

Au Laboratoire des composants pour l'énergie de l'Institut Liten à Grenoble, Marianne Chami (au milieu) et Florence Fusalba (à droite) contrôlent les dimensions d'un élément de batterie lithium-ion bipolaire pour véhicules électriques hybrides



## Ils préparent l'automobile de demain

PAR ÉLISABETH DE LAVERGNE

Le CEA tisse depuis longtemps des liens avec les industriels et les équipementiers de l'automobile. Dans les laboratoires, une centaine d'ingénieurs et de scientifiques innove et conçoivent les véhicules de demain.

« **L**e CEA et l'automobile, c'est une histoire récente et intense. En moins de vingt ans, notre organisme a noué des partenariats de recherche technologique avec la plupart des industriels et des équipementiers de l'automobile, en France et à l'étranger. » À Saclay, Xavier Apolinarski est

responsable des partenariats stratégiques du domaine transport, à l'Institut List de la Direction de la recherche technologique. Interlocuteur du CEA pour les industriels de l'automobile, il connaît leurs besoins et leurs difficultés, tout comme il connaît le potentiel du CEA en termes de technologies et de compétences. « L'industrie automobile est en crise, nous tablons sur le principe qu'elle aura besoin de nouveautés pour vendre et réduire ses coûts.

Le CEA est capable de développer des projets innovants sur ses fonds propres, avec des équipes structurées, des équipements performants et l'avantage de sa pluridisciplinarité. Nos **►►►**

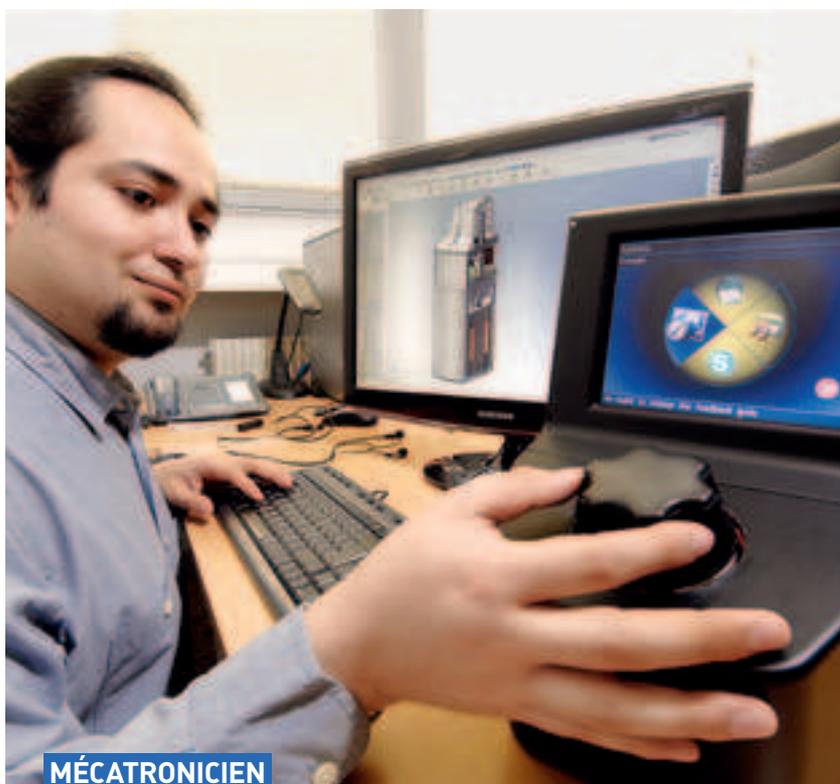
III► recherches s'intéressent aux quatre grandes fonctions du véhicule : son énergie, sa sécurité, sa mobilité et son confort. Nous travaillons par exemple sur des batteries de bus hybrides, des réservoirs à hydrogène, la vision de nuit par infrarouge, les systèmes embarqués communicants, ou encore la réalité virtuelle pour la mise en place de nouvelles chaînes de fabrication... » Au total, une centaine d'ingénieurs-chercheurs. Des effectifs qui ont quadruplé en trois ans ! électronique, logiciels, simulation, ou encore électrochimie, les compétences techniques sont mutualisées. Les équipes du CEA apportent aux

industriels des projets à adapter à leurs futures générations de véhicules, dans des perspectives de trois à cinq ans.

### La révolution de l'électronique embarquée a développé les liens

Les premiers contacts ont commencé dans les années 1990. À l'époque, une voiture était un objet surtout mécanique, qui connaissait des problèmes de matériaux : corrosion, usure, revêtements, introduction massive des plastiques... La révolution de l'électronique embarquée dans l'automobile a développé les liens, poursuit Xavier

**S**ur son bureau, un cube noir, avec un petit écran et un gros bouton "tactile". À l'intérieur : de la mécanique, c'est-à-dire un système intelligent au carrefour de la mécanique, de l'électronique et de l'informatique. José Lozada, ingénieur-chercheur en mécatronique à Fontenay-aux-Roses, teste un bouton de commande à retour d'effort : « Au Laboratoire des interfaces sensorielles de l'Institut List, nous travaillons sur de nouvelles manières de commander une machine. L'interface haptique, qui exploite le sens du toucher, nous intéresse particulièrement. La vision et l'audition sont saturées en voiture, alors que les autres sens ne sont pas sollicités. » Ce bouton a été conçu par une équipe du laboratoire pour une future commande centralisée des périphériques de la voiture : climatisation, GPS, musique, Internet... L'idée, c'est de pouvoir l'utiliser sans le regarder. Démonstration : « Je tourne le bouton vers une des quatre positions. À chaque cran, je ressens une sensation différente. ça freine, ça vibre, c'est plus ou moins résistant ou léger... Je reconnais au toucher la fonction sélectionnée. » Le bouton fonctionne selon le principe d'un fluide contenant du fer, soumis à un champ magnétique. Ce fluide devient plus ou moins visqueux et entrave ou libère la rotation du bouton. Les sensations de retour d'effort sont nouvelles dans l'automobile, mais bien connues au CEA : elles découlent de la réalité virtuelle mise au point pour le



**MÉCATRONICIEN**

“ Une nouvelle manière de commander une machine ”

**JOSÉ LOZADA** teste un bouton de commande tactile centralisée pour les périphériques d'un véhicule

nucléaire, puis pour d'autres applications. Les recherches sont développées sur les fonds propres du CEA. « Nous sommes sûrs du potentiel économique du retour d'effort et savons que nos applications trouveront un marché. Les entreprises de l'automobile sont friandes de

nouveauté, mais hésitent à prendre des risques... » Dans les cartons du laboratoire, les idées d'application du retour d'effort sont légion : « Dans les suspensions automobiles mais aussi dans la molette des souris de nos ordinateurs, dans la rééducation des personnes hémiplégiques... Mon projet préféré : un clavier de piano numérique qui aura le ressenti d'un piano à queue. »

**José Lozada,** ingénieur-chercheur

Bac S, Quito Équateur – classes préparatoires MPSI – PSI, lycée Lakanal à Sceaux – parcours universitaire de la Licence de technologie mécanique jusqu'au DEA robotique et systèmes intelligents, École Normale Supérieure de Cachan – Doctorat en mécanique, École Polytechnique

**S**on domaine, c'est l'électronique embarquée et l'électromagnétisme. Fabrice Auzanneau dirige le Laboratoire de fiabilisation des systèmes embarqués de l'Institut List, à Saclay. « Fiabiliser l'électronique, cela veut dire concevoir des puces, des composants, des systèmes et des câbles entre les systèmes qui ne tombent pas en panne ; ou le moins possible. Dans une voiture, l'électronique est complexe et coûteuse. Elle représente 35 % des pannes. Et parmi ces pannes, les trois quarts viennent des réseaux filaires. » La compréhension de l'importance des problèmes dans les réseaux de fils est venue du nucléaire. Dans une centrale nucléaire, on compte plus de 1000 kilomètres de fils qui relient des systèmes électroniques. Dans une voiture, il n'y en a que quatre... mais pour le garagiste, trouver où le fil est coupé, ou en court-circuit, peut prendre jusqu'à deux jours. « Nous utilisons la réflectométrie : un signal est envoyé dans le fil, où il bute et rebondit sur le défaut. Ce qui permet de le localiser et de le caractériser, un peu comme pour un radar. » Au laboratoire, un panneau reconstitue le câblage d'une Clio. Les électroniciens y ont fait la "preuve de faisabilité" de l'application sur les véhicules routiers. Le garagiste disposera d'un dispositif de test dans une mallette. Un protocole d'utilisation lui permettra de trouver la panne en quelques minutes. Fabrice Auzanneau discute avec les industriels, organise la thématique de recherche et sa montée en puissance. Une mise à jour du système sera vendue chaque année, tandis que « nous prévoyons déjà la génération suivante, qui



**ÉLECTROMAGNÉTIEN**

“ Le marché de la fiabilisation des câbles est immense ”

**FABRICE AUZANNEAU** (à gauche) et Marc Olivas (à droite) testent leur système de diagnostic de défauts sur le câblage de l'habitacle d'une Renault Clio

sera intégrée dans le véhicule dès la construction. Cette génération préviendra l'automobiliste d'un défaut, avant même la panne ». Hélicoptères, avions, trains, ou encore grues : « Le marché de la fiabilisation des câbles est immense. »

**Fabrice Auzanneau,**

électromagnéticien

Bac S - Math Sup, Math Spé, à Tours - École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace (ENSAE - Sup'Aérol), Toulouse

Apolinarski. Les savoirs et technologies du CEA se sont trouvés en adéquation parfaite avec les besoins de cette industrie. Au CEA, ces technologies avaient été développées pour le nucléaire et pour la défense, très exigeants en robustesse, sécurité et fiabilité. Elles avaient déjà trouvé des applications dans l'aéronautique. » Au tournant du siècle, l'industrie automobile se transforme, se réorganise : les constructeurs, qui maîtrisaient tous les savoirs, externalisent jusqu'à 70 % de la voiture auprès des équipementiers. Dont la recherche et le développement.

La voiture est conçue et fabriquée de plus en plus vite. En amont, la recherche et le développement doivent suivre ! Les technologies du CEA apportent aux industriels une innovation déjà testée, de qualité, fiable. » L'électronique, dans la voiture, atteint aujourd'hui 30 % de sa valeur, à égalité avec le moteur : un chiffre qui ne cesse d'augmenter et qui positionne le CEA en première

ligne des partenaires de recherche. « Nous avons organisé, avec nos partenaires, un véritable écosystème en croissance. Nous collaborons avec un nombre grandissant de constructeurs et d'équipementiers, en lien avec leurs équipes implantées en France et en Europe. » Aujourd'hui fonctionnent déjà des chaînes de fabrication conçues grâce à la réalité virtuelle de l'Institut List, des batteries au lithium pour véhicules électriques "designées" par l'Institut Liten, des systèmes de détection de déplacement développés par le Léti. Dans les années à venir, la voiture évoluera beaucoup. Elle saura détecter le danger et freinera seule, elle calculera en temps réel les temps de trajet de plusieurs itinéraires, elle alertera le conducteur sur la faiblesse d'un système avant que la panne n'arrive... Les innovations à venir apporteront sur le marché des véhicules intelligents, fiables, confortables, communicants et moins polluants. ■

Les batteries lithium-ion sont maintenant presque à maturité. Elles peuvent être adaptées à toutes sortes de véhicules électriques ou hybrides.»

Florence Fusalba est responsable du programme Stockage de l'énergie à l'Institut Liten, à Grenoble. Electrochimiste, spécialisée dans les énergies et les matériaux, elle a fait ses études au Canada, travaillé en Irlande, puis chez un industriel à Grenoble avant d'être recrutée au Liten. « J'organise la recherche autour des batteries. Mon but est de positionner le CEA comme partenaire privilégié des industriels du secteur. Cela passe d'abord par une réflexion stratégique, que je mène avec la direction: quelles activités initier ou pousser dans les labos, pour un maximum d'applications? Comment valoriser nos résultats auprès des industriels? Dans quel créneau a-t-on le meilleur potentiel, et avec quel partenaire? Une réflexion exigeante: pour être considérée comme une interlocutrice légitime, il me faut rester compétente en technique, me tenir au courant de l'actualité de mon secteur, aller sur le terrain rencontrer les personnes clés, les inviter au Liten, nouer au long cours des relations de confiance.»



**RESPONSABLE PROGRAMME**

“ Convaincre, mettre en relation les bonnes personnes ”

**FLORENCE FUSALBA** est le point d'entrée au CEA des industriels de l'automobile électrique ou hybride pour les batteries

Connue et appréciée des industriels, Florence est leur point d'entrée. « Quand ils ont besoin d'un transfert technologique, nous contractons un accord bilatéral qu'ils financent. Pour des projets de recherche plus amont ou long terme, nous cherchons des financements extérieurs, ANR, Oséo ou européens. Je suis aidée par les experts techniques, les juristes et les commerciaux, dont les bureaux sont tout proches

du mien! » Rédiger la proposition technique, la valider avec les responsables d'activité, construire le budget font partie de sa mission. Le plus intéressant? « Au carrefour de différents univers, convaincre, mettre en relation les bonnes personnes, voir se réaliser la signature d'un contrat. » Plus difficile: « Sans relation hiérarchique avec mes interlocuteurs, les motiver sur mes projets et dans mes délais. » Le succès n'est pas loin: « Dans deux ou trois ans, des véhicules équipés de batteries lithium-ion seront commercialisés par de grands constructeurs. »

**Florence Fusalba,** chercheur

Bac S – DEUG chimie-biochimie, Université de Savoie – Licence & Master de chimie, Université Joseph Fourier à Grenoble – DUT de biologie, Université Claude Bernard à Lyon – Master de science en chimie, Université de Montréal – Doctorat énergie et matériaux, Université de Montréal au Québec

Il vient de PSA, où il concevait des systèmes de traction innovants pour les véhicules hybrides et électriques. En 2007, pour se consacrer à la recherche plus amont, il rejoint l'Institut List à Fontenay-aux-Roses. Son métier d'automaticien, ou spécialiste du pilotage des systèmes électroniques, est mis au service de la robotique: « Je suis responsable de la thématique cobotique, explique Frédéric Colledani. Un nouveau mot pour une science émergente, qui cherche à rendre le pilotage des robots le plus intuitif possible. Pour les tâches pénibles, mais complexes et difficiles à programmer, l'homme sera amené à travailler davantage en contact direct avec des robots. Ils effectueront une partie de son travail, guidés par sa main. » Parmi ses projets, deux concernent l'automobile. Michelin prépare une voiture électrique avec des moteurs dans les roues. Un projet qui s'inscrit dans la très forte dynamique générée par la loi Grenelle environnement, soutenue par les financements de l'Agence de l'environnement



**AUTOMATICIEN**

“ La cobotique rendra intuitif le pilotage des robots ”

Essai d'un bras robot qui soulage **FRÉDÉRIC COLLEDANI** d'une charge de vingt kilos pendant un geste technique

et de la maîtrise de l'énergie. « Pour la deuxième génération de cette voiture, nous mettons au point une direction sans liaison mécanique entre le volant et les roues. Un système électronique qui devra être piloté sans difficulté, en toute fiabilité. » Les batteries sont étudiées par

l'Institut Liten. Chez l'industriel, la cobotique pourra soulager de tâches pénibles comme soulever une pièce lourde à monter sur une voiture, sans gêner l'ouvrier qui la manipule en toute légèreté. Un dispositif dans la lignée des bras télémanipulateurs des cellules chaudes du nucléaire.

**Frédéric Colledani,** automaticien

Bac S – classe prépa, lycée Saint-Louis à Paris – Supélec – Doctorat, Université de Paris-Sud Orsay