicles, it is necessary for mechanical engineers to know more about the electrification aspects. Employing electrical engineers for this matter would not sufficiently serve the purpose unless the powertrain engineer himself is able to appreciate the added value of being involved in the Electro mobility sector. Hence, I really appreciate the effort made by IFP School in order to incorporate a significant number of courses related to the vehicle electrification subject. This has given me an upper hand in my internship where I work on the testing of hybrid vehicles. ■

VÉHICULES AUTONOMES : LA VISION DE TRANSDEV

En tant qu'opérateur et intégrateur global de mobilités, Transdev, "The mobility company", transporte 11 millions de passagers au quotidien dans 20 pays. Aujourd'hui, nous avons déjà transporté 3,5 millions de passagers dans nos services de transport collectif en véhicules autonomes, sur 1,6 million de km parcourus dans le monde.

Ces services de mobilité autonome permettent de répondre à plusieurs cas d'usage : faciliter la mobilité dans un centre-ville ou un site touristique, desservir un site privé ou à accès restreint, assurer le transport jusqu'à la station ou l'arrêt le plus proche (photo ci-contre à Reims), proposer un service de nuit ou en heures creuses.

L'ambition de Transdev est d'être leader dans l'opération de services de mobilité avec des flottes de véhicules autonomes partagés, complètement intégrées aux réseaux de transport public existants et connectées à l'ensemble des services de mobilité proposés au voyageur. Ceux-ci reposent sur trois piliers majeurs : la sécurité des passagers, la qualité de service et l'expérience client. Les challenges sont à ce jour à la fois liés aux développements des technologies – afin d'opérer une flotte de véhicules autonomes sans opérateur dans des cas complexes –, à la capacité de déployer des expérimentations ainsi qu'à l'attention portée à l'acceptabilité des passagers et des décideurs – dont publics – de manière plus globale.

Pour cela, nous nous appuyons sur deux piliers majeurs dans notre stratégie. Tout d'abord, nous opérons depuis 2005 des services de transport collectif avec



des véhicules autonomes de toutes marques (EasyMile, Navya, 2GetThere, Renault, Lohr, etc.). Ensuite et au-delà de ce positionnement multi-constructeur, nous développons nos propres technologies nommées Transportation Technology by Transdev, développées avec notre écosystème de partenaires qui comprend les meilleurs centres de recherche et des entreprises industrielles de pointe dans ce domaine.

Nous avons une approche système et nous avons développé notre Système de Transport Autonome



MOT 01

PATRICIA VILLOSLADA

Directrice de Transdev Systèmes de transport autonome

Ingénieur de formation, Patricia Villoslada a une double culture et un double cursus. D'abord en Espagne, à l'ICAI-Ecole Polytechnique de Madrid, ensuite en France, à l'Ecole Centrale de Lyon puis à IFP School.

Après un parcours de 15 ans chez PSA qui l'a conduite jusqu'au poste de responsable de la Stratégie du véhicule autonome et connecté, elle a rejoint Transdev, en 2016, en tant que directrice des Systèmes de Transport Autonome.





(ATS by Transdev) qui regroupe la supervision de la flotte de véhicules, l'intelligence embarquée dans les véhicules, l'infrastructure connectée située au sein de l'environnement et l'application client, permettant au passager de s'informer et éventuellement de commander son service de transport, si celui-ci est à la demande.

Porté par une équipe interne d'experts internationaux intégrés à la direction des Systèmes de transport autonome, le développement de l'ATS by Transdev illustre la volonté du groupe de garantir la sécurité des passagers, la qualité du service et l'expérience client avec les véhicules autonomes, comme Transdev le fait aujourd'hui avec des véhicules conduits. Intégrée à ce système, Transdev développe, notamment avec son partenaire Lohr, une nouvelle navette électrique et autonome i-Cristal. D'autres véhicules intégrés à ce système viendront compléter l'offre de services.

Ces développements technologiques suscitent l'apparition de nouveaux métiers et nécessitent l'arrivée de nouvelles compétences au sein du groupe Transdev. Ainsi, la direction des Systèmes de transport autonome comporte un important pôle de R&D, aux côtés des métiers plus traditionnels de la mobilité que sont l'exploitation, le commercial, le marketing et la communication, les fonctions administratives, etc. Celui-ci intègre des profils d'ingénieurs spécialisés dans les fonctions embarquées et débarquées, en télécommunications, en architecture, en sécurité, etc. D'autres métiers apparaîtront également qui seront amenés à évoluer.

À une époque où la mobilité est un besoin fondamental, Transdev travaille à développer le transport partagé autonome pour favoriser la décongestion de la circulation dans la ville et la diminution de la pollution en zone urbaine. Nous voulons améliorer la mobilité de tous, partout, grâce à de nouveaux services, intégrés de manière intelligente à nos réseaux de transport public existants (qui incluent des bus, tramways, métros, vélos partagés, etc.). Pour Transdev, les véhicules autonomes apporteront au quotidien de réels bénéfices en offrant des services flexibles, personnalisés et accessibles, des dessertes plus étendues dans le temps et/ou dans l'espace, moins de pollution sonore et atmosphérique, grâce aux véhicules 100 % électriques, plus de sécurité et de confort. En synthèse, une ville apaisée et pacifiée où l'emprise du véhicule particulier (dont le stationnement) aura été libérée et réutilisée afin de proposer de nouveaux espaces conviviaux, verts et piétonnisés.

Il s'agit aujourd'hui de mettre la technologie autonome au service du transport partagé (partage du véhicule et du trajet), car c'est à cette condition que les véhicules autonomes seront positifs pour la ville et ses habitants. Il importe également d'intégrer pleinement ces services de transport autonome au sein des réseaux de transports existants mais aussi, de manière plus globale, dans la chaîne de déplacement potentielle des voyageurs. C'est la perspective du *MaaS – Mobility As A Service* – qui permettra un trajet intermodal intégré et fluide. L'enjeu sera donc d'intégrer complètement les services de mobilité autonome, qu'ils soient publics ou privés, dans ces nouvelles interfaces digitales et en cohérence avec les autres offres de transport proposées. ■



Retrouvez Transdev sur

<https://www.transdev.com/fr/nos-solutions/transport-autonome/>

LE TRAIN À HYDROGÈNE : DÉJÀ SUR DES RAILS !

Depuis les années 1910, le système ferroviaire s'est tourné vers l'électrification. Aujourd'hui, la très grande majorité des trains est à chaîne de traction électrique, alimentée soit par un système extérieur (caténaire, alimentation par le sol), soit par un système embarqué fournissant l'électricité nécessaire.

Un train tout électrique, connecté à une infrastructure d'alimentation électrique extérieure, aura la meilleure efficacité. Il sera "zéro émission" localement et le bilan carbone global dépendra du mix énergétique de production de l'électricité utilisée. Sur les 30 000 kilomètres de lignes du réseau ferré français, 50 % sont électrifiés, sur lesquels transitent 90 % des voyageurs.



YANNICK LEGAY

Ingénieur ICAM Lille, Yannick a tenu de nombreux postes depuis 1991 chez Alstom. Après avoir été Ingénieur Système et Production, il a été responsable technique des projets Tramways CITADIS France et Export puis responsable technique du développement du prototype AGV, directeur Marketing et Stratégie "Trains grande vitesse", directeur technique "Plateforme de trains grande vitesse", et plus récemment directeur Engineering sur le site de la Rochelle.

En l'absence d'infrastructure d'électrification des lignes, les trains sont propulsés à l'aide d'une motorisation diesel qui est soit couplée directement aux essieux moteurs, soit couplée à un alternateur alimentant une chaîne de propulsion électrique. Cette solution est aujourd'hui de moins en moins bien acceptée par les riverains et l'opinion publique du fait des émissions qu'elle génère, même si elle reste intéressante pour les lignes sur lesquelles le faible trafic ne permet pas de justifier des investissements lourds d'électrification (entre 1 et 3 millions d'euros le km).

La recherche d'une traction autonome ayant pour objectif "zéro émission" vis-à-vis des COV, SO_x, NO_x particules et CO₂ (voir encadré page 22) va donc nécessiter un changement d'énergie primaire et favoriser les architectures de train à base de chaînes de traction électrique. Deux solutions se présentent : le stockage batterie ou l'utilisation d'une pile à hydrogène.

Le premier critère différenciant ces deux techniques sera le réalisme des opérations : ne pas transporter des tonnes d'équipement pour assurer l'autonomie énergétique du transport, ne pas avoir une fréquence de recharge d'énergie supérieure à une fois par jour. La pertinence de la technologie utilisée dépendra donc des caractéristiques de la mission, en particulier la longueur de la portion non électrifiée, la déclivité de la ligne et l'environnement climatique pour le chauffage et/ou la climatisation. Les choix s'orientent vers le stockage batterie pour la petite distance et la pile à hydrogène pour les moyennes et longues distances (> 50 km).



Avantages de la pile à hydrogène par rapport à la batterie :

- Permet d'embarquer une quantité d'énergie importante dans un réservoir et de faire face à des missions de distances importantes même dans des conditions climatiques dures.
- Ne nécessite aucun investissement de ligne électrifiée, alors que pour des distances à parcourir en autonomie importantes, la solution batterie devra inmanquablement s'accompagner de la mise en place de portions de lignes électrifiées d'un coût élevé pour permettre des recharges intermédiaires. Une fois ces investissements réalisés, la ligne sera très spécifique et, de fait, "captive" du train considéré pour sa définition. Tous les trains batterie ne

seront pas forcément compatibles avec la localisation des points de recharge retenus.

- Se recharge en énergie en quelques minutes seulement.
- Ne fait que très peu appel à des ressources en métaux et terres rares.
- Permet de stocker de façon plus compacte les excédents de production électrique d'origine renouvelable.
- La production d'hydrogène par électrolyse pourra être faite en sollicitant le réseau électrique de manière lissée sur la journée grâce à un stockage intermédiaire, contrairement à des batteries dont les recharges provoquent des appels de puissance importants sur le réseau, souvent aux heures de pic de consommation.



ÉMISSIONS

Une comparaison entre train diesel et train hydrogène a été réalisée sur un exemple concret avec des circulations simulées sur la même mission.

Le train diesel consomme en moyenne 2,35 litres/km. Avec un rejet d'environ 2,7 kg CO₂/ litre de diesel, l'émission moyenne se situe à environ 6,3 kg CO₂/km.

Le train hydrogène consomme en moyenne 400 g H₂/km. Dans les pires conditions, le réformage de méthane génère environ 9 kg CO₂/kg d'H₂ produit, soit environ 3,6 kg CO₂/km. Un train hydrogène produira donc au minimum 45 % de CO₂ de moins que le train diesel. Dans le futur, avec la production d'H₂ vert, le taux de CO₂ passe à 0 soit 100 % de réduction d'émission ! À cela s'ajoute l'absence d'émission de polluants locaux, SO_x, NO_x, COV ou particules pour les trains H₂, ce qui n'est malheureusement pas le cas des trains diesel. ■

En revanche, comme pour toute technologie en développement, les coûts d'investissement du train à hydrogène sont encore élevés et doivent baisser, en particulier avec la production d'équipements en nombre plus important (ce que les batteries semblent avoir déjà atteint). Les conditions de mise en œuvre doivent être sélectives pour que le rendement énergétique global soit acceptable.



SAMUEL HIBON

Samuel is currently "Rolling stocks Energy Efficiency and Innovation manager" with Alstom central engineering division. He is in charge of defining and sizing new architectures and solutions for rolling stocks in order to reduce energy consumption, especially in hybrid and hydrogen domain.

He was the energy architect of the new electrical bus for Alstom: APTIS.

Samuel has an Advanced Master in "Railway engineering and urban transport systems" of Ecole des Ponts et Chaussées in Paris after graduating at Le Mans Engineers School.

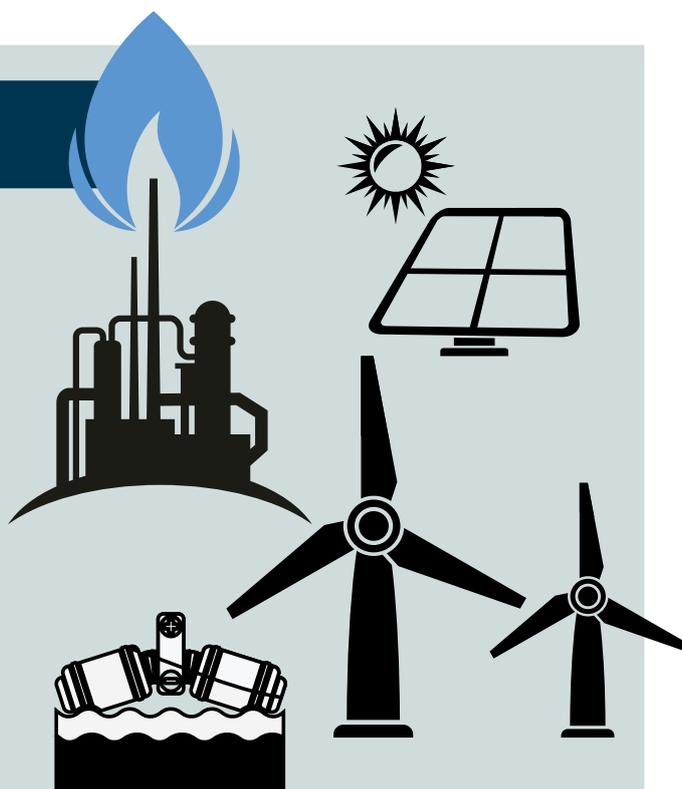


SOURCES D'HYDROGÈNE

Parier sur l'hydrogène comme carburant de demain, c'est aussi miser sur la possibilité de fabriquer localement, sans dépendance énergétique, un carburant zéro-émission. Dans une phase transitoire, en attendant la production d'un hydrogène totalement vert, le bilan carbone global dépend du moyen choisi pour sa production.

Aujourd'hui 95 % de l'hydrogène produit industriellement provient du réformage de produits fossiles, ce qui génère du CO₂. Néanmoins, une fois mis en œuvre dans une chaîne de propulsion électrique à pile à combustible sur un train, il permet d'obtenir un bilan écologique très favorable par rapport à un train purement diesel (voir encart émission). 60 millions de tonnes d'hydrogène sont produits annuellement dans le monde, servant à plus de 80 % à la fabrication d'ammoniac, indispensable à l'industrie des engrais, et au raffinage des produits pétroliers, afin de désulfurer les carburants. L'hydrogène est souvent un co-produit et dans certains cas un sous-produit, soit du raffinage du pétrole lors du réformage catalytique, soit de la sidérurgie ou encore de la production de chlore.

Quant à l'hydrogène provenant potentiellement d'électrolyse de l'eau, son bilan carbone sera directement lié au mix énergétique utilisé pour fabriquer l'électricité. Comme visé à terme,



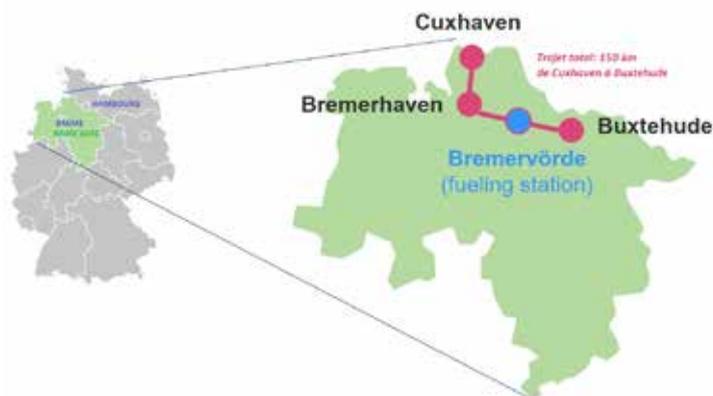
on aura de l'"hydrogène vert" quand l'électricité utilisée pour l'électrolyse sera issue d'énergies renouvelables (vent, soleil, hydro). C'est le schéma de production le plus propre que l'on saurait imaginer aujourd'hui. Les capacités de production d'électricité renouvelable comme les éoliennes ou les centrales solaires dépendent de paramètres climatologiques, ce qui rend l'ajustement à la demande d'électricité difficile. La mise en œuvre d'électrolyseurs en nombre important pourrait permettre, grâce au stockage de l'hydrogène produit, d'optimiser le réseau électrique : on produit de l'hydrogène pendant les heures de sous-consommation électrique et on arrête ces électrolyseurs en période de pointe. Le coût de production par cette voie est encore aujourd'hui de 3 à 4 fois celui de la voie par "vaporéformage du gaz naturel". ■





Exemple d'application avec I-Lint en Allemagne

L'innovation est un des cinq piliers de la stratégie 2020 d'Alstom : elle est à la fois un facteur essentiel de différenciation, créatrice de valeur et garante de compétitivité. C'est ainsi qu'en novembre 2017, Alstom a signé un contrat avec l'autorité locale des transports de Basse-Saxe (LNVG) pour la livraison de 14 trains à hydrogène, ainsi que pour leur entretien et leur alimentation en énergie sur 30 ans. Les trains seront produits par Alstom pour la flotte LNVG et transporteront des passagers entre Cuxhaven, Bremerhaven, Bremervörde et Buxtehude. Deux de ces trains sont déjà en service commercial les 12 suivants le seront en 2021. Ces trains ont reçu l'autorisation de l'EBA, l'autorité ferroviaire allemande, qui a validé tous les essais de sécurité appropriés.

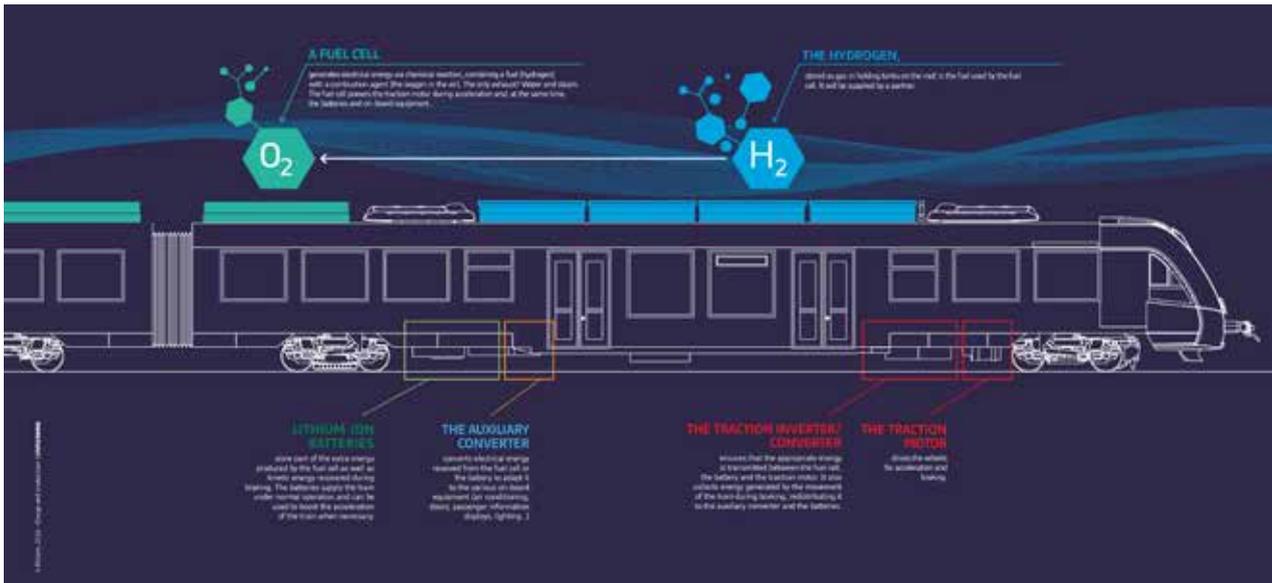


Ce projet est le résultat d'un accord quadripartite entre l'Etat fédéral, la région de Basse-Saxe, le groupe Linde, constructeur et exploitant de la station de distribution H₂ et Alstom. Parmi les facteurs de succès, il faut noter l'actualisation rapide de la réglementation ferroviaire pour l'H₂ et le fait que d'autres régions d'Allemagne ont signifié des intentions de commandes pour ce train, atteignant la cinquantaine et ainsi une taille critique.

I Lint est un train de 2 voitures, d'environ 110 t, pouvant accueillir 138 passagers assis et rouler à 140 km/h. La pile à hydrogène est le cœur du système en tant que source primaire d'énergie. Il y a une de 200 kW par voiture.

La capacité totale des réservoirs d'hydrogène, d'un poids à plein de 3,5 tonnes, permet d'embarquer près de 240 kg à 350 bars et de parcourir jusqu'à 1000 km selon les profils de mission. La recharge en H₂ s'effectue en 15 minutes. Pour l'expérience pilote, le ravitaillement en H₂ se fait avec une station mobile mais d'ici 2021 une station fixe sera installée. Un schéma équivalent basé sur un système "batteries" aurait nécessité l'installation d'environ 40 tonnes de batteries sur les 2 voitures.

Le train dispose également d'une batterie Li-Ion par voiture d'une capacité de 110 kWh et une puissance max d'environ 200 kW. Elle stocke l'énergie de la pile à hydrogène quand la traction n'en demande pas beaucoup et récupère aussi l'énergie du freinage. Elle libère son énergie en phase d'accélération en tant que *boost*, et aide à optimiser le fonctionnement de la pile H₂ pour améliorer son efficacité. Son utilisation intelligente permet de réduire l'énergie nécessaire de l'ordre de 15 à 20 %.



De nombreux projets d'étude de trains à hydrogène émergent actuellement un peu partout ailleurs dans le monde : Canada, Italie, Espagne, Pays-Bas, Royaume-Uni... où Alstom et Eversholt Rail ont récemment dévoilé le design d'un nouveau train à hydrogène, *Breeze*, destiné au marché britannique. Il pourrait entrer en circulation dès 2022. En France, Alstom, la SNCF et un nombre important de régions travaillent actuellement à la définition d'un train à hydrogène qui pourrait rouler sur le réseau national en essais d'homologation dès 2022.

Les compétences de demain

L'utilisation future de trains hybrides et à hydrogène nous demande donc de préparer aujourd'hui le design de ces trains de demain.

Même si une grande partie des technologies actuelles seront utilisées sur ces nouveaux trains (transport des passagers, niveau de confort, structure de caisse prévue pour 30 ans, motorisation ferroviaire pour accélérer et freiner), les métiers liés à la production d'énergie seront largement modifiés et l'installation des équipements nouveaux (piles à combustible, stockage d'hydrogène, etc.) sera également un vrai challenge.

De nouvelles compétences sont donc nécessaires dans les domaines suivants :

- Design de systèmes de production d'énergie hybride
- Design des systèmes de management de l'énergie
- Dimensionnement des systèmes hybrides
- Analyse des vieillissements des nouveaux sous-systèmes et estimation des coûts totaux
- Connaissances des comportements des sous-systèmes (pile à hydrogène, batteries, etc.)
- Spécification et validation de ces nouveaux systèmes
- Intégration mécanique des sous-systèmes et connaissances des contraintes associées
- Gestion des nouveaux risques : fuite H₂, incendies, explosions, gaz nocifs, comportement des gaz et des fumées, détection
- Préparation des nouveaux environnements réglementaires et normatifs
- Simulations diverses, etc. ■





CHINA: THE HOT LAND FOR POWERTRAIN ELECTRIFICATION

Started with '10 cities, 1000 NEV cars' in 2009 and then reinforced by Chinese industrialization national plan in 2012 (strong subsidies from national or local government, green police plates in big cities, etc.), the NEV sales in China increased dramatically in the last 4 years. In 2018, 1.25 million were sold which is about 60% increase compare to 2017, while the overall passenger market decreased slightly.



PWT 12



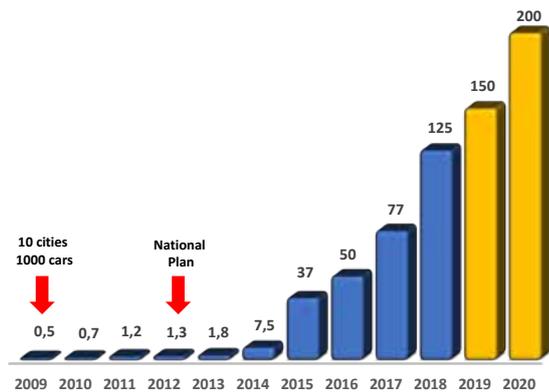
MINGZHI WU

Mingzhi WU is presently Senior project leader for Plug-in hybrid electrical vehicle in China / PSA Group Shanghai.

He joined PSA in 2013 where he was calibration project leader for different engine projects in Shanghai before spending one year (2017-2018) in Paris for the Plug-in hybrid electrical vehicle project.

After 1 year of expatriation in France, back to Shanghai in middle of 2018, the world changed. Each time I take one Didi (a winner in the competition with Uber in the Chinese market) shared car in Shanghai, more than 90 percent it is a PHEV or BEV.

The target is to reach 2 million sales in 2020. To take the cake of incremental market, investors and entrepreneurs set up many new carmakers, conventional OEMs present tremendous BEV or PHEV models to the market in the last 5 years.



Sales of NEV on chinese market
(10 thousand cars).

'PPT carmakers' versus conventional players

The terms 'PPT car makers' appeared in 2015 on the Chinese internet to tease the company Youxia. It is a small company set up in 2014 which made their product release conference with a prototype car modified from Tesla in 2015. This word indicates that the new carmakers only present car in the PowerPoint to get hot money from investors while they have nothing to produce.

However, about 50 new carmakers have appeared and announced their ambitions to become new energy vehicle producers since then. In 2018, more than three new OEMs published their mass production electrical models to the markets. 2019 will be a very important year.

Conventional players BAIC, BYD, SAIC, GAC, Geely, Great wall Cherry reinforce their new energy vehicles products. BYD is the pioneer in the field and has already upgrade their PHEV to 100 km electrical autonomy. Rowe has already developed their third generation of PHEV on the new models. The development is much faster than the joint ventures. The Chinese government set barriers with the NEV certification for the intentional JV to sell NEV in China.

Electrification, 'Internet +', connectivity, intelligence

Chinese customers are not rooted with the internal combustion engine culture. The fun to drive is not a key factor. They are quite open to the electrical cars. Meanwhile, they are used to do almost anything with their smartphone. Switch from mobile intelligence to mobility intelligence is very natural in China, especially on electrical cars. Electrical cars are more rooted with internet gene compare to conventional cars. Customers would like to have the plug-in stations, electrical range information on their car or connected with the phones.

The new carmakers have strong internet background. Their top managements have benefited a lot from the quick development of the mobile internet in China. They consider the car as a moving cell phone. They provide electrical vehicle to enter the market quickly with hardware basis and then upgrade the software system after the launch like mobile phones. A big screen in the centerboard is a base equipment. They are always marketed with 'connected vehicles', 'internet +' and 'intelligence' with voice AI, advance driving assistant technologies.

- **EV:** Electrical Vehicle
- **NEV:** New Energy Vehicle
- **BEV :** Battery Electrical Vehicle
- **PHEV:** Plug-in Hybrid Electrical Vehicle
- **OEM:** Original Equipment Manufacturer (Car Producers)
- **BAIC:** (state owned OEM: Beijing Automotive Industry Corporation),
- **BYD:** (private OEM: Build Your Dream)
- **SAIC:** (state owned OEM: Shanghai Automotive Industry Corporation),
- **GAC:** (sate owned OCM: Guangzhou Automotive Corporation)



NEV new car makers.

Pushed by the connectivity, conventional big companies like SAIC, GAC cooperate with Huawei to develop hardware basis, with Alibaba, Tencent, Baidu for software, big data and AI technologies. SAIC and Alibaba present their intelligent 'Banma' system version 2 in the e16 electrical model, the system can already communicate with the driver by voice to open windows, play songs, find parking, etc.

Even though connectivity and intelligence haven't much to do with the powertrain electrification, the Chinese OEMs, especially those new players, successfully put the electrification as an image of high technology bonded with the connectivity and intelligence.

Challenges in the market for electrification

The NEV sales could suffer a big drop from 2020, as the Government will stop subsidies for NEV. The government implement 'Duel credit (Cooperate Average Fuel Consumption and New Energy Vehicle credits)' management system from 2019. This system will keep the OEMs to promote more new energy vehicles. Otherwise, they will need to pay a lot of money due to the high fuel consumption and too small NEV mixes. 48V HEV system will be a basic method to fulfil the CAFE target with a good cost benefit ratio. Meanwhile, Chinese government intends to push range extenders, as they consider it is an efficient and simpler solution.

Overall, the electrification is surely the trend and it is already there in China.

Be prepared for the fast changing

Making the Record of attracting 130 participators in one training 'Powertrain electrification' done in PSA Shanghai technical center, I could feel the great willing of the engineers to be electrified and their anxious of being left behind in the electrification trend. China is hot land for electrification, connected vehicle, intelligent vehicles, internet + and autonomous driving. Changes are ongoing, we have to learn quickly and be adaptable to the challenges.

The power is inside! ■



Charging BYD electric car on street (Shanghai, China)

INDIAN AUTOMOTIVE SCENARIO

CHALLENGES FOR ENGINEERING STUDENTS FOR SUSTAINABLE MOBILITY

The Indian automobile industry is one of the key drivers of the national economy. It has evolved in a big way over the years and the entry of foreign players created a level playing field thanks to the liberalization of the Industrial sectors in 1991 and the more recent possibility of foreign direct investment (FDI) up to 100% of ownership through what is called the automatic route, whereby foreign entities do not need the prior approval of the government to invest.

Now, India is one of the largest producers of automobiles in the world with a production of nearly 4 million passenger cars in 2017. Indian consumers who can afford it, have access to the latest technologies. The market of individual mobility is still very much dominated by "Two Wheelers" which represent more than 80% of the market in number of vehicles.

Mobility and emissions

On the one hand, the growing automobile industry has given mobility to the people, is boosting the Indian economy by creating employment opportunities, improvement in productivity as well as facilitating the consumers in travelling and other day-to-day activities but, on the other hand, it has resulted in the emission of harmful pollutants in the atmosphere.

The increasing population of the country adds to the pollution level manifolds, with automobile traffic amongst the major ones. In New Delhi, where I live, the situation is alarming. The pollution levels are so high that it has started having ill effects on people especially children, people with respiratory diseases and older citizens.

The air condition as measured by Air Quality Index (AQI) remains 'very poor' (301 – 400) to 'Severe' (>401) during the months of September to February, with peak values much beyond severe in some days. This poor atmospheric condition is affecting the tourism Industries (foreign tourist



MOT 92

SNEHASIS GHOSAL

Snehasis Ghosal graduated in Mechanical Engineering in 1984 from IEST (Indian Institute of Engineering Science and Technology) Sibpore and M.Tech in Thermal Sciences from IIT (Indian Institute of Technology) Madras in 1986.

He has been proactively involved in the Automobile Industry specializing in Research and Development with Bajaj Auto Limited, Yamaha, Piaggio, Rico Auto. In order to create a bridge between academia and industries, he worked and interacted with engineering students of Apeejay Stya University (Haryana) for 3 years. He has been associated with Indian Automobile Industries for nearly 33 years. Mr. Ghosal's exposure both nationally and Internationally helps him understand the finest nuances of the machine and displays the ability to visualize the challenges of an automobile designer as well as the aspirations of an automobile customer.





number dropped by 30%) and foreign expatriates are refusing Delhi posting.

Air Pollution

Exposure to air pollution can lead to respiratory and cardiovascular diseases, which is estimated to be the cause for 620,000 early deaths in 2010, and the health cost of air pollution in India has been assessed at 3 per cent of its GDP.

In recent years, air pollution has reached critical dimensions and the air quality in most Indian cities that monitor outdoor air pollution fail to meet World Health Organization (WHO), guidelines for safe levels. The levels of PM2.5 and PM10 (Air-borne particles smaller than 2.5 or 10 micrometers in diameter) as well as concentration of Sulphur Dioxide (SO₂), Nitrogen Dioxide (NO₂) and dangerous

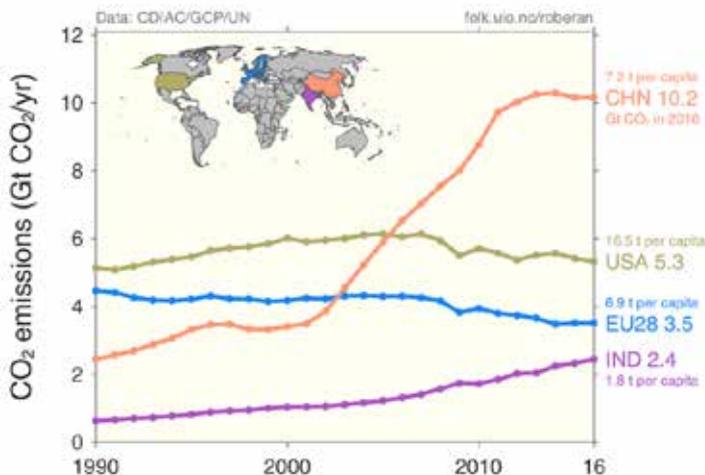
carcinogenic substances have reached alarming proportions in most Indian cities.

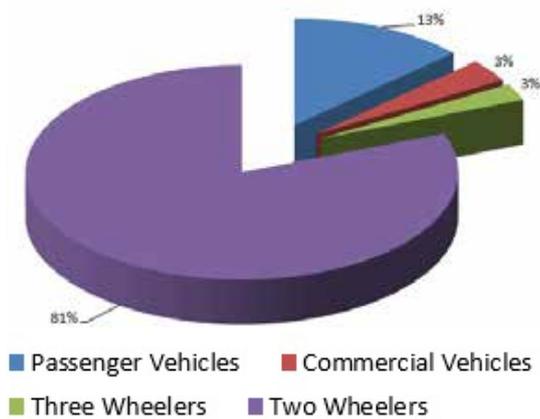
According to WHO, Delhi tops the list of most polluted cities. Among the world's 20 most polluted cities, 13 are in India. Delhi has the highest level – more than 150 micrograms per m³ – of airborne particulate matter PM2.5 considered most harmful. It is six times more than the WHO "safe" limit of 25µg/m³. An emission inventory by the Pune based Systems of Air Quality and Weather forecasting Research (SAFAR) has found that vehicles and industries are the biggest contributors to particulate matter (PM) 2.5 emissions in Delhi region. The emission norms have helped in bringing down the pollution levels in India, but pollution levels are still rising across India particularly in the metro cities like Delhi.

Therefore, stringent and drastic measures are required immediately and the development of electric vehicles is among these measures.

Mass Awareness

The major drive for private transportation in India is 'Economic'. Indians will adopt any new technology, if it is economically beneficial. Conservation of Environment takes a back-seat if it is expensive. The challenge is to mobilize the mass for more eco-friendly options. A new tax is being proposed (Polluter Tax) by which every buyer of non-electric automobile have to pay an additional levy which will be directly transferred to Battery manufacturers and EV buyer's bank account as subsidy. In addition to this, there is lack of adequate knowledge about EV. Govt of India is in the process of re-skilling the workforce through 'Skill-India' programme.





Domestic market share for 2017-2018.

Challenges for Engineering Students to adopt Sustainable Mobility

Engineering Education system in India follows the age-old syllabus and needs a quantum leap. Academic institutes have to be closely associated with the industrial sector. In the process of redefining academics, we need to focus on Inventions, Innovations and Entrepreneurship. The academic institutes must aim to set up a sustainable platform for cross disciplinary experience within the campus.

As electrical energy seems to be an answer to pollution and population in India and electric mobility being a relatively new concept, it is important for engineering institutes to equip their curriculum and empower their faculty to address the present scenario to the future engineers. Sound domain knowledge of Mechanical, Electrical and Electronics Engineering coupled with a real life project of manufacturing an electrical vehicle will make the students competent. Many premier institutes in India are already in this mission and are doing amazing and excellent work. Bringing uniformity in the academic curriculum across the country will level the knowledge base and create better job opportunities for the students.

Through consistent effort by the Government, people are becoming environment conscious. The school

children are being taught about eco-system and they are being encouraged to take initiatives for plantations, refrain farmers for burning the residue in the field which is one of the major reasons for air pollution in Delhi.

Govt of India has also released NEMMP 2020 (National Electric Mobility Mission Plan) to introduce Electric & Hybrid automobile and to honour the Paris Agreement. We have committed to reduce the carbon emission Intensity (emission per unit of GDP) by 33-35% from 2005 levels over 15 years. The development of electric mobility will contribute to achieve this CO₂ emission goal only if the electricity required is produced from decarbonated sources. ■

References: siamindia.com,
Automotive mission plan 2026 NEMMP
2020SAFAR



L'ANALYSE DES DONNÉES DE CONDUITE : VALEUR AJOUTÉE ET CRÉATIVITÉ

La société DriveQuant, filiale d'IFP Energies nouvelles, développe des services d'analyse des données de conduite basés sur des modèles physiques pour mesurer, en fonction du véhicule et des conditions de chaque trajet, la sécurité au volant, la consommation de carburant, l'impact environnemental de la conduite (efficacité énergétique) ou encore l'usure des pneus et des freins (maintenance prédictive).

Ainsi, pour aider les conducteurs à comprendre l'influence de leur comportement sur la route, les services connectés DriveQuant restituent par le biais d'applications mobiles – à la fin de chaque trajet motorisé détecté et sous forme non consultable en cours de trajet pour éviter toute distraction –, trois types de scores accompagnés d'une cartographie qui permet de visualiser les événements les constituant :

- un score de sécurité au volant, calculé à partir des événements à risque détectés : accélérations et freinages forts et positions où un seuil d'adhérence a été franchi ;
- un score d'éco-conduite ou d'efficacité énergétique, indiquant comment le conducteur aurait pu réduire sa consommation de carburant et ses émissions de CO₂, sans augmenter la durée de son trajet, en le comparant à un comportement de conduite référence ;
- un score de distraction au volant : pour sensibiliser le conducteur au danger lié à l'usage du smartphone au volant, l'application enregistre le nombre d'interactions réalisées avec l'écran durant les trajets et le nombre de déverrouillages de l'écran.



À L'ORIGINE DE DRIVEQUANT

En février 2017, après plusieurs années de recherche et d'innovation à IFPEN, Philippe Moulin (à droite) et Olivier Grondin (à gauche) fondent DriveQuant. Les deux ingénieurs ont travaillé en particulier sur l'optimisation de la consommation énergétique et la réduction des émissions polluantes des véhicules motorisés (thermiques et électriques/hybrides).

Des sources nouvelles de valeur ajoutée

Les solutions de DriveQuant sont pensées pour les acteurs de l'automobile et de la mobilité tels que les assureurs, les gestionnaires de flottes, les réseaux de distribution et de maintenance, les constructeurs, les loueurs, les formateurs à la conduite et à la sécurité des employés, ainsi que les fournisseurs de services de mobilité.

Dans le domaine de l'assurance, le lancement avec la MAIF de la première offre d'assurance à la minute au monde et celui de la première offre connectée à destination des motards avec April Moto (Allianz),



L'équipe DriveQuant.

démontrent comment cette technologie a permis de développer une offre d'assurance télématique répondant à une demande forte de personnalisation des produits (à la minute, kilométrique, comportementale, collaborative, etc.).

DriveQuant fournit également ses services à des acteurs de la gestion de flotte et de l'entretien automobile à travers l'Europe. Installée sur le smartphone des conducteurs, l'application permet de motiver et d'impliquer les collaborateurs (coaching contextualisé et organisation de challenges de conduite basés sur les scores) et d'améliorer leur sécurité (comportements à risque, temps de pause, utilisation du smartphone au volant). À l'échelle de la flotte, ces services contribuent à réduire les coûts liés au comportement routier (carburant, entretien, sinistralité, etc.) et à optimiser la gestion (suivi des déplacements et utilisation des véhicules en temps réel, gestion automatisée des kilomètres et trieuse de trajets professionnels/personnels, etc.).

L'expertise des équipes DriveQuant

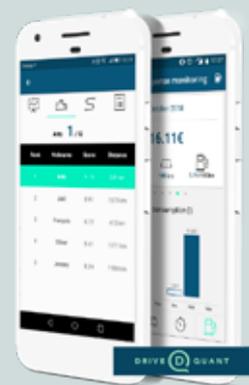
Aujourd'hui, DriveQuant, c'est treize passionnés de la mobilité et ce nombre devrait doubler en 2019. Plus la plupart, les membres de l'équipe sont des ingénieurs et des profils techniques, avec des compétences dans les domaines de l'analyse des données, ainsi que du développement d'applications mobiles (Android, iOS), "Frontend web" et Java.

« Nos clients recherchent également une expertise sur les technologies via lesquelles sont captées et restituées ces informations. Pour cela, nous avons recruté des profils qui savent s'adapter à ce contexte et à la typologie du travail dans une entreprise en forte croissance », explique Olivier Grondin, co-fondateur de DriveQuant. Les autres collaborateurs se concentrent sur le développement commercial, le marketing et la communication.

« Dans l'écosystème du véhicule connecté, DriveQuant a pour ambition de connecter plus d'un million de véhicules avant 2025 grâce au smartphone et, pour y parvenir, nous aurons besoin des meilleurs talents. », précise Philippe Moulin, Président fondateur de la jeune pousse. ■

COLLECTE ET TRAITEMENT DES DONNÉES DE CONDUITE

Les solutions de DriveQuant permettent la collecte des données de conduite, à partir d'un smartphone ou tout autre système télématique embarqué, et leur analyse en s'appuyant sur des algorithmes. Ceux-ci intègrent, entre autres, la vitesse de déplacement, l'accélération, la direction et la vitesse de rotation ainsi que les caractéristiques techniques du véhicule (masse, dimensions, motorisation, boîte de vitesse, etc.). Dans le cas des systèmes embarqués, les données du régime moteur, de l'angle du volant et de la tension de la batterie sont également traitées.



BILAN TRANSVERSAL DE L'IMPACT DE L'ÉLECTRIFICATION PAR SEGMENT

PROJET E4T : ADEME-IFPEN

Ce document livre une synthèse des principaux résultats du projet E4T (Étude économique, énergétique et environnementale pour les technologies du transport routier français) conduit par l'ADEME et IFPEN. Segment par segment, il permet une analyse des grandes tendances de l'électrification en cours de mise en place ou de développement.

Globalement, cette synthèse a montré que, hormis pour le segment du véhicule poids lourd long routier, la motorisation conventionnelle (essence ou Diesel) sera fortement concurrencée en 2030, que ce soit du point de vue de son coût total de possession (TCO) ou de son impact environnemental (émissions de gaz à effets de serre (GES) et polluants). La diffusion de ces motorisations devrait donc fortement ralentir d'ici 2030.

L'architecture Mild Hybrid 48V (MHEV 48V), poussée au maximum de ses performances, pourrait être une solution très intéressante pour concurrencer les solutions Full Hybrid actuelles (HEV) à dérivation de puissance.

Les véhicules hybrides rechargeables (PHEV) semblent une solution pertinente du point de vue de l'impact sur les émissions de GES, grâce à leur batterie de taille limitée parfaitement adaptée à l'usage majoritaire du véhicule (mais qui nécessite une recharge quotidienne). Leur rentabilité économique, sans aide à l'achat, reste néanmoins une entrave à leur déploiement.

Enfin, les véhicules électriques (BEV) sont des solutions efficaces pour réduire la pollution locale et les émissions de GES, surtout si elles sont très utilisées (à l'instar des bus) de façon à amortir l'impact du coût de fabrication de la batterie par l'usage. Néanmoins, la rentabilité économique de ces solutions reste actuellement limitée ; elle s'améliore grâce aux aides à l'achat et devrait encore progresser d'ici 2030 avec la réduction annoncée du coût des batteries.

Enfin, la tendance actuelle à l'accroissement de la taille de batteries pour augmenter l'autonomie des véhicules électriques, est préjudiciable pour l'impact GES de la filière électrique. Ce point devra faire l'objet d'une attention particulière à l'avenir. ■



MAXIME PASQUIER

Maxime is in charge of electro-mobility in Transport & Mobility Department at the French Environment & Energy Management Agency (ADEME). His previous position at the Mobility and Advanced Transportation Cluster, and then MOVEO, consisted in participating to the development efforts of this industry. After working for PSA on R&D of hybrid vehicle, Maxime Pasquier joined Argonne National Laboratory as head of the hardware-in-the-Loop section.



CYPRIEN TERNEL

Cyprien est chef de projet Transport/Mobilité à la direction Economie et Veille d'IFPEN. Diplômé en 2003 de l'Ecole Centrale Marseille, il a effectué une thèse à la direction Innovation de PSA Peugeot Citroën avant de rejoindre IFPEN comme responsable d'étude dans la direction Système Moteur Véhicule.



DISCOVER YOURSELF

Infineum is a world-leading formulator, manufacturer and marketer of petroleum additives for lubricants and fuels.

With over 1,900 highly skilled employees across our research and development business, production facilities and sales representation in over 70 countries, we truly are a global and collaborative organisation.

Our innovative technology helps keep the world's transportation moving with 1 in every 3 vehicles using Infineum additives inside its engine.

It's a great time to join Infineum

If you are looking for a career that will allow you to work within a culturally diverse environment, you have found the right place. Infineum is here to help:

- Develop your skills and widen your experience
- Build and nurture your talent
- Advance your technical or commercial skills
- Train for management responsibility
- Take additional industry-recognised qualifications

We will provide you with tools and techniques that are tailored to meet your individual needs.

Discover more at www.infineum.com/careers

Performance you can rely on.

'INFINEUM', the interlocking Ripple Device, the corporate mark comprising INFINEUM and the interlocking Ripple Device and 润英联 are trademarks of Infineum International Limited. © 2019 Infineum International Limited. All rights reserved. 2018112

DRUST : trois alumni récompensés au CES 2019



À l'occasion du CES, le plus grand salon mondial de l'électronique grand public, à Las Vegas du 7 au 10 janvier derniers, le Prix de l'innovation a révélé des produits technologiques et innovants dans 28 catégories différentes. Un jury composé de concepteurs, d'ingénieurs et de médias spécialisés a examiné les candidatures en prenant en compte leur conception, leur fonctionnalité, leur attractivité du point de vue du consommateur, leur ingénierie et leur différenciation par rapport au marché.

DRUST a été sélectionné dans la catégorie Véhicules intelligents et autonomes pour son application Superdrive, une solution logicielle centrée sur l'humain, qui utilise l'intelligence

artificielle pour engager et responsabiliser les conducteurs dans le but de rendre les routes plus sûres. Les recommandations faites au pilote sont délivrées avant un trajet, en temps réel pendant la conduite ou après, grâce à une analyse post-trajet.

« Recevoir le prix de l'innovation est un réel accomplissement pour DRUST. Cette récompense valorise notre capacité à faire la différence dans le domaine de l'exploitation des données automobiles », indique Michaël Fernandez, CEO et co-fondateur de DRUST, diplômé d'IFP School (MOT 09), tout comme Pascal Galacteros (MOT 08) et Florent Pignal (MOT 09). ■

Dîner annuel 2018

Environ 150 convives, dont de nombreux jeunes, ont participé vendredi 30 novembre au Mariott Champs Elysées à cette soirée vivante et conviviale.

Après avoir souhaité la bienvenue aux participants, le président Jean Sentenac a brièvement présenté les nouvelles de l'Amicale, dont la plus marquante est la refonte du site web au printemps 2018, réalisée grâce au soutien d'AFI (Association pour la formation dans l'industrie).

Christine Travers, directrice de l'École, a ensuite fait le point sur les actions et objectifs de celle-ci, que vous pouvez retrouver dans la *newsletter*, sur le site de l'École.

Cette année, l'invité d'honneur était François-Régis Mouton (FOR 88), actuel Directeur Europe de l'IOGP (International association of Oil and Gas Producers) qui a fait, avec un franc-parler revigorant, une présentation très concrète sur l'activité de cette association, suivie d'un échange non moins intéressant avec les participants.

La soirée s'est terminée par la mise à l'honneur des promos en 8 après la remise du prix de l'Amicale, attribué cette année à Patrick-Paul Duval (GOP 84) au titre de son action comme responsable de la Commission International avec la création des clubs à l'étranger et comme membre du comité de rédaction de la revue pendant de nombreuses années.



Jean Sentenac, entouré des diplômés des promotions à l'honneur (dont François-Régis Mouton, en bas à gauche).



Stéphanie Pornin et Julien Trost, avec les gagnants du concours "Invité mystère".



Jean-Bernard Sigaud, entouré d'Amel Lassel et de Patrick-Paul Duval, lauréats du prix de l'Amicale en 2017 et 2018.

Nous remercions tous les participants qui ont contribué au succès de cette soirée, ainsi qu'Audrey Mazin, notre assistante et Julien Trost, responsable de la commission Évènements, pour la qualité de l'organisation. ■

News from Saudi Arabia



During their last trip to Saudi Arabia, Didier Houssin, President of IFP Energies nouvelles, and Jean Sentenac, President of the IFP School Alumni Association, met some of the former students working in the region at a friendly dinner. A great opportunity to exchange on each other's career and on how to encourage meetings and activities within the alumni network in the region!

Huzaifa Mohamed Elbushra (huzaifa.elbushra@aramco.com), geophysicist in Saudi Arabia (GOL 2012) and Joseph Ibrahim (joseph.ibrahim@axens.net), Managing Director of Axens Middle East, have volunteered to be the contact points to keep our regional network active and growing. ■

NOMINATION



Abdourahmane Cissé (PEM 2005) est devenu le 10 décembre dernier ministre ivoirien du Pétrole, de l'Énergie et des Énergies renouvelables.

Ingénieur diplômé de l'École polytechnique et d'IFP School, il est d'abord trader chez Goldman Sachs, avant d'être nommé en 2013, à 32 ans, ministre chargé du Budget – ce qui avait fait de lui le plus jeune ministre du gouvernement ivoirien.

En 2017, il a fait partie des "100 Young Global Leaders", distinction attribuée par le Forum économique mondial aux leaders de moins de 40 ans dans le monde entier. ■

IFP SCHOOL ALUMNI MAG

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Jean Sentenac

REDACTEUR EN CHEF
Jean-Bernard Sigaud

MEMBRES DU COMITÉ DE RÉDACTION
Audrey Mazin
Assistante Permanente AAID-ENSPM

Claudia Bataille, Hélène Bourg, Ouafae El Ganaoui-Mourlan, Alexis Gourlier, Jean-Claude Heidmann, Karine Labat, Patrick Obertero, Gérard Renault, Marc Valleur, Valérie Védrenne

ASSOCIATION AAID-ENSPM
228-232, av. Napoléon Bonaparte,
92852 Rueil-Malmaison cedex
Tél. : + 33 (0)1 47 52 52 51
amicale-ifpschool@ifpen.fr

Site Internet
www.alumni.ifp-school.com

Conception, réalisation, impression
Esquif Communication
7, rue Le Bouvier
92340 Bourg-La-Reine
Tél. : + 33 (0)1 46 16 52 52

Crédits photos
AAID, Adobe Stock, Alstom France, Dreamstime, DriveQuant, IFP School, OregonDot, S. Durand / VanderWolf Images / Xujun Shutterstock, Transdev, Xujun, X.

Régie publicitaire SEEPP
7, rue du Général Clergerie - 75116 PARIS
Tél. : + 33 (0)1 47 27 50 05 - seepp@wanadoo.fr

IFP SCHOOL ALUMNI MAG
est une publication de l'Association amicale des diplômés de l'École nationale du pétrole et des moteurs, reconnue d'utilité publique par le décret du 28 décembre 1952.

Les articles, informations et communiqués sont publiés sous la seule responsabilité de leurs auteurs.
ISSN 2554-9618

Un leader mondial du secteur de l'énergie

Nous disposons de l'expérience, de la taille et des capacités nécessaires pour transformer l'industrie de l'énergie en offrant de nouvelles possibilités et en contribuant à l'amélioration économique des projets. De la conception à la livraison de projets et au-delà, nous apportons au secteur pétrolier et gazier le changement dont il a besoin.

Nous sommes des leaders d'opinion, mais nous faisons plus qu'émettre un simple avis : nous agissons. En étroite collaboration avec nos partenaires et nos clients, nous tirons parti des technologies, de notre savoir-faire et de notre capacité à innover pour proposer des idées nouvelles, des offres intégrées, des décisions simplifiées, et obtenir ainsi de meilleurs résultats.

Pour en savoir plus :
TechnipFMC.com.





POWERING A COMPLETE OFFER

Building on its latest acquisitions, Axens Group offers a broader range of solutions that enhances the profitability and environmental performance of its clients. www.axens.net

Axens
Powering integrated solutions