

MOBILITÉS ET INFRASTRUCTURES

ENJEU

I. Pourquoi cet enjeu ?

L'Europe comme la France dispose de réseaux de transport denses et diversifiés qui contribuent de manière importante à la croissance économique et qui ont aussi une incidence sur la santé humaine, le climat et l'environnement. La région Occitanie, pôle d'excellence en aéronautique, spatial mais aussi automobile et ferroviaire, constitue un tissu économique dans le cadre duquel l'INSA Toulouse contribue à développer une forte valeur ajoutée scientifique et technologique autour de 3 thématiques principales : les *matériaux, structures et composants*, les *systèmes embarqués*, et les *véhicules et infrastructures en particulier de transport (routes, ponts, tunnels, aéroports)*.

II. Thématiques de recherche

Ces 3 thématiques, qui s'inscrivent dans une chaîne de savoirs nécessaires à l'enjeu Mobilités et Infrastructures, sont développées en collaboration étroite avec les chercheurs et enseignants-chercheurs des autres établissements universitaires et organismes de recherche au sein de l'Université Fédérale de Toulouse Midi-Pyrénées.

Matériaux, structures et composants (CEMES, ICA, IMT, LAAS, LMDC, LPCNO)

Pour tous les véhicules à carburants fossiles, la réduction des émissions à effets de serre passe par une diminution de la masse embarquée et par une amélioration des rendements. Les enseignants-chercheurs de l'INSA Toulouse contribuent dans ce sens au développement de matériaux et alliages métalliques à hautes performances et de nanoparticules pour la réalisation de nano capteurs basse consommation. Ils travaillent ainsi au développement de matériaux et structures composites pour les transports du futur, notamment sur des capacités d'absorption crash ou pour la promotion de l'usage d'éco matériaux. Les gains de masse passent également par une maîtrise des schémas de calculs, une optimisation des structures et l'identification des caractéristiques matériaux et des conditions d'essais à l'échelle de la structure. Un champ de recherche important s'intéresse à l'assemblage de ces composants électroniques [modélisation électrothermique des modules de puissance] et des structures [liaisons élastiques, assemblages rivetés...]. Les activités concernent également le développement de matériaux innovants et à faible impact environnemental pour des infrastructures de transport durables en interaction avec leur environnement à l'échelle de leur durée de vie.

Systèmes embarqués (ICA, LAAS, LPCNO)

Les systèmes embarqués sont dotés de capteurs pour acquérir les informations sur l'environnement et d'actionneurs pour agir en conséquence. Ces systèmes font appel à de l'électronique, de l'informatique et de la mécanique. L'INSA Toulouse dispose de compétences en actionneurs embarqués hydrauliques et électromécaniques et s'intéresse par exemple aux systèmes de commande de vol et de dégivrage. Nous développons des mini ou microsystèmes fluidiques, pour le contrôle du décollement de couche et le refroidissement ou encore des jauges

de contraintes ultra-sensibles adaptées à la réalisation de nanocapteurs pour les réseaux sans fil. L'autonomie énergétique en environnement sévère, notamment pour des réseaux de capteur sans fil, peut tirer parti de nos techniques de récupération et de stockage non-électrochimique de l'énergie ambiante. Ces systèmes, notamment dans les transports, sont le plus souvent critiques et nécessitent des méthodes et outils d'ingénierie afin de garantir les niveaux requis de qualité et de sûreté de fonctionnement. Des méthodologies de caractérisation et de modélisation pour les composants améliorent leur robustesse (couplage électrothermique) ou diminuent les risques de dysfonctionnements (CEM). Pour les systèmes à logiciel prépondérant, nous travaillons sur les méthodes de vérification formelle pour permettre l'élimination au plus tôt des erreurs de conception.

Véhicules et Infrastructures (IMT, LAAS, LMDC)

Les voyageurs du futur se verront offrir une diversité de véhicules de transport en commun ou individuel, et d'infrastructures comme les lignes ferroviaires ou les routes, mais également de moyens informatiques et de réseaux de communication. En réponse à ces besoins, les enseignants-chercheurs de l'INSA Toulouse développent des modèles, des méthodes et des outils en science de la décision. Nous travaillons notamment à l'amélioration des performances via l'optimisation du réseau ou des services de transport et de mobilité. Nous nous intéressons ainsi à la sécurisation des données émises par les véhicules connectés, en utilisant des méthodes de chiffrement innovantes pour contrôle d'accès respectueuses de la vie privée. La disponibilité de capteurs à bas coûts, le développement de l'Internet des Objets et la capacité de traitement des données facilitent la mise en œuvre de stratégie de maintenance prédictive et prévisionnelle. Nous développons par exemple pour cela des modèles de durée de vie d'ouvrage à base physique ou des capteurs de mesure du vieillissement des modules électronique. Nous mettons également en œuvre des techniques d'Intelligence Artificielle pour traiter le diagnostic, la supervision des systèmes et la détection d'anomalies en grande dimension pour la prévision de défaillances. Une maintenance préventive des infrastructures de transport (surveillance, protection cathodique) associée à une analyse de leur fiabilité résiduelle (outils d'aide à la décision) est également développée.

Les activités menées par les enseignants-chercheurs de l'INSA Toulouse sur ces trois thématiques reposent sur une collaboration étroite, au sein de l'Université Fédérale de Toulouse Midi-Pyrénées, entre leurs laboratoires de rattachement et les partenaires académiques du site Toulousain, ceci en forte relation avec le monde industriel dans le cadre du pôle Aerospace Valley et de l'IRT Saint Exupéry.

Parmi les opérations structurantes, on peut notamment citer la filière « Véhicule autonome connecté » dans le cadre de la stratégie régionale de l'innovation (SRI), et le développement à venir de l'aérodrome Toulouse Francazal futur site européen du transport. La recherche partenariale avec l'industrie est très développée avec les ETI, PME ou startup (ACTIA, EasyMile, Electric Visionary Aircrafts, R3S...), les grands groupes historiques (Airbus, Thales, Safran, Dassault, NXP, Vinci...) ou d'installation plus récente dans la région (Continental Digital Services, Renault Software Labs, Hyperloop-TT). Une chaire sur les « Mobilité intelligentes, citoyenne, durable et responsable » a été signée en 2015 avec ACTIA. Nos recherches profitent aussi de l'implication des enseignants chercheurs dans des GDRs nationaux (« Contrôle des décollements », « Systems On a Chip », « Informatique Mathématique »...), dans des organismes de standardisation (SAE) et se structurent autour de nombreux projets (Européens, PIA, ANR, etc.) comme par exemple les ANR ICARE, MEFISTO, EVADEOS, MODEVIE et HiTIAL sur l'axe Matériaux et Structures, les projets H2020 MIGRATE, Cleansky MACAO, FP7 Actuation 2015 sur l'axe Systèmes embarqués, l'Institut Interdisciplinaire d'Intelligence Artificielle (3IA) ANITI (Artificial and Natural Intelligence Toulouse Institute) sur l'axe Véhicules et Infrastructures. Ces projets mènent au développement de moyens spécifiques comme dans le cadre de l'ANR Vertex.

Les élèves ingénieurs de l'INSA Toulouse sont formés sur un spectre large de compétences nécessaires au développement et à la mise en œuvre des nouvelles mobilités. De façon plus précise, nos formations se positionnent de la façon suivante sur les 3 thématiques précédentes.

Plusieurs formations complémentaires sont dispensées pour aborder toutes les complexités du thème **Matériaux, Structures et Composants** : la formation *Ingénierie Mécanique* de la spécialité Génie Mécanique, la formation *Modélisation et Méthodes Numériques* de la spécialité Mathématiques Appliquées, la formation *Micro-nano technologies* de la spécialité Génie Physique, et enfin la formation *Systèmes Embarqués* de la spécialité Automatique-Électronique.

Concernant le thème **Systèmes embarqués**, les formations dispensées relèvent de l'*Ingénierie Systèmes* dans les spécialités AE et GM, des *Micro-nano technologies* dans la spécialité GP, et des *Systèmes Informatiques Embarqués Critiques*, des *Embedded Smart Power Electronics* et de la Sécurité en dernière année des spécialités AE et Informatique et Réseaux.

Au thème **Véhicules et infrastructures** sont adossées les formations sur les *Méthodes et Modèles Statistiques* de la spécialité MA, les formations de 5^{ème} année *Innovative Smart Systems et Sécurité* dans les spécialités AE et IR, et la formation *Systèmes Distribués* et Big Data de la spécialité IR, ainsi que le master spécialisé VALDOM [données massives] avec l'ENSEEIH. Les formations de Travaux Publics et Ouvrages, et d'Ingénierie de la Durabilité, de la spécialité Génie Civil, sont également au cœur du thème.

