

# Sciences / Nside

La recherche au coeur des laboratoires  
de l'UPHF et de l'INSA Hauts-de-France

Service Communication de l'INSA Hauts-de-France / N°1 - Mars 2025

**CAPTEURS, MATÉRIAUX, NUDGES...  
LE FUTUR DES MOBILITÉS**



# Sommaire



18

Portrait de Élodie Dancerel-Bourlon



16

IA et industrie automobile : un partenariat innovant entre l'INSA, l'UPHF et Toyota



4

De l'innovation des capteurs à la conduite assistée : en route vers le futur



10

Encourager de nouvelles pratiques pour une mobilité décarbonée

## Édito



**M. Éric MARKIEWICZ**  
Vice-Président Recherche de l'UPHF  
Directeur de la Recherche de l'INSA Hauts-de-France

L'adaptation des transports terrestres et des mobilités aux grandes transitions que nous vivons constitue l'un des grands enjeux sociétaux qui mobilisent les chercheurs de l'INSA Hauts-de-France et de l'Université Polytechnique Hauts-de-France (UPHF). Leur approche, résolument multidisciplinaire, associe la mécanique, l'automatique, l'électronique, l'informatique et – fait notable pour une école d'ingénieurs – les sciences humaines et sociales.

La fertilisation croisée de ces disciplines donne naissance à des avancées scientifiques, dont bénéficient à terme nos partenaires industriels : Renault, Stellantis, Toyota, Alstom, pour n'en citer que quelques-uns. De même, nous créons des passerelles entre des technologies venues de l'aéronautique, de l'automobile ou du ferroviaire, chaque fois qu'elles peuvent bénéficier à un autre mode de transport.

Nos équipes œuvrent pour une **mobilité intelligente**, c'est-à-dire adaptative et décisionnelle en temps réel grâce à des capteurs et des systèmes de télécommunications innovants ; une **mobilité décarbonée**, pour répondre aux impératifs de la transition énergétique ; une **mobilité autonome**, à travers nos travaux sur la coopération entre conducteur et systèmes d'assistance ; une **mobilité inclusive**, c'est-à-dire adaptée aux situations de handicap et au grand âge.

Il s'agit donc de travaux à très large spectre. Les technologies auxquelles ils donnent naissance ne sont pas encore déployées sur des véhicules en circulation ; mais elles ont vocation à l'être d'ici quelques années.

Quelques exemples : le contrôle aérodynamique actif des véhicules ferroviaires (et automobiles), pour réduire leur traînée et donc leur consommation ; l'étude de leurs régimes de freinage, pour générer moins de particules d'abrasion notamment dans des espaces confinés comme les gares et stations de métro ; la prévention des phénomènes d'emballement thermique des batteries ; l'allègement des structures de véhicules sans dégradation de leur résistance mécanique et avec un contrôle-santé intégré et autonome en énergie ; ou encore les communications millimétriques 5G pour les liaisons train à train (T2T) et train à infrastructures (T2I), afin d'optimiser la sécurité et l'efficacité ferroviaires.

Enfin, nos recherches s'appuient sur d'importants moyens de modélisation, de simulation numérique et d'expérimentation : soufflerie semi-industrielle, plateforme d'essais mécaniques sous conditions extrêmes, simulateurs de conduite 6 axes pour l'automobile et le ferroviaire, véhicules autonomes, piste d'essai privée sur notre campus... De quoi couvrir toutes les dimensions de la recherche en transports terrestres, qui fait clairement partie de notre ADN.

### Édito p.3

#### Grand angle p.4 > 9

Matériaux et capteurs : l'urgence d'innover  
Partager le volant avec un système de conduite automatisée, tout un programme

#### Humanités et Sociétés p.10 > 11

Quels instruments associer et accorder pour une mobilité décarbonée ?

#### Interview croisée p.12 > 13

"Le thème des transports mobilise la totalité de nos laboratoires" par Abdelhakim Artiba et Armel de la Bourdonnaye

#### Au coeur des labos p.14 > 15

#### Retour sur ... p.16 > 17

L'IA au service de l'industrie automobile

#### Ils sont l'INSA p.18 > 19

Élodie Dancerel-Bourlon : du sport à la balistique, la voie biométrique

Directeurs de la publication : Abdelhakim Artiba, Armel de la Bourdonnaye, Éric Markiewicz

Comité de rédaction : Daphné Loquet-Caffiaux, Maude Dubrulle, Grégory Meunier

Rédaction : Mediathena

Conception : Daphné Loquet-Caffiaux, Grégory Meunier

Impression : imprimerie Gantier

Crédits photographiques : @Labos, @Adobestock, @Grégory Meunier, @Maude Dubrulle, @UPHF, @INSAHDF



# Grand angle

## FAIRE NAÎTRE LES TECHNOLOGIES DES MOBILITÉS DE DEMAIN

Pour favoriser l'émergence de mobilités intelligentes et durables, les chercheurs de l'INSA Hauts-de-France et de l'UPHF travaillent sur des aspects aussi divers que les matériaux, les capteurs, l'amélioration de la commande des moteurs thermiques et hybrides, les batteries ou l'assistance à la conduite.

Certains travaux sont fondamentaux, d'autres plus applicatifs. Illustration avec deux sujets de première importance : les matériaux pour capteurs innovants et la conduite automobile partagée entre un opérateur humain et un système de conduite automatisée.

### Matériaux et capteurs : l'urgence d'innover

Les capteurs qui équipent aujourd'hui nos véhicules n'ont pas été conçus en prenant en compte les enjeux de la mobilité durable. Il faut les revoir en profondeur, en commençant par les matériaux qui les composent.

Les temps sont durs pour les industriels des transports. Alors que leur tempérament les porte à négocier les changements de technologies pas à pas, ils doivent s'adapter au pas de course à des évolutions qui s'imposent à eux. « On leur demande par exemple d'anticiper les défaillances des moteurs électriques, d'instrumenter les ailes d'avions pour détecter les fissures, de suivre avec précision la température des moteurs ou leur consommation, d'être communicants ou autonomes en énergie », explique El Hadj Dogheche, professeur et chercheur au sein du groupe de recherche MAMINA (Matériaux et acoustique pour les micro et nanosystèmes intégrés) de l'Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN) UMR CNRS 8520.

#### Améliorer les capteurs ou revoir leur conception de A à Z

Les capteurs actuels, conçus il y a 20 ans, ne répondent pas à ces besoins. Ils consomment trop, sont trop volumineux pour être intégrés discrètement dans une pièce ou inaptes à transmettre des informations en toute sécurité via une antenne.

« Il faut les améliorer et, souvent, revoir leur conception de A à Z pour les fabriquer avec des procédés propres et peu énergivores, puis les recycler en fin de vie ».

Il faut aussi répondre aux besoins émergents. Par exemple, détecter les fuites dans les réservoirs d'hydrogène de véhicules routiers ou de bateaux : les minuscules molécules de ce gaz se glissent dans les plus petites ouvertures. En collaboration avec le département mécanique du LAMIH (Laboratoire d'automatique, de mécanique et d'informatique industrielles et humaines - UMR CNRS 8201) et le groupe MAMINA de l'IEMN, une thèse est en cours sur le développement de revêtements en nitrure d'aluminium titane (TiAlN), matériau recyclable utilisé en mécanique pour sa dureté, sa durabilité et sa bonne adhérence. Il pourrait servir à fabriquer des capteurs de fuites d'hydrogène d'épaisseur micronique, disposés à l'intérieur des réservoirs.

Les chercheurs en profitent pour étudier le procédé de dépôt du TiAlN. Ceux employés aujourd'hui nécessitent des températures de 800 à 1 000 °C. La pulvérisation cathodique, potentielle alternative, se contente de 500°C : moins d'énergie consommée, donc une empreinte carbone plus réduite.

#### Élaborer, mettre en forme, optimiser, déposer de nouveaux matériaux

Avec le baryum-calcium-titane-zirconium (BCTZ), MAMINA mène des travaux plus exploratoires en collaboration avec l'institut de recherche IMRE à Singapour.

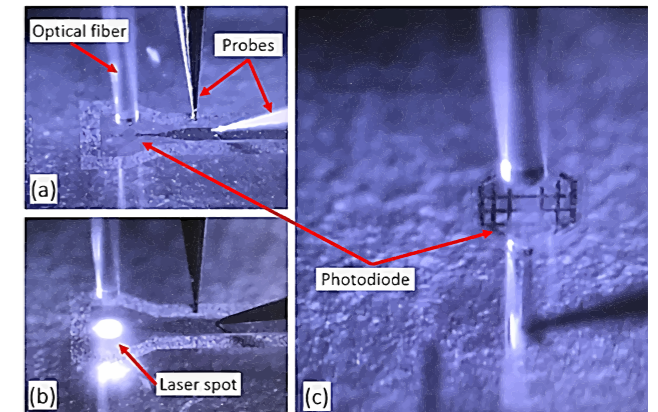
Ce matériau recyclable présente d'excellentes propriétés optiques, intéressantes pour les capteurs photoniques de détection d'obstacles et de piétons de nos futurs véhicules autonomes. Le reste est à découvrir : comment l'élaborer, le mettre en forme, optimiser ses propriétés, le déposer... « Nous l'étudions depuis deux ans, et visons un premier démonstrateur de capteur optique en BCTZ pour 2027 », annonce El Hadj Dogheche.

Le département Matériaux et procédés (DMP) du laboratoire CERAMATHS (Matériaux céramiques et mathématiques) se penche pour sa part sur l'élaboration, la fabrication et la caractérisation de céramiques piézoélectriques. « Chacune de ces étapes peut être retravaillée pour améliorer les propriétés d'un matériau et du capteur qui l'utilisera », explique Mohamed Rguiti, enseignant-chercheur et responsable de l'axe « Matériaux pour le transport et le développement durable ».

Selon les cas, ce capteur pourra ainsi être plus léger, plus compact, plus sensible, moins impactant pour l'environnement... Exemple : la cuisson des pièces de capteurs s'effectue aujourd'hui dans un four électrique à 1 200°C, pendant dix heures. Le laboratoire espère l'effectuer demain en 20 minutes dans un four micro-ondes, une technique déjà validée sur d'autres matériaux.



En bas à gauche : poudre céramique à l'état brut. Puis dans le sens des aiguilles d'une montre : céramiques brutes après mise en forme et cuisson (cylindre et disque), céramiques après usinage et rectification (tube et barreau), capteur en forme de spirale pour la récupération d'énergie électrique à partir de vibrations, capteur en forme de nid d'abeilles pour capteur ou actionneur, buzzer.



Dispositif Photodiode InGaN/GaN pour Application Light Fidelity.

### Le plomb, un indésirable difficile à remplacer

Autre thème de recherche du DMP : la mise au point de matériaux piézoélectriques sans plomb, celui-ci étant peu à peu banni dans toute l'industrie. Il existe des candidats prometteurs : le BCTZ déjà cité, le bismuth-sodium-titane (BNT), le calcium-sodium-niobium (KNN)... Mais leurs performances sont très inférieures à celles des matériaux contenant du plomb. « L'un d'eux soutient la comparaison à température ambiante, mais pas au-delà de 100°C, illustre Mohamed Rguiti. Or, un capteur de moteur thermique peut monter à 300°C. »

Pour améliorer ces propriétés, il faut changer la « recette » du matériau, par exemple, tester différentes proportions de zinc et de calcium pour le BCTZ. Puis expliquer pourquoi le matériau est plus performant si c'est le cas : « nos partenaires industriels ne peuvent pas se contenter d'un simple constat, ils veulent comprendre avant de décider s'ils misent sur ces nouvelles options. »

Deux projets applicatifs occupent aujourd'hui le DMP. Le premier, mené avec le laboratoire marocain Lab-SIPE de l'ENSAJ (Université Chouaib Doukkali, El Jaidida) porte sur un capteur de pesage dynamique qui mesurerait la masse de poids lourds sur la route, pendant qu'ils roulent. Le second, avec le laboratoire Roberval de l'Université de Technologie de Compiègne (UTC), développe un capteur acoustique capable de détecter les défaillances de moteurs électriques. Sur les moteurs thermiques, tout mécanicien expérimenté sait repérer ces pannes à l'oreille. Avec les véhicules de demain, tout est à réinventer.



## Bientôt un laboratoire commun entre l'UPHF et l'Indonésie

En décembre 2024, une délégation de responsables de l'agence nationale de recherche et d'innovation d'Indonésie (BRIN), l'équivalent du CNRS en France, a passé trois jours à l'UPHF. Au programme : visite de laboratoires et de plateformes technologiques, et discussions préalables sur une proposition CNRS-BRIN de type IRP (International Research Project). Sa finalité : l'établissement d'une structure commune de recherche sur les transports durables. Elle cherchera à développer les technologies du futur dans les transports, à réduire l'empreinte carbone de différents types de mobilité, notamment grâce à des matériaux recyclables pour l'automobile et le ferroviaire.



L'UPHF et le BRIN se connaissent bien : ils collaborent depuis 15 ans à travers des visites, des projets de recherche, des partages de doctorants. « Ce partenariat avec la France est une première pour le BRIN. Notre université est pionnière » se réjouit El Hadj Dogheche, chargé de mission du projet Indonésie pour l'UPHF.

## Partager le volant avec un système de conduite automatisée, tout un programme

**La voiture autonome ne se généralisera pas avant des décennies. Au laboratoire LAMIH-CNRS, les chercheurs se penchent sur un objectif intermédiaire : le partage du volant entre un conducteur et un système de conduite automatisée. Ce qui est loin d'être simple...**

Êtes-vous prêts à partager le volant avec un système d'assistance à la conduite automatisé ? Pas juste sur des lignes droites désertes, mais pour s'insérer dans une autoroute, effectuer des dépassements, franchir des carrefours ou des ronds-points ?

C'est l'enjeu des travaux du LAMIH (Laboratoire d'automatique, de mécanique et d'informatique industrielles et humaines), qui a notamment coordonné deux projets ANR sur ce sujet, CoCoVeA puis CoCo-VeIA, entre 2013 et 2024. Le second, en particulier, mobilisait de grands acteurs comme le groupe Stellantis, Valeo ou Continental Engineering, un industriel des capteurs.



Credit photo : Lotfi Dakhli

## Créer la confiance entre le conducteur et l'assistance automatique

L'énoncé des règles de base montre combien l'objectif est complexe. « Il faut que le conducteur fasse confiance au système et pour cela, que ce dernier s'adapte aux préférences du conducteur, annonce Jean-Christophe Popieul, chercheur en automatique et responsable du pôle Grands projets du LAMIH. Toutefois, le système doit avoir des comportements qui garantissent la sécurité routière. Mais en ultime recours, le conducteur a le dernier mot et peut reprendre la main, ce qui désactive le système. »

Imaginons un dépassement. Le système est paramétré pour déboîter à une certaine distance, adopter une vitesse précise et se rabattre avec un espacement prédéfini. Mais si le conducteur juge ce scénario trop dangereux ou trop poussif, il peut prendre le contrôle et dépasser à sa guise. Le système en tiendra compte la fois suivante, mais en évitant – par exemple – de reproduire une distance de sécurité insuffisante.

L'autoadaptation, c'est le scénario du dépassement évoqué plus haut. Le système d'assistance est paramétré avec des trajectoires, des vitesses et des distances cohérentes avec le Code de la route. Mais il dispose de marges d'ajustement, afin de se comporter le plus possible comme le conducteur pour gagner sa confiance. Plus simple à dire qu'à faire : les méthodes algébriques qui permettent cette fonction ont nécessité une thèse.



Simulateur SHERPA du LAMIH, crédit photo : Lotfi Dakhli.

## Des recherches focalisées sur des situations de conduite simples

L'affaire était assez complexe pour que les projets ANR se concentrent sur des situations relativement simples : changement de voie et dépassement sur une autoroute, insertion et sortie d'autoroute, franchissement d'un rond-point...

« Créer un système d'assistance pour la circulation urbaine, multivoies et multiusagers, ce sera à plus long terme. À ce jour, nous débutons ces recherches au travers d'une première thèse. »

Le système d'assistance qu'ils ont développé n'équipera pas votre prochaine voiture. Mais il a été testé sur simulateur de conduite et sur véhicule réel, celui-ci circulant sur la piste d'essai Gyrovía (voir l'encadré). « Il fait appel à deux technologies complémentaires, explique Jean-Christophe Popieul : l'autoadaptation au comportement du conducteur, et l'acquisition de compétences grâce à des outils d'IA. »

## Une assistance musclée par l'IA qui se forme en observant le conducteur

L'acquisition de compétences avec les outils d'IA suit une autre philosophie : il s'agit d'observer le conducteur dans des situations plus complexes, non paramétrées dans le système, pour que celui-ci les maîtrise peu à peu. « Nous travaillons sur le passage d'un rond-point, avec ses manœuvres complexes d'insertion, de gestion des priorités, de changement de voie et de sortie. » Mais pas question pour le moment d'aborder les carrefours à feux tricolores, très accidentogènes : les conducteurs qui tournent à gauche alors qu'un véhicule arrive en face provoquent de graves collisions. Le LAMIH étudie ce scénario, mais à un stade très amont.

Bien d'autres aspects ont été abordés pendant ces projets. Par exemple, comment transmettre au conducteur des informations de sécurité urgentes : signal sonore ou lumineux, léger coup de volant pour attirer son attention ? Autre exemple : comment s'assurer de la vigilance du conducteur, pour l'empêcher le cas échéant d'effectuer des manœuvres à risque ?



## Éveil et vigilance du conducteur : des caméras et des algorithmes veillent

« Nous avons prévu plusieurs caméras, détaille Jean-Christophe Popieul. Trois d'entre elles observent le regard du conducteur : est-il orienté vers la route, les rétroviseurs ou le tableau de bord ? La fréquence et l'amplitude des clignements de paupières signalent-elles un bon état d'éveil ? Une quatrième surveille la gestuelle du conducteur : les mains sont-elles bien sur le volant, les pieds sur les pédales, le conducteur assis droit sur son siège ? ».

Le LAMIH a fourni à Continental Engineering, concepteur des systèmes de détection à base de caméras, des dizaines d'heures d'images illustrant une large palette de comportements de conducteurs et de luminosités ambiantes. L'industriel a mis au point des prototypes, qui ont été installés dans le simulateur et dans la DS7 instrumentée que le LAMIH utilise pour les essais sur véhicule réel. Ainsi, l'équipementier a pu entraîner et valider ses algorithmes de détection.

« Le système fonctionne bien. S'il repère des signes manifestes d'endormissement, il alerte le conducteur grâce à un signal lumineux sur le tableau de bord. En l'absence de réaction, il stoppe le véhicule sur la bande d'arrêt d'urgence. Autre exemple : s'il constate que le conducteur n'est pas attentif, il lui interdit des manœuvres à risque comme les changements de voie. »

En résumé, l'humain surveille le système d'assistance et ce dernier s'assure que l'humain est en capacité de prendre de bonnes décisions. À l'image d'un conducteur et de son passager qui prendraient la route dans un climat de confiance mutuelle.

## Gyrovia, une piste d'essai sur un campus

Les chercheurs de l'INSA Hauts-de-France et de l'UPHF disposent d'un équipement unique pour leurs travaux sur la conduite partagée : Gyrovia, une piste d'essai privée de 850 mètres située sur le campus, où les systèmes en développement peuvent être testés en toute sécurité. L'objectif n'est pas de battre des records de vitesse, mais de s'évaluer dans des contextes routiers réalistes : lignes droites, virages de différents rayons de courbure, passages piétons, panneaux routiers, ronds-points, carrefours avec ou sans feux tricolores, aires de stationnement... Tous les essais sont filmés, pour en tirer ensuite un maximum d'enseignements.



Crédit photo : Hugo Dewasmes

## Pourquoi le véhicule autonome n'est pas pour demain



Les experts qui annonçaient le véhicule autonome pour tous à brève échéance se sont trompés. Certes, les technologies nécessaires étaient disponibles dès 2010. Mais c'était sans compter sur l'incroyable complexité de la circulation, monde ouvert où l'infrastructure routière, les usagers, les comportements, la météo, la luminosité créent un nombre infini de scénarios.

De plus, il faudrait disposer à bord de puissances de calcul énormes, trop coûteuses par rapport au prix d'une voiture.

Travailler sur la conduite partagée est déjà très ambitieux. Et c'est nettement plus réaliste.



# Humanités et Sociétés

## QUELS INSTRUMENTS ASSOCIER ET ACCORDER POUR UNE MOBILITÉ DÉCARBONÉE?

Par Stéphane Lambrecht, professeur des universités en sciences économiques, Directeur du laboratoire de recherche sociétés et humanités (LARSH)

**Le LARSH s'intéresse aux outils à mobiliser pour favoriser la transition vers une mobilité bas carbone. Il a notamment mené une recherche visant à concevoir des nudges pour inciter à des comportements plus durables. La réflexion s'oriente désormais vers des instruments comme la taxe carbone et les quotas d'émissions.**

Les difficultés du secteur des transports à réduire ses émissions montrent qu'il ne suffit pas de se donner des objectifs. Encore faut-il développer des alternatives attractives à la mobilité carbonée et se doter d'instruments pour les atteindre. En effet, à eux seuls, les objectifs, globaux par nature, ne disent rien sur leur mise en œuvre par des millions d'acteurs.

Pour traduire ces objectifs communs en décisions individuelles, c'est-à-dire réorienter les comportements vers les alternatives décarbonées, il faut mobiliser des instruments dont il existe deux grandes familles : pour les résumer, soit on contraint, soit on incite.

### Étudier l'impact des nudges sur les modes de déplacement

Interdire les moteurs thermiques, restreindre l'accès à des aires géographiques, revient à imposer des contraintes : il s'agit de normes. Traditionnellement, les économistes sont hostiles aux normes au motif que leur caractère uniforme impose un coût trop élevé à la société. Du côté des incitations, on trouve d'une part celles qui passent par le remodelage des préférences, les nudges ou incitations douces, et celles qui passent par le « signal-prix » – c'est-à-dire l'information que le prix d'un produit ou d'un service transmet au consommateur ou au producteur, et qui a pour effet d'orienter ses choix (comme les taxes sur les émissions, les subventions sur les émissions évitées ou encore les quotas d'émissions échangeables).

Le laboratoire a justement étudié l'efficacité des nudges, bien connus dans les questions de tri, de recyclage ou de consommation d'énergie. Nous avons tenté de comprendre leur impact sur un éventuel report vers des mobilités plus durables pour les trajets domicile-travail<sup>1</sup>.

Ankinée Kirakozian, chercheuse en économie environnementale et comportementale, a mené une expérimentation de terrain<sup>2</sup> dans 89 établissements pendant 54 semaines dans la région Hauts-de-France.



<sup>1</sup>Projet de recherche [IMP]<sup>2</sup>ULCE financé dans le cadre du dispositif STIMuLE du conseil régional Hauts-de-France

### Des effets pour certains nudges, mais aussi des limites

Nous avons testé différents nudges via une application mobile et avons constaté que trois d'entre eux réduisent de manière significative l'utilisation de véhicules polluants pour les déplacements quotidiens vers le lieu de travail : les incitations de type « appel moral » (des visuels soulignant l'effet négatif de l'utilisation de la voiture sur le réchauffement climatique et sur l'environnement), « risque de perte » (des messages mettant en avant la perte financière, de temps, de santé... que l'individu risque) et une combinaison de ces deux incitations.

Les nudges peuvent donc être efficaces. Mais ils ont leurs limites : ils fonctionnent d'autant mieux que la distance domicile-travail est faible et que les préférences des individus sont pro-environnementales. On ne peut donc se passer des autres instruments. L'impact carbone des transports s'expliquerait avant tout par le fait que chaque individu assume les coûts privés de ses actions, mais pas les coûts « externes » pour la société.

### Minimiser le coût économique de la transition pour la société

L'agenda de la recherche du LARSH s'oriente maintenant vers l'étude des instruments incitatifs passant par le signal-prix, évoqué précédemment. Celui-ci présente l'avantage d'inciter ceux qui peuvent dépolluer le plus facilement à s'engager massivement vers les alternatives décarbonées, et ceux qui le peuvent moins à produire un effort moindre, tout en atteignant l'objectif global de réduction des émissions. On minimise ainsi le coût économique pour la société de la transition vers une mobilité décarbonée.

Pourquoi alors une telle impopularité à l'encontre des différents projets de taxe carbone ces dix dernières années ? Sans doute, au moins en partie, parce que ces projets laissaient une charge fiscale aux ménages sur ce qu'on appelle leurs émissions résiduelles – les émissions de gaz à effet de serre qui subsistent après la transition, une fois l'objectif atteint.



### Comment éviter un « permis de bouger » ?

La seule raison d'être d'une taxe carbone est de réduire un « mal public » (les gaz à effet de serre). Si celle-ci ramène les émissions au niveau ciblé, on devrait alors s'interdire de fondre les recettes fiscales sur les émissions résiduelles dans le budget général de l'État. Au contraire il faudrait les sanctuariser, de manière crédible, et les restituer. Il y aurait aussi matière à expérimenter un dispositif de compte carbone individuel de mobilité, abondé à intervalles réguliers, et qui représenterait ce que chacun a le droit d'émettre sans rien payer, sous forme de quota. Si le traçage des émissions était socialement accepté, on pourrait alors chercher à équilibrer les situations de dépassements individuels de quota avec les situations d'excédents, soit par des échanges sur un marché, soit par un système de bonus-malus.

Taxe carbone sanctuarisée avec restitution des recettes résiduelles d'un côté, quotas échangeables de l'autre, représentent donc deux voies vers une décarbonation des mobilités sans tomber dans le piège d'un « permis de bouger ». Sommes-nous prêts pour cela ?



<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4569586>



# Interview croisée

## « LE THÈME DES TRANSPORTS MOBILISE LA TOTALITÉ DE NOS LABORATOIRES »

Pourquoi créer un magazine scientifique commun à l'INSA Hauts-de-France et à l'UPHF ? À quels publics s'adresse-t-il ? À quelles ambitions répond le choix des mobilités durables et intelligentes comme thème de ce premier numéro ?

Abdelhakim Artiba, président de l'UPHF, et Armel de la Bourdonnaye, directeur de l'INSA Hauts-de-France, dévoilent les objectifs de ce nouveau support et plus largement, ceux de leurs établissements.

**Vous communiquez déjà via votre site web et les réseaux sociaux, et vos établissements sont issus de structures universitaires bien connues dans la région. Pourquoi lancer ce magazine de communication scientifique ?**

**Abdelhakim Artiba :** Malgré le long historique qui les a précédés, l'INSA Hauts-de-France et l'UPHF incarnent depuis 2019 un nouveau projet. Et nous voulons en présenter le contenu et les bénéfices pour la société, les entreprises et le territoire.

Ce projet est polytechnique. Il fait dialoguer, dans une logique prospective, les sciences et technologies avec les sciences sociales et les humanités. Il est structuré autour de trois hubs : « Santé globale et soins du futur », « Villes, mobilités et territoires du futur », « Industries et services du futur ». Enfin, il est ancré dans un partenariat avec la Fédération universitaire et pluridisciplinaire de Lille.

**Armel de la Bourdonnaye :** L'objectif est aussi d'être plus « lisibles », de mieux afficher nos compétences en recherche fondamentale, R&D et innovation, pour favoriser de nouvelles synergies avec nos partenaires français et étrangers. Nous sommes perçus avant tout comme un établissement de formation; notre environnement ne mesure pas toujours l'importance et l'excellence de nos activités de recherche.

**À quels publics voulez-vous vous adresser ?**

**Armel de la Bourdonnaye :** En premier lieu, les entreprises. Nous entretenons des liens suivis avec leurs services RH, qui savent que nous formons des étudiants de licence et de master, des ingénieurs et des docteurs de talent. Mais notre ambition est d'avoir le même niveau de collaboration avec leurs labos de R&D, en particulier ceux situés dans les Hauts-de-France, en Île-de-France ou en Belgique.

Deuxième cible, nos étudiants, pour renforcer leur appétence pour la recherche. 2 à 3 % se lancent dans un doctorat après leur diplôme d'ingénieur, et notre ambition est de monter à 10 %. Enfin, nous nous adressons à nos collectivités locales et tutelles, là encore pour présenter nos compétences scientifiques.

**Abdelhakim Artiba :** Nous voulons démontrer à ces différents acteurs que nous faisons partie du même écosystème et que nous pouvons lui apporter beaucoup. Former des ingénieurs et des docteurs, collaborer avec les industriels locaux via des contrats de R&D, innover ensemble, c'est renforcer l'attractivité du territoire, y attirer des emplois plus qualifiés, lui donner une visibilité nationale et internationale et favoriser son développement.



Abdelhakim Artiba,  
Président de l'UPHF



Armel de la Bourdonnaye,  
Directeur de l'INSA Hauts-de-France

**Le premier numéro met en avant le thème des mobilités intelligentes et durables. Pourquoi ce choix ?**

**Abdelhakim Artiba :** D'abord, certains de nos partenaires industriels font partie des leaders mondiaux du transport ; on peut citer Toyota, Alstom ou Airbus. Ensuite, nous avons des collaborations de recherche pérennes avec ces grands acteurs, ainsi qu'avec d'autres, moins connus, à travers des thèses Cifre, des contrats de R&D, des transferts de technologies... Enfin, ce thème des transports mobilise tous nos laboratoires ; il illustre donc parfaitement notre vocation polytechnique.

**Armel de la Bourdonnaye :** Nous mesurons la très forte pression sociale qui s'exerce aujourd'hui sur le secteur des transports et qui impose aux industriels d'innover. La société leur demande par exemple de décarboner les mobilités, de mettre au point des solutions automatisées d'assistance à la conduite, de proposer des véhicules « inclusifs » qui tiennent compte du handicap...

Or nous avons des compétences, des programmes de recherche et des équipements en phase avec ces sujets. De plus, à travers nos collaborations internationales – Allemagne, Canada, Chine, Singapour, Indonésie –, nous apportons aux industriels une grande visibilité sur ces enjeux et sur les réponses possibles.

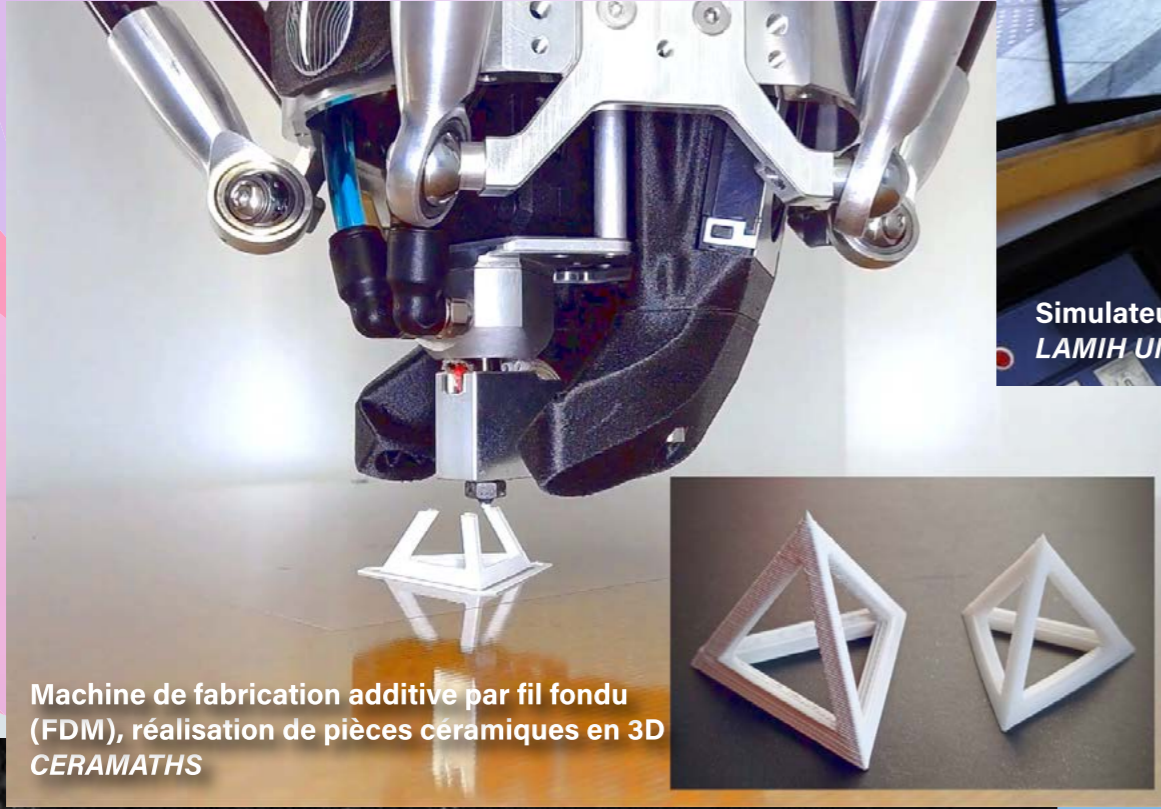
**Le dossier de ce numéro se focalise notamment sur vos travaux autour des matériaux. Est-ce encore une priorité à l'heure où le numérique occupe le devant de la scène ?**

**Abdelhakim Artiba :** Aucune technologie n'est 100 % immatérielle. Y compris celles du numérique, qui s'attachent aujourd'hui à consommer moins de terres rares, d'énergie et d'eau ; impossible d'y parvenir sans se pencher sur les matériaux. Dans toutes les industries, on leur demande aussi d'être solides, légers, résistants aux chocs et aux conditions extrêmes, recyclables, peu coûteux... Les matériaux sont loin d'avoir dit leur dernier mot.

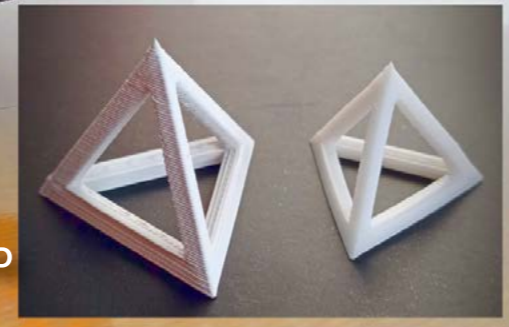
**Armel de la Bourdonnaye :** Considérer que la recherche sur ce sujet n'est ni « noble » ni essentielle serait une erreur. Nous en avons besoin, et les outils numériques lui ouvrent de multiples possibilités : modéliser et simuler de nouveaux matériaux, prédire leurs performances, les caractériser avec une précision inédite, les mettre en œuvre avec une totale liberté grâce à la fabrication additive... C'est un atout d'avoir des laboratoires spécialisés en matériaux, et nous continuerons à cultiver cette spécificité.



# Au coeur des labos



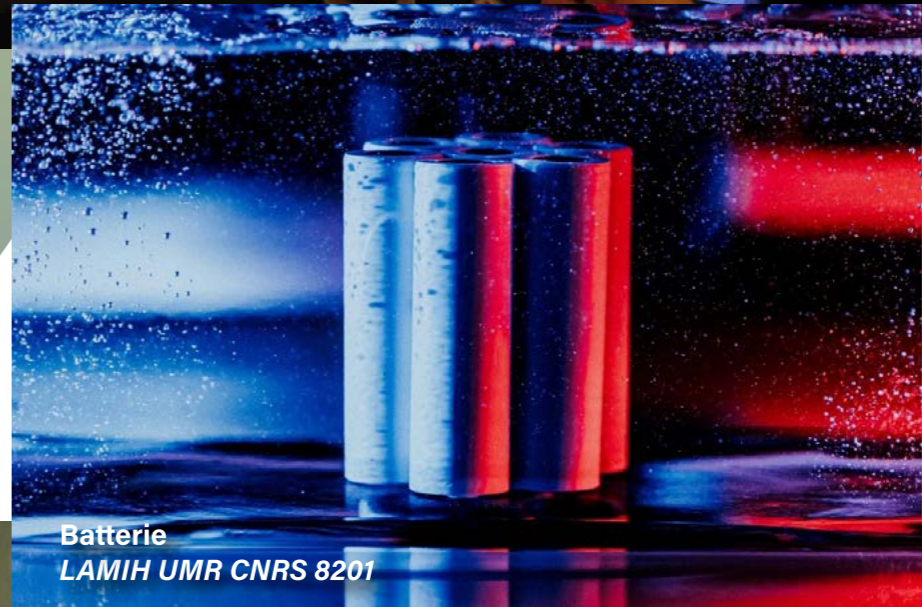
Machine de fabrication additive par fil fondu (FDM), réalisation de pièces céramiques en 3D CERAMATHS



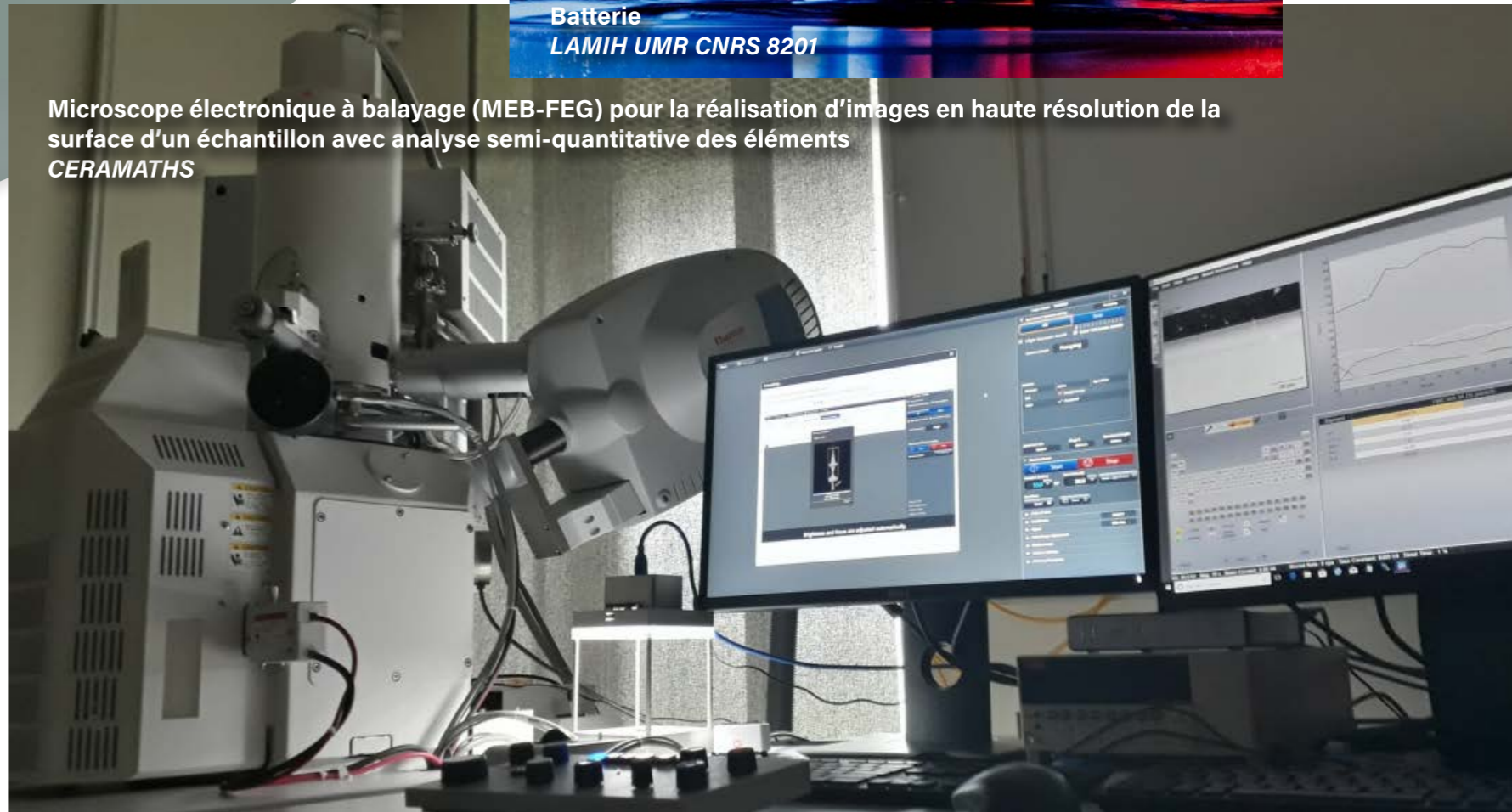
Freinage de train-BREAQ LAMIH UMR CNRS 8201



Simulateur de conduite PSCHITT Rail LAMIH UMR CNRS 8201



Batterie LAMIH UMR CNRS 8201



Microscope électronique à balayage (MEB-FEG) pour la réalisation d'images en haute résolution de la surface d'un échantillon avec analyse semi-quantitative des éléments CERAMATHS





# Retour sur ...

## L'IA AU SERVICE DE L'INDUSTRIE AUTOMOBILE

Depuis trois ans, l'INSA Hauts-de-France, l'UPHF et Toyota Motor Manufacturing France collaborent autour de diverses problématiques du constructeur automobile. Le partenariat a encore pris de l'ampleur avec la mise en place d'une thèse visant à utiliser l'intelligence artificielle pour la maintenance préventive en usine. Une première, qui ouvre la voie à des applications concrètes chez l'industriel... et à de nouvelles pistes de recherche pour les étudiants et les scientifiques de l'INSA.

D'un côté, une industrie avec des besoins de R&D à court, moyen et long termes. De l'autre, des enseignants-chercheurs et des étudiants avides de nouveaux sujets de recherche. La rencontre entre Toyota Motor Manufacturing France (TMMF, seul site de production de Toyota en France), l'UPHF et l'INSA Hauts-de-France, était une évidence – qui s'est concrétisée en 2021 avec la signature d'un partenariat tripartite global pour une durée initiale de cinq ans. Avec le temps, celui-ci ne cesse de s'enrichir.

« TMMF, partenaire majeur de l'INSA Hauts-de-France et de l'UPHF, offre notamment chaque année des voitures pour permettre à nos laboratoires de mener des recherches sur les véhicules intelligents et la conduite autonome. Nous avons également envoyé de nombreux stagiaires dans l'entreprise et proposé des projets étudiants autour des problématiques de celle-ci, retrace Yassin El Hillali, professeur à l'Institut d'électronique, microélectronique et nanotechnologie (IEMN). Nous avons par ailleurs identifié des axes de travail à plus long terme, notamment dans le cadre de la feuille de route Digitalisation de TMMF, qui vise à accélérer le passage de l'entreprise au numérique d'ici 2030. »

### L'enjeu crucial du maintien de la production

L'un de ces sujets, qui porte sur la maintenance préventive des robots de l'usine, nécessitait la mise à disposition d'un chercheur à temps plein ; il a donné lieu à la création d'une thèse, co-financée par l'INSA Hauts-de-France et TMMF. Commencée en janvier 2023 et menée par Soufiane Douimia, doctorant rattaché aux laboratoires LAMIH et IEMN (UMR CNRS), celle-ci vise à prédire les pannes avant qu'elles n'arrivent, et donc à anticiper la maintenance afin de ne pas risquer un arrêt imprévu de la ligne de production. Un enjeu crucial pour TMMF.

« Un véhicule sort de l'usine toutes les 58 secondes, précise Abdelghani Bekrar, professeur au LAMIH. Imaginez les conséquences si la production s'arrête, ne serait-ce qu'une heure ! » Pour relever ce défi, Soufiane Douimia, encadré par Yassin El Hillali et Abdelghani Bekrar, mise sur l'intelligence artificielle : il s'applique à mettre au point des algorithmes permettant d'organiser cette maintenance préventive.

### À la clé : des publications

#### et des applications

« La récolte des données pour entraîner et tester ces algorithmes a été particulièrement ardue car il existe de nombreux types de robots, d'ancienneté variable, pilotés par des logiciels différents, note Yassin El Hillali. De plus, les serveurs de TMMF n'étaient pas conçus pour remonter des informations aussi souvent que nécessaire. Et bien sûr, il fallait œuvrer sans impacter la production de l'usine. »

Du temps, de la persévérance, des investissements matériels, puis un gros travail d'homogénéisation et de nettoyage des données ont donc été nécessaires, mais Soufiane Douimia est parvenu à proposer des modèles et à les tester en simulation. Ces premiers résultats ont déjà fait, et vont encore faire, l'objet de publications scientifiques ; ils serviront de preuve de concept pour TMMF, chez qui les algorithmes seront implémentés et testés en conditions réelles.

### Une thèse, deux thèses,

#### trois thèses...

« Ce type de projet est précieux car il nous permet de tester des modèles théoriques en milieu industriel, avec les contraintes que celui-ci impose, et donc de procéder aux bonnes adaptations, souligne Abdelghani Bekrar. Nous apprenons ainsi beaucoup au contact de TMMF, dont les priorités, les préoccupations, la gestion du temps sont différentes de celles que nous avons en laboratoire. C'est très enrichissant, cela nous ouvre des pistes de recherches auxquelles nous n'aurions pas pensé, tout en offrant des opportunités à nos étudiants. »

La preuve : la thèse de Soufiane Douimia aborde aussi l'utilisation de l'IA pour l'optimisation de la gestion de l'énergie dans l'usine, mais ne suffira pas à approfondir la question... qui, espèrent les encadrants, pourrait donc donner lieu à une autre thèse. De même, un autre doctorant devrait débiter de nouvelles recherches en mars 2025 autour du contrôle qualité des voitures sorties de l'usine, toujours à l'aide de l'IA.

### Un partenariat enrichissant

#### pour tous

« Il s'agira cette fois d'utiliser des caméras et des algorithmes pour repérer les griffures sur les carrosseries et en mesurer la profondeur, ainsi que pour vérifier la disposition des différents éléments dans le véhicule », précise Yassin El Hillali. Cette étude impliquera de collaborer avec des spécialistes de la métrologie, avec un nouveau défi : « mettre au point une solution réellement industrialisable, c'est-à-dire trouver un compromis idéal entre le coût de celle-ci et le service qu'elle rend ».

Ces thèses en cours et à venir illustrent la richesse du partenariat et les nombreux sujets de recherche qu'il ne cesse de faire naître. « Nous sommes en discussion constante avec TMMF et nous n'attendons pas qu'un projet se termine pour en proposer un autre, insiste Abdelghani Bekrar. L'entreprise est très pragmatique : elle veut gagner du temps, économiser de l'argent, progresser dans sa digitalisation ; pour nous, répondre à ces défis est très stimulant ! »





# Ils sont la recherche

## ÉLODIE DANCEREL-BOURLON : DU SPORT À LA BALISTIQUE, LA VOIE BIOMÉCANIQUE

**D'une licence STAPS à une thèse sur la balistique, le parcours de cette jeune doctorante révèle à quel point les trajectoires de la recherche sont variables... et pleines de surprises !**

« Lorsque j'étais en licence, j'avais un a priori sur les doctorants, imaginant des étudiants en dehors de la réalité, obnubilés par leur sujet de recherche, admet Élodie Dancerel-Bourlon, en deuxième année de thèse au LAMIH. Maintenant que j'occupe moi-même un tel poste, je me rends compte à quel point cette impression était fautive ! ». La doctorante de 25 ans incarne en effet la preuve que les voies de la recherche s'ouvrent à des profils très divers, parfois à la suite de choix heureux.

Ainsi, en 2018, sans idée précise sur la profession qui l'intéresse, elle opte pour une licence STAPS (Sciences et techniques des activités physiques et sportives), « un cursus très pluridisciplinaire, avec des enseignements qui s'étendent de la physiologie au droit du travail en passant par l'anglais, la communication ou encore la biomécanique, ce qui m'a permis de tester beaucoup de matières et de repérer celles qui me plaisaient, note Élodie Dancerel-Bourlon. J'ai ainsi réalisé que les matières scientifiques m'attiraient vraiment...et j'ai décidé de m'orienter vers celles-ci. » Elle choisit donc en troisième année la spécialité « Ergonomie et performance motrices », puis poursuit avec un master en biomécanique.

### La découverte enthousiasmante du monde de la recherche

Ce sont alors les stages qui aident l'étudiante à définir la suite qu'elle souhaite donner à son cursus. Le premier, à l'Institut de thermique, mécanique, matériaux (IThMM), lui offre l'occasion de découvrir la simulation numérique.

Le sujet ? « Fabrication additive, étude et optimisation de la géométrie et de la répartition des matériaux sur une prothèse tibiale ». « Les chercheurs avaient largement préparé le terrain. Mon travail consistait à simuler trois optimisations pour identifier la mieux adaptée à la

répartition des matériaux sur la prothèse et à expliquer pourquoi, précise Élodie Dancerel-Bourlon. Le stage n'a duré que trois semaines, mais l'ambiance en laboratoire m'a vraiment plu ; j'ai aimé participer à un projet de recherche. »

L'idée de la thèse commence alors à germer... et l'envie se confirme en deuxième année de master. Le second stage, de six mois cette fois, effectué au sein d'une équipe du CNRS à Toulouse, lui offre l'opportunité d'allier sport et recherche, sur le thème « Performance sportive pour le cheerleading : analyse des sauts ».

### De l'étude des sauts à celle de l'impact des balles

Il s'agit alors de s'appuyer sur des expérimentations et des analyses de mouvements pour comprendre les caractéristiques à l'origine du succès ou de l'échec d'un saut au sein d'un binôme de sportifs. À travers ces expériences, l'étudiante se découvre plusieurs centres d'intérêt : la recherche, la simulation, l'expérimentation... Alors quand en avril 2023, une offre de thèse (émanant de l'UPHF, de Université de Technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM) et du ministère de l'Intérieur) combinant les trois lui passe sous les yeux, Élodie Dancerel-Bourlon n'hésite pas vraiment.

La thèse, prolongation de travaux historiques du LAMIH sur la prédiction du risque lésionnel en accidentologie des transports, porte sur l'étude des impacts de balle sous protection balistique. « Cela n'a rien à voir avec le sport, mais le sujet m'a parlé quand même ! explique la doctorante. L'entretien avec les encadrants s'est en plus très bien passé et j'avais reçu des retours positifs d'ex-doctorants ayant travaillé sous leur direction... alors je me suis lancée. »



Élodie Dancerel-Bourlon  
Doctorante, LAMIH UMR CNRS 8201

### Une thèse en balistique mobilisant un jumeau numérique

Concrètement, la jeune chercheuse reprend des cas réels de tirs sur des personnes équipées de gilets pare-balles et les reproduit expérimentalement sur un mannequin bardé de capteurs, ainsi que numériquement. Le premier objectif de ces recherches consiste à améliorer la connaissance des critères lésionnels existants (lors de tel impact à tel endroit, quelles sont les probabilités de telle blessure) et à comprendre pourquoi ces lésions ont lieu.

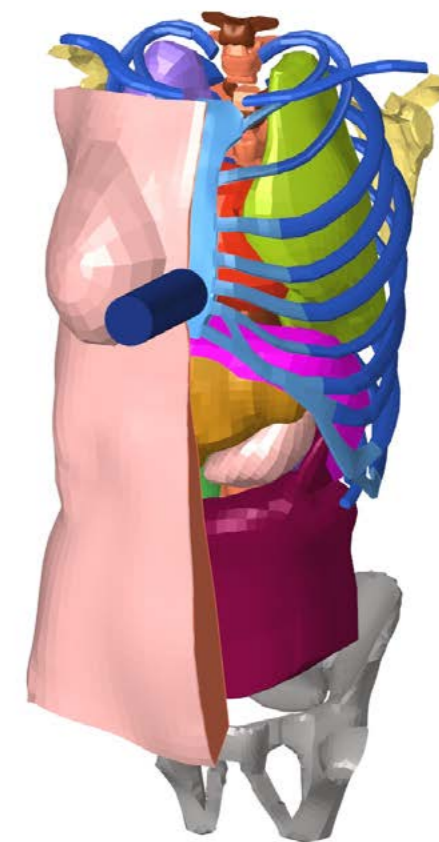
« Les tests sur mannequin, à partir de cas fournis par la Wayne State University, aux États-Unis, et par le Centre de recherche et de logistique (Crel) du ministère de l'Intérieur, en France, permettent d'alimenter les courbes de prédiction des lésions. La simulation, que j'essaie de réaliser sur un jumeau numérique du mannequin, vise quant à elle à repérer physiologiquement ce qui se passe lors de l'impact de la balle à travers l'équipement de protection », détaille la doctorante.

Son deuxième objectif est d'identifier l'influence du sexe sur les critères lésionnels. « Le thorax féminin n'est pas un modèle réduit du thorax masculin, poursuit-elle. Les courbes biomécaniques en balistique appliquées au second ne peuvent donc pas être simplement mises à l'échelle pour le premier : il faut un modèle propre au thorax féminin. »

### Des implications directes pour les équipements de protection

Le nombre de cas réels et les travaux qui s'y intéressent étant rares, elle souhaite déjà établir les bases d'un modèle, qui pourra être affiné par la suite. Avec en ligne de mire la possibilité, pour l'industrie des protections balistiques, d'utiliser ces études afin d'améliorer les équipements, pour les hommes comme pour les femmes.

D'ici là, Élodie Dancerel-Bourlon sera sans doute partie vers de nouvelles aventures : sa thèse s'achèvera en octobre 2026 et la doctorante espère alors entrer sur le marché du travail. « J'aime vraiment la recherche, mais ne suis pas attirée par l'enseignement, donc je pense me diriger vers le privé : travailler dans un service de R&D en entreprise serait une bonne façon de sélectionner, une fois de plus, ce qui me plaît particulièrement. Et si cela pouvait être dans le domaine de la simulation numérique, ce serait encore mieux ! »



Modèle virtuel du thorax féminin pour des applications balistiques.



# Sciences INside

