

Fiche de poste – recrutement 2020

**Directeur(trice) de recherche de 2^{ème} classe du
développement durable**

DR2

**Université Gustave Eiffel
(Institut français des sciences et technologies des
transports, de l'aménagement et des réseaux - IFSTTAR)**

Intitulé des 2 postes :	Directeur(trice) de recherche en « Matériaux, mécanique, biomécanique, génie civil, structures »
Établissement :	Université Gustave Eiffel – IFSTTAR https://www.univ-gustave-eiffel.fr/ , http://www.ifsttar.fr/
Discipline(s) :	Matériaux (mécanique des matériaux, physico-chimie des matériaux), mécanique, biomécanique, génie civil, structures
Structure de recherche :	Prioritairement les départements GERS (« Géotechnique, Environnement, Risques naturels et Sciences de la Terre »), MAST (« Matériaux et Structures ») et TS2 (« Transport Santé Sécurité »), au sein des laboratoires ayant une activité scientifique touchant à ces disciplines.
Localisation :	Tous sites Ifsttar concernés, principalement les sites de Bron (69), Marne-la-Vallée (77), Nantes (44), Marseille (13)
Contact(s) :	Eric Gaume, Directeur du département GERS tél. : (+0/33) 2 40 84 58 84, mél : eric.gaume@ifsttar.fr Jean-Michel Torrenti, Directeur du département MAST, tél : (+0/33)1 81 66 84 40 - mél : jean-michel.torrenti@ifsttar.fr Dominique Mignot, Directeur du département TS2 tél : (+0/33) 4 72 14 26 90 - mél : dominique.mignot@ifsttar.fr Serge Piperno, Directeur scientifique de l'Ifsttar tél. : (+0/33) 1 81 66 80 62 - mél : serge.piperno@ifsttar.fr

Contexte

Acteur majeur de la recherche européenne sur la ville et les territoires, les transports et le génie civil, l'Ifsttar, l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux, est un établissement public à caractère scientifique et technologique. L'Ifsttar conduit des travaux de recherche finalisée et d'expertise dans les domaines des transports, des infrastructures, des risques naturels et de la ville pour améliorer les conditions de vie de nos concitoyens et plus largement favoriser un développement durable de nos sociétés. L'Ifsttar est organisé en cinq départements de recherche, structurés en laboratoires et unités mixtes de recherche.

Le 1^{er} janvier 2020, l'Ifsttar a intégré l'Université Gustave Eiffel (créée à la même date), au sein de laquelle ses travaux s'inscrivent naturellement. Cette université a vocation à constituer un acteur majeur de la recherche sur le transport et la ville.

Le département GERS (« Géotechnique, Environnement, Risques naturels et Sciences de la Terre ») a pour cœur d'activité les géosciences appliquées au génie civil et à l'aménagement. Les principaux champs d'application des recherches et expertises développées au sein du département concernent la conception, la construction d'infrastructures durables, leur surveillance et auscultation, la maîtrise des risques naturels et des pollutions et la gestion de l'eau en villes. Les compétences mobilisées au sein du département GERS sont multiples : géotechnique, géologie, hydrologie, chimie environnementale, géophysique et auscultation. Dans ses domaines, les travaux de recherche menés dans le département associent la modélisation numérique et physique, les développements méthodologiques et matériels et les expérimentations in-situ.

Le département MAST (« Matériaux et Structures ») développe des recherches et expertises sur les matériaux, les infrastructures de transport et les grandes structures de génie civil, notamment celles liées à la production et au transport de l'énergie. Les thématiques de recherche abordées sont la durabilité des matériaux de construction, la maîtrise du vieillissement et des risques sur les ouvrages et infrastructures, l'économie circulaire de la construction et les innovations dans les infrastructures et les constructions. Les complémentarités entre les différents laboratoires du département permettent de traiter les problématiques de recherche à plusieurs niveaux, de la recherche fondamentale à la recherche appliquée, de l'échelle nanoscopique du matériau à l'échelle du réseau d'infrastructures.

Le département TS2 (« Transport, santé, sécurité ») est une structure de recherche dédiée à l'Homme, à ses aptitudes et à ses interactions avec son environnement. Pour la plus grande part d'entre elles, ses recherches ont comme objet les transports et/ou leur sécurité et s'inscrivent dans une approche système intégrant le triptyque usager-véhicule-infrastructure. Biomécanique, épidémiologie, ergonomie, sciences cognitives plusieurs de ses laboratoires contiennent dans leur nom même une référence forte à l'Homme, tant dans ses dimensions physio-pathologiques que cognitives ou comportementales. Mécanique des chocs, mécanismes d'accidents, simulation, transport, travail, traumatologie, environnement en sont les autres mots-clés : si la référence à l'Homme, et à ses aptitudes et à ses interactions avec son environnement, ne sont pas là explicites, il s'agit bien de privilégier ce domaine d'application.

Contenu du poste

Le (la) Directeur(trice) de Recherche recruté(e) développera des recherches s'intégrant dans les champs thématiques « Matériaux, mécanique, biomécanique, génie civil, structures » prioritairement au sein des départements GERS, MAST et TS2, dont il(elle) rejoindra en priorité un des laboratoires, en fonction du projet scientifique élaboré. Les thématiques prioritaires portées par les trois départements sont rappelées en Annexe.

Sur le champ disciplinaire considéré, une candidature peut être présentée avec insertion dans un autre département de l'Ifsttar (il est alors fortement recommandé de contacter le Directeur Scientifique de l'Institut qui aidera à orienter vers le département d'insertion le plus pertinent).

Il est attendu de la personne recrutée d'avoir une activité de production, d'encadrement et de management de la recherche. Elle devra notamment veiller à publier ses travaux dans les revues internationales à comité de lecture répondant aux canons de sa discipline, mais également dans des revues ou ouvrages plus finalisés dans les champs de l'Ifsttar. Elle proposera et pilotera des projets de recherche structurants. Elle participera par ailleurs à la vie scientifique collective de son laboratoire, du département et de l'Institut.

En complément de son activité de production de recherche, il est aussi attendu d'un(e) Directeur(trice) de Recherche qu'il(elle) ait une activité diversifiée sur tout ou partie des activités suivantes :

- Enseignement, formation à la recherche (enseignement, encadrement de stagiaires, doctorants et post-doctorants, rapports de thèses et participation à des jurys de thèses, participations à des instances scientifiques ou comités en lien avec l'enseignement)
- Rayonnement et animation scientifiques (activités comme membre de sociétés savantes, de comités éditoriaux, de comités scientifiques d'instituts, de colloques, de commissions de spécialistes, animation de réseaux, expertise en revue, comités éditoriaux, etc.) et activité de diffusion de la culture scientifique (médiation scientifique, ouverture de la science à la société, etc.)
- Activités d'administration et d'animation de la recherche (animation voire direction d'équipe ou de structures de recherche, coordination de projets, gestion de personnel, encadrement de jeunes chercheurs, gestion de moyens d'essais)
- Activités de valorisation et de transfert (contrats de recherche et contrats industriels, activités d'expertise et de conseil, transfert des résultats de la recherche vers le monde socio-économique, contribution à l'élaboration de politiques publiques, diffusion de la culture scientifique)
- Activités internationales (participation à des projets européens, collaborations internationales suivies, contributions à la visibilité internationale de l'Institut)

Profil attendu

Le(la) candidat(e) doit être habilité(e) à diriger les recherches, ou pouvoir justifier d'un niveau équivalent, en particulier pour les candidat(e)s étranger(ère)s (publications, encadrement, expérience de direction scientifique de projets de recherche, enseignement) dans le domaine couvert par le(s) laboratoire(s) qu'il envisage de rejoindre.

Le(la) candidat(e) devra montrer ses capacités à diriger et à animer la recherche dans son domaine, une bonne expérience d'animation de la recherche étant requise. Il(elle) devra être considéré(e) comme un expert dans son domaine de recherche, avoir une compétence reconnue aux niveaux national et international, avoir des aptitudes au management des personnels et des structures de recherche, avoir une bonne connaissance du milieu de la recherche nationale et internationale, avoir une attirance et des compétences pour l'administration et l'encadrement de la recherche. L'aptitude au travail en équipe et des qualités relationnelles sont requises, tout comme des qualités de communication orales et écrites en français et en anglais.

La personne recrutée sera affectée prioritairement au sein d'un laboratoire des départements GERS, MAST ou TS2 (mais une affectation au sein d'un autre département est possible). Elle pourra être sollicitée, dans un esprit de mutualisation, pour des contributions au niveau de son département d'affectation et de l'institut.

Il est attendu des candidats qu'ils proposent dans leur candidature un projet scientifique en lien avec le laboratoire d'accueil visé et, pour cela, il leur est très fortement recommandé de contacter les personnes indiquées.

Annexe. Thématiques prioritaires portées par les départements GERS, MAST et TS2

Thématiques prioritaires de l'Ifsttar portées par le département GERS

Le département porte 4 axes de recherche prioritaires.

1. Ingénierie géotechnique

L'axe géotechnique se projette dans trois thématiques prioritaires, tout en réaffirmant l'importance de continuer à développer des compétences transverses fondamentales en géotechnique relatives à la caractérisation des sites, des ouvrages et des géo-matériaux.

▪ **1.1 - Conception des fondations, soutènements et ancrages**

Les innovations (renforcement des sols, réduction de l'emploi du béton projeté, pieux échangeurs thermiques, stockage souterrain de déchets etc.), la généralisation de nouveaux types de constructions (éoliennes par exemple), le perfectionnement des normes, conduisent régulièrement l'Ifsttar à s'impliquer dans des développements scientifiques et techniques pour mieux comprendre et mieux modéliser le comportement des ouvrages dans leur environnement et ainsi contribuer à établir les règles de dimensionnement des ouvrages géotechniques (fondations, soutènements, ancrages,...) ou parties d'ouvrages du génie civil en interaction avec le sol. L'Ifsttar souhaite consolider son statut d'organisme de référence pour la recherche et l'expertise dans le domaine des interactions entre les constructions et les terrains (sols et roches). De nouveaux travaux vont concerner : les fondations profondes, superficielles ou composites, et les ancrages et soutènements.

▪ **1.2 - Ouvrages en terre, terrassements et sols traités**

Le corpus des connaissances en terrassement et conception des ouvrages en terre doit être complété et adapté aux contraintes environnementales croissantes (raréfaction des ressources, vieillissement des ouvrages) et à de nouvelles applications potentielles des techniques routières (ferroviaire, confortement de digues). Le Département GERS va développer ses activités dans les années à venir autour des trois enjeux majeurs : 1) conception, durabilité et rénovation des ouvrages en terre, 2) évolution des techniques de terrassement pour une gestion durable des ressources, 3) valorisation de sols impropres par traitements de diverses natures (chaux, ciment, géo-polymères) et de matériaux (exploitation de déchets, sous-produits, boues de dragage).

▪ **1.3 - Conception et résilience des ouvrages sous sollicitation d'impact**

La maîtrise des risques rocheux et la résilience des ouvrages sous sollicitation d'impact pour la sécurisation des infrastructures, ou la construction à l'arrière de protections, nécessitent des progrès en matière de compréhension du comportement sous impact des ouvrages géotechniques de protection (merlons, galeries, crans, filets pare-blocs, etc.). Pour les problèmes dynamiques, les tests expérimentaux sont encore incontournables et l'Ifsttar dispose d'une panoplie exceptionnelle d'équipements (station de chute de blocs de Montagnole, catapulte hydraulique de forte capacité à Bron, centrifugeuse géotechnique à Nantes) pour faire progresser les connaissances et les techniques sur cette thématique.

2. Risques naturels

L'axe risques naturels regroupe actuellement les activités de recherche sur le risque sismique et le risque inondations pour des raisons de simplicité d'affichage. D'autres axes intègrent aussi des recherches rattachées à la thématique des risques naturels et anthropiques : risque rocheux, auscultation des digues et affouillements et érosions, détection de cavités souterraines. Des interactions devraient progressivement se développer entre ces thématiques (au moins sur l'aspect aléas naturels, outils de prévention et de cartographie...).

▪ **2.1 - Mouvement sismique pour l'ingénieur et réponse non-linéaire des sols**

La caractérisation du mouvement sismique est un enjeu majeur pour assurer la tenue des ouvrages de Génie civil aux agressions sismiques. Les travaux menés à l'Ifsttar contribuent à l'amélioration des connaissances et de la modélisation numérique de la réponse des sols lors des séismes et donc des dégâts occasionnés (variabilité du mouvement, influence des non-linéarités, liquéfaction).

▪ **2.2 - Interactions sol-fondation-structure sous séismes et vulnérabilité des ouvrages**

L'interaction dynamique entre le sol et les ouvrages s'opère via les fondations (interaction sol-fondation-structure). La réponse sismique des constructions résulte des interactions complexes entre le sol, la fondation, les fondations voisines et l'ouvrage. L'analyse de la vulnérabilité des ouvrages doit donc tenir compte de ces interactions complexes. Ce sujet se situe à l'interface entre séismes, géo-mécanique et structures.

▪ **2.3 - Connaissance et prévision des crues soudaines**

Les inondations fluviales sont, en France et dans le monde, le type de catastrophes naturelles le plus destructeur. L'amélioration des outils de prévision fait partie des actions les plus pertinentes permettant de réduire leurs effets, en particulier pour les crues soudaines qui constituent un danger potentiel qui concerne

tous les espaces urbanisés. Elles ont fait l'objet de recherches originales à l'Ifsttar depuis une petite dizaine d'années, en complémentarité avec l'Irstea.

3. Villes et environnement

Cette thématique est essentiellement portée par le laboratoire Eau et Environnement qui est inséré dans un réseau de coopérations régionales et nationales actif, notamment au travers de l'ONEVU (Observatoire nantais des environnements urbains).

▪ 3.1 - Gestion de l'eau urbaine et adaptation aux changements globaux

Cette thématique visera les objectifs suivants :

- progresser dans les modélisations intégrées des flux d'eau, de polluants (en particulier les métaux) et de chaleur aux échelles du quartier et de l'agglomération, et tester leurs applications opérationnelles,
- réaliser des bilans précis et complets des flux d'eau et de polluants afin d'optimiser les performances des ouvrages décentralisés de gestion des eaux pluviales, dans leurs différentes fonctions (stockage, infiltration, rétention de polluants),
- approfondir nos connaissances sur les phases porteuses de polluants métalliques et sur la dynamique de leurs transferts dans les systèmes urbains (notamment en provenance du compartiment atmosphérique),
- aborder les impacts de certains stress chimiques ou physiques (température, vitesse du courant, érosion, sédimentation...) sur l'état écologique de certains milieux aquatiques (rivières périurbaines), voire sur la santé humaine.

▪ 3.2 - Evaluation environnementale des sols urbains et matériaux recyclés

L'explosion de l'agriculture urbaine et la demande sociétale d'espaces verts repositionnent le sol comme support de plantation. Par ailleurs, l'incitation à infiltrer les eaux urbaines ou à les utiliser pour l'arrosage ou le lavage ne va-elle pas conduire à une dégradation de la qualité des sols et potentiellement à celle des eaux souterraines ? Dans ce contexte, le département GERS s'attache à répondre à trois enjeux : diagnostic de la pollution des sols à coût modéré intégrant l'hétérogénéité des sols urbains, préservation des sols et des eaux souterraines, valorisation de matériaux recyclés en vérifiant leur innocuité. Il est à l'initiative de la création d'un consortium régional en Pays de Loire sur les sols anthropisés urbains et son implication dans des réseaux nationaux et internationaux est en cours de consolidation.

4. Géophysique et évaluation non destructive

L'auscultation du proche sous-sol et l'évaluation non-destructive des structures de génie civil sont des thématiques connexes sur lesquelles l'Ifsttar continuera à s'investir, en faisant le lien avec d'autres travaux en évaluation non-destructive (monitoring des structures, etc.).

▪ 4.1 - Auscultation du proche sous-sol

Les méthodes géophysiques sont actuellement très largement utilisées pour l'auscultation des terrains et le suivi de différents ouvrages de génie civil dans leur environnement (ouvrages en terre, fondation, environnement de la zone d'excavation des tunnels). L'Ifsttar contribue à l'extension de leur champ d'application au travers de développements méthodologiques et matériels. Le développement des énergies marines renouvelables, entre autres, crée de nouveaux besoins de solutions d'auscultation adaptées et de nouvelles opportunités.

▪ 4.2 - Evaluation non destructive des ouvrages de génie civil

L'Ifsttar est positionné sur le créneau original à l'échelle nationale du développement de méthodes d'évaluation non destructive pour la détection et la localisation de défauts dans les structures de génie civil élancées (câble, tirant, rail) et pour la caractérisation mécanique et physico-chimique du béton des ouvrages (couplage des techniques, obtention de gradients de propriétés, détection précoce d'endommagement), en très bonne cohérence avec ses champs d'expertise.

Thématiques prioritaires de l'Ifsttar portées par le département MAST

Le département MAST a pour objectif de « conduire des recherches finalisées, mener des missions d'expertise ou de conseil, favoriser les transferts d'innovation, développer des activités de certification et normalisation, participer à l'élaboration de la doctrine technique et des politiques publiques, assurer une diffusion des connaissances et contribuer à la formation à et par la recherche » dans son domaine : le génie civil, les matériaux de construction et les structures. L'objet technique « historique » reste marquant dans le département compte tenu de la spécificité et des compétences constituées en réponse à une demande persistante et rappelée par des événements récents : chaussées et ponts. Néanmoins, les domaines d'objets techniques bénéficiaires des recherches du département MAST s'est élargi, intégrant notamment les barrages, centrales nucléaires, éoliennes et autres infrastructures de production d'énergie, les plateformes ferroviaires et de transport guidé, les matériaux alternatifs aux composés traditionnels du ciment et du bitume et les applications au bâtiment. La recherche du département s'organise autour de quatre thèmes prioritaires principaux qui sont développés ci-après.

1. Durabilité des matériaux de construction

La maîtrise de la durabilité des matériaux de construction est indispensable à une gestion efficace des infrastructures vieillissantes et à la prévention d'une reproduction de pathologies qui irait à l'encontre d'une utilisation efficace des ressources. En effet le vieillissement « naturel » ou inopinément précoce du matériau peut constituer le mécanisme limitant la durée de vie effective de l'ouvrage, par défaillance généralisée ou localisée d'un composant critique. La maîtrise du vieillissement, qui peut engager la sécurité des personnes et représente un enjeu économique et environnemental considérable, se fonde sur une connaissance précise des mécanismes physiques et chimiques de dégradation dominants et de leur cinétique, le plus souvent influencée par les paramètres d'environnement et/ou les sollicitations mécaniques. Elle passe par une identification expérimentale quantitative des phénomènes dans des conditions contrôlées et par le développement de modèles couplés, à valider grâce à des données sur structures, permettant l'extrapolation au cas des ouvrages réels. Les actions de recherche du département combinent ces différents niveaux d'analyse et se concentrent sur quelques phénomènes moins compris et représentant un enjeu significatif pour le patrimoine bâti :

- **Les réactions de gonflement interne des bétons**

Les Réactions de Gonflement Interne (RGI) du béton sont des pathologies de nature physico-chimique différentes mais conduisant macroscopiquement à une expansion du matériau induisant sa fissuration et une dégradation de ses performances. On recense classiquement parmi les RGI la Réaction Alcali-Granulat (RAG) et la Réaction Sulfatique Interne (RSI). Pour répondre aux questions de prévention de ces mécanismes, de diagnostic et de gestion des ouvrages atteints, les verrous scientifiques à relèvent de la compréhension des phénomènes, de la méthodologie de prévention et de la manière de gérer les ouvrages atteints.

- **La durabilité des matériaux cimentaires**

L'activité du département MAST porte sur les effets environnementaux et ses conséquences sur le vieillissement des ouvrages en béton. Les matériaux cimentaires, aussi bien traditionnels que nouveaux, sont le siège de divers phénomènes, d'ordre physique (transports d'espèces chimiques, changements de phases, etc.), chimique (hydratation, carbonatation, actions des ions chlorure, sulfates, etc.) et mécanique. Les sujets traités actuellement concernent les réseaux d'assainissement, les actions couplées avec l'environnement et l'utilisation de sous-produits industriels dans les matériaux cimentaires.

- **La durabilité des polymères, câbles et armatures**

Le département réalise des recherches sur la durabilité des géosynthétiques, des gaines de précontrainte, des armatures du béton armé ou précontraint, ou des câbles d'amarrage et de transport d'énergie, dans la mesure où la défaillance précoce de ces constituants ou composants (en particulier les câbles tendus et leurs gaines) peut limiter de façon critique la durabilité voire la sécurité des ouvrages. Les domaines d'application sont variés avec une montée en puissance des EMR.

2. Maîtrise du vieillissement et des risques sur les ouvrages et infrastructures

La gestion des infrastructures et ouvrages vieillissants correspond à un besoin sociétal croissant, mais dont les conditions économiques d'exercice se dégradent compte tenu de l'âge croissant des ouvrages, et de la tension sur les finances publiques en France et dans la plupart des pays. Les recherches de cette thématique répondent donc à une problématique constante de développer et fiabiliser à un coût acceptable des méthodes innovantes d'auscultation, de diagnostic et de réparation. Ces méthodes s'appuient sur la compréhension des mécanismes de vieillissement (qui sont l'objet de la thématique précédente, ou que l'on peut supposer suffisamment connues), mais aussi des spécificités de fonctionnement liées à la géométrie des ouvrages (cas des multicouches constituant les infrastructures linéaires) ou à l'association des matériaux, avec en particulier la question de la fissuration qui introduit une rupture par rapport au fonctionnement supposé continu des ouvrages sains. La question d'une connaissance améliorée des actions d'exploitation ou accidentelles qui s'exercent sur les ouvrages, dans un contexte de demande de service accrue, de même que la gestion de quantités croissantes de données issues de la surveillance, nécessite d'augmenter la mobilisation de compétences renforcées en mathématiques appliquées. Les actions de recherche sur cette thématique sont :

- **Instrumentation, auscultation, surveillance et gestion des infrastructures et des ouvrages d'art**

Le processus d'évaluation puis de suivi de la performance des infrastructures (ouvrages d'art et bâtiments compris) comprend plusieurs aspects. Que ce soit dans le cadre d'une surveillance continue ou ponctuelle, l'objectif est de couvrir la chaîne suivante : l'instrumentation et l'auscultation, l'analyse pour obtenir les indicateurs, le lien entre les indicateurs obtenus grâce aux auscultations et les dégradations locales ou globales pour permettre le diagnostic puis le pronostic d'évolution de la dégradation, les propositions de gestion et enfin la décision assortie des moyens nécessaires.

- **Comportement mécanique des structures en béton armé et maçonnerie**

L'évaluation du comportement mécanique des ouvrages d'art en béton armé et béton précontraint et des ouvrages en maçonnerie y compris le patrimoine historique et le pisé, en lien avec la maîtrise de leur sécurité, a motivé un corpus spécifique d'actions de recherche en lien avec un enjeu patrimonial spécifique et important. Pour ces actions, un dialogue modélisation – essais permet d'aborder tous les aspects du comportement des ouvrages, incluant le vieillissement et les pathologies. Des modèles de comportement avancés sont développés pour appréhender les couplages multi-physiques et mécanique. Le comportement à la ruine d'ouvrages en maçonnerie est également étudié avec des approches complémentaires d'analyse à la rupture plus facilement déployables pour les gestionnaires.

- **Modélisation et durabilité des infrastructures linéaires**

Sous ce vocable sont rassemblés les différents travaux de recherche portant sur la modélisation (expérimentale, théorique et numérique) du comportement mécanique des infrastructures de transport terrestre. Par une meilleure prise en compte des effets des différents chargements lourds et du climat, du comportement des différents matériaux et de la géométrie des structures, de leurs dégradations au cours du temps, les recherches menées visent à améliorer l'analyse mécanique des routes en vue de conseiller les ingénieurs souhaitant i) réparer / renforcer ces structures multicouches anciennes (chaussées urbaines, autoroutières, aéroportuaires), et ii) concevoir les infrastructures du futur (routes électrifiées, routes à énergie positive) utilisant de nouveaux matériaux, des grilles en matériaux composites et des capteurs ancrés.

- **Réparation, renforcement, réduction des risques, prolongation de la durée de vie**

Les actions conduites relatives aux méthodes de réparation et de renforcement des ouvrages, ainsi qu'aux procédés et méthodologies permettant de réduire les risques et de prolonger la durée de vie des ouvrages d'art, infrastructures de génie civil et bâtiments, se concentrent sur quelques aspects associés à des méthodes innovantes ou dont la justification est insuffisamment documentée.

3. Economie circulaire de la construction

L'explicitation de la thématique de l'économie circulaire appliquée au secteur de la construction traduit la prise en compte de plus en plus prégnante de la raréfaction des ressources en matériaux, nécessitant de se tourner vers des ressources renouvelables, d'intégrer le recyclage de matériaux déjà élaborés, ou de développer d'autres matériaux non-conventionnels. Cette prise en compte va de pair avec l'intégration plus systématique de l'analyse du cycle de vie dans l'élaboration des solutions constructives. La réalisation de ces recherches a impliqué pour le département une montée en puissance ou en visibilité significative de compétences en chimie des polymères et du vivant, en génie des procédés, en physique des matériaux et en mécanique des fluides.

- **Matériaux alternatifs pour les infrastructures et le bâtiment**

Favoriser l'emploi des granulats de seconde qualité ou recyclés constitue la priorité « historique » en termes d'application des concepts de l'économie circulaire au secteur de la construction. Cette thématique reste pertinente compte tenu des enjeux de développement et d'échelle pour le recyclage des matériaux du génie civil. De plus, de nouvelles stratégies de valorisation émergent (carbonatation endogène ...) et nécessitent donc un effort de recherche. On s'intéresse aussi à l'emploi de matériaux biosourcés, principalement comme charge dans les matériaux composites isolants pour le bâtiment, et comme liant pour les matériaux utilisés dans la construction routière. Les problématiques sont ici de savoir évaluer ces nouveaux matériaux, et donc de

comprendre les relations structures-propriétés ; mais aussi d'être en mesure de les produire et donc de maîtriser les procédés de transformation thermochimiques.

▪ **Cycle de vie des infrastructures et recyclage des matériaux**

Ce thème s'intéresse au bilan environnemental et au recyclage (i.e. aux différentes voies de valorisation) au sens large. Les matériaux et les procédés (de fabrication et de valorisation) y sont étudiés pour une prise en compte complète du cycle de vie dans un objectif d'économie circulaire. Les principaux freins identifiés sont liés, d'une part, à la prise en compte de la valorisation en fin de vie par les méthodes d'Analyse de Cycle de Vie, d'autre part à une évolution nécessaire des courants de pensée bien établis. En effet, malgré la prise de conscience des enjeux environnementaux et sociétaux, les systèmes économiques demeurent invariants dans leur globalité. Les recherches comprennent la caractérisation des matériaux recyclés nécessaire à l'étude de leur comportement et de leur valorisation, et l'étude des procédés et de l'approche environnementale appliqués aux matériaux recyclés afin d'obtenir le meilleur compromis possible entre la technologie et les impacts environnementaux.

▪ **Procédés, fluides et matériaux complexes**

Les procédés d'élaboration et de production des matériaux jouent un rôle pivot pour réduire les impacts environnementaux associés à l'extraction de ressources naturelles jusqu'à la transformation en produits d'usage. Dans le domaine du génie civil, de la construction et de l'habitat, la production de matériaux met en jeu de la matière complexe, très souvent sous forme de milieux divisés, qui nécessite un travail spécifique pour comprendre toute la richesse des comportements observés. Par ailleurs, de nouvelles formulations visent à favoriser les économies d'eau, le recyclage et la valorisation des matériaux biosourcés, ou l'incorporation d'air, ce qui implique une évolution de leur rhéologie et une adaptation des procédés et des équipements).

4. Innovations dans les infrastructures et les constructions

Le troisième thème du département reflète sa volonté de se tourner résolument vers l'avenir et de fédérer un ensemble d'innovations de rupture dans le domaine des infrastructures, plus précisément ceux de la route, des structures de Génie Civil et du rail :

▪ **Routes innovantes**

L'objectif est ici de contribuer au développement de solutions routières répondant mieux aux attentes des usagers et des gestionnaires de réseaux routiers et aux besoins des nouveaux véhicules électriques ou autonomes. Ces actions concernent en particulier le développement de nouvelles structures de chaussées, plus durables et plus économiques, ou optimisées pour différents usages (chaussées urbaines, pour transports en commun), et l'intégration dans les infrastructures routières de nouvelles fonctionnalités, liées par exemple à l'alimentation des véhicules électriques, ou à la récupération d'énergie. Ces actions s'appuient largement sur la réalisation d'expérimentations en vraie grandeur (essais sur le manège de fatigue ou sur machines FABAC, démonstrateurs), et sur des travaux de modélisation.

▪ **Structures et matériaux innovants**

Le sujet « Structures et matériaux innovants » concerne le développement de nouveaux matériaux ou structures ayant des performances « de rupture. Il s'agit surtout de développer l'usage des matériaux nouveaux (bétons aérés alliant résistance mécanique et isolation thermique, matériaux cimentaires utilisant des polymères, BFUP, bois) en repensant les conceptions structurelles traditionnelles (coques discrètes optimales, structures intégrant composites, collage des éléments structuraux, armatures en composites ou en acier inoxydable dans les structures en béton armé, revêtements anticorrosion bio-sourcés, comportement des aciers auto-patinables, amortisseurs à base d'alliages à mémoire de forme, etc.).

▪ **3.3 – Voies ferrées innovante**

Le département apporte des contributions importantes dans le domaine des voies ferrées, aussi bien sur l'amélioration des conceptions ballastées traditionnelles que sur des conceptions très différentes, en béton ou en enrobés bitumineux. Le département trouve aussi de nouvelles applications connexes à ses activités plus traditionnelles, comme le recyclage du ballast et comportement du ballast recyclé ou le monitoring voies innovantes par exemple.

Thématiques prioritaires de l'Ifsttar portées par le département TS2

Le département TS2 porte 7 axes thématiques. Il affiche fortement sa volonté de contribuer à la mission globale de l'Ifsttar sur « L'évaluation et l'aide à la décision publique en matière de transport » (incluant tout particulièrement pour TS2 la sécurité routière). Les recherches sur les « usagers vulnérables », qui sont présentes dans différentes thématiques prioritaires, sont très importantes pour le département, notamment en termes de positionnement à l'échelle européenne.

1. Évaluation et aide à la décision en matière de transport

Le département participe activement à la réflexion méthodologique autour de l'évaluation de l'action publique et aide les décideurs à mettre en place leurs stratégies, tant en termes de politiques publiques de sécurité routière (évaluation, économie) que d'évaluation des outils et mesures.

Les travaux de recherche apportent de la connaissance dans le domaine des transports, en particulier en matière de sécurité routière, tant primaire que secondaire ou tertiaire, et de santé environnementale en lien avec les transports. Des travaux conduisent à l'élaboration d'outils, voire d'équipements, susceptibles de permettre des applications en marge du champ strict de la recherche, comme l'évaluation ou la surveillance sanitaire. Ils sont susceptibles de déboucher sur des applications répondant à une attente sociétale, économique ou politique. Des expertises (expertises collectives ou spécifiques) contribuent à la prise de décision.

2. Les facteurs d'insécurité routière primaire et les interactions homme-machine

Les deux sous-thématiques ci-dessous regroupent les travaux portant sur l'insécurité routière primaire. Elles rassemblent un grand nombre de contributions spécifiques sur des thèmes d'intérêt majeur, comme les usagers vulnérables (usagers âgés, piétons, cyclistes, usagers de deux-roues motorisés) ou la conduite dans un cadre professionnel (en lien avec le département AME).

2.1 - Les facteurs d'insécurité routière primaire propres à l'utilisateur

Cette sous-thématique couvre l'étude de tous les facteurs d'insécurité routière propres à l'utilisateur de la route lorsque ceux-ci constituent l'entrée principale de la recherche et/ou de l'expertise (par exemple la conduite sous l'emprise de stupéfiants). Elle offre aujourd'hui des perspectives de développement multiples sur lesquels l'Ifsttar, via TS2, est déjà fortement présent (modes doux, néo-véhicules, déficits attentionnels, lien avec une activité professionnelle, hiérarchisation et interactions des multiples facteurs déjà identifiés, etc.) ou sera présent à l'avenir (hypovigilance ou médicaments, par exemple).

2.2 - Les interactions en sécurité primaire de l'homme avec le véhicule et l'infrastructure

Cette sous-thématique met en perspective les facteurs précédents dans une approche « système » du risque accidentel routier, intégrant les composantes véhicule et/ou infrastructure (par exemple l'interaction entre la dynamique du véhicule et l'infrastructure).

3. Les conséquences de la mobilité sur la morbidité

Cette thématique regroupe les contributions spécifiques en sécurité secondaire (réduction de la gravité de l'accident à défaut d'avoir évité). Elle couvre la connaissance de la traumatologie routière et de ses déterminants. Elle englobe la connaissance du devenir, à moyen et long termes, des blessés, notamment des plus gravement atteints. Le sujet reste d'importance majeure dans les années à venir (les attentes des pouvoirs publics, tant du monde de la santé que des transports, des assureurs et des constructeurs automobiles restent fortes).

Une attention particulière est portée aux victimes à deux-roues motorisés (notamment dans sa dimension "équipements de protection"). Elle intègre aussi quelques aspects spécifiques, comme la protection des personnes âgées en situation de déplacement, futur enjeu majeur de nos sociétés.

4. L'homme virtuel

4.1 - L'Homme virtuel cognitif

Cette sous-thématique comprend la simulation cognitive pour la prédiction des comportements en situation de conduite (les processus perceptifs et cognitifs d'un conducteur humain en situation de conduite sont simulés pour tester des environnements de conduite). Les modèles sont développés pour répondre à des situations de conduite intégrant d'éventuels systèmes d'assistance et autres automatismes, afin d'évaluer virtuellement les apports ou risques de ces systèmes.

4.2 - L'Homme virtuel en mouvement

Cette sous-thématique couvre les travaux pour le développement et la promotion des modèles biomécaniques en corps rigides articulés du corps humain pour la simulation et la prédiction du mouvement, ainsi que des outils de personnalisation y afférant. Elle comprend les travaux expérimentaux sur sujets humains pour l'acquisition de données d'entrée et les travaux de validation des modèles et des outils développés. Développée initialement pour le confort des usagers des transports, elle s'est élargie à l'évaluation de la sécurité dans les transports en commun et présente aujourd'hui d'intéressantes perspectives pour l'évaluation des systèmes de sécurité active et en aéronautique.

4.3 - L'Homme virtuel pour la traumatologie

Cette sous-thématique couvre les travaux pour le développement et la promotion des modèles numériques déformables du corps humain ou de segments corporels et des outils de personnalisation, pour la prédiction des risques lésionnels. Elle comprend les travaux expérimentaux sur sujets, pièces anatomiques ou matériaux biologiques pour l'acquisition de données d'entrée et de validation des modèles et des outils développés.

5. L'usager de la voiture automatisée et connectée

Cette thématique transversale couvre les recherches sur "Le" véhicule de demain. L'essentiel de ces recherches concerne l'impact des systèmes d'aide à la conduite, dont ceux liés à l'automatisation, sur le confort, le risque accidentel et les autres risques pour la santé. Elle inclut de nombreuses problématiques scientifiques relevant de plusieurs disciplines, et offre un large potentiel de recherche et d'expertise en réponse à un enjeu sociétal et économique très fort, sur lequel la filière automobile a choisi d'investir massivement et pour lequel il existe une attente des pouvoirs publics d'une analyse indépendante de la part de l'Ifsttar.

Les recherches permettront par exemple de mieux simuler les Interactions Homme/Machine et les performances futures du Système Homme/Machine dans son ensemble (i.e. le conducteur, le véhicule et les automatismes) afin d'estimer les bénéfices tout autant que les risques potentiels sur la sécurité des technologies d'automatisation de la conduite. Il s'agit ici d'être en mesure d'accompagner l'automatisation du véhicule de demain (coopération Homme/Machine, maintien ou non du conducteur dans la boucle de contrôle et possibilité de reprise en main du véhicule par celui-ci, risques de pertes de compétences, acceptabilité, etc.).

6. La mobilité de l'Homme fragilisé, vieillissement et handicap

Cette thématique concerne de façon générale les dimensions de la mobilité non liées à la sécurité, en se concentrant sur la mobilité des personnes fragilisées.

6.1 - Situation de handicap et mobilité

Cette sous-thématique, au-delà de l'analyse des situations de handicap dès lors qu'elles sont susceptibles de constituer ne serait-ce qu'une gêne à la mobilité (notamment en termes d'accessibilité), englobe l'identification des leviers d'action permettant d'y remédier. Ces situations peuvent être de toute nature (physique, cognitive, sociale, etc.). Les travaux viseront plus particulièrement à analyser l'interaction entre confort, accessibilité et sécurité des personnes en situation de handicap dans les transports, à contribuer au développement de "Technologies pour l'autonomie", et à caractériser les personnes qui rencontrent des situations de handicap dans les transports.

6.2 - Aspects de la mobilité des personnes fragilisées non liés à la sécurité

Un certain nombre de travaux connexes du département TS2 concernent la mobilité des personnes fragilisées sur des aspects moins liés à la sécurité, comme les besoins des personnes âgées en matière de déplacement, l'adaptation de la conduite automobile aux conséquences du vieillissement normal et pathologique, la mobilité des piétons âgés, ou l'accessibilité et le confort de l'utilisation des modes doux (adaptation des espaces et ergonomie des transports), etc.

7. La santé et la mobilité du quotidien

Le département s'intéresse aussi de façon transversale, notamment au sein de ses UMR, à « la santé et la mobilité du quotidien ». Les travaux développés dans cette thématique portent notamment sur les accidents de la vie courante ou la santé ou travail.