

Rapport d'activité
Innovation 2023
du groupe SNCF

Bienvenue dans
les mobilités
de demain



Sommaire

04

La parole à Jean-Pierre Farandou,
Président du groupe SNCF

05

La parole à Carole Desnost,
Vice-Présidente Technologies Innovation
et Projets Groupe SNCF

06

L'écosystème de la recherche et de
l'innovation au service du doublement
du ferroviaire

08

Recherche et innovation : les équipes au
service du ferroviaire et des mobilités
décarbonées

10

Les grands marqueurs
de 2023

11 - Conseil scientifique 2040
12 - L'effet de levier des partenariats
14 - La SNCF va devenir un acteur
de la production d'énergie solaire
16 - L'Europe du rail accélère
18 - Europe's Rail fête sa première année
20 - Les coopérations bilatérales
se renforcent

22

Comment contribuer
à la transition écologique
et à l'efficacité énergétique
du ferroviaire ?

23 - Décarbonation
28 - Efficacité énergétique
30 - Autonomie énergétique
31 - Sobriété
33 - Réduire l'empreinte environnementale
34 - Adaptation au changement climatique

36

Comment renforcer
notre performance
industrielle ?

37 - Train connecté
40 - Réseau connecté
42 - Gare connectée
44 - Surveillance et maintenance connectées

46

Comment développer
l'attractivité du train ?

47 - Mass Transit
49 - Les Services Express Régionaux
Métropolitains Innovants
54 - Mobilités dans les territoires
59 - Expérience voyageurs

62

Comment doubler
la part modale
du ferroviaire ?

63 - **Christophe Fanichet**, Président-
directeur général de SNCF Voyageurs
64 - **Matthieu Chabanel**, Président-directeur
général de SNCF Réseau
65 - **Marlène Dolveck**, Directrice générale
de SNCF Gares & Connexions
et Directrice générale adjointe
du groupe SNCF en charge
de la transformation
66 - **Marie-Ange Debon**, Présidente
du directoire du groupe Keolis
67 - **Frédéric Delorme**, Président de
Rail Logistics Europe et Fret SNCF

Faire du ferroviaire la colonne vertébrale des mobilités collectives et décarbonées



Agir pour une société en mouvement, solidaire et durable est la raison d'être du groupe SNCF. Nous travaillons à développer des solutions de mobilités collectives et inclusives pour offrir partout de réelles alternatives à la voiture individuelle. Le ferroviaire doit renforcer son rôle de colonne vertébrale des mobilités, au service de la transition écologique et répondre aux ambitions de décarbonation de la société. L'objectif est de doubler la part modale du ferroviaire et d'offrir un service de plus en plus compétitif qui réponde aux demandes des Français. L'innovation et les nouvelles technologies vont jouer un rôle important dans cette évolution afin d'accroître la performance du système ferroviaire.

L'actualité du Groupe a été marquée par des actions qui illustrent notre capacité à innover :

- développer les énergies renouvelables avec la création de SNCF Renouvelables, afin de viser d'ici 2050 une autonomie électrique complète pour le secteur ferroviaire ;
- poursuivre le développement de trains décarbonés avec la mise en circulation commerciale du premier TER hybride en fin d'année 2023 ;
- proposer des innovations pour renforcer l'attractivité des services express régionaux métropolitains, avec des solutions multimodales ;
- renforcer la mobilité dans les territoires ruraux grâce aux nouveaux trains légers de capacité adaptée et aux véhicules mi-train mi-voiture, potentiellement autonomes.

Ce rapport Innovation 2023 illustre également le rôle central des collaborations académiques et industrielles nécessaires au développement des innovations. Ces avancées technologiques bénéficient des soutiens de l'État français et de l'Union européenne, au travers de France 2030 et du programme de recherche européen Europe's Rail. Ces projets démontrent l'excellence industrielle ferroviaire, et l'engagement du secteur à renforcer l'efficacité et la performance du système ferroviaire, dans laquelle le groupe SNCF et ses collaborateurs sont pleinement engagés.

Jean-Pierre Farandou,
Président du groupe SNCF



La forte mobilisation de tous les acteurs, notamment au sein du CORIFER, le Conseil d'orientation de la recherche et de l'innovation de la filière ferroviaire, a permis de formaliser une vision partagée de l'avenir.



Consolider les synergies entre les différents acteurs de la filière ferroviaire – groupes industriels, PME, ETI, instituts de recherche et académiques – a été notre priorité en 2023 pour accélérer l'innovation au sein de notre secteur. Cette forte mobilisation, notamment au sein du CORIFER, le Conseil d'orientation de la recherche et de l'innovation de la filière ferroviaire, a permis de formaliser une vision partagée de l'avenir. Pour la période 2023-2030, une feuille de route des projets d'innovation prioritaires a été établie afin d'orienter le plan d'investissement France 2030. Construite autour de quatre grands thèmes (industrie et infrastructure du futur, mobilité inclusive, trains zéro carbone et trains intelligents), cette feuille de route renforce notre stratégie, qui vise à faire du ferroviaire la colonne vertébrale d'une mobilité inclusive, décarbonée, résiliente et sobre. L'appel à manifestation d'intérêt (AMI) lancé par l'État en juin 2023 va contribuer à la modernisation

déjà engagée du secteur ferroviaire par la mise en œuvre de projets innovants.

Le nombre et la diversité des projets déposés montrent la vitalité de notre écosystème industriel. Qu'ils visent à imaginer les mobilités de demain, à économiser et à mieux utiliser l'énergie ou à renforcer la performance du réseau, tous partagent la même ambition : accélérer la modernisation du système ferroviaire et, plus que jamais, mettre l'innovation au service de nos clients. Tout cela est rendu possible par l'appui des opérateurs publics qui mettent en œuvre le plan France 2030 pour le compte du Secrétariat général pour l'investissement : l'Agence de la transition écologique (ADEME), l'Agence nationale de la recherche, Bpifrance et la Caisse des Dépôts.

L'innovation se développe également à l'échelle européenne dans le cadre du programme Europe's Rail dans lequel nous sommes pleinement engagés. En associant des acteurs de l'ensemble de l'Union européenne, nous favorisons la création d'un espace ferroviaire commun, performant et capacitaire, à même de répondre à l'envie de mobilités décarbonées des Français et de tous les Européens.

Tous les projets, toutes les avancées que nous vous présentons dans ce nouveau rapport annuel sont le fruit des collaborations qui animent les équipes du groupe SNCF et leurs partenaires. Bonne lecture !

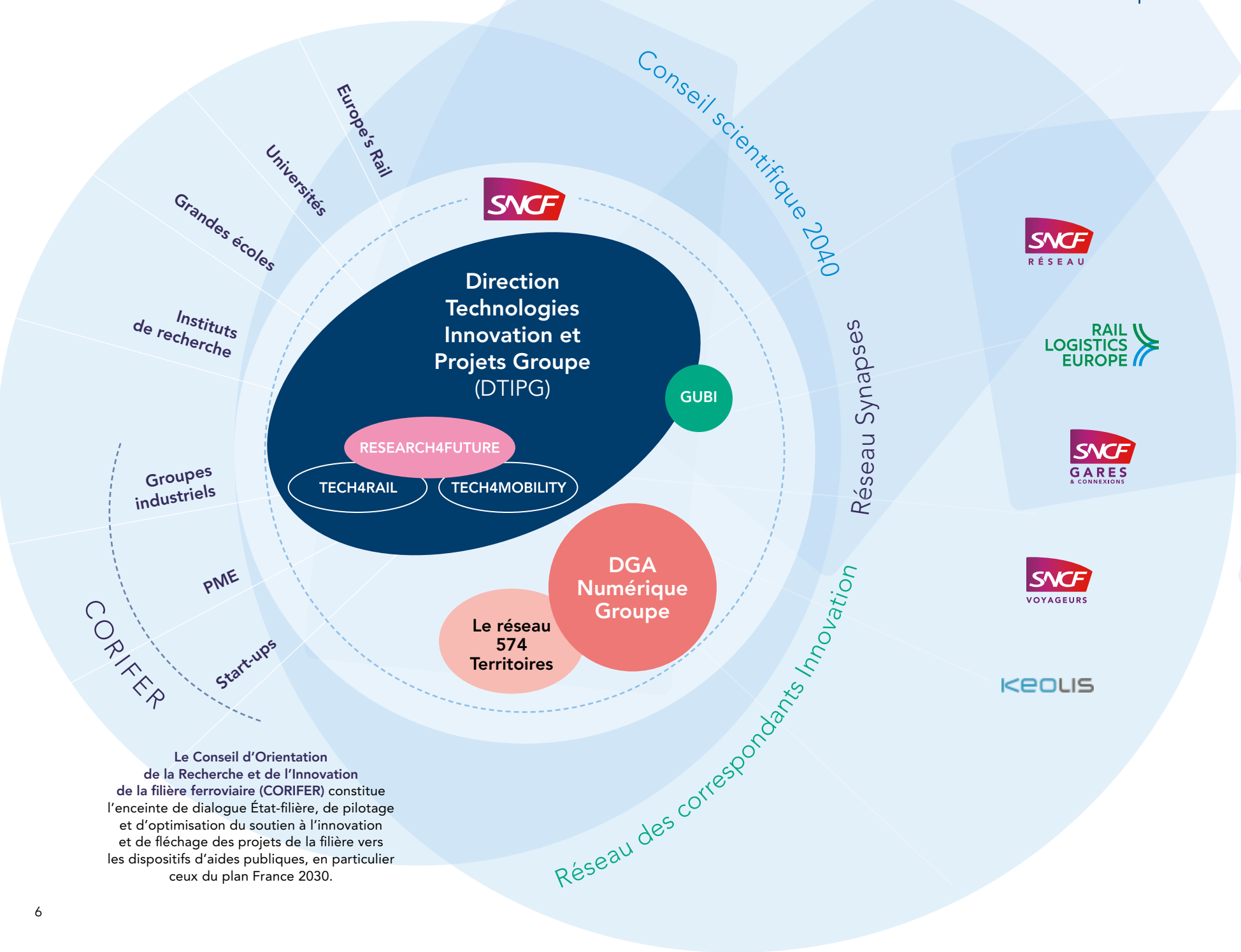
Carole Desnost,

Vice-Présidente Technologies
Innovation et Projets Groupe
SNCF



L'écosystème de la recherche et de l'innovation au service de la croissance du ferroviaire

Pour doubler la part modale du ferroviaire et développer les mobilités décarbonées, les sociétés du groupe SNCF et leurs filiales pilotent des projets de recherche et d'innovation dans des domaines aussi différents que la digitalisation, la décarbonation, l'efficacité énergétique et le renforcement des mobilités dans les territoires. Ces projets sont également nourris par les expertises apportées par différents réseaux internes et les partenariats avec les mondes académiques et industriels.



Réseau Synapses

Animé par la DTIPG, ce collectif compte 582 experts scientifiques et techniques, labellisés par une commission de sélection pour une durée de trois ans renouvelables. Ils font vivre la recherche et l'innovation au sein de six clusters: Énergie, Développement durable, Sécurité système, Maintenance, Optimisation des Ressources et Exploitation, Services & Expériences de Mobilité. Quelle que soit leur entité d'appartenance, ils travaillent ensemble au sein de chaque cluster pour garantir une approche systémique. Le réseau Synapses assure la transmission de compétences et développe les expertises dans les domaines clés (intelligence artificielle, cybersécurité, etc.) pour l'avenir du Groupe. Les experts Synapses pilotent bon nombre des projets présentés dans ce rapport.

Réseau « 574 Territoires »

Réparties sur l'ensemble du territoire, sept maisons de l'innovation numérique sont au service du groupe SNCF. Ces lieux permettent d'être au plus près des équipes SNCF pour les accompagner dans la transformation numérique du Groupe, et de l'écosystème externe local pour mieux faire rayonner l'innovation numérique SNCF. Ce réseau s'appuie sur trois piliers d'action: diffuser la culture numérique au sein du Groupe, accompagner des projets digitaux et favoriser leur scalabilité, nouer des partenariats externes dans les territoires, servant les enjeux du groupe SNCF.

Guichet unique Brevets & Innovation

Le "GUBI" a pour mission de protéger les inventions des collaborateurs SNCF en accompagnant les différentes étapes du dépôt de brevets. Le GUBI gère le portefeuille de brevets SNCF et favorise sa valorisation dans le domaine industriel.

Réseau des correspondants Innovation

Rassemblant des représentants des sociétés et filiales du groupe SNCF, ce réseau oriente les travaux de recherche et d'innovation en fonction des besoins des activités.

Conseil scientifique 2040

Le groupe SNCF s'est doté en 2022 d'un collectif de dirigeants piloté par la DTIPG, visant à mieux cerner les enjeux des deux décennies à venir.

Recherche et innovation: les équipes au service



Direction Technologies, Innovation et Projets Groupe

La DTIPG a pour mission de coordonner et d'accélérer la transformation technologique du groupe SNCF. Pour cela, elle s'appuie sur trois entités:

Research4Future étudie et qualifie le potentiel des nouvelles technologies en collaboration avec le monde académique et les instituts de recherche en amont des deux « accélérateurs d'innovations »:

Tech4Rail développe via des projets collaboratifs industriels des innovations au service du système ferroviaire.

Tech4Mobility adresse tous les sujets liés aux mobilités émergentes afin de définir de nouveaux services de mobilités opérés par les activités.

En appui à ces trois entités, la **Direction Interopérabilité, Normalisation et Recherche Europe** est en charge des sujets collaboratifs européens (notamment Europe's Rail) et la **Direction Développement et Performance Technologique** pilote les projets stratégiques groupe, comme les SERM innovants.

DGA Numérique

Le numérique est l'une des 4 lignes de force du Groupe. La DGA Numérique en pilote la feuille de route, avec l'ambition de faire de SNCF le leader européen du numérique dans le domaine de la mobilité. La DGA numérique compte deux pôles de compétences: une direction Numérique Groupe qui établit la stratégie et pilote la fonction numérique pour l'ensemble des activités SNCF, et une entité responsable de la production numérique, au service des DSI et des métiers du Groupe: e.SNCF Solutions.



Ingénierie du Matériel

Elle intervient sur l'ensemble du cycle de vie des trains et de leurs équipements de sécurité: de la spécification des besoins d'acquisition et d'exploitation jusqu'au démantèlement, en passant par les essais, l'ingénierie de maintenance, la rénovation et le prolongement de leur durée de vie. Elle innove à chacune des étapes: performance en exploitation et maintenance, sobriété énergétique et décarbonation de la traction, confort des passagers, dispositif de sécurité.

Direction Traction

Elle regroupe l'ensemble des offres et expertises autour de la conduite des trains. Avec l'Ingénierie du Matériel, elle définit les cabines de conduite des trains neufs ou rénovés, développe des systèmes novateurs d'aide à la conduite et assure la conduite des trains d'essais et de mesures.

Mass Transit Academy

Dédiée à l'expertise « zone dense », elle est le centre d'excellence du Mass Transit ferroviaire du groupe SNCF. Espace d'innovation, elle propose une offre de formations, des benchmarks, des *learning expeditions*, et pilote un Lab' dédié aux innovations système et à l'exploitation des données.

Direction Innovation TER

Elle accompagne les équipes chargées des réponses aux appels d'offres des autorités organisatrices de la mobilité (Régions) pour proposer des solutions sur mesure et différenciantes. Avec les collaborateurs de l'Activité TER et sa communauté d'experts métiers et de partenaires en régions (startups, industriels et académiques), elle expérimente sur le terrain de nouveaux produits et services et prépare leur déploiement en partenariat avec les acteurs du groupe SNCF.

SNCF CONNECT & TECH

Filiale de SNCF Voyageurs, SNCF Connect & Tech innove dans deux domaines clé: celui du e-commerce avec SNCF Connect, le service tout-en-un des mobilités durables, et celui de la conception et de l'édition de produits et services numériques pour le groupe SNCF, les territoires et les collectivités.



Direction Stratégie et Développement

Elle contribue au déploiement des grands projets de digitalisation et d'automatisation du fret ferroviaire. Pour ce faire, elle structure les besoins et teste des innovations de rupture avant leur mise en œuvre, en partenariat avec des constructeurs et des équipementiers.

du ferroviaire et des mobilités décarbonées



Direction Générale Exécutive Projets, Maintenance et Exploitation

Regroupant l'ensemble des missions de production ferroviaire et les activités numériques de SNCF Réseau, la DG PME développe de nouvelles méthodologies et des technologies innovantes pour concevoir, surveiller, maintenir, exploiter les 28000 km de lignes du réseau ferré national et ses infrastructures, de manière toujours plus performante.



Il réunit SNCF Réseau (présidence 2023), la FIF, RATP et le SERCE depuis 2018. Il s'agit de l'un des vecteurs de développement de la filière ferroviaire qui fonctionne traditionnellement sur des cycles longs. Le pragmatisme et l'agilité du Rail Open Lab permettent de tester rapidement de nouvelles technologies de maintenance et d'exploitation des infrastructures ferroviaires, lors de sprints de 4 mois en conditions réelles.

ALTA METRIS

Filiale de SNCF Réseau, Altametriss développe l'usage des jumeaux numériques pour la maintenance d'infrastructures industrielles. Son programme de R&D couvre la collecte de données par des drones et des robots d'inspection, ainsi que le traitement des données LiDAR 3D et leur exploitation par des systèmes d'intelligence artificielle.



Le pôle Innovation & Développement de SFERIS, filiale de SNCF Réseau, est la pépinière des projets émergents portant sur la gestion des infrastructures, la sécurisation et la réalisation des chantiers ferroviaires.



Direction de la Stratégie, de l'Excellence Opérationnelle et de l'Innovation

Elle centralise le pilotage de la transformation de SNCF Gares & Connexions, avec pour objectifs d'insuffler la culture de l'innovation et de faciliter la priorisation des projets.

Direction Clients, Marketing & Technologies

Elle coordonne les initiatives d'innovations technologiques en matière d'expérience client, de services et d'exploitation ferroviaire dans les gares. Elle mène une démarche de « gares laboratoires » à Paris Nord et à Libourne pour faire de ces deux sites des démonstrateurs in vivo des différentes innovations. Elle mène une autre démarche pour exploiter les apports de l'IA sur les métiers des gares et sur les outils de travail bureautiques.

AREP

Filiale de SNCF Gares & Connexions, AREP est une agence pluridisciplinaire qui agit pour inventer un futur post-carbone. Elle a mis au point la démarche EMC2B (Energie, Matière, Carbone, Climat et Biodiversité) pour apporter des réponses concrètes aux enjeux de l'urgence écologique dans toutes les échelles de projets, du mobilier au territoire, en passant par le bâtiment.



Direction Innovation et Industrialisation

Elle accompagne les territoires depuis les phases d'idéation jusqu'au déploiement, via son approche et le réseau de *Labs Open by Keolis*. Le Groupe s'appuie sur ses implantations locales pour innover avec une approche résolument durable, et pour gagner en performance et en différenciation au service de toutes les parties prenantes: citoyens, collaborateurs et autorités organisatrices.

Club de l'Innovation

Il réunit les correspondants Innovation des filiales Keolis. Il est un catalyseur pour diffuser les innovations technologiques ou méthodologiques à l'échelle du Groupe, avec l'exploration de cas d'usages pertinents pour les activités. En retour, l'analyse des expérimentations locales enrichit la compréhension des défis et des opportunités pour préparer l'avenir.

Les grands marqueurs de 2023



Vincent Delcourt,
Directeur Développement
et Performance Technologique
à la DTIPG SNCF

Tous les collaborateurs qui portent l'innovation dans les sociétés et les filiales du groupe SNCF peuvent témoigner de la richesse du travail accompli en 2023 avec nos partenaires académiques

et industriels, pour explorer les technologies émergentes et conduire des projets innovants jusqu'à leur expérimentation, et à leur mise en œuvre industrielle. La diversité des projets présentés dans ces pages en est une autre preuve. La liste est pourtant loin d'être exhaustive, et ces projets ne sont qu'un aperçu de toutes les compétences que nous déployons pour transformer le mode ferroviaire. Transition écologique, maîtrise de l'énergie, digitalisation du système ferroviaire, nouvelles mobilités, résilience face aux risques (climat, énergie, cybersécurité, etc.) y prennent une part prépondérante.

Pour faire évoluer le mode ferroviaire, il faut aussi se projeter à un horizon plus lointain. C'est tout l'objet de la mise en place de notre conseil scientifique 2040, dont les premiers travaux ont démarré en 2023. Son rôle est d'éclairer le groupe sur les ruptures technologiques et d'identifier les opportunités qui s'offrent aux activités.

Nous développons également une politique d'innovation ouverte, en France avec les autres acteurs de la filière ferroviaire, ainsi qu'en Europe dans le cadre des partenariats bilatéraux que nous nouons avec la DB, les CFF, NS et ProRail...

Ce sont aussi toutes ces avancées européennes que vous découvrirez dans ces pages. Elles ont apporté un nouvel élan et nous y prenons toute notre part.



Un travail
en commun,
de l'exploration
scientifique à
l'industrialisation
de l'innovation.



Chiffres clés

22

dossiers déposés dans le cadre de l'AMI CORIFER 2023 par le groupe SNCF avec ses partenaires industriels et académiques

10

partenariats académiques majeurs dans le domaine de la recherche

1023

brevets en vigueur

46

doctorants

25

dépôts de brevets

Crédit Impôt
Recherche
2023 :

16,27 M€ dont

SNCF

5,33 M€

SNCF Voyageurs

5,34 M€

SNCF Réseau

2,89 M€

Conseil scientifique 2040

Les membres du conseil scientifique 2040 se sont réunis en février et octobre 2023 pour traiter d'intelligence artificielle, de sciences cognitives et de cybersécurité, mais aussi de France 2030 et de la feuille de route de la filière ferroviaire bâtie dans le cadre du CORIFER.



David De Almeida,
Directeur de la Recherche
à la DTIPG SNCF



Les échanges au sein du conseil scientifique sont aussi l'occasion de démontrer la valeur des liens entre ferroviaire et monde académique, et l'importance de les renforcer.



Les experts du réseau Synapses de SNCF se sont attachés à présenter le panorama le plus réaliste possible dans le domaine de l'IA, des sciences cognitives, de la cybersécurité, et de leurs applications en milieu industriel. L'objectif était de proposer une vision prospective des tendances en vue de nourrir les réflexions stratégiques des membres du conseil.

« Ces échanges créent une passerelle entre les experts et les dirigeants du Groupe et invitent ces derniers à participer davantage aux orientations de la recherche, au-delà des actions de court terme. En cybersécurité par exemple, il s'agit de dépasser les approches standards de prévention

et de traitement des attaques, en s'intéressant très en amont à la cybersécurité des systèmes industriels grâce à l'IA, explique David De Almeida, Directeur de la Recherche à la DTIPG SNCF. Ces échanges sont aussi l'occasion de démontrer la valeur des liens entre ferroviaire et monde

académique, et l'importance de les renforcer. Ils permettent enfin de soulever de nouvelles questions, liées à la soutenabilité de l'IA par exemple ou aux besoins d'évolution rapide des compétences en IA et en cybersécurité, qui sont rares et très recherchées sur le marché. »

Repères

Le conseil scientifique 2040 a vocation à réunir les dirigeants stratégiques et techniques des SA et des filiales du groupe SNCF. Initié en 2022, il a pour objectif d'éclairer la gouvernance sur les enjeux du futur, orienter la stratégie innovation et le programme de recherche, renforcer l'expertise du Groupe et identifier les opportunités de différenciation et de diversification dans un contexte concurrentiel.

L'effet de levier des partenariats

« 2023 a été une année très utile », indique Frédéric Getton, Directeur Finances & Relations Institutionnelles à la DTIPG SNCF.

Les travaux des sept projets retenus en 2022 par France 2030 ont tous débuté, et trois nouveaux projets ont obtenu des financements :

Viesta 2, mené avec Thales et XXII, qui a pour but d'utiliser la vidéo intelligente en matière de sécurité ;

Ophelia, qui vise à déployer des installations photovoltaïques sur des linéaires de type voies ferrées avec CNR, concessionnaire du Rhône

pour la production d'hydroélectricité et premier producteur français d'énergie exclusivement renouvelable, Nexans, Schneider Electric et SuperGrid Institute ;

Raisilience, avec Gatewatcher, qui porte sur l'amélioration de la résilience du rail face aux risques de cybersécurité. Dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêt 2023 du CORIFER, la SNCF a par ailleurs été très active, en déposant des projets pouvant contribuer au développement des SERM en particulier. Résultats attendus en 2024.

Horizon Europe

S'y ajoutent deux projets financés au niveau européen. Shield4Crowd, piloté par la Sûreté SNCF, aux côtés du ministère de l'Intérieur, de ses homologues européens et de PME, recherche des synergies dans les marchés publics de sécurisation de l'écosystème ferroviaire. Pour sa part, S5LECT, également piloté par la SNCF, avec l'espagnol CEIT, l'IRT Railenium, GTS France et Radiolab, consortium italien d'universitaires et d'industriels, étudie diverses solutions techniques pour une transition sans couture entre réseau 5G, GSM-R et communications satellitaires.

dans nos formations et dans les programmes de recherche que nous menons, tant avec des start-ups, des PME/PMI, qu'avec des grands groupes comme la SNCF. On observe en particulier que les impacts climatiques et environnementaux sont devenus une préoccupation majeure, pour les étudiants comme pour les chercheurs.

Pour diminuer l'impact environnemental des transports, nous faisons largement appel aux technologies numériques pour modéliser et simuler l'ensemble de la chaîne de valeur du ferroviaire, qu'il concerne le fret ou le transport de voyageurs. Nous prenons également en compte les modes associés, comme le vélo, le bus et l'autopartage. Nous observons que les études sont devenues

pluridisciplinaires, mêlant des sensibilités aussi bien technologiques que centrées sur l'analyse des cycles de vie, l'économie circulaire ou le développement durable. Dans le ferroviaire, les thèses CIFRE sont de plus en plus liées à l'optimisation des ressources et des méthodes de planification, toujours pour réduire l'impact environnemental. Notre coopération avec un groupe comme SNCF permet de plonger nos étudiants dans une réalité très concrète, de les confronter très directement aux enjeux qui seront les leurs une fois entrés dans la vie professionnelle et d'anticiper les sujets sociétaux à plus long terme. »

La parole à Adrien Thirion, Sous-Directeur adjoint des matériels de transport, de la mécanique et de l'énergie à la Direction générale des Entreprises du ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique

Le service express régional métropolitain, le développement de la mobilité rurale, la régénération et la modernisation du réseau ferroviaire, comme le développement du fret ferroviaire, sont autant de sujets qui sont pour l'État majeurs et clés dans la décarbonation des mobilités. Ils portent en toute logique la question de l'innovation, celle-ci reposant sur un préalable indispensable : la planification. Cela implique de disposer d'une vision

précise des attentes des autorités organisatrices de la mobilité. Il faut ensuite - et la SNCF est à ce titre en première ligne - y répondre par l'émergence d'un bouquet cohérent et resserré d'offres technologiques, aptes à être déployées dans différentes régions.

Autre domaine où le besoin d'innovation est fort : l'énergie. La création de SNCF Renouvelables, en agissant en acheteur responsable devrait permettre de développer des solutions spécifiques aux besoins du ferroviaire. C'est une opportunité de partenariats avec les industries françaises des batteries et du photovoltaïque, et un facteur de stabilisation du prix de l'énergie via le déploiement du photovoltaïque. Enfin, je souhaite saluer la dynamique impulsée par la SNCF au CORIFER, présidé par Carole Desnost depuis un an. Le CORIFER doit être l'instance clé pour apporter les réponses aux besoins de R&D de long terme, établis sur la base de la planification déjà évoquée, par et pour les fournisseurs industriels du monde

ferroviaire. C'est par l'innovation que le ferroviaire maintiendra sa compétitivité. Je crois beaucoup aux projets collaboratifs mais aussi au fait de soutenir les PME et les ETI pour élaborer les technologies du XXI^e siècle.

Repères

L'action de la Direction générale des Entreprises est au cœur des chantiers du Gouvernement en faveur de la transformation économique et de l'autonomie stratégique du pays. Au service de la compétitivité des entreprises, elle porte la politique industrielle, définit les mesures de régulation du numérique, ainsi que les politiques de soutien à l'économie de proximité. Elle accompagne les entreprises dans la transformation numérique et écologique de l'économie, et œuvre en faveur de la simplification réglementaire et d'une politique d'innovation ambitieuse.



La parole à Jean-Paul Viricelle, Directeur de la Recherche, École des Mines de Saint-Etienne

« Notre ambition est de nous imposer en tant qu'école d'ingénieurs responsable, et d'être moteurs en termes d'innovation à impact sociétal. Cela se traduit



Pour avancer ensemble, nous devons penser au-delà de la seule R&D. Si notre mission est de détecter les signaux faibles pour identifier des solutions, il nous faut aussi mettre en regard impacts financiers et bénéfiques après industrialisation. C'est un travail de conviction permanent auprès de nos partenaires.

Frédéric Getton, Directeur Finances & Relations Institutionnelles à la DTIPG SNCF



La SNCF va devenir un acteur de la production d'énergie solaire

Pour satisfaire une partie, puis à plus long terme la totalité, de ses besoins en électricité, tout en maîtrisant des coûts devenus très volatils, la SNCF compte déployer à grande échelle des panneaux photovoltaïques sur ses réserves foncières.

La SNCF est la première consommatrice industrielle d'énergie en France. Pour exploiter ses 15 000 trains par jour (80 % des trains de la SNCF roulent à l'électricité) et ses 3 000 gares et bâtiments, elle achète en moyenne près de 9 milliards de kilowattheures d'électricité chaque année. Elle est aussi un propriétaire foncier de premier plan, avec 12 millions de m² de bâti et 100 000 hectares de terrains. L'idée d'utiliser ses réserves foncières pour déployer massivement des panneaux photovoltaïques s'est peu à peu imposée. Pour ce faire, SNCF Renouvelables a été créé en octobre 2023. « D'ici à 2035, la puissance installée sera d'environ

1 000 mégawatts-crête sur environ 1 000 hectares d'emprises, soit 20 % des besoins actuels en électricité du système ferroviaire. Une trentaine de sites prioritaires ont été identifiés pour accueillir centrales au sol, ombrières de parking et toitures photovoltaïques. Le déploiement de panneaux solaires longitudinaux et verticaux est également à l'étude. La réalisation de longs linéaires présente encore de nombreux obstacles techniques qui demandent des travaux de recherche, que ce soit sur les panneaux eux-mêmes ou le stockage d'énergie (voir ci-contre RESPIRE-R et Ophelia) », explique Emmanuel Mroz, Directeur général de SNCF Renouvelables.



Notre ambition est de renforcer notre souveraineté énergétique et de répondre aux défis de l'urgence climatique.

Emmanuel Mroz,
Directeur général de SNCF Renouvelables



OPHELIA : exploiter toutes les surfaces possibles et imaginables

Comment développer l'énergie photovoltaïque sur des surfaces caractérisées par une grande longueur et une faible largeur, telles que les abords des voies ferrées, les digues ou les pistes cyclables ? Pour répondre à cette problématique, la SNCF, pilote du projet OPHELIA pour sa partie ferroviaire, s'est associée à CNR, Nexans, Schneider Electric et SuperGrid Institute pour y répondre. Dans le cadre de ce projet, la SNCF s'attachera dans les deux ans à venir à déterminer les conditions de compatibilité entre panneaux solaires et linéaires, en tenant compte des conditions d'exploitation ferroviaire et des besoins liés au transport de l'électricité produite, afin de prévenir les pertes dues à la grande longueur des linéaires proposés. Le potentiel solaire du réseau ferré français sera ensuite étudié, ainsi que la pertinence économique des solutions photovoltaïques testées. OPHELIA est lauréat de l'appel à projets DEMO TASE 2022 (Technologies avancées pour les systèmes énergétiques) de l'ADEME et financé à 40 % par France 2030.



RESPIRE-R : stocker l'énergie pour maîtriser les coûts et soutenir l'infrastructure électrique du réseau

Le projet RESPIRE-R, ou « Repenser l'Énergie par le Stockage et le Pilotage Innovant du REnouvelable pour le Rail », répond au double défi de la maîtrise des coûts, dans un contexte d'augmentation des tarifs de l'énergie, et du développement de nouvelles solutions de soutien à l'infrastructure électrique ferroviaire (SERM, renforcement de lignes...).

Il vise à évaluer, grâce à un site pilote qui serait installé en Occitanie, l'intérêt de combiner stockage et production d'énergie renouvelable, et à établir les conditions économiques d'une industrialisation. Le système de stockage, couplé à un parc de panneaux solaires, repose sur des batteries et sur un dispositif de production d'hydrogène par électrolyse. L'hydrogène vert stocké est ensuite reconverti en électricité via une pile à combustibles. Le projet est porté par la SNCF, en partenariat avec HDF Energy, SCLE et Teréga Solutions. RESPIRE-R est candidat à l'AMI CORIFER 2023.

SolAREP, le cadastre solaire

Pour calculer le potentiel d'installation de centrales solaires photovoltaïques sur les emprises SNCF, AREP a créé SolAREP, modèle d'analyse croisant contraintes techniques, physiques, opérationnelles, réglementaires et économiques, issues de données propriétaires SNCF et de données ouvertes (géographie des lieux, biodiversité, urbanisme, présence de parcelles agricoles, capacité des réseaux électriques environnants, etc.). Pour cela, elle s'est appuyée sur le logiciel de calculs en open source « R ». « Cela a rendu possible l'étude détaillée, itérative, de milliers de sites en parallèle. Les hypothèses ont été affinées progressivement avec le Groupe pour aboutir à un recensement exhaustif des sites pertinents, classés par ordre de priorité », souligne Félix Pouchain, expert data à la direction de l'Ingénierie d'AREP.

Les expertises d'AREP au service de la solarisation

Cartographie, data et modélisation sont des expertises précieuses lorsqu'il s'agit de dessiner les contours d'un futur post-carbone. AREP les a mobilisées au profit du groupe SNCF pour recenser le potentiel de solarisation de ses 100 000 hectares de foncier en vue de la création de SNCF Renouvelables. AREP s'inscrit également dans d'autres projets, comme le plan de solarisation 2025 des gares, l'identification du potentiel de développement du solaire à proximité et sur les voies dans le cadre du consortium OPHELIA, ou l'expérimentation de panneaux solaires réversibles sur les voies non circulées.

L'Europe du rail accélère

L'interopérabilité est un élément clé de la création d'un espace ferroviaire. Elle est régie par 11 spécifications techniques d'interopérabilité (STI), qui apportent un cadre réglementaire partagé, indispensable pour développer des technologies dans le cadre de collaborations transnationales et permettre leur intégration industrielle suivant des règles communes.

Le travail de mise à jour des STI a abouti en 2023 à l'approbation de 9 d'entre elles par les États membres de l'Union. L'accélération des travaux dans les piliers Système et Innovation de Europe's Rail et le renforcement des coopérations bilatérales sont d'autres excellentes nouvelles pour le développement du rail en Europe.

La révision des STI était particulièrement attendue. Le 30 mars 2023, 9 des 11 STI ont été votées. « Nous sommes globalement satisfaits, que ce soit au niveau du contenu que du mode de discussion, souligne Gilles Quesnel, Directeur Interopérabilité, Normalisation et Recherche Europe à la direction Technologies, Innovation et Projets Groupe (DTIPG SNCF). Et fiers d'avoir porté, pour ne citer qu'un exemple, un calage simple de la réglementation en matière d'éclairage avant des locomotives dans la STI Exploitation, qui nous permet d'économiser 90 M€. » Les travaux des deux dernières STI Télématiques, appliquées au fret et aux passagers, se poursuivront en 2024. « Il s'agit d'uniformiser les modèles d'échange de données, comme par exemple l'information entre deux gestionnaires d'infrastructure sur un retard de train. Cette harmonisation est capitale pour simplifier le voyage des clients », poursuit Gilles Quesnel.



La révision des spécifications techniques d'interopérabilité télématiques vise à uniformiser les modèles d'échange de données. Cela est capital pour simplifier le voyage des clients.

Gilles Quesnel,
Directeur Interopérabilité,
Normalisation et Recherche Europe
à la DTIPG SNCF

Soutenir la recherche exploratoire

Europe's Rail a lancé en octobre 2023 un appel à projets de recherche exploratoire sur des sujets aussi variés que la mobilité intégrée entre l'aéronautique et le ferroviaire, les stratégies de retrofit du parc fret européen en vue du déploiement de l'attelage automatique digital (DAC, lire p.39), la prise en compte de la biodiversité par les infrastructures de transport et d'énergie et la valorisation de la nature associée, les bruits et vibrations, les futurs systèmes de métro, les solutions de gestion disruptive de l'asset ou encore la mise en réseau des doctorants à l'échelle européenne. À la clôture de l'appel à projets, le 7 février 2024, deux projets avaient été déposés avec la participation d'équipes SNCF : TravelWise (intermodalité air et rail) et Symbiosis (biodiversité).



Green Deal

La Commission européenne est à l'origine du Pacte vert pour l'Europe ou *Green Deal* dont l'objectif est de transformer les défis climatiques et environnementaux en opportunités pour l'Europe, son industrie et ses citoyens. La transformation à opérer vise à faire de l'Europe le premier continent climatiquement neutre d'ici à 2050 avec, entre autres, des systèmes de transport durables, propres, accessibles et abordables.

Spécifications techniques d'interopérabilité Principales avancées 2023

Infrastructure (STI INF)

Refonte des méthodes d'évaluation dynamique des ponts (évitant la généralisation de certains tests) ; clarification du critère de mise aux normes des zones dites réaménagées (modification de la performance d'une ligne : vitesse, gabarit, masse à l'essieu...)

Énergie (STI ENE)

Clarification du critère de mise aux normes des zones réaménagées. Une caténaire est qualifiée de réaménagée si la performance de vitesse d'une ligne est augmentée de plus de 30km/h.

Contrôle-commande et signalisation (STI CCS)

Anticipation de l'obsolescence du GSM-R ; préparation du déploiement d'un système conservant la position d'un train avant le changement de sens (sécurité) ; réduction pour harmonisation des versions logicielles de signalisation.

Locomotives et voitures de passagers (STI LOC&PAS) et wagons de fret (STI WAG)

Prise en compte de l'adaptation des installations de rechargement des trains à batterie.

Exploitation ferroviaire (STI OPE)

Amélioration des règles de communication entre conducteurs et postes de signalisation (ergonomie, sécurité) ; modification de la réglementation des feux avant des trains qui permet une adaptation du matériel beaucoup moins coûteuse.

Bruit (STI NOI)

Mise en place d'une méthode d'évaluation virtuelle de l'efficacité des semelles de frein silencieuses (plus économique).

Personnes à mobilité réduite (STI PMR)

Prise en compte de la modification des systèmes de signalisation sonore et lumineuse pour l'accès aux trains.

Europe's Rail fête sa première année



Ce partenariat public-privé européen soutient les activités de recherche et d'innovation qui permettront de déployer un réseau ferroviaire européen intégré de grande capacité. Lancé en mars 2022, il comporte deux piliers : Système et Innovation. Retour sur l'actualité 2023.

Le pilier Système

Un consortium, qui réunit l'UNIFE, association des industriels européens du ferroviaire, l'EUG, association des gestionnaires d'infrastructure, la CER, association représentative des opérateurs ferroviaires, ainsi que plusieurs opérateurs, a été constitué afin de définir l'architecture du système ferroviaire du futur. Il s'agit de décrire l'architecture actuelle, et surtout future, des grands sous-systèmes comme le contrôle-commande, la signalisation, les systèmes de gestion du trafic et l'attelage automatique (DAC, lire p. 39), ainsi que les interfaces avec les autres modes de transport, comme l'aérien, et les aspects réglementaires. « Fin 2023, nous avons proposé un plan de modification des normes et des STI, qui recense les conséquences des innovations attendues et les évolutions réglementaires associées », indique Aude Chailley, coordinatrice du pilier Système à la direction Interopérabilité, Normalisation et Recherche Europe.

Le pilier Innovation

RAIL4EARTH

Animé par l'Ingénierie du Matériel de SNCF Voyageurs, avec Alstom en pilote, il est un des 6 projets phares du pilier Innovation de

Europe's Rail. Il traite de développement durable : énergie, environnement, économie circulaire, attractivité, résilience, transition écologique, santé... La SNCF s'implique notamment dans les sujets de standardisation des interfaces des batteries à bord et entre sol et bord, d'écolabels des matériels roulants – qui correspondent aux étiquettes énergétiques que nous connaissons sur l'électroménager –, d'adaptation au changement climatique, de qualité de l'air dans les espaces souterrains, de modularité de l'aménagement intérieur, de prévention du bruit et des vibrations ou encore dans le développement de nouvelles technologies de sous-stations. « Nous avons particulièrement insisté pour intégrer l'adaptation au changement climatique, avec le soutien de la

Commission européenne, une thématique qui rencontre un écho particulier après les récentes canicules, tempêtes et inondations. Autre sujet intégré grâce aux efforts de la SNCF : l'attractivité du train, également au cœur de la performance environnementale du système », mentionne Philippe Clément, responsable de la division Recherche, Innovation et Développement au Centre d'Ingénierie du Matériel.

IAM4RAIL

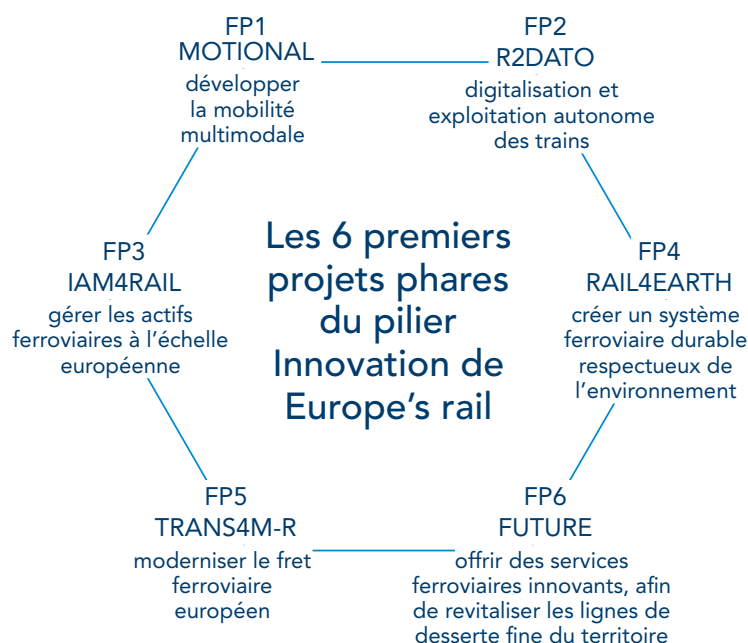
Le projet est coordonné par l'ADIF, le gestionnaire d'infrastructure espagnol. Il rassemble une vingtaine d'opérateurs ferroviaires, dont la SNCF, ainsi que des industriels et des représentants académiques autour de l'*Intelligent Asset Management*. Tout au long de la vie des actifs (infrastructure et matériel

roulant), il s'agit de modéliser, pour mieux les comprendre, les phénomènes de vieillissement, de dégradations, d'usure, les incidents, les dérives..., d'améliorer leur résilience et les interventions. « Le projet s'attache à valider diverses pistes comme le recours à l'IA et à l'analyse de données (spatio-temporelles, croisements entre météo et historiques d'incidents, imagerie), aux LiDAR, rayons infrarouges (inspections techniques et surveillance des tunnels) et sondes à ultrasons (résistance de la voie), à l'impression 3D ou fabrication additive (réparation de pièces...), explique Valéry Versailles, chef du département Physique du Système ferroviaire au sein du programme RESEARCH4FUTURE de la DTIPG SNCF. La SNCF est leader du volet robotique de IAM4Rail. Il s'agit de créer une *market place* qui permettra à chaque membre de l'écosystème ferroviaire européen de construire des robots modulaires pour les usages les plus divers, à partir de briques technologiques – des matériels aux logiciels, en passant par les middlewares, autrement dit les logiciels médiateurs – qui seront toutes compatibles entre elles. »



La parole à
Giorgio Travaini,
Directeur exécutif,
Europe's Rail

« Baisser les émissions de CO₂ de 55 % en 2030, faire de l'Europe le premier continent neutre en carbone en 2050... le *Green Deal* n'est pas un énième discours. Face au changement climatique en cours, toute la planète doit se mobiliser. Europe's Rail, ce sont 600 M€ de fonds publics européens et 600 M€ réunis par les opérateurs, les gestionnaires d'infrastructure, les industriels et le monde académique d'ici 2031 pour contribuer à ces objectifs. Car pour améliorer le système ferroviaire, le soutien à la recherche et à l'innovation dans une approche commune, à l'échelle européenne, est fondamental. Pour contribuer aux objectifs du *Green Deal*, nous agissons selon deux axes : l'écologie et le digital. En faisant naître des technologies qui permettront de baisser encore les consommations d'énergie et les rendront plus propres notamment. Mais le rail ne pèse que 0,5 % des émissions du secteur des transports. Il s'agit donc aussi d'augmenter la performance et l'attractivité du secteur ferroviaire, en le maintenant au cœur d'un système multimodal, pour tripler le trafic grande vitesse et doubler le fret d'ici 2050. Pour cela, le digital sera un accélérateur, tout comme il est un accélérateur de l'innovation. »



2023 a été à la fois l'année de lancement des projets phares de Europe's Rail et celle de la mise en place des outils de pilotage et de la gouvernance entre ses partenaires.

Christophe Chéron,

Directeur adjoint Interopérabilité, Normalisation et Recherche Europe à la DTIPG SNCF



Les coopérations bilatérales se renforcent

Au-delà des programmes européens, les collaborations bilatérales se développent pour renforcer la position du groupe SNCF à l'échelle européenne, que ce soit sur des projets innovants ou sur des enjeux de normalisation.

« Outre le partenariat technologique que la SNCF entretient avec la DB depuis 2016, nous avons amorcé l'an dernier des échanges très prometteurs avec l'opérateur néerlandais NS et le gestionnaire d'infrastructure ProRail, ainsi qu'avec les CFF en Suisse », explique Astrid Parakenings, qui travaille sur les partenariats industriels au sein de la DTIPG SNCF.

Concernant le partenariat SNCF-DB, les Présidents des deux entreprises ont signé, le 1^{er} juin à Potsdam, une charte pour des gares durables, incluant les questions sociales et sociétales en plus des problématiques d'adaptation au changement climatique et d'efficacité énergétique. Ils ont aussi adopté une position commune sur l'architecture du système ferroviaire et renouvelé leurs engagements pour développer l'OpenSource en milieu ferroviaire, après la création en 2022 de la Fondation OpenRail. Les travaux du partenariat franco-allemand sur l'architecture ont notamment servi à enrichir le pilier Système de Europe's Rail. Ils ont en particulier permis de définir le

niveau d'interopérabilité à adopter pour minimiser les investissements, notamment dans les télécoms et la signalisation. Le pilier Système promeut ainsi le développement de systèmes industriels modulaires, évolutifs et partagés entre opérateurs. Pour assurer la transition, ces nouveaux systèmes sont associés à des « plateaux de migration » qui communautarisent les cibles technologiques et les étapes associées jusqu'à l'horizon 2050-2060.

La ligne Marseille-Vintimille, en cours d'équipement ETCS de niveau 2, pourrait servir de modèle pour l'échange de bonnes pratiques de conception et d'exploitation.

De nouveaux financements européens ont également été obtenus pour le développement du futur système de communication mobile en 5G. Ils permettront de travailler les synergies avec les réseaux publics télécoms, de lancer des tests à Strasbourg de la connectivité voyageurs dans les trains transfrontaliers, et de garantir la résilience du réseau en faisant en sorte que le FRMCS (voir p.40)

puisse coexister avec le GSM-R jusqu'à sa disparition. D'autres financements faciliteront la recherche opérationnelle autour de l'IA, pour l'optimisation de la gestion du trafic par exemple. Le déploiement de la base de données européenne pour l'ATO, point de stockage unique accessible à tous les opérateurs européens pour développer leurs propres algorithmes et logiciels, et le développement de la technologie satellitaire EGNOS 2, support pour la localisation des trains, bénéficient également de nouveaux financements.



Les Présidents de la DB et du groupe SNCF : Richard Lutz et Jean-Pierre Farandou.



La délégation SNCF et ses hôtes suisses à Berne, le 14 décembre 2023.

Les CFF : une ponctualité proche de 100 %

Affichant une ponctualité proche de 100 %, les CFF intéressent tout naturellement la SNCF, dont les représentants étaient à Berne le 14 décembre pour étudier le système suisse. Maintenance prédictive, IA et robotisation étaient au programme, de même que la planification travaux, réalisée deux ans à l'avance pour faciliter leur articulation avec les autres modes de transport en commun, sans oublier les SERM, avec l'étude du cas de Zurich, dont le maillage de transports publics assure une desserte jusqu'au « dernier kilomètre ».

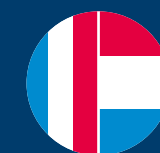


L'ETCS de niveau 2 va permettre de densifier la circulation sur la ligne Marseille-Vintimille.

Mobiliser les acteurs du satellitaire

Dans le cadre de la présidence espagnole de l'Union européenne et avec le soutien de la Commission européenne, Europe's Rail, les agences européennes du Rail (ERA) et de l'Espace (EUSPA), ainsi que les acteurs des applications satellitaires pour le rail avaient rendez-vous à Madrid pour l'événement Space for Innovation in Rail - Towards Satellite-Based ERTMS | #Satellite4Rail.

L'objectif principal était de mobiliser les acteurs du satellitaire pour accélérer les développements à venir, notamment le recours à la communication par satellite pour une localisation des trains beaucoup plus précise que les applications publiques du GPS. L'occasion pour la SNCF de renforcer sa coopération avec d'autres acteurs ferroviaires européens et la filière spatiale. À suivre...



ProRail et NS en pointe sur les flux denses

Le 11 octobre, une délégation de la SNCF a rencontré aux Pays-Bas les équipes Innovation du principal opérateur néerlandais (NS) et du gestionnaire d'infrastructure national (ProRail). Les Pays-Bas sont en pointe sur les questions de maintenance prédictive, d'IA, de gestion des flux passagers et de développement des SERM, du fait de la densité de leur population et de leur réseau ferroviaire organisé en métro à l'échelle du pays. Autant de sujets qui nourriront les échanges franco-néerlandais en 2024.

Comment contribuer à la transition écologique et à l'efficacité énergétique du ferroviaire ?



Décarbonation

— À l'horizon 2050, le groupe SNCF a pour objectif d'atteindre « zéro émission nette » de gaz à effet de serre et s'engage d'ici à 2030 à réduire de 30 % les émissions de ses activités de transport, y compris celles de ses bus, par rapport à 2015. Nouvelles motorisations, carburants innovants, outils de mesure du carbone pour des projets immobiliers plus frugaux, innovation inter-entreprises : la SNCF exploite toutes les voies possibles pour accélérer sa décarbonation.

Train hybride



ACTU 2023 Le 16 décembre, pour la première fois, le TER Régiolis tri-mode hybride (électrique-thermique-batteries) a transporté des voyageurs sur une voie non-électrifiée, entre les gares de Toulouse Matabiau et de Mazamet. Ce voyage a initié l'expérimentation en service commercial qui s'étendra sur toute l'année 2024. Une étape cruciale pour le premier projet de décarbonation par modification de matériel roulant porté par le groupe SNCF.

Besoin

Diminuer rapidement l'empreinte carbone et la consommation d'énergie des TER Régiolis déjà en service.

Solution

- Modification d'une rame Régiolis bi-mode électrique-diesel, dont 2 des 4 moteurs diesel ont été remplacés par des batteries lithium-ion ;

- Stockage sur batteries de l'énergie de freinage, pour la réutiliser au redémarrage, avec une économie d'énergie de l'ordre de 20 % ;
 - Alimentation mixte caténaire / batteries ou gazole ou biocarburants / batteries pour les lignes non électrifiées, avec une autonomie de plus de 1000 km ;
- La combinaison des biocarburants (voir p.26) et de l'hybridation permet de diminuer de 70 % les émissions de gaz à effet de serre.

Partenaires

Régions Occitanie, Grand Est, Nouvelle-Aquitaine, Centre-Val de Loire, Alstom, CAF

Dates-clés

- **2019-2020** – développement et tests du prototype de stockage de l'énergie de freinage
- **2021-2023** – hybridation du TER Régiolis, essais et homologation
- **2023-2024** – exploitation commerciale expérimentale dans les Régions partenaires



Le TER Régiolis hybride a été inauguré le 16 décembre 2023 en gare de Toulouse Matabiau.



Train à batteries



ACTU 2023 Après avoir achevé sa transformation, le tout premier AGC à batteries a commencé sa campagne de tests au Centre d'essais ferroviaires de Bar-Le-Duc (Meuse). Le train à batteries est le second projet de décarbonation par modification du matériel roulant de la SNCF, après le train hybride.

Besoin

Construire un nouveau système de train à batteries couplé à une électrification partielle des lignes pour créer une alternative économique et techniquement robuste à l'électrification complète.

Solution

- Modification de cinq AGC (automotrices de grande capacité) bi-modes électrique-diesel en rames 100 % électriques. Les moteurs diesel sont remplacés par des batteries lithium-ion qui apportent une autonomie de 80 km sur voie non électrifiée. L'alimentation de la traction et de la recharge des batteries reste assurée par le pantographe sur les sections de ligne électrifiées ;
- Stockage dans les batteries de l'énergie de freinage, pour la réutiliser au redémarrage, avec une économie d'énergie attendue de l'ordre de 20 %.

Cette modification bi-mode 100 % électrique permet de baisser les émissions de CO₂ du train de 85 % par rapport à une traction diesel et d'éliminer les émissions d'oxyde d'azote (NOx) par rapport à une traction diesel.



Partenaires

Régions Auvergne - Rhône-Alpes, Nouvelle-Aquitaine, Occitanie, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Hauts-de-France, Alstom

Dates-clés

- **2023** – modification de la première rame pour la Région Nouvelle-Aquitaine et tests au Centre d'essais ferroviaires
- **2024** – essais sur le réseau ferré national et constitution du dossier de demande d'autorisation auprès de l'EPSF
- **2024-2025** – transformation des quatre autres rames et expérimentation en service commercial d'une rame dans chaque région partenaire

Train à hydrogène

H2

ACTU 2023 Le train de présérie est en cours d'assemblage sur le site de production de Reichshoffen depuis mi-2023. En parallèle, des essais de validation des différents équipements hydrogène ont été engagés. Les travaux nécessaires à l'accueil en toute sécurité des rames à hydrogène dans les technicentres ont été définis et programmés. Une station de distribution d'hydrogène est prévue par région partenaire et le premier contrat a été attribué en fin d'année pour la Région Bourgogne-Franche-Comté.

Besoin

Proposer une alternative entièrement décarbonée au diesel et soutenir le développement d'un écosystème autour de l'hydrogène bas-carbone.

Solution

- Tester en circulation commerciale 12 rames Régiolis équipées d'une chaîne de traction à hydrogène (piles à combustible et réservoirs d'H2 associés à des batteries) ;
 - Accompagner les Régions dans les appels d'offres pour définir des solutions de distribution d'hydrogène : unités de production et zones de stockage, éventuellement mutualisées avec d'autres modes de transport, et stations de remplissage en hydrogène, dédiées au ferroviaire ou non ;
- La pile à combustible produira de l'énergie électrique à partir de l'hydrogène stocké tandis que la batterie apportera une puissance supplémentaire au train en phase d'accélération et récupèrera l'énergie de freinage. Le train disposera d'une autonomie de 600 km et pourra utiliser son pantographe sur les voies électrifiées.



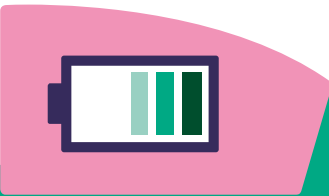
Le train à hydrogène en cours d'assemblage à l'usine CAF de Reichshoffen.

Partenaires

Régions Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Grand Est, Occitanie, Alstom, CAF, ADEME

Dates-clés

- **2022** – fin de la conception du train à hydrogène et premiers prototypes des systèmes de traction
- **2023** – 1^{re} rame de présérie, appels d'offres pour les infrastructures
- **2024** – essais
- **2025** – production des rames de série
- **2026** – livraison des rames et début des circulations commerciales dans les Régions partenaires



Recharge rapide statique

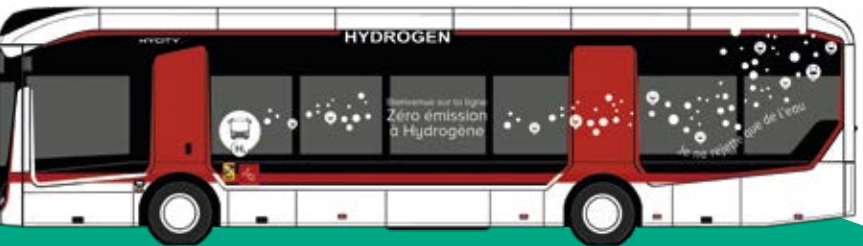
Pour permettre aux trains à batteries d'enchaîner les circulations, même sur les lignes dotées d'un linéaire électrifié limité, la SNCF développe, en partenariat avec Exail, Railenium et Galland, et avec le soutien de la Région Nouvelle-Aquitaine, un projet de recharge rapide statique sous caténaire 1500 volts. Ce système divisera par deux le temps de recharge des trains à batteries, ce qui augmentera leur disponibilité commerciale. Il permettra d'élargir le périmètre d'exploitation de ces nouveaux matériels tout en évitant de coûteux travaux d'électrification. Ce projet était candidat à l'AMI CORIFER 2023.

Électrification partielle des lignes

Cette solution consiste à n'électrifier qu'une partie de ligne, en évitant les tronçons de voies comprenant des infrastructures complexes, comme les ponts et les tunnels, qui génèrent des coûts d'installation et d'entretien importants. Sur ces tronçons, le train circulerait sur ses batteries. Ainsi, les lignes aujourd'hui exploitées avec des trains à motorisation diesel pourront basculer en traction 100 % électrique en n'électrifiant que partiellement la ligne. Différents projets de mise en œuvre sont à l'étude sur le territoire français.

Des bus à hydrogène pour Keolis

En octobre 2023, Clermont-Auvergne Métropole et le Syndicat mixte des transports en commun de l'agglomération clermontoise ont confié à Keolis pour 10 ans l'exploitation de 14 bus à hydrogène à partir de septembre 2024. Avec ses partenaires HYmpulsion, SAFRA, GCK Mobility et Symbio, Keolis a pour mission de structurer le projet de ligne en tenant compte de la conception des infrastructures comme de l'exploitation des véhicules. 10 véhicules neufs et 4 rétrofités, d'autonomies respectives de 500 et 330 km, soit plus que les distances journalières nécessaires à l'exploitation de la ligne, seront donc mis en circulation. La production d'hydrogène vert par électrolyse sera locale et la distribution assurée par une station qui entrera en service à l'été 2024.





Excellence Industrie en Auvergne-Rhône-Alpes

Excellence Industrie, groupement d'entreprises officiellement lancé fin 2022 et dont la SNCF fait partie, s'est mis en ordre de marche tout au long de l'année 2023 pour moderniser, relocaliser et décarboner l'industrie régionale. Bosch Rexroth, BioMérieux, EDF, HEF Groupe, Serfim, Vicat et la SNCF, au travers du « 574 Auvergne-Rhône-Alpes » (voir p.6-7) se sont regroupés pour dynamiser leur capacité d'innovation et la mettre au service de l'économie régionale.

Le consortium a lancé ses premières réflexions sur quatre grands axes de travail :

- **décarboner** pour lutter contre le réchauffement climatique ;
- **développer l'économie circulaire** pour réduire la consommation de ressources, lutter contre les pénuries de matières premières, relocaliser l'industrie et l'emploi ;
- **développer l'usine du futur** pour une industrie plus agile et pour rendre possible la relocalisation ;
- **soutenir la transition numérique** pour accompagner efficacement l'ensemble de ces défis.



Tous les trains de la ligne Paris-Granville circulent désormais au B100.

Biocarburants



ACTU 2023 Des expérimentations menées respectivement en 2022 et 2023 ont permis de valider les biocarburants sur le matériel thermique existant, avec une baisse des émissions de gaz à effet de serre : de 60% avec du B100 et de plus de 75% avec du HVO s'il est issu de déchets retraités.

Besoin

Sortir des énergies fossiles.

Solution

Remplacer le gazole par des biocarburants compatibles avec un moteur diesel :

- Le B100, coproduit de la filière colza ;
- Le HVO, à base d'huile hydrotraitee produite à partir d'huiles végétales (hors huile de palme) ou de déchets retraités (huiles usagées, graisses animales).

Partenaire

Région Normandie (B100)

Dates-clés

- **2022** – poursuite des expérimentations du B100 en service commercial et test du HVO sur banc moteur
- **2023** – expérimentation en service commercial du HVO sur 5 rames XGC en Bourgogne-Franche-Comté et pérennisation du B100 sur 15 rames Regiolis validée par la Région Normandie

Calculatrice carbone

CO₂

ACTU 2023 AREP s'est attaché à finaliser la deuxième version de sa calculatrice carbone, après avoir travaillé à son amélioration avec les utilisateurs. L'ergonomie a été optimisée et de nouveaux modèles paramétriques ont été introduits pour accélérer l'estimation de poids carbone.

Besoin

Permettre aux concepteurs d'estimer l'impact de leurs décisions en phase amont sur l'ensemble du cycle de vie d'un projet immobilier.

Solution

- Un outil d'estimation du « poids carbone » pour évaluer l'impact d'un projet sur le changement climatique en décrivant la typologie du bâtiment (bâtiment, passerelle, parvis...) et ses solutions constructives (toiture, planchers, façades...).

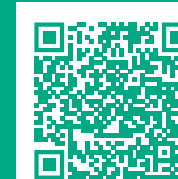
Ces différents paramètres de conception peuvent être modifiés de manière itérative dans l'outil afin d'optimiser le poids carbone du projet.

Dates-clés

- **Fin 2020** – début du développement, tests utilisateurs
- **2021** – première version de l'outil
- **2022** – connexion à la base de données nationale de référence INIES (poids carbone des produits et équipements de construction)
- **2023** – deuxième version de l'outil

Téléchargez ici le livre blanc « Décarboner le transport en France : la voix du ferroviaire »

Porté par la SNCF et la Fédération des Industries Ferroviaires, il incarne la mobilisation de l'ensemble des acteurs de la filière en faveur de la transition écologique.



La calculatrice carbone a été utilisée dans le cadre des travaux du quai 1 en gare de Surveilliers.

Efficacité énergétique

— Optimiser la consommation d'énergie est un enjeu crucial de la conception et de l'exploitation des matériels roulants. Du train de voyageurs à grande vitesse au fret en passant par les matériels régionaux, la SNCF s'emploie à consommer moins et mieux.

TGV M



ACTU 2023 L'année a été consacrée à toute la gamme des essais: à Velim pour les tests statiques et dynamiques, à Vienne pour valider le fonctionnement de la climatisation, du chauffage et de la ventilation intérieure à des températures allant de - 20° à + 45°C, et sur le réseau ferré national pour les premiers tours de roue à 320 km/h.

Besoin

Réduire l'empreinte écologique des TGV tout en augmentant leur capacité d'emport, avec des matériels plus modulaires et accessibles pour répondre à tous les besoins des voyageurs.

Solution

Un éco TGV 100% français permettant d'économiser 20% d'énergie et 30% de coûts de maintenance et présentant le bilan carbone le plus faible de sa catégorie avec jusqu'à 50% d'émissions de CO₂ en moins par rapport aux TGV classiques à 1 niveau et 97% de composants recyclables (Chaque rame est composée de plus de 100 T de matériaux issus du recyclage soit 25% de la masse du totale du train). Avec :

- un meilleur aérodynamisme ;
- un stockeur d'énergie permettant en cas d'incident, comme une rupture d'alimentation caténaire, de maintenir le confort des voyageurs pendant plusieurs heures ou de déplacer le TGV M sur quelques dizaines de km ;
- une isolation thermique des voitures, une fermeture automatique des portes d'accès, le recours à l'écostationnement et un système de chauffage/climatisation plus robuste qui s'adapte à l'affluence à bord pour assurer un confort optimum avec des températures jusqu'à 50°C ;
- une architecture de frein modifiée pour prioriser le renvoi d'énergie à la caténaire ;
- une ventilation optimisée des équipements techniques (moteurs, transformateurs...);



La 3^e rame d'essais du TGV M sur le réseau ferré national.

- de nouvelles consignes (éco-conduite, éco-stationnement, gestion des rames et motrices à l'arrêt) qui entraîneront des gains supplémentaires sur les consommations d'énergies, au-delà des 20% déjà estimés.

Un TGV modulaire, plus capacitair, plus accessible et connecté :

- 740 passagers (634 aujourd'hui) ;
- un nombre de voitures (7, 8 ou 9) adapté à la fréquentation ;
- des espaces transformables (1^{re} ou 2^e classe, sièges en moins ou en plus) ;
- une capacité d'emport de 8 vélos ;
- une accessibilité en totale autonomie, pensée avec les associations de personnes à mobilité réduite ;
- un réseau de capteurs intégré pour une meilleure fiabilité et une maintenance prédictive.

Partenaires

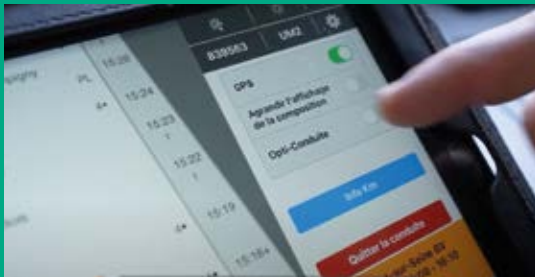
ADEME, Alstom, Nendo

Dates-clés

- **2018** – 100 rames commandées pour la France, 15 pour les trajets européens
- **2022** – première rame présentée chez Alstom à La Rochelle
- **2023** – essais statiques et dynamiques, climatiques et de pré-validation
- **2024-2025** – essais d'admission et de pré-exploitation
- **2025-2035** – déploiement, sur l'axe Paris-Lyon-Marseille en premier lieu

Eco-stationnement : une autre piste pour optimiser les consommations énergétiques

Pour évaluer puis diminuer les consommations d'énergie des rames en stationnement, des outils d'alertes et des tableaux de bord permettant de mesurer et de sensibiliser les agents à une meilleure gestion des engins ont été développés: VigiLoc Eco-stationnement pour le fret et LiveMAT Energie pour le transport régional. Chez Fret SNCF, les résultats se sont sensiblement améliorés en 2023 par rapport à 2022: - 11% sur le thermique. Chez TER, sur la même période, la baisse atteint 24,5% pour les séries de matériels monitorés, essentiellement en mode électrique, dont le suivi a été renforcé.



Jumeau énergétique des matériels roulants SIM3-PO



ACTU 2023 La validation des modèles d'AGC dans l'outil SIM3-PO a abouti au lancement d'une première étude pour la Région Nouvelle-Aquitaine, en vue de la mise en service du tout premier train à batteries français fin 2024, les simulations ayant confirmé la robustesse du système en exploitation, y compris en cas d'aléas. Des travaux ont par ailleurs été lancés durant l'année pour définir les stratégies de conduite à même d'économiser toujours plus énergie.

Besoin

Estimer finement les consommations d'énergie des matériels roulants pour rendre les trains du futur plus économes et respectueux de l'environnement.

Solution

- Développer une plateforme de simulation pour évaluer les performances des matériels roulants sous différentes configurations et valider les conditions d'une exploitation robuste ;
- Construire un jumeau énergétique, en modélisant la chaîne de traction de chaque matériel (bimode électrique, hydrogène, hybride, batteries rechargeables/ BEMU, tramway...) pour simuler les flux d'énergie et les effets du remplacement du groupe moteur thermique/ alternateur/redresseur par des packs batteries ;
- Modéliser les interactions conducteurs pour intégrer les effets de la conduite.

Partenaire

Masteris

Dates-clés

- **2021** – développement de SIM3-PO
- **2022** – modélisation AGC BEMU, bimode électrique (caténaies/batteries rechargeables), Régiolis hybride (électrique/thermique/batteries), tramway
- **2023** – utilisation industrielle, étude Nouvelle-Aquitaine, début de la modélisation conducteur
- **2024** – modélisation H2
Alignement des outils de mesure des consommations de la climatisation avec SIM3-PO

Autonomie énergétique

— Avec SNCF Renouvelables (voir p.14-15), le groupe SNCF va devenir un des premiers producteurs d'électricité verte de France. Il cherche aussi à développer des solutions de stockage et d'injection des énergies renouvelables dans le réseau.

Stockage d'énergie



ACTU 2023 Au sein du Technicentre de Bretagne, la construction de l'enceinte a été achevée et les travaux de design de l'installation se sont poursuivis. Les essais sont prévus pour 2025.

Besoin

Développer des solutions massives et durables de stockage des énergies renouvelables pour favoriser leur utilisation en milieu ferroviaire.

Solution

Un système de stockage fondé sur le principe de la conversion thermique appelé « batterie de Carnot » convertissant une production intermittente (jusqu'à 5 MWh) en électricité « pilotable » :

- l'électricité est transformée en chaleur via des turbomachines (1 MW de puissance) ;
- la chaleur est stockée dans deux réservoirs, au moyen de matériaux réfractaires (basaltes, céramiques) ;
- la chaleur est reconvertie en électricité pendant la phase de déstockage. Le rendement attendu est de 70 % C'est une première mondiale (brevetée par STOLECT).

Partenaire
STOLECT

Dates-clés

- **2023** – pose de la première pierre du démonstrateur
- **2024** – installation des deux réservoirs de roche et des turbomachines
- **2025** – finalisation et début des essais

Les partenaires du projet, lors de la cérémonie de pose de la 1^{re} pierre du démonstrateur en avril 2023.



RACCOR-D



(Réseau ferroviaire à courant continu intelligent pour le verdissement de l'énergie électrique)

ACTU 2023 Ce projet de *smart grid* dispose désormais d'un site dédié pour tester et valider ses différentes briques technologiques. Les premières batteries l'ont été, en chaîne industrielle, en 2023. Le raccordement à la caténaire est prévu fin 2024, début 2025. La connexion du champ photovoltaïque, l'installation et le raccordement seront effectués fin 2025.

Besoin

Faire du réseau en courant continu à 1 500 volts un réseau multidirectionnel intelligent et plus sobre, qui puisse à la fois récupérer l'énergie de freinage dans des batteries installées dans les sous-stations électriques et intégrer de nouveaux composants, comme des panneaux solaires ou encore des bornes de recharge de voitures électriques. La récupération d'énergie permettrait d'économiser 10 à 15 % d'énergie. Aujourd'hui, c'est environ 5 % de la consommation du groupe SNCF qui est perdue sans pouvoir être réinjectée dans le réseau amont.

Solution

- Un convertisseur à courant continu (transformateur électronique à fréquence élevée, de masse et de volume très réduits) permettant une montée en tension entre 6 000 et 9 000 V (première mondiale) ;
- Un champ photovoltaïque à très haute tension, jusqu'à 9 000 V (première mondiale) ;
- Un site test pour expérimenter et valider les briques technologiques mises en œuvre et permettre d'insérer des sources d'énergie renouvelable sur les emprises ferroviaires.

Le + : un travail environnemental autour des panneaux solaires (agrivoltaïsme, plantations, ruchers)

Partenaires

SCLE-SFE, RTE, Railenium, Institut national polytechnique de Toulouse, laboratoires académiques Laplace, JUNIA (L2EP Lille), CEA. Financement BPI France (France 2030)

Dates-clés

- **2021** – lancement du projet
- **2022-2023** – prototypage, études d'industrialisation
- **2024-2026** – essais sur plateforme

Sobriété

— La sobriété n'est pas qu'énergétique. La consommation de toutes les matières est interrogée, de l'eau aux métaux rares en passant par les textiles. Elle réside aussi dans le choix de matières plus neutres pour l'environnement et dans la lutte contre l'obsolescence programmée, pour sortir de la logique du « produire-consommer-jeter ».

Allongement de la durée de vie des matériels roulants



ACTU 2023 L'expertise d'une trentaine de rames TGV Duplex a été lancée pour prolonger leur durée de vie de 10 ans. Si l'Ingénierie SNCF pouvait déjà s'appuyer sur son expérience des rames à un niveau en acier, sur les opérations mi-vie des rames Duplex et sur les simulations et crash-tests du constructeur, l'étude de la résistance de la structure en aluminium des rames TGV Duplex constitue une des nouveautés.

Besoin

- Prolonger la vie des TGV 2 niveaux au-delà des pratiques habituelles (durée de vie constructeur : 30 ans) pour répondre au besoin croissant de transport des Français ;
- Réutiliser un matériel toujours en bon état, déjà prolongé de 2 à 4 ans grâce à une maintenance exigeante, en le prolongeant de 10 ans encore ou jusqu'à 20 millions de km (contre 15 actuellement).

Solution

Un programme « Opérations d'Obsolescence Déprogrammée » de TGV-Intercités, reposant sur l'expertise de tous les éléments organiques et fonctionnels du TGV Duplex (bogies, blocs moteurs, câblages, structure de caisse...). Ces nouveaux savoirs devraient être mobilisés dès 2026 lors de la future opération sur ces rames. Avec :

- identification des zones maîtresses fragiles, grâce à différents outils et techniques : tour d'engin visuel, endoscopie de la structure interne, drone d'expertise des toitures, contrôles non destructifs (magnétoscopie, ressuage, ultrasons, courant de Foucault), etc. ;
- identification des causes racines, recherche de solutions (enduit spécifique développé avec l'Agence d'Essai Ferroviaire pour lutter contre la corrosion due aux produits chimiques des toilettes, modification de joints et vigilance accrue sur la qualité du soudage pour lutter contre les fissures de l'aluminium générées par une exploitation soutenue à grande vitesse) ;
- élaboration d'une cartographie précise des zones défaillantes, liste des travaux à mener sur chaque rame et dimensionnement des réparations par simulation numérique ;
- proposition de modifications par opportunité : baisser les consommations d'énergie, améliorer le confort intérieur, etc.

Dates-clés

- **2022-2023** – lancement du programme et expertises des structures de caisse en aluminium
- **2024-2025** – poursuite des études sur les organes, études sur les planchers intermédiaires, rédaction des inventaires de travaux de maintenance, optimisation des méthodologies de renforcement et réparations
- **2026** – lancement de l'opération destinée à prolonger la fin de vie des TGV Duplex en technicentre industriel.



Second Life

ACTU 2023 L'année a été consacrée à l'analyse des besoins des acteurs en charge de la récupération de matériels ferroviaires, afin de créer un outil qui facilitera le tri des produits de signalisation pour mieux les réutiliser ou les valoriser.

Besoin

- Donner une seconde vie aux produits ou composants des produits de signalisation (déposés ou reliquats de chantiers);
- Allonger la durée de vie des postes d'aiguillage mécaniques.



Solution

Une appli mobile pour identifier le produit sur le terrain et fournir les informations nécessaires à sa seconde vie :

- modélisation 3D des produits;
- identification par reconnaissance d'image du type de produit avec un smartphone/une tablette;
- intégration de consignes dans les bases de données descriptives des produits:

réemploi ou valorisation (revente, recyclage).

Dates-clés

- **2022-2023** – émergence du projet
- **2024** – prototype avec une vingtaine de produits, *Proof of Concept* (POC)
- **2025-2026** – industrialisation

Mobil'Quai : la deuxième vie des matériaux composites

C'est une technologie brevetée qui intéresse le groupe SNCF : des dalles à base de matériaux composites broyés et compressés, qui ont l'avantage de ne pas imperméabiliser les sols qu'elles recouvrent. En cas d'altération, elles peuvent à nouveau être broyées pour produire de nouvelles dalles.

Le projet, lancé en février 2023 par la SNCF et déposé à l'AMI CORIFER en novembre, consiste à adapter ces dalles au milieu ferroviaire (résistance, normes de sécurité), et à étudier les sous-produits SNCF qui pourraient être revalorisés pour les créer. L'objectif est de développer des prototypes pour lancer les campagnes d'essais en 2025 et un premier de série en 2026-2027 (sous réserve de financement dans le cadre de France 2030). Le projet vise également à penser « design de service » pour intégrer bandes de guidage pour personnes malvoyantes et objets connectés pour les boucles magnétiques guidant les personnes malentendantes par exemple. Au-delà de l'amélioration de l'accueil des voyageurs, cette solution agile permettrait de proposer de nouveaux points d'arrêt, événementiels ou dans une optique d'infrastructure frugale (SERM, trains légers, quais de chargement et de manutention, création d'embranchement particulier...).

CAT FIC



ACTU 2023 Le projet a été lancé en septembre, avec pour objectif de mettre en place des circuits d'économie circulaire pour le cuivre utilisé pour la traction électrique. Les études préliminaires évaluent le bénéfice de cette valorisation à une économie d'émission de carbone de l'ordre de 25 %.

Besoin

Développer une consommation raisonnée du cuivre, sur un marché en forte tension et face à une extraction de plus en plus onéreuse, consommatrice en eau et énergivore.

Solution

- Identifier les potentielles filières de recyclage du cuivre d'origine ferroviaire (iso qualité), mettre en place des process industriels de tri, supply chain et recyclage de la matière;
- Expérimenter le réemploi des fils de contacts du réseau principal sur des lignes moins circulées (ligne de desserte fine du territoire, voie de service, recharge statique...) et modifier les référentiels de conception pour autoriser un réemploi jusqu'ici proscrit;
- Développer les chaînes logistiques associées : préparation / tri de la matière, contrôle qualité et essais, déploiement de fils de contact issus du recyclage ou du réemploi.

Partenaires

MTB Recycling, CIMES, LamCube Centrale Lille. Labellisé par le pôle de compétitivité TEAM2



Dates-clés

- **2024** – cartographies, méthodologies et études
- **2025** – expérimentation

Réduire l'empreinte environnementale

— Avec ses infrastructures, ses gares, ses points de desserte et ses établissements industriels, le groupe SNCF est en interaction directe avec une multitude d'écosystèmes. Maîtrise de la végétation et protection de la biodiversité s'inscrivent ainsi dans les pratiques de ses équipes.

Gestion naturelle du couvert végétal



ACTU 2023 SFERIS a réalisé les premières expérimentations de la solution de biominéralisation au sein de son laboratoire opérationnel implanté dans le Morvan.

Besoin

Développer des alternatives naturelles au glyphosate et limiter les besoins d'entretien de la végétation le long des voies.

Solution

SFERIS a étudié un nouveau produit liquide, composé de bactéries non pathogènes et capables de produire du carbonate de calcium pour solidifier des grains de sable entre eux : elle recrée le processus de biominéralisation des organismes vivants (production de matériaux durs : os, coquilles...), et empêche la repousse de la végétation. Durée d'efficacité étudiée : 5 ans.

Partenaire

GreenPRAXIS

Dates-clés

- **2022** – lancement par SFERIS du Laboratoire opérationnel de gestion durable du couvert végétal
- **2023-2024** – expérimentations et perfectionnement
- **2025** – solution commerciale



Haro sur la renouée du Japon

Plante exotique envahissante, la renouée du Japon se propage dans les emprises ferroviaires et provoque de nombreux problèmes techniques (déformation de la voie, disjonctions, risques d'accident du travail, etc.). Un programme expérimental sur dix ans a été engagé pour tester des solutions de bâchage qui permettront de contenir son expansion. Des tests sont actuellement menés en Saône-et-Loire et sont suivis par l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE). Les premiers résultats sont encourageants et ont été présentés lors des rencontres techniques ferroviaires de juin 2023.

Limiter les heurts d'animaux

Les conséquences des heurts de trains avec les grands mammifères sont importantes : retards et suppressions de trains, remise en état des matériels impactés... Différentes solutions sont à l'étude pour limiter ces heurts. Des systèmes d'effarouchement sonore sont testés, installés le long des voies ou embarqués à bord des trains. Une thèse menée dans le cadre d'une convention industrielle de formation par la recherche (CIFRE), en partenariat avec l'université de Saint-Etienne et le Museum national d'Histoire naturelle, a pour but de créer un son d'alerte commun aux grands mammifères et capable de déclencher leur fuite. Après la création de différents sons en laboratoire, des essais ont été menés auprès d'animaux de la réserve zoologique de la Haute-Touche. Ces tests seront prochainement réalisés en milieu ferroviaire.

Adaptation au changement climatique

— Le changement climatique est déjà une réalité qui, entre chaleurs extrêmes, inondations, glissements de terrain et affouillements, impacte le système ferroviaire. Les nouvelles technologies, et notamment la digitalisation du réseau et l'IA, permettent d'en mesurer les effets à long terme sur le matériel roulant et les infrastructures, et de développer des stratégies d'adaptation.

Platipus

(Projets pour L'Analyse du patrimoine à risque – Parties subaquatiques et en Site aquatique)

ACTU 2023 L'année 2023 a été consacrée à fiabiliser le travail d'automatisation des algorithmes de machine learning, visant à mieux qualifier le risque d'affouillement au droit des ouvrages d'art sur la plateforme Platipus, en y intégrant des paramètres relatifs au changement climatique. Plusieurs études sont également parvenues à terme comme celle de l'université Gustave-Eiffel, partenaire du projet, mandatée par SNCF Réseau pour analyser la possibilité de transposer la technique d'évaluation de l'état des piles de ponts (essai de vibration par impact), développée par le RTRI, l'entité de recherche de Japan Railways, aux ponts-rails du réseau français.

Besoin

Anticiper l'impact des phénomènes climatiques remarquables sur les 10 000 ouvrages d'art en site aquatique du réseau, dont les conséquences peuvent provoquer l'affouillement des fondations et détériorer et/ou déséquilibrer les structures qu'elles supportent, voire provoquer leur effondrement dans les cas extrêmes.

Solution

Créer un outil d'aide à la décision basé sur l'IA pour :

- identifier les ouvrages sensibles soumis au risque d'affouillement ;
- optimiser la surveillance et les opérations de maintenance pré-correctives ou préventives.



Platipus vise à sécuriser les ouvrages d'art ayant des fondations en rivière.

Partenaires

Université Gustave-Eiffel, setec, MOMI, Resalliance, Deltares (Pays-Bas), Network-rail (GB), Japan Railways et RTRI (Japon)

Dates-clés

- **2019-2021** – lancement du projet, des études de diagnostic et de stabilité des ouvrages
- **2022** – lancement des plateformes numériques Platipus (programmeurs / utilisateurs)
- **2023-2024** – fiabilisation et livraison des études
- **2025-2026** – validation et déploiement industriel de la solution de Machine Learning

Protection contre le rayonnement solaire et bilan énergétique

En 2023, la direction du Matériel a testé, à l'aide de son logiciel Climax, l'impact de l'installation de solutions de protection contre le rayonnement solaire (films sur les vitres, peinture athermique en toiture) sur les consommations énergétiques, en conditions hivernales. Le monitoring des rames Ouigo España, TGV 2N du réseau Sud-Est et voitures Corail a ainsi validé l'absence de dégradation de ces consommations et des gains de confort en situation de réchauffement climatique.



Adaptation des matériels roulants

ACTU 2023 2023 est l'année de lancement du projet Adaptation des matériels roulants au changement climatique. Il s'inscrit dans la lignée de RAIL4EARTH (voir p.18) et du Datathon organisé cette même année par le groupe SNCF, dont l'approche –faire parler les données du matériel pour identifier les signaux faibles– s'est révélé prometteuse.

Besoin

Identifier les vulnérabilités des matériels roulants et l'évolution de leurs consommations face au réchauffement climatique, en anticipant les aléas futurs, à partir de signaux considérés comme faibles aujourd'hui et potentiellement forts demain.

Solution

- Créer un outil de modélisation des vulnérabilités, basé sur l'IA (machine learning), croisant les données climatiques de Météo France, des réseaux de bord des trains (MyTrainData), de la GMAO du matériel (Osmose) et du logiciel de suivi de la régularité des trains (Bréhat) ;
- Exploiter ces données pour caractériser l'évolution attendue des impacts du changement climatique et les conséquences en cas d'inaction ;
- Définir des priorités d'investissement pour rendre les matériels résilients face au changement climatique.

Dates-clés

- **2023** – lancement de RAIL4EARTH ; datathon SNCF ; lancement du projet Adaptation des matériels roulants
- **2024** – création de l'outil, validation des modélisations

Outil de prédiction des risques climatiques

ACTU 2023 Mieux investir pour s'adapter au changement climatique devient crucial. C'est tout l'enjeu de l'outil de prédiction des risques climatiques développé en 2023 dans le cadre du projet Minerve (création d'un jumeau numérique du système ferroviaire). L'outil est déployé dans toute la France, avec une phase pilote en PACA destinée à approfondir les travaux de modélisation et à valider sa robustesse. Portant à l'origine sur le seul réseau, la volonté est de l'étendre à l'ensemble du système ferroviaire pour une approche unifiée d'analyse des risques.

Besoin

Évaluer la résilience des infrastructures du système ferroviaire face au changement climatique et disposer d'un outil d'aide à la décision, en matière d'investissement entre autres.

Solution

Créer un outil d'aide à la décision, combinant système d'information géographique (SIG) et IA pour :

- recenser et modéliser les aléas climatiques à partir des bases de données de référence françaises et européennes ;
- modéliser les vulnérabilités face à ces aléas à partir des historiques d'incidents et des lois de défaillance qui en sont déduites (nature, fréquence, intensité) ;
- objectiver les risques par actif et par aléa, par territoire, sur une échelle de temps donnée pour identifier les priorités, les risques et les gains en matière d'investissements.

Partenaires

Kayrros, Centrale Supélec, setec, Systra

Dates-clés

- **2023** – lancement du projet, validation des modélisations
- **2024** – déploiement en territoire pilote (PACA)
- **2025** – généralisation et poursuite des travaux pour une approche système

Comment renforcer notre performance industrielle ?



Train connecté

— Automatisation, traitement exponentiel de données, etc. : les technologies intelligentes révolutionnent l'exploitation voyageurs et fret. Elles sont aussi un défi de cybersécurité.

Optimiser la localisation des trains



ACTU 2023 Le projet Loc4Rail s'est achevé en démontrant l'efficacité de la solution : un système permettant la localisation des trains, fiable et précise, grâce à différents types de capteurs. Le projet CLUG*, poursuit ses développements sous le nom de CLUG 2.0 et au sein du projet R2DATO de Europe's Rail pour les futures STI ERTMS.

** Certifiable Localisation Unit with GNSS in the Railway Environment, financé par l'Europe*

Besoin

Faire circuler plus de trains en toute sécurité, à coûts maîtrisés, en permettant une réduction significative des équipements au sol.

En réunissant entreprises ferroviaires, industriels (signalisation ferroviaire, navigation), laboratoires et instituts de recherche, la démarche cherche à soutenir le développement de la numérisation et de l'automatisation des trains autour d'une brique de localisation au service du contrôle de vitesse, du suivi des trains ou encore de la surveillance de la voie.

Solution

Le futur système de localisation s'appuiera sur les systèmes satellitaires GPS et Galileo. Il hybridera des données GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), cartographiques et de navigation inertielle. Le projet s'est décliné en deux solutions de géolocalisation :

- le projet français Loc4Rail, basé sur la technologie de navigation inertielle de la société Exail, ainsi que sur la technologie GNSS précise (GeoFlex et CNES) ;
- les projets européens CLUG et CLUG 2.0, utilisant le service d'augmentation GNSS européen EGNOS (en partenariat avec Airbus).

Pour ces deux solutions, certaines applications sont déjà identifiées :

- la technologie inertielle issue de Loc4Rail pourrait être utilisée pour la recharge rapide statique des trains (lire p.24) ;
- les solutions satellitaires (basées sur le service d'augmentation GNSS européen EGNOS), seront une brique essentielle de l'ETCS niveau 3 par blocs mobiles.

Partenaires

CLUG 2.0 : DB, SBB, Airbus DS, ENAC, CAF, Siemens, UNIFE, EUSPA.

Loc4Rail : Exail, Geoflex, CNES



Dates-clés

- **2019** – lancement de CLUG (/2022) et Loc4Rail (/2023)
- **2023** – lancement de CLUG 2.0 et R2DATO
- **2026-2027** – démonstrations de performance pour l'ERTMS et opérationnelles sol-bord (géolocalisation pour la recharge rapide)
- **2031** – solutions de géolocalisation en sécurité (SIL4) et interoperables, prêtes pour l'ERTMS

Sirius Next

Les conducteurs disposeront en 2024 d'un nouvel outil d'aide à la conduite, Sirius Next, dont le projet a été lancé en 2021. Il offrira plus de fonctionnalités que son prédécesseur, Sirius NG, grâce à un algorithme intégrant les enjeux de régularité, d'économie d'énergie et de préservation du matériel. Les caractéristiques de l'infrastructure et du matériel roulant y seront intégrées pour proposer des vitesses de référence dynamiques et optimiser les accélérations/freinages. Le gain en énergie sera de 10% en moyenne. Une vue profil offrira une vision du parcours à venir sur la voie de circulation du train (points remarquables, prochain arrêt, heure prévue/temps réel), de son profil (pentes et rampes), avec les vitesses maximales et les zones de chantier.





Développement de plateformes de simulations et de tests d'interopérabilité et de modularité

ACTU 2023 Le banc de test du Laboratoire ERTMS France (LEF) de l'Ingénierie du Matériel du groupe SNCF (CIM Le Mans) s'est enrichi de nouvelles capacités de simulation dans le cadre du projet R2DATO de Europe's Rail. Un partenariat avec le laboratoire espagnol CEDEX est aussi à l'étude pour concevoir et réaliser des tests d'interopérabilité de systèmes sol et bord.

Besoin

Développer des solutions de tests des nouvelles briques technologiques de la digitalisation du ferroviaire et mettre en œuvre un réseau collaboratif de laboratoires dédiés à la mise au point, la validation et la certification des nouveaux systèmes.

Solution

Grâce aux technologies génériques et adaptables du banc de test totalement modulaire du LEF, les nouveaux systèmes de géolocalisation, de perception de la signalisation latérale ou de radio basée sur la 5G (FRMCS) seront testés en collaboration avec différents partenaires européens, agissant au sein d'un réseau d'expertise indépendant de l'industrie, et de partenaires industriels. Ce banc offrira une solution de tests complète pour les aides digitales à la conduite. Une petite révolution dans le monde de la certification et des essais d'interopérabilité. Le premier prototype qui devrait être disponible pour ces tests est le système de géolocalisation des trains.

Partenaires

Université Gustave-Eiffel, Railenium, ADIF, CEDEX, RENFE, DB, KB, DLR, CAF, NS, GTSD, Hitachi, SMO, Mermec, FSI, RFI, ATSA, TRV, KTH, Chalmers

Dates-clés

- **2023** – déploiement de R2DATO et intégration des spécificités GNSS au banc de test
- **2024** – test d'un prototype de système de géolocalisation

Laboratoire ITxPT

S'appuyant sur l'expertise du LEF (certification des équipements ERTMS), le groupe SNCF a créé un nouveau laboratoire avec l'association ITxPT, afin de réaliser des tests de labellisation des équipements et logiciels des bus et tramway. L'objectif d'ITxPT est de déployer des standards d'interopérabilité et d'interchangeabilité des équipements, pour plus de modularité, de maintenabilité sur l'ensemble du cycle de vie des matériels roulants, et de proposer un système de mobilité publique moins coûteux. Accrédité en juin 2023, le laboratoire travaille déjà pour une vingtaine de clients à l'International. Des spécifications pour le ferroviaire seront aussi publiées en 2024, augurant de nouveaux marchés.

DAC

Attelage automatique numérique des wagons de marchandises



ACTU 2023 Au cours de l'année, les processus opérationnels du DAC ont été définis, et vont désormais nourrir ses spécifications fonctionnelles. L'analyse de ses contraintes pour l'exploitation a été achevée. Le prototype de e-coupleur, partie électrique de transmission de données du DAC, est en cours de sélection auprès des industriels.

Besoin

Automatiser les opérations d'attelage/découplage des wagons pour améliorer sensiblement l'efficacité du fret ferroviaire et harmoniser le système ferroviaire européen. L'attelage automatique numérique est le projet d'innovation prioritaire en matière de fret ferroviaire en Europe.

Solution

Le fret ferroviaire européen repose sur un système à vis universel qui rend les opérations de couplage et de découplage chronophages et pénibles pour les agents. Sa digitalisation repose sur :

- une connexion numérique embarquée ;
- des capteurs de surveillance : freins, roues, conduite générale, chargement, intégrité du train... (projet Monitor lancé en février 2023) ;
- un partage de données opérationnelles et de localisation des wagons au niveau européen ;
- des essais de freins automatisés.

Conjugué, à terme, à des technologies comme l'ERTMS, le DAC permettra de faire circuler des trains plus longs et lourds, tout en fournissant des informations essentielles concernant l'intégrité du train.

Partenaires

Consortium DAC4EU au sein du projet TRANS4M-R de Europe's Rail : DB Cargo, Rail Cargo Austria, RLE, Mercitalia, Renfe, Siemens, Alstom, Knorr-Bremse, Faiveley-Wabtec, Voith, Dellner

Dates-clés

- **2022** – essais du démonstrateur allemand par Fret SNCF
- **2025-2026** – version industrielle (DAC5), essais de frein automatisés, études de migration et de financement
- **2028-2033** – projet d'une possible migration en deux temps : dispositif compatible avec l'attelage à vis puis remplacement par le DAC

RECHERCHE EXPLORATOIRE

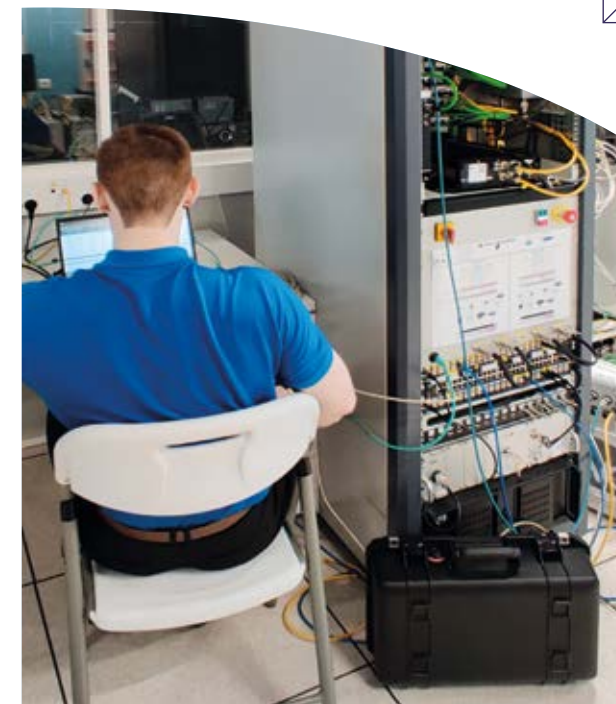
Cybersécurité

Tout système connecté est vulnérable aux attaques informatiques. Pour fiabiliser l'accès aux services de mobilité et garantir la protection des données personnelles, la cybersécurité, alliée à l'hypervigilance des collaborateurs, est incontournable.

La cybersécurité s'appréhende dès la conception d'un projet et durant tout le cycle de vie du système. Parmi ses outils : l'IA, à même de détecter une attaque, d'isoler et détruire un virus avant infection du système. La recherche se penche aussi sur l'analyse des techniques employées par les auteurs des attaques en vue d'automatiser la protection et sur la construction de remparts technologiques pour des systèmes appelés à traiter un nombre toujours plus considérable de données, en vue de les rendre résistants et résilients.

POC Sondes Cybersécurité

Une sonde de détection de cyberattaque est un équipement, virtuel ou matériel, qui analyse le flux d'un réseau et fait remonter des informations et des alertes quant à son fonctionnement. Un POC (Proof Of Concept) a été lancé en 2023 par les experts du cluster Sécurité système du réseau Synapses (lire p.7) pour étudier la fiabilité de différentes sondes disponibles sur le marché. Ses résultats orienteront la stratégie d'achat, ou de développement en interne, de sondes adaptées aux besoins du ferroviaire.





Réseau connecté

— 5G, intelligence artificielle, IoT intelligent, laser, 3D... le digital révolutionne la surveillance, la maintenance et l'exploitation des infrastructures pour créer le réseau ferroviaire du futur.

FRMCS

Un véritable programme pour révolutionner les communications du système ferroviaire à l'échelle européenne.

Le GSM-R, système de communications mobiles ferroviaires interopérable et sécuritaire, support des communications vocales entre conducteurs et régulateurs comme de la signalisation, s'appuie sur la 2G et arrive à obsolescence en 2035. Le *Future Railway Mobile Communication System* (FRMCS), basé sur la 5G et le MCx (priorisation d'appels, appels de groupe, etc.), va progressivement le remplacer et offrira beaucoup plus d'applications : autonomie des trains, vidéosurveillance... Pour élaborer ses standards et tester ses briques technologiques, 5 projets collaboratifs ont été mis en place :

5GRail Projet européen achevé en 2023 par des tests en laboratoire et de terrain des premiers prototypes 5G FRMCS constitutifs du réseau et du système sol-bord (première mondiale).

R2DATO Projet faisant suite à 5GRail en 2023 dans le cadre de Europe's Rail, qui permettra de transformer les prototypes de 5G FRMCS en produits industriels.

5GRACOM Projet franco-allemand né en 2023, qui explore liaisons et couverture radio pour garantir la qualité des communications, tout en réduisant les coûts en évitant le déploiement de nouveaux sites radio.

5GREMORA

Ce projet permet aux acteurs télécom français de profiter des campagnes d'essais réalisées dans le cadre de 5GRACOM. Ce projet est financé par l'ANR (Agence nationale de la recherche).

Cœur 5G SNCF

Projet Bpifrance lancé en 2022 par la SNCF pour étudier les possibilités d'interconnexion avec d'autres réseaux 5G privés, afin de répondre à des besoins non sécuritaires des gestionnaires d'infrastructure ou des entreprises ferroviaires, notamment dans les centres de maintenance.

Ces 5 projets traitent différentes briques du futur système de communication mobile ferroviaire (FRMCS) qui va succéder au GSM-R. Afin d'assurer la cohérence d'ensemble de ce système qui pourrait être le principal catalyseur de la numérisation du transport ferroviaire, un programme devrait être lancé en 2024 à l'échelle européenne dans le cadre de Europe's Rail, avant un déploiement massif du FRMCS à partir de 2030.



Mobiles Autonomes de Reconnaissance en Sécurité

Projet candidat à l'AMI CORIFER 2023

ACTU 2023 Capitalisant sur les travaux de recherche portant sur la digitalisation de la conduite, le projet MARS est une première mondiale et a été labellisé par le pôle de compétitivité i-Trans. Il s'incarnera à travers un véhicule autonome de niveau GoA4, qui circulera à 230 km/h pour ouvrir la voie aux circulations TGV.

Besoin

Proposer un système de reconnaissance des lignes TGV plus souple, plus économe, plus écologique et plus performant qu'une rame TGV que l'on soustrait chaque matin au service commercial.

Solution

- Une flotte de « mobiles autonomes de reconnaissance en sécurité », placés à des points stratégiques du réseau et programmés pour effectuer des marches de reconnaissance, sous le regard d'un superviseur qui en contrôle le bon déroulement ;
- Des mobiles circulant à grande vitesse, dotés d'une vision à 360 degrés, équipés de capteurs, de caméras, de LiDAR, qui analysent et envoient en direct les informations nécessaires pour garantir la sécurité des circulations à venir ;
- Des données récoltées qui profitent à la mission de maintenance du réseau ferroviaire ;
- Un système MARS, tremplin pour l'innovation des industriels français du ferroviaire, dont les différentes briques technologiques pourront être utilisées pour les trains du quotidien.

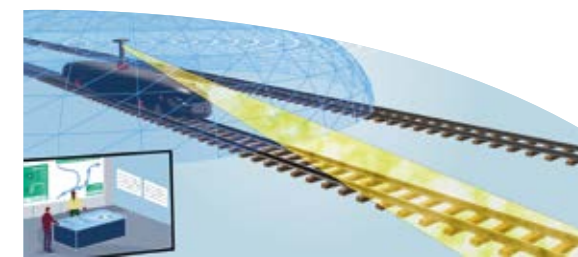
Partenaires

Forsee Power, Hitachi Rail STS, Railenium, Socofer France, Spirops

Dates-clés

(sous réserve de financement dans le cadre de France 2030)

- **2022-2023** – développement du concept
- **2024** – lancement du projet
- **2026-2029** – réalisation d'un démonstrateur
- **2030** – appels d'offre pour la construction des mobiles



SURFO



ACTU 2023 Pour valider le principe de « SURveillance par Fibre Optique », SURFO a intégré divers projets en 2023 : détection de défauts de rail (Marseille-Vintimille), monitoring du sous-sol (Les Aubrais-Vierzon), suivi des trains et autres usages (LGV Est, après EOLE en 2021).

Besoin

Surveiller la plateforme et son environnement en temps réel, en utilisant les 28000 km de fibres optiques du réseau ferroviaire.

L'objectif de SURFO est de confirmer qu'il est possible de transformer la fibre optique en capteur de vibrations, et d'identifier les cas d'usages à valeur ajoutée pour l'entreprise.

Solution

- Développer des algorithmes de traitement de signal pour traduire les vibrations en données permettant d'identifier des anomalies ;
- Catégoriser les anomalies grâce au machine learning (IA) qui apprend puis détecte les événements utiles. Cette technologie frugale (réduction des coûts d'exploitation et optimisation de la maintenance) s'adapterait à toutes les lignes équipées de fibre optique, y compris aux lignes de desserte fine du territoire.

Cette solution se base sur un phénomène physique d'interaction entre la lumière et la matière. Les vibrations qui touchent la fibre optique modifient la lumière qui s'y propage. Celle-ci transporte des caractéristiques de cette vibration, qui peuvent en être extraites.

Partenaires

Télécom Paris, université Gustave-Eiffel, Institut de physique du globe de Paris, université de Grenoble, université Côte d'Azur, Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), Société des Grands Projets (SGP)

Dates-clés

- **2018-2019** – lancement du projet
- **2020-2021** – POC sur plusieurs cas d'usage comme un rail cassé ou une chute de rocher pour démontrer le potentiel de la solution
- **2021-2024** – industrialisation de la solution

Gare connectée

— La digitalisation accélère la transformation des gares, de la gestion des actifs à leur maintenance, en passant par les services et la maîtrise de l'énergie.

Du jumeau numérique des gares à la gestion des actifs

ACTU 2023 Définition de la stratégie, feuille de route vers la certification ISO 55 000 (gestion des équipements industriels), évolution des SI, recrutement de data managers... ont marqué l'actualité 2023 de ce projet issu de la digitalisation des assets et des développements antérieurs du jumeau numérique des gares.

Besoin
Améliorer la connaissance des actifs, tant immobilière, technique que financière, pour prioriser les actions, dans un souci d'efficacité économique et de qualité de service.

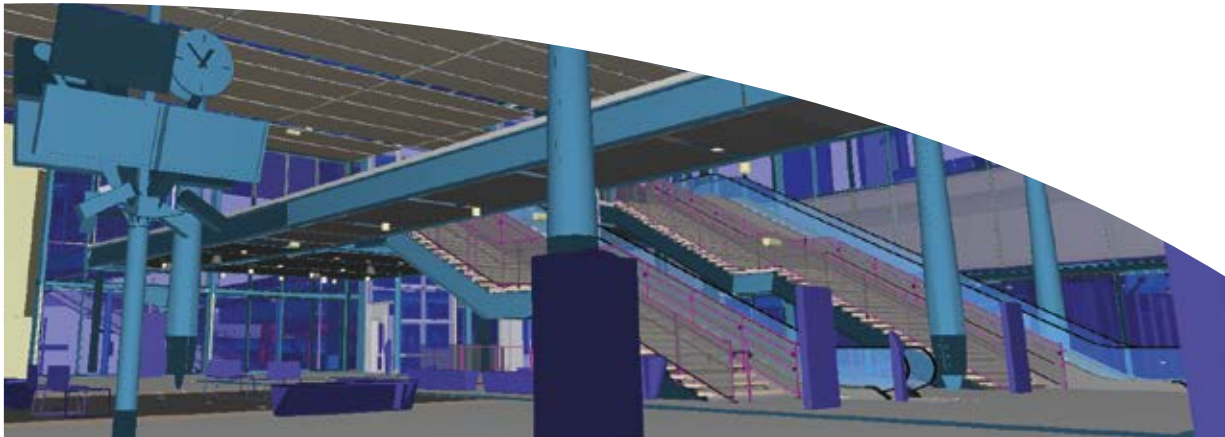
Solution

- Définition/déclinaison des méthodes et pratiques de l'Asset Management des gares;
- Mise en qualité des données descriptives des actifs;
- Déploiement des métiers, compétences et processus associés: 8 postes de data manager créés en établissements;
- Évolution des SI, création d'un portail d'aide à la décision (besoins, risques/opportunités).

Partenaire
TB Maestro

Dates-clés

- 2023 – lancement du projet
- 2024 – industrialisation



Smart Station

ACTU 2023 Smart Station, système de supervision des équipements en gare, a atteint son premier objectif. À fin 2023, 831 utilisateurs, dont 326 superviseurs et 128 visualisateurs des agences Bâtiment Énergie, ont été formés à l'outil et la satisfaction est au rendez-vous.

Besoin
Assurer un fonctionnement optimal des équipements prioritaires (portes automatiques, ascenseurs, escaliers mécaniques, etc.) en créant pour les agents en gare des circuits courts d'information et des traitements très rapides en cas de panne.

Solution

- Des capteurs sur les équipements: portes automatiques, ascenseurs, escaliers mécaniques, compteurs gaz/électricité (1^{re} phase), compteurs eau, chauffage/ventilation/climatisation, éclairage bâtiment (2^e phase);
- Une application affichant des plans 3D des espaces en gare, informant de tout dysfonctionnement en temps réel, disponible en supervision et en mobilité;
- Des superviseurs, des agents des gares et des agences Bâtiments Énergie formés à l'outil.

Partenaires
Engie Solutions, Cabinet Wavestone, Graphic Stream

Dates-clés

- 2019 – lancement du projet
- 2020 – 1^{re} mise en service
- 2021 – industrialisation
- 2022 – 360 gares
- 2023 – 700 gares, 8 900 objets connectés
- 2024 – démonstrateur pour une extension sur 200 gares à ouverture programmée, 2^e phase



LIVE

Système d'information voyageurs des gares

ACTU 2023 Le nouveau système d'information voyageurs des gares, baptisé LIVE, a été déployé au cours de l'année dans 1 200 petites gares.

Besoin
Dans un contexte d'ouverture du marché voyageur, SNCF Gares & Connexions joue un rôle d'intégrateur de l'information voyageurs en gare. Dans ce cadre, le programme LIVE vise à garantir l'équité de traitement entre transporteurs historiques et nouveaux entrants en matière d'information voyageurs: acquisition des plans de transport, diffusion visuelle et sonore pour tous, coordination en situation normale et perturbée.

Solution

- Concevoir, développer et déployer un système d'information voyageurs unique en remplacement des systèmes existants, disparates;
- Renforcer la performance et la résilience du SI par un logiciel SaaS, avec supervision bout en bout et paiement à l'usage;
- Un déploiement par étapes, d'abord dans les petites gares où il y a le moins de fonctionnalités possibles d'un point de vue IHM (interface homme/machine), pour tester la robustesse du système en conditions réelles.

Le développement des fonctionnalités de LIVE se poursuit avec les Jeux olympiques et paralympiques de Paris 2024 en ligne de mire. L'enjeu pour cette troisième étape est de désimbriquer la gestion du produit train de la diffusion de l'information voyageur.

Partenaires
Transporteurs historiques et nouveaux entrants, autorités organisatrices de la mobilité

Dates-clés

- 2022 – développement de l'outil, intégration automatique des plans de transport
- 2023 – déploiement dans les petites gares
- 2024/2025 – moyennes et grandes gares
- 2025/2026 – gares d'Île-de-France

Plan de connectivité des gares

ACTU 2023 L'équipement des grandes gares en antennes indoor a commencé, afin d'offrir la 5G publique aux clients, ainsi qu'une infrastructure WIFI redondée pour garantir la résilience en cas de panne. Des démonstrateurs de réseau 5G privé ont aussi été développés durant l'année pour les propres opérations de la SNCF (Asset Management et bureautique).

Besoin
Améliorer la connectivité au profit de l'expérience des clients B2B et B2C, de la surveillance des équipements en temps réel, de la maintenance et de la maîtrise des consommations.

Solution

- Maîtriser les connectivités de dernière génération (meilleure couverture, stabilité, sobriété énergétique);
- Tester et installer ces solutions: réseaux longue portée/basse consommation LPWAN pour étendre les fonctionnalités de l'IoT, très haut débit 5G et WIFI 6/6E/7.

Partenaires
Polestar, Hub One, SNEF Lab, Firecell

Dates-clés

- 2022 – inventaire des actifs et cartographie des solutions pour bâtir le modèle de connectivité des gares
- 2023 – migration de la connectivité des équipements des réseaux publics vers un réseau privé SNCF, renforcement du réseau mobile 5G public (antennes indoor)
- 2024 – expérimentations des 5G privée et 5G hybride publique/privée

Surveillance et maintenance connectées

— Au-delà de la récolte d’informations, la surveillance et la maintenance connectées révolutionnent la gestion du réseau et du matériel roulant. La fiabilité des équipements est renforcée par la détection des signes avant-coureurs de leurs dysfonctionnements et l’anticipation au plus juste des actions de maintenance.



Usine 3D par le collectif 3D

ACTU 2023 Analyse des gabarits, de la géométrie caténaire, mesure des profils et volumes de ballast... voici quelques exemples des cas d’usages développés, et pour certains industrialisés dès 2023, à partir de l’analyse des nuages de points 3D.

Besoin
Exploiter les données 3D pour améliorer la description du réseau, les projets et les opérations de maintenance.

Solution

- Une « usine 3D » couvrant toute la chaîne de valeur : acquisition quotidienne de données LiDAR (via engins de surveillance de la voie, hélicoptères, drones), analyse, traitement, exploitation, développement d’outils métiers ;
- Le développement d’algorithmes de reconnaissance d’objets et formes et de détection de défauts.

Grâce à ces solutions, le groupe SNCF entend devenir le leader mondial du traitement de la donnée 3D au service des gestionnaires d’infrastructure.

Dates-clés

- **2022** – lancement du collectif 3D (SNCF, SNCF Réseau, Altametrus et Eurailscout) et mise en place de la chaîne de traitement
- **2023** – industrialisation des premières applications
- **2024** – déploiement national des traitements gabarit, ballast et géométrie caténaire



↗
Ce robot de fabrication additive métallique a été installé à l’atelier de Saintes (Technicentre industriel Charente-Périgord) en septembre 2023.

L’IA pour détecter les défauts télécoms

La détection de défauts sur les assets télécoms par l’IA s’appuie elle aussi sur les données 2D/3D issues de la surveillance du réseau. Le projet, lancé en 2023 par Altametrus pour SNCF Réseau, a déjà permis de valider la capacité des modèles d’IA à détecter des défauts sur différents assets : guérites, téléphones ferroviaires, caniveaux à câbles, chambres de tirage.

Robin au service de la maintenance des trains

Robin, robot mobile développé par Altametrus, inspecte les dessous de caisses de trains et transmet les images en temps réel sur la tablette des agents de maintenance. Robin permet de faire une inspection directement en gare ou en dépôt de maintenance sans faire revenir systématiquement les trains en technicentre. Robin a été amélioré en 2023 pour être plus compact et mobile, renforcer sa connectivité et la qualité des images. Il embarque aussi désormais une caméra stéréoscopique et un capteur LiDAR 3D pour vérifier les brosses de contact.

Fabrication additive



ACTU 2023 Dans le cadre du consortium Additive4Rail lancé en 2022, l’atelier de fabrication additive du Technicentre industriel Charente-Périgord de Saintes a continué sa montée en puissance. Il poursuit les tests d’impression par dépôt de fil métallique et travaille sur la fabrication d’une première pièce (un pivot de traverse) qui sera testée en essai commercial dans le courant de l’année 2024.

Besoin
Réduire les stocks et les délais de livraison des pièces de rechange pour la maintenance, réparer des pièces endommagées et développer de nouveaux produits.

Solution

- Digitalisation de données pour créer des modèles numériques et fabriquer des pièces de rechange à la demande ou en série ;
- Mise en œuvre de nouveaux métiers : ingénieur en fabrication additive par exemple.

Les technologies de fabrication additive, équivalent industriel de l’impression 3D, associent la conception numérique et la fabrication rapide de pièces mécaniques ou d’aménagement, métalliques ou en polymère, grâce à l’ajout successif de couches de matières.

RECHERCHE EXPLORATOIRE

Nouveaux matériaux

Les matériaux composites présentent de nombreux avantages pour le ferroviaire. Aussi résistants que le métal et beaucoup plus légers, ils permettent de concevoir des pièces complexes de grandes dimensions tout en limitant le poids des trains, ce qui génère des économies d’énergie. Utilisant des polymères renforcés de fibres de verre ou de carbone, les matériaux composites sont notamment utilisés pour produire le nouveau nez aérodynamique des TGV, désormais en cours d’industrialisation, et sont à l’étude pour remplacer le métal sur les nouveaux sièges des rames Transilien et Ouigo.

Robotique

Pour faciliter le travail de ses équipes dans des conditions difficiles, la SNCF expérimente une gamme de robots répondant à différents besoins. Dans le cadre de Europe’s Rail, elle pilote également la structuration d’un écosystème robotique ferroviaire européen qui permettra de construire, à partir de briques technologiques communes, les robots souhaités. Les deux premières applications seront l’inspection multifonction de l’infrastructure et la désinfection des trains. L’extension à d’autres usages est en gestation : désherbage des voies, déneigement et entretien des quais, nettoyage extérieur des trains...

Partenaires
École polytechnique, École centrale de Lyon, CEA Tech, Centrale Nantes, VLM Robotics, 4D Pioneers



Dates-clés

- **2016** – première application pour des pièces d’aménagement intérieur de train par SNCF Voyageurs
- **2020** – impression 3D métal pour le repérage en signalisation ferroviaire réalisé par SNCF Réseau
- **2023** – montée en puissance de l’atelier de fabrication additive du Technicentre industriel Charente-Périgord
- **2026** – test d’un démonstrateur de bogie de train : vers une première R&D mondiale ?

Comment développer l'attractivité du train ?



Mass Transit

— Les besoins de mobilité en zones denses, particulièrement en Île-de-France, appellent des solutions spécifiques pour offrir plus de mobilités décarbonées. Du matériel roulant à l'information, en passant par l'exploitation, l'innovation rend le système ferroviaire plus efficace, fluide et attractif pour les voyageurs.



Information Affluence Transilien



ACTU 2023 Les écrans à quai de 210 gares affichent désormais l'affluence à bord des trains avant leur arrivée en gare. 94 % des clients jugent l'information utile. 42 % disent modifier leur positionnement sur les quais grâce à elle*. Le dispositif lancé avec Île-de-France Mobilités a reçu le Grand Prix de la Data 2023 et l'or de la catégorie *Product Design*, ainsi que le prix Innovation parmi les Grands Prix de la Région Capitale 2023.

*Questionnaire en ligne, panel de 1 000 répondants.

Besoin

Informar de l'affluence dans chaque voiture pour une meilleure répartition sur les quais et améliorer la ponctualité au redémarrage.

Solution

- Exploiter les données temps réel issues :
 - des capteurs infrarouges qui mesurent les flux aux portes des matériels NAT, Regio2N et bientôt RER NG ;
 - pour les matériels non équipés de ces capteurs, de scans réalisés par des caméras à quai, dont les images sont transformées en niveaux de densité grâce à une IA ;
- Alimenter les écrans en gare et les médias numériques.

Partenaire
Affluences

Dates-clés

- **2021** – lancement du programme
- **2022** – test capteurs infrarouges et caméras à quai
- **2023** – déploiement de la solution pour les matériels équipés de capteurs
- **2024** – déploiement de caméras à quai dans une trentaine de gares

Nudge Multimodalité

En 2023, Keolis Dijon Mobilités a été lauréat du programme Propulse* de l'Agence de l'Innovation pour les Transports pour son Nudge Multimodalité. Le dispositif est issu de deux années d'études et de recherches en sciences comportementales. Il permet d'informer et de guider les voyageurs dans leurs déplacements, et les encourage à choisir le mode de transport le plus adapté à leurs besoins et à leur confort (bus, tramway). Il avait été testé avec succès fin 2022.



* Propulse

Porté par l'Agence de l'Innovation pour les Transports (AIT), le programme Propulse est un accélérateur pour les innovations les plus prometteuses et qui répondent aux enjeux de l'État en matière de politiques de mobilités et de transport. Tous les types d'innovation à fort impact sont accompagnés : innovations de services, d'usages, technologiques, sociales, organisationnelles, industrielles. Outre Propulse, l'AIT accompagne les start-ups et PME via le label *Greentech Innovation*.

Affluence en gare

Crowd Monitoring (comptage en temps réel)

ACTU 2023 Des études de flux ont été menées lors d'événements au Stade de France en vue de se préparer aux Jeux de Paris 2024, à partir de données issues de capteurs installés dans les gares de Saint-Denis en juin 2023. Ces capteurs fiabilisent également les données transmises à la préfecture de police de Paris toutes les 30 minutes lors de ces mêmes événements.

Besoin

Fiabiliser l'analyse des données de flux voyageurs.

Solution

- Installer des capteurs stéréo 3D pour mesurer les flux, en temps réel ou en différé (données 24/7), avec possibilité de définir des seuils d'alerte ;
- Réaliser des études comparatives pour comprendre les comportements voyageurs ;
- Définir des cas d'usage pour adapter la gestion des flux et la production : orientation, *stop and go*, lutte anti-fraude, prévisions de moyens de substitution en cas de travaux, adaptation des plans de transport...

Dates-clés

- **2021** – benchmark DB (capteurs)
- **2023** – installation (La Plaine Stade de France, Stade de France – Saint-Denis)
- **2023-2024** – études comparatives, préparation des Jeux



NExTEO

ACTU 2023 Des RER NG pilotés par NExTEO ont circulé pour la première fois sur la base d'essai de Gagny, en Seine-Saint-Denis. Autre élément notable de l'année : le marché industriel pour les RER B et D a aussi été attribué.

Besoin

Augmenter la fréquence et la régularité des trains et mieux gérer la circulation en situation perturbée.

Solution

- Digitaliser le cantonnement (système d'espacement des trains) en automatisant la supervision du trafic, du contrôle de vitesse et des phases d'accélération et de freinage, via un système de communication sol-train de type *Communications Based Train Control*, adapté à un système ferroviaire en milieu ouvert ;
- Les cantons deviennent mobiles, virtuels et déformables, s'adaptant aux conditions de circulation en temps réel, afin d'augmenter le débit en réduisant l'intervalle entre les trains en toute sécurité.

Partenaires

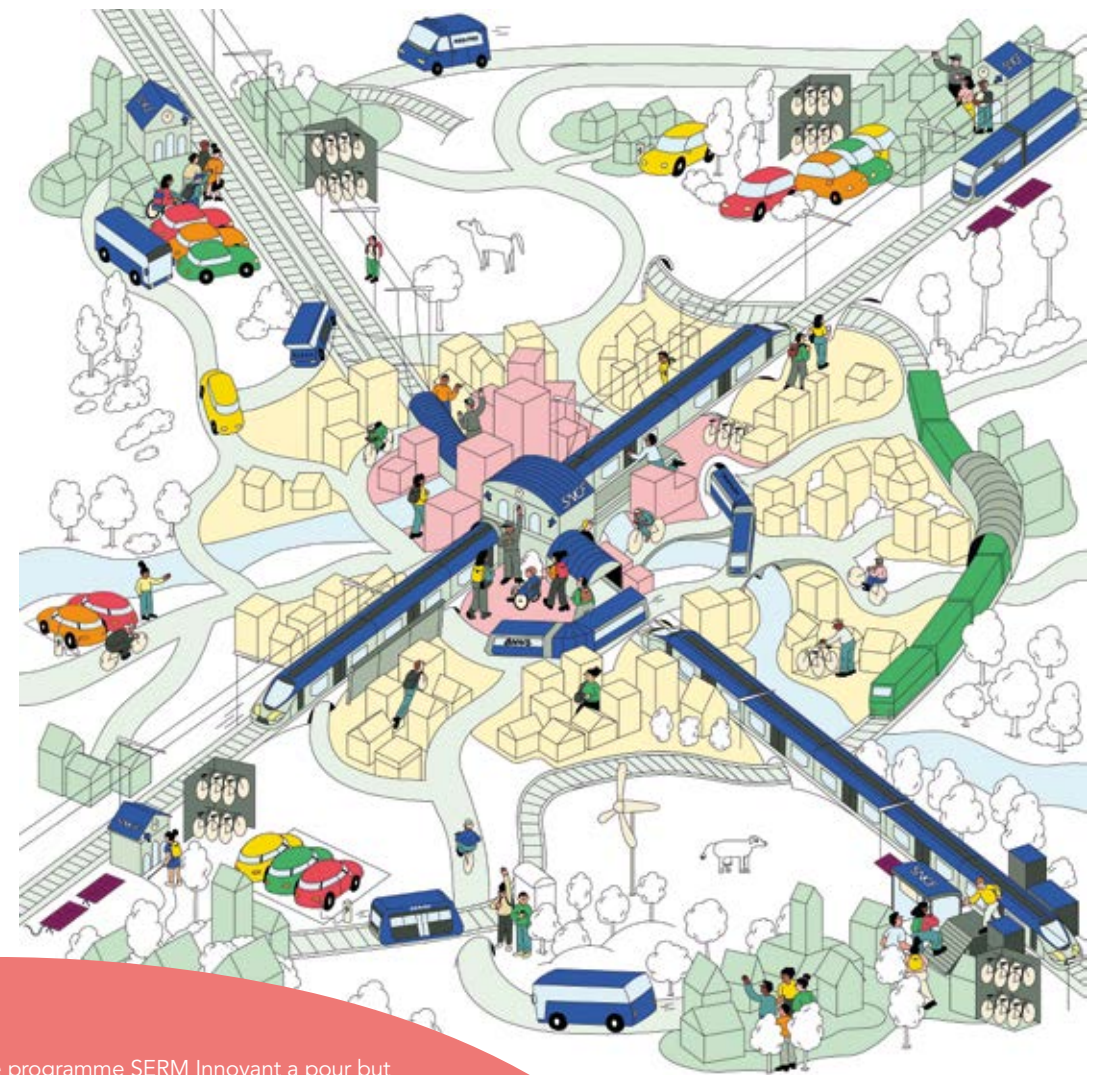
État, Région Île-de-France, Île-de-France Mobilités, Siemens/Eviden (RER E), RATP et Alstom Transport (RER B et D)

Dates-clés

- **2016** – lancement du marché industriel pour le RER E
- **2023** – lancement du marché industriel pour les RER B et D
- **2025-2026** – déploiement progressif sur le RER E

Les Services Express Régionaux Métropolitains Innovants

— Pour répondre aux attentes des voyageurs et des Régions, le groupe SNCF a lancé le programme des SERM Innovants pour développer dans les métropoles une mobilité du quotidien attractive et décarbonée grâce à une offre multimodale, garantissant la simplicité du parcours client et la réduction du temps de trajet.



Le programme SERM Innovant a pour but de renforcer la place des transports collectifs décarbonés dans les métropoles et leur agglomération. Ils se construisent autour d'infrastructures ferroviaires plus capacitaires, d'un matériel roulant repensé, de gares transformées en hubs des mobilités, d'une supervision multimodale des transports et d'un parcours client facilité.



Stéphane Chwalik

Coordinateur des projets d'innovation SERM pour le groupe SNCF

Concevoir des SERM, c'est développer une offre de mobilité avec plus de fréquence, une amplitude étendue et une meilleure complémentarité entre les modes de transport.

« Les réseaux de transports ont toujours été conçus de façon assez cloisonnée. Résultat : il est parfois plus simple de prendre sa voiture, explique Stéphane Chwalik. L'articulation entre les modes est donc essentielle pour une bonne couverture des besoins, en zone urbaine, périurbaine voire rurale. Cela passe aussi par le développement de projets comme le Train Léger innovant TELLi, le train très léger DRAISY, la navette rail-route FLEXY, le système de transport public automatisé routier MASIPRO (lire p.54-57) et d'autres solutions innovantes. Nous souhaitons explorer toutes les pistes pour contribuer à un choc d'offre en faveur des SERM. » Pour avancer, le Groupe s'est mobilisé dès 2023 avec ses partenaires au sein de la filière ferroviaire pour déposer cinq projets dans le cadre de l'appel



à manifestation d'intérêt (AMI) du CORIFER, avec le soutien des Régions Nouvelle-Aquitaine et Occitanie. Ces projets sont les premières briques du programme SERM Innovant, qui va se déployer autour de cinq problématiques majeures : la robustesse et la capacité des infrastructures, la transformation du matériel roulant, la supervision de l'exploitation multimodale, le développement de nouveaux hubs de mobilité et la conception de parcours clients simplifiés et inclusifs.



Thomas Allary, Directeur du programme SERM pour SNCF Réseau et SNCF Gares & Connexions

« Avec les SERM, l'ambition collective des autorités organisatrices de la mobilité est de proposer aux habitants des métropoles et de leurs périphéries une offre de mobilités à la fois solide, massifiée et performante. Ces services seront résolument

multimodaux, et, en articulation avec les autres modes de transport, le ferroviaire, plus capacitaire, en sera la clé de voûte. L'innovation doit nous permettre de garantir la robustesse de son exploitation et de renforcer l'intermodalité, qui est indispensable pour assurer la fluidité du trajet de porte à porte. C'est tout le sens des projets déposés par le groupe SNCF avec ses partenaires industriels et académiques à l'AMI CORIFER 2023. »

SERM Innovants : focus sur les 5 premiers projets candidats à l'AMI CORIFER 2023

MEASTIC

Maîtrise des émissions acoustiques et vibratoires du SERM



Besoin

Maîtriser les émissions acoustiques et vibratoires liées à la hausse des circulations des SERM pour garantir leur acceptabilité et améliorer le confort à bord pour une meilleure attractivité.

Solution

Explorer des concepts en rupture avec les développements actuels et industrialiser des solutions innovantes pour la filière, tout en dynamisant le tissu industriel national :

- développer des outils de prévision des émissions vibratoires intégrant les singularités (joints et aiguillages) et la variabilité des propriétés des sols et des bâtiments ;
- développer des systèmes de monitoring pour diagnostiquer et suivre l'état acoustique du matériel roulant et de l'infrastructure, mettre en place des dispositifs d'essais permettant d'accélérer le déploiement d'innovations ;
- industrialiser des dispositifs technologiques innovants pour la maîtrise des émissions : écrans discrets à cristaux soniques, barrières hétérogènes avec localisation d'ondes, métamatériaux acoustiques optimisés... ;
- considérer la maintenance du matériel et de l'infrastructure comme une solution de réduction des émissions (diagnostic, optimisation, évaluation des gains et des coûts associés) ;
- prendre en compte les aspects perceptifs liés à l'acoustique (gêne, écoute immersive, confort).

Partenaires

Université Gustave-Eiffel, Vibratéc, Saint-Gobain, CSTB, CNRS

Dates-clés

(sous réserve de financement dans le cadre de France 2030)

- 2025 – lancement du projet
- 2027 – dispositifs expérimentaux opérationnels
- 2029 – industrialisation

RECHERCHE EXPLORATOIRE

Systèmes mécaniques et acoustique

En conjuguant expertise en modélisation physique, analyse de données et approche transverse, ce domaine de recherche vise à optimiser la conception, l'homologation, la surveillance et la maintenance du système ferroviaire, tout en contribuant à la maîtrise des émissions acoustiques et vibratoires. Son domaine d'application porte particulièrement sur la modélisation du comportement de l'infrastructure et du matériel roulant, qui constitue une étape-clé de la conception de nouveaux systèmes de transports, comme les SERM (voir ci-contre) ou les trains légers (voir p.54-56). L'objectif est de rendre ces systèmes résilients au changement climatique, de réduire leurs émissions sonores et vibratoires et de contribuer à l'adaptation de leurs règles de surveillance, de maintenance et d'exploitation.



La parole à Renaud Lagrave

Vice-Président de la Région Nouvelle-Aquitaine, Président de Nouvelle-Aquitaine Mobilités

« L'idée de départ est bien de parler de mobilités au pluriel, pas uniquement du ferroviaire même s'il est central. C'est extrêmement

important parce qu'on parle de pôles d'échanges multimodaux, de mobilités douces, de cars express... Nous avons commencé en 2018 par la diamétralisation des lignes TER, entre Arcachon et Libourne et Langon, Saint-Mariens et Saint Yzan. Le service à la demi-heure sur le premier axe a permis de rendre les trajets domicile-travail plus simples, réguliers et robustes, sans changement de train à Bordeaux. Nous continuons sur le second axe. La prochaine étape sera de parvenir au quart d'heure et à remplacer les modes de transports qui manquent d'efficacité, par de véritables alternatives à la sacro-sainte voiture. C'est ce que l'on attend des SERM, à Bordeaux, comme sur le Basco-Landais, et peut-être demain à La Rochelle, Poitiers ou Pau. Partout où nous avons renforcé l'offre, la fréquentation a augmenté et cela

implique d'innover pour repenser tous les systèmes de mobilité, avec des questions de matériel, de pôles d'échanges multimodaux, de stationnement ou de solutions pour le dernier kilomètre. Nous devons sans cesse être à l'affût des innovations, qu'elles soient technologiques ou autres (ressources, financements nouveaux, modèles économiques), et dans le domaine ferroviaire, j'attends des innovations en matière de signalisation, d'électrification, de matériel, de billettique et de tarification intégrée... Le territoire a pris son destin en main, avec des engagements concrets, pluriannuels. »



CORIFLUX

Mesure et optimisation des flux voyageurs



Besoin

Mieux connaître et gérer les flux voyageurs pour améliorer la sécurité, la ponctualité, le confort et optimiser la conception des gares et du matériel roulant.

Solution

Concevoir et industrialiser des outils de connaissance et de pilotage des flux en gare et à bord adaptés aux besoins des SERM :

- développer des outils de mesure de la densité et des trajectoires des flux de voyageurs en gare et à bord (croisement de données issues d'une multiplicité de capteurs, après anonymisation) ;
- analyser et comprendre les déterminants comportementaux, les modéliser et identifier les leviers d'action, leur acceptabilité par le public et leur efficacité ;
- mettre en place et industrialiser des solutions de gestion des flux, techniques ou organisationnelles, répondant aux contraintes des SERM.

Partenaires

Inria, Railenium, université Gustave-Eiffel, Spirops

Dates-clés

(sous réserve de financement dans le cadre de France 2030)

- 2025 – lancement du projet : modélisation et développement des outils, conception d'une plateforme expérimentale, études comportementales...
- 2026 – premier POC en gare pilote
- 2028-2030 – industrialisation

ADAPTATIVE

Adaptation à l'affluence des trains et installation de vélos



Besoin

Proposer des aménagements adaptables pour les matériels roulants existants, afin d'adapter la capacité à l'affluence des SERM et inciter les cyclistes à laisser leur vélo en gare en cas de forte affluence.

Solution

Créer des plans évolutifs des espaces intérieurs des trains et des services en gare adaptés aux besoins des SERM, reposant sur :

- un *Living lab* train et gare pour tester les démonstrateurs, valider de manière itérative les innovations développées avec des clients et des agents ;
- des aménagements intérieurs s'ajustant au niveau d'affluence et à la demande de mobilité active : assis-debout, systèmes d'aménagements amovibles par fixation rapide utilisables par les agents ou les clients, accroches vélos, etc. ;
- un configurateur dynamique et immersif des plans de train, comme outil d'aide à la conception et à la décision ;
- un bouquet de services vélos en gare et une information prédictive du niveau de remplissage des abris vélos sécurisés.

Partenaires

Attax Groupe, Clarté, Railenium, Cogitobio

Dates-clés

(sous réserve de financement dans le cadre de France 2030)

- 2024 – lancement du projet
- 2025-2027 – lancement du *Living Lab*, développement des modules d'aménagement intérieur, homologation et expérimentation sur la ligne Libourne-Arcachon, mise en place des services vélos en gare

OPTIMA

Optimisation de la planification des travaux et de la capacité en gare



Besoin

Donner plus de capacité au système ferroviaire au niveau des trois ressources clés que sont les chantiers, les gares et les technicentres dans un contexte d'intensification forte de la demande de trains de passagers (SERM) et de fret.

Solution

Créer des applications, intégrant des algorithmes de machine learning et de recherche opérationnelle, pour simplifier la planification et la gestion opérationnelle des ressources critiques du réseau ferroviaire, tout en répondant aux enjeux d'industrialisation, de cybersécurité et d'évolutivité :

- des applications Travaux pour minimiser l'impact des chantiers et fenêtres travaux sur les sillons commerciaux, mieux synchroniser les acteurs de la commande travaux, fiabiliser la chaîne logistique et l'acheminement des ressources ;
- des applications Gares pour optimiser la planification de la gestion de la capacité, recalculer en opérationnel la capacité si le plan de transport doit être adapté ;
- des applications Matériel pour mettre en cohérence le plan de charge et les capacités des technicentres, prioriser les tâches de maintenance, rationaliser les mouvements, adapter la planification en cas d'aléas.

Partenaires

École polytechnique, École des Ponts ParisTech

Dates-clés

(sous réserve de financement dans le cadre de France 2030)

- 2024-2025 – lancement du projet, prototype industriel pour les technicentres, début du prototypage pour la planification travaux et la gestion en gare
- 2027 – prototypes industriels disponibles
- 2028 – industrialisation

POIESIS

Aide à la conception d'un SERM



Besoin

Analyser l'influence des paramètres psychologiques, économiques et géographiques sur les choix de mobilité des voyageurs, afin d'aider les autorités organisatrices de la mobilité à définir l'offre optimale entre coûts et bénéfices socioéconomiques.

Solution

Créer le premier logiciel qui analyse l'influence des paramètres psychologiques, économiques et géographiques sur les choix de mobilité des voyageurs. Il permettra de :

- objectiver les leviers comportementaux de report modal, analyser les mobilités dans les territoires et leur évolution future, définir la nouvelle économie des transports ;
- sur la base d'un outil de simulation, développer un jumeau numérique des mobilités permettant d'anticiper les effets du report modal et d'évaluer tout type d'externalité ;
- calculer le rapport coûts-bénéfices des différents scénarios.

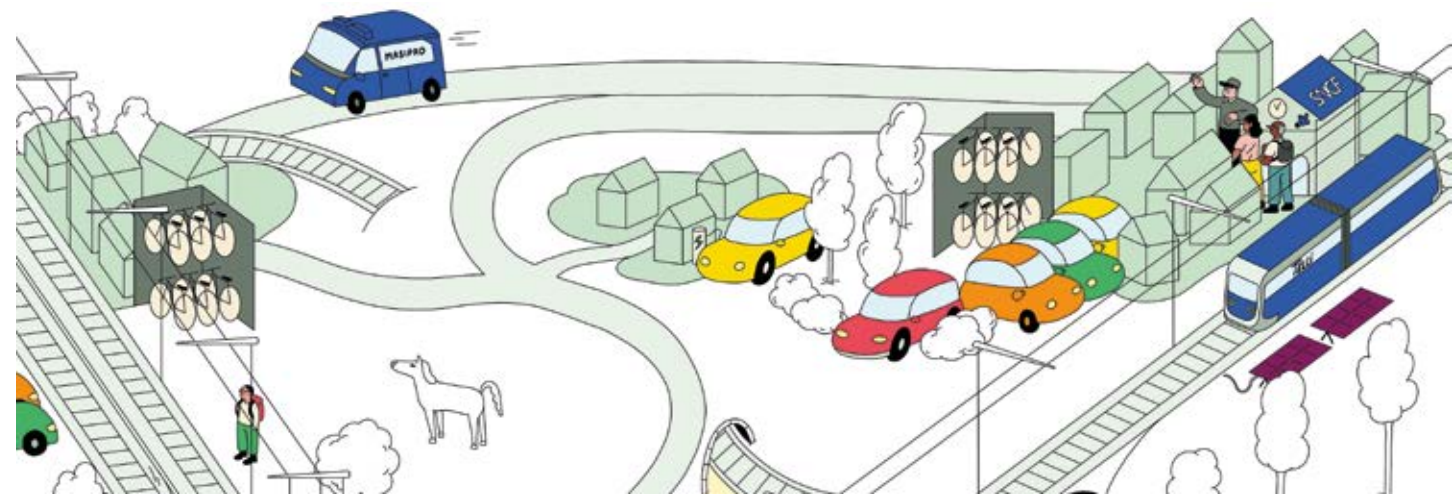
Partenaires

Université Gustave-Eiffel, université de Montpellier, université d'Avignon, System-X, Maplab

Dates-clés

(sous réserve de financement dans le cadre de France 2030)

- 2024 – lancement du projet
- 2024-2028 – travaux de recherche et développement menés en parallèle
- 2028 – industrialisation





Mobilités dans les territoires

— La SNCF entend proposer partout des alternatives collectives, accessibles et écologiques à la voiture individuelle. C'est pourquoi, pour compléter l'offre TER dans les territoires, l'entreprise développe avec ses partenaires industriels et académiques toute une gamme de solutions au design inédit, adaptée aux lignes de desserte fine et aux territoires pas ou peu desservis par le train.

Train Léger innovant TELLi



ACTU 2023 Le projet a été conforté par la signature d'une convention de financement par l'ADEME et 11 partenaires, ainsi que par le satisfecit de l'organisme public sur la conception et le respect du planning de développement. Grâce au soutien de la Région Nouvelle-Aquitaine, un autorail a débuté sa transformation en laboratoire roulant pour tester dès 2024 les innovations du Train Léger innovant, désormais rebaptisé TELLi.

Besoin

Redynamiser les lignes de desserte fine du territoire connectées au réseau principal, grâce à une nouvelle approche permettant d'augmenter la fréquence de desserte tout en maîtrisant les coûts du système.

Solution

- Un système global, écoconçu, intégrant matériel roulant, infrastructure et exploitation, compatible avec la circulation d'autres types de train ;
- Des systèmes digitalisés pour l'exploitation, la signalisation, la surveillance embarquée de la voie et des abords... ;

- Des batteries capacitaires permettant une autonomie de 200 km et une vitesse maximale de 120 km/h ;
- Un poids réduit et un nouveau système de suspension pour une plus faible sollicitation de la voie et une maintenance réduite ;
- 80 places assises, une accessibilité aux PMR et une modularité intérieure permettant le transport de vélos et de micro-fret.

Partenaires

Texelis, Railenium, Thales, Wabtec, CAF, Alstom, Ferrocampus-Région Nouvelle-Aquitaine, Capgemini, Cerema, Ektacom



Dates-clés

- 2021 – constitution du consortium
- 2022 – projet lauréat de l'appel à manifestation d'intérêt (AMI) Digitalisation et décarbonation du transport ferroviaire
- 2022 – obtention du financement de l'ADEME et lancement du projet
- 2023-2024 – phase d'étude et preuve de concept
- 2025 - 1^{re} expérimentation de la signalisation digitale sur une ligne pilote en Région Nouvelle-Aquitaine
- 2029 – déploiement national

Train très léger DRAISY



ACTU 2023 La conception générale du système a été achevée et les spécifications techniques du matériel roulant (design, cabine de conduite, etc.) ont été définies. Saluant la qualité du projet et de ses premiers livrables, l'ADEME a validé l'avancement et le planning des travaux de développement. La Région Grand Est s'est associée au projet avec la ligne Sarralbe - Kalhausen en Moselle, qui servira aux démonstrations techniques du système DRAISY en 2026.

Besoin

Répondre aux besoins spécifiques des lignes de desserte fine du territoire avec un système ferroviaire nativement conçu pour elles, permettant de réduire sensiblement ses coûts, en innovant sur le matériel roulant, l'infrastructure, l'exploitation et la réglementation. Une solution qui doit être compatible avec des circulations de fret occasionnelles.

Solution

- Un train très léger d'une vingtaine de tonnes, non STI, bénéficiant de technologies et de matériaux issus de l'industrie automobile ;
- 80 places dont 30 places assises, une accessibilité aux PMR et une modularité intérieure permettant le transport de vélos et de micro-fret ;

- Une batterie permettant une vitesse maximale de 100 km/h et une autonomie de 150 km, prolongée par un système de recharge rapide à quai dans certaines gares ;
- Une exploitation optimisée grâce à un système frugal de supervision et de gestion des circulations ;
- Une infrastructure simplifiée grâce au poids réduit du matériel roulant et aux systèmes embarqués de surveillance de la voie et de ses abords ;
- Une réglementation spécifique adaptée aux particularités du système DRAISY et une double autorisation EPSF et STRMTG.

Partenaires

Lohr Industrie, GCK Batteries, Stations-e, Railenium



Dates-clés

- 2020-21 – conceptualisation, montage du consortium et dossier de candidature
- 2022 – obtention du financement de l'ADEME et lancement du projet
- 2023-24 – conception, fabrication et circulation du mulet sur anneau
- 2025 – travaux de la ligne démonstratrice technique et fabrication du premier de série
- 2026 – démonstration technique sur la ligne Sarralbe – Kalhausen
- 2027 – premières circulations commerciales sur la ligne Sarralbe – Kalhausen
- 2028 – déploiement national





Système de navettes FLEXY

Projet candidat avec les Régions Bretagne et Bourgogne-Franche-Comté à l'AMI CORIFER 2023

ACTU 2023 Sur la base d'une plateforme d'utilitaire routier spécialement modifiée, le système de roues double fonction et son enraillement ont été testés sur un tronçon de voie mis à disposition par la Région Bretagne, à Rosporden.

Besoin

Développer une solution de mobilité collective innovante et flexible, associant le rail et la route pour un maillage plus fin des territoires ruraux, afin de donner à moindre coût une seconde vie aux lignes qui ne sont plus exploitées, tout en supprimant les passages à niveau.

Solution

- Une navette électrique, appelée CarFLEX, à roues double fonction rail-route ;
- Une batterie permettant une autonomie de 200 km et une vitesse maximale de 70 km/h sur rail et de 100 km/h sur route ;
- 14 places assises, une accessibilité aux PMR et une modularité intérieure permettant le transport de vélos et de micro-fret ;
- Des systèmes digitaux d'aide à la conduite ;
- Une infrastructure ferroviaire frugale, nécessitant seulement l'installation de plateformes de transition rail-route et la transformation des passages à niveau en simples carrefours routiers, avec un minimum de travaux de réhabilitation ;
- Une réglementation STRMTG adaptée.

Partenaires

Milla Group, Michelin, Railenium, Régions Bretagne et Bourgogne-Franche-Comté

Dates-clés

(sous réserve de financement dans le cadre de France 2030)

- **2021-22** – conceptualisation, montage du consortium
- **2023** – organisation et réalisation d'une campagne d'essais du mulot de la roue double fonction ; réponse à l'AMI CORIFER 2023
- **2024-2025** – conception du système, fabrication des 2 premiers véhicules de série et circulations d'essai
- **2026** – démonstration technique sur une ligne ferroviaire en Région Bourgogne-Franche-Comté
- **2027** – déploiement national

RECHERCHE EXPLORATOIRE

Télécoms

La recherche dans ce domaine est essentielle pour garantir la sécurité de l'exploitation, soutenir l'introduction massive des technologies digitales et améliorer la performance du système ferroviaire. Les cas d'application sont nombreux : transmission de la signalisation à bord des trains et des navettes autonomes, comme pour MASIPRO (ci-contre), envoi de données de maintenance, wifi embarqué pour les passagers, etc. Parmi les chantiers de recherche en cours : le système FRMCS (lire p.40), la réalité augmentée pour offrir une information personnalisée aux clients en gare ou aux agents en technicentre et l'évolution du modèle de fourniture des services télécoms pour les petites lignes de desserte fine du territoire.

Sciences de la prédiction et de la décision

Le groupe SNCF s'appuie sur la science des données, les mathématiques appliquées, la simulation numérique et l'intelligence artificielle pour identifier, analyser et résoudre les problèmes de décision des systèmes ferroviaires complexes. Celles-ci proposent des méthodes de prédiction, d'optimisation et d'aide à la décision, afin de rationaliser cette prise de décision, dans des contextes d'incertitude incluant des facteurs temps. Qu'il s'agisse du pilotage des flottes matériels des nouvelles mobilités (FLEXY et MASIPRO, ci-contre), de l'optimisation de l'affectation des places à bord ou, bientôt, de la définition des investissements nécessaires à l'adaptation au changement climatique (lire p.35), le Groupe recourt de plus en plus aux sciences de la prédiction et de la décision. Pour simuler les circulations en temps réel afin de prédire les conséquences de retards et proposer des stratégies de résolution d'incidents, il a développé le moteur de simulation Olistic. Celui-ci permet de scénariser des itinéraires, d'aider à l'optimisation des plans de transport en cas d'aléas, à la résolution des conflits de circulation, etc.

MASIPRO

Mobilité Autonome en Site PROpre
(en cours de financement par Bpifrance dans le cadre de France 2030)

ACTU 2023 L'année a été consacrée à préparer un pilote de service en conditions réelles d'exploitation pour permettre aux habitants de Carquefou et de Nantes d'emprunter différents véhicules autonomes issus de plusieurs constructeurs, circulant en site propre entre zones résidentielles, équipements municipaux et transports en commun.

Besoin

Développer un système de transport public routier automatisé à haut niveau de performance pour offrir une alternative à la voiture individuelle, en réutilisant d'anciennes voies ferrées reconverties, des couloirs de bus ou des voies vertes.

Solution

- Une infrastructure dédiée (à l'instar de la PIOMA) pour garantir un haut niveau de fréquence et de sécurité ;
- Différents types de véhicules routiers plus ou moins capacitaires, partagés, connectés, autonomes (niveau L4) et électriques (faible niveau sonore et bilan carbone maîtrisé) ;
- Une supervision multi-flotte unique ;
- Des stations conçues pour la mobilité automatisée ;
- Des équipements de signalisation et de télécommunication 4G/5G.



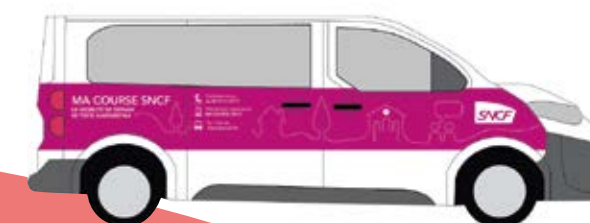
Partenaires

Constructeurs, AD Kit provider, opérateurs, instituts de recherche

Dates-clés

(sous réserve de financement dans le cadre de France 2030)

- **2019** – création et équipement de la PIOMA sur 500 m (piste, feux connectés)
- **2022** – extension de la PIOMA à 2 km, essais de roulage, collecte de données, automatisation des franchissements...
- **2023** – préparation du pilote de service
- **2024-2025** – extension de la PIOMA à 4 km
- **2027** – mise en œuvre du pilote de service



Ma Course SNCF au service des Jeux olympiques et paralympiques 2024

Ma Course SNCF est une offre de transport partagé, à la demande et en porte-à-porte, permettant aux habitants des territoires ruraux de se déplacer sans voiture individuelle au quotidien, pour notamment rejoindre la gare la plus proche. Un week-end donne accès à 4 offres de trajets (Gare, Commerces et Services de proximité, Loisirs, Scolaire), ou à une Course libre, avec des tarifications différenciées. Le système de réservation repose sur un algorithme de calcul d'itinéraires et de groupage, développé avec VIA Transportation et Kisio. L'offre a été testée avec succès dans cinq communes de la Sarthe de février 2021 à juillet 2022. Ma Course SNCF est déclinée en « JYVAIS » pour être expérimentée à l'occasion des Jeux olympiques et paralympiques 2024, en partenariat avec le Département de Seine-et-Marne, les communautés de communes concernées, avec l'autorisation d'Île-de-France Mobilités.



Il s'agira de répondre aux besoins de déplacement du quotidien et aux événements culturels et sportifs, et de faciliter l'accès des habitants à la ligne P de Transilien desservant la base nautique olympique de Vaires-sur-Marne. Ce projet est lauréat de l'AMI « Territoires de nouvelles mobilités durables » de France Mobilités/ADEME.



Mobiliers d'Activation des Mobilités (MAM)

Pour proposer un modèle économique adapté aux mobilités rurales, la SNCF ne s'attache pas seulement à concevoir une offre de mobilité élargie. Elle révolutionne aussi, avec SNCF Gares & Connexions et AREP, les mobiliers d'accueil et d'information des habitants et utilisateurs de mobilités collectives et partagées.

ACTU 2023 Des démonstrateurs de mobiliers ruraux innovants ont été installés à Guimiliau et Plouzévéde (Communauté de Communes du Pays de Landivisiau / Finistère). Ils seront expérimentés pendant 12 mois pour mesurer leurs impacts sur les déplacements des habitants.

Besoin

Inciter les habitants à délaisser leur voiture au profit des transports en commun et des solutions de mobilité douce ou partagée, tout en favorisant l'entraide et la lutte contre l'isolement des personnes dépourvues de moyens de déplacement.

Solution

- Une gamme de mobiliers et de services associés, faisant office de hubs de mobilité pour développer et rendre visibles les offres dans les territoires ruraux ;
- Des installations frugales et autonomes en énergie ;
- Une offre intermodale déployée autour de ces mobiliers (vélos spéciaux, covoiturage, auto-stop, AMI Citroën en micro-location, marche) ;
- Une information voyageur en un point unique (carte unifiée des solutions de transport et modalités, cartographie allocentrée / temps de trajet à pied ou à vélo entre les points d'intérêt de la commune) ;

- Des actions de mise en visibilité, de formation et d'incitation à utiliser ces nouvelles formes de mobilité ;
- Une démarche coconstruite avec les acteurs locaux (élus et habitants).

Partenaires

Kisio, université de Rennes 2, communes de Guimiliau et Plouzévéde, Communauté de communes du Pays de Landivisiau, Citroën, Mobicoop, Koboo, Clem, Ingerop

Deux types de mobilier :

- Une « station des mobilités » comprenant un abri pour attendre sa prise en charge et une vitrine d'information (offre de mobilité, cartographies) ;
- Un « mât des mobilités » dédié au covoiturage et à l'autostop local, muni d'un drapeau, d'un voyant lumineux à activer pour signifier un besoin de prise en charge et d'un rouleau mobile pour préciser sa destination. Ils sont complétés par une gamme de services vélos (micro-location et libre-service, arceaux et box connectés sécurisés, vélos électriques, cargos, vélobus, station de réparation...) et de voiturettes AMI Citroën sans permis.

Expérience voyageurs

— Information, billettique, déplacement, confort, sécurité... l'expérience voyageurs concentre de nombreux domaines. Le groupe SNCF s'appuie sur la technologie et les sciences comportementales pour l'enrichir.

TVP NG

ACTU 2023 Ce projet de recherche collaboratif a été lancé en début d'année pour concevoir, tester et développer une nouvelle génération de « traversées des voies à niveau par le public » (TVP) à partir de l'analyse et de la compréhension du comportement humain. Tous les concepts et solutions techniques pouvant amener à une industrialisation rapide sont à l'étude.

Besoin

Dans les gares sans passerelle ni passage souterrain, rendre les traversées de voies à niveau par le public (TVP) plus sûres et réduire les risques d'accidents.

Solution

Une plateforme de test en réalité mixte (maquette physique à l'échelle 1 et réalité virtuelle) est en cours de finalisation sur le site d'Arenberg Creative Mines près de Valenciennes, afin d'évaluer l'efficacité de différents concepts et solutions techniques sur les comportements et comprendre les impacts cognitifs, physiologiques et biomécaniques sur les voyageurs. Les résultats permettront de sélectionner les meilleures solutions à prototyper et évaluer pour aboutir à une nouvelle génération de TVP. Une solution qui passe par :

- la modélisation des comportements aux TVP, sur la base des sciences comportementales, cognitives et biomécaniques (regards, mouvements, temps de réaction...);
- l'identification des systèmes de sécurité les plus efficaces (littérature et benchmark).

Partenaires

Railenium, SCLE, LAMIH/université polytechnique Hauts-de-France (UPHF)

Dates-clés

- **2023** – lancement du projet, tests en ligne, création de la plateforme de réalité virtuelle
- **2024** – tests en réalité virtuelle à Valenciennes, validation des principes, concept
- **2025-2026** – études techniques, prototypage et essais à Vaires-sur-Marne



RECHERCHE EXPLORATOIRE

Les sciences comportementales et cognitives

Le recours aux sciences comportementales et cognitives (psychologie, neurosciences, anthropologie, etc.) permet d'analyser les comportements et la perception qu'ont les voyageurs et les salariés de leurs environnements, qu'il s'agisse d'expériences de travail ou de voyage. Appliqué au projet TVP NG, ce travail de compréhension permet d'apporter des améliorations sur des sujets aussi variés que l'adaptation des informations reçues (visuelles, sonores, etc.), les ambiances (relation agents/clients, aménagements, etc.), la gestion des flux des voyageurs (report vers d'autres modes de transport, positionnement à quai, etc.), ou encore la sécurité (signalétique en gare, systèmes de sécurité autour des voies, etc.).

RECHERCHE EXPLORATOIRE

Intelligence artificielle

L'IA représente une révolution comparable à celle d'Internet il y a 25 ans. Dans le domaine ferroviaire, elle ouvre de formidables perspectives pour offrir un meilleur service aux voyageurs et pour aider les agents à remplir leurs missions. Les images, séries de chiffres, verbatims et statistiques accumulés par la SNCF nourrissent de puissants algorithmes d'intelligence artificielle, capables non seulement de traiter ces données en très grand nombre, mais aussi d'apprendre à réaliser une tâche ou des prédictions. Les applications de l'IA sont nombreuses, à commencer par la vision artificielle. Servie par des caméras et des LiDARs, elle permettra par exemple de repérer les bagages abandonnés ou de compter les voyageurs, tout en effaçant les données biométriques (projet TNI, à lire ci-contre). Autre exemple, l'IA aidera à surveiller le réseau ferré en analysant les données transmises par le réseau de fibres optiques qui longent le réseau ferré (projet SURFO, à lire p.41). Dans le domaine documentaire, l'IA générative facilitera l'utilisation des référentiels métiers au travers d'outils comparables à ChatGPT. Par ailleurs, afin de développer les usages ferroviaires d'une IA de confiance, la SNCF participe au programme de recherche franco-canadien DEEL, qui vise à identifier les conditions de certification de cette technologie pour garantir son utilisation en sécurité par le monde industriel.

TNI

Projet d'exploitation éthique et intelligente des données de vidéoprotection



ACTU 2023 Le projet TNI a été sélectionné en février dans le cadre du programme Propulse (lire p.47) dans la catégorie « Partage de données ». Lancé en 2019, il s'adapte aux évolutions réglementaires, vise à anonymiser des données images et vidéos. Cela signifie qu'après traitement, aucune donnée biométrique ou personnelle ne subsiste. Un POC est programmé pour tester sur le matériel roulant TER la technologie implémentée et différentes méthodes possibles de transmission des données au sol. L'année 2023 a permis de valider les modèles développés et de mettre en place le cadre légal pour lancer les expérimentations terrains.

Besoin

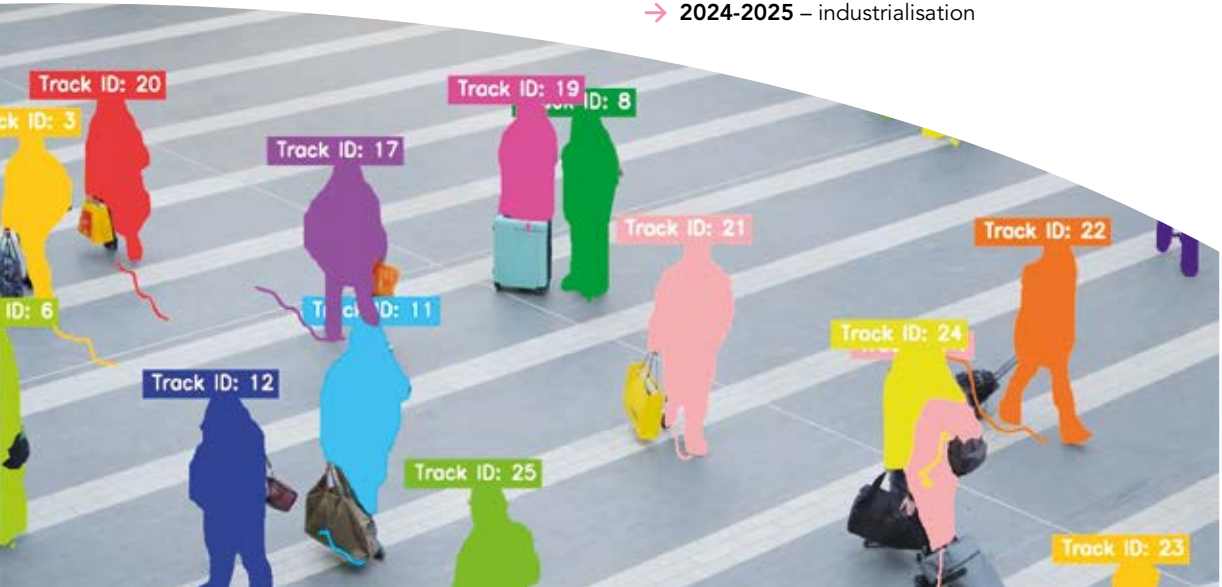
Exploiter les vidéos et images issues des trains et des gares de façon éthique, pour obtenir des informations utiles à l'analyse et à l'amélioration des flux, à l'aménagement des trains, aux services en gare, etc.

Solution

- Un outil d'anonymisation définitive, non réversible, des données à caractère personnel et biométriques;
- Une chaîne de transmission frugale des données anonymisées;
- Le recueil et l'analyse des habitudes de déplacement, de consommation, d'usage des équipements par deep learning (IA).

Dates-clés

- **2019** – lancement du projet
- **2020-2023** – développement des technologies d'anonymisation suivant les évolutions de la réglementation européenne
- **2023** – validation documentaire, légale, juridique
- **2024** – POC sur du matériel TER Grand Est servant de laboratoire
- **2024-2025** – industrialisation



Shield4Crowd



ACTU 2023 Coordonné par le groupe SNCF, Shield4Crowd est un projet collaboratif européen lancé en milieu d'année. Il réunit les forces de sécurité européennes pour identifier les meilleures solutions de gestion des foules en milieu urbain et répondant à diverses menaces.

Besoin

Rechercher des solutions technologiques, aujourd'hui en début de conception (TRL 3 à 5), pour améliorer la protection des espaces publics de l'Union européenne contre les menaces de sécurité liées à la gestion des foules, qu'il s'agisse d'attaques terroristes dans des lieux accueillant du public, de menaces de drones, de mouvements de paniques lors de grands événements, de risques liés aux zones densément peuplées, de menaces par armes blanches et armes à feu, ou encore d'objets non surveillés.

Solution

- Comparer les scénarios et méthodes de gestion des risques en milieu urbain sur toute la chaîne de sûreté (prévention, détection, analyse en temps réel, résolution, post investigation);
- Analyser le marché pour identifier les projets de R&D et technologies du futur à même de répondre à dix cas d'usage identifiés comme prioritaires;
- Lancer une *Open Market Consultation*, consultation d'industriels venant présenter leurs solutions;
- Retenir un cas d'usage en vue de lancer un projet d'achat de R&D finançable par la Commission européenne.



Partenaires

Ministère de l'Intérieur et des Outre-mer, ministères de l'Intérieur espagnol et slovaque, Polish Platform (Pologne), Muxley et Safe (France), ISEM Institute (Slovaquie), DigInnov (Italie), Corvers (Pays-Bas)

Dates-clés

- **Août 2023** – lancement du projet
- **Janvier 2024** – clôture de l'AMI Shield4Crowd
- **Mai 2024** – *Open Market Consultation*
- **Juillet 2024** – clôture du projet
- **Novembre 2024** – appels à projet PCP d'Horizon Europe

Nudge Fragilité

En avril 2023, Keolis Caen Mobilités a expérimenté un nudge spécifique pour encourager la mobilité des personnes fragiles. Objectif: les rassurer à chaque étape et favoriser l'entraide à bord. Comment? Par un zonage permettant de se positionner le long de l'abribus et de monter facilement à bord, par des stickers de réassurance à bord et par une mise en évidence des places prioritaires. Des porte-cartes leur étaient également remis pour les aider à se signaler auprès du conducteur ou amener d'autres voyageurs à céder leur place. Les résultats ont été au rendez-vous: un gain de 6% de satisfaction à la montée, de 5% au moment d'aller s'asseoir et de 4% à la descente.

TER JustoGo

TER JustGo, conçu et développé avec SNCF Connect & Tech, est une nouvelle solution de paiement et de tarification à l'usage, proposée en Nouvelle-Aquitaine depuis octobre 2023. Après avoir activé la géolocalisation sur son application mobile SNCF Connect, le voyageur se signale en un clic, à la montée et à la descente du train. L'appli détecte et valide chaque trajet effectué et le voyageur n'est facturé qu'en fin de mois au meilleur tarif. Cette solution pourrait être étendue à d'autres régions, en fonction du souhait des autorités organisatrices de la mobilité.

Comment doubler la part modale du ferroviaire ?



Comment doubler



Christophe Fanichet,
Président-directeur général
de SNCF Voyageurs

La plus belle illustration de notre capacité à transporter plus de voyageurs à l'avenir est évidemment l'arrivée du TGV M, un concentré d'innovations techniques, énergétiques et servicielles, pour accueillir toujours plus de clients et dans les meilleures conditions. Plus capacitaire – jusqu'à 740 places au lieu 600 au maximum actuellement –, et modulable pour s'adapter à la demande, en nombre de voyageurs (7, 8 ou 9 voitures) comme en termes d'aménagement intérieur, il sera accessible à tous. Avec le bilan carbone le plus faible du marché, notre futur TGV M sera un atout majeur pour développer l'attractivité du train.

Mais l'innovation au service du plus grand nombre de voyageurs n'est pas l'apanage de la grande vitesse, c'est le cœur de notre défi en mass transit. Le RER NG qui se déploie en Île-de-France, lui-même plus

capacitaire et plus ouvert, améliore le quotidien des voyageurs, offre une meilleure accessibilité et plus de fluidité dans les échanges entre le quai et le train. Dans toutes les régions se construisent les services express régionaux métropolitains pour mieux desservir les bassins de vie, renforcer les liens entre métropoles et périurbain en augmentant l'offre et la fréquence, et repenser la multimodalité comme un tout autour de la colonne vertébrale ferroviaire. Dans les territoires les moins denses, une gamme de matériels nouveaux – et disons-le révolutionnaires –, d'infrastructures et de services adaptés aux mobilités rurales est testée, avec le Train Léger innovant TELLi, le train très léger DRAISY, la navette rail-route FLEXY ou encore MASIPRO, le pilote de service de transports publics autonomes qui sera testé près de Nantes. Autant de solutions innovantes porteuses de nouveaux modèles de transport adaptés aux besoins spécifiques de chaque territoire. L'innovation nous offre le choix, pour une mobilité ferroviaire à la carte pour chaque territoire.

L'autre domaine d'innovation est la simplification du parcours client. En 2023, nous avons lancé JustGo en Nouvelle-Aquitaine, solution de paiement à l'usage, géolocalisation à l'appui, avec la Région et SNCF Connect & Tech. Le voyageur TER se signale en un clic sur son appli mobile de distribution, à la montée et à la descente d'un train, et ne paie ses voyages qu'en fin de mois. 95 % de ceux qui ont testé JustGo l'ont adopté.

Tout cela est très stimulant, et toutes ces innovations visent à nous permettre de proposer des solutions de mobilité durables et inclusives, véritables alternatives à la voiture, partout sur le territoire.

Avec le bilan carbone le plus faible du marché, notre futur TGV M sera un atout majeur pour développer l'attractivité du train.

Comment doubler la part modale



Matthieu Chabanel,
Président-directeur général
de SNCF Réseau



L'innovation digitale au profit du réseau est aussi un levier pour augmenter sa résilience et renforcer sa capacité à faire face au changement climatique.



Développer l'offre ferroviaire à la hauteur des ambitions françaises et européennes repose sur la rénovation et la modernisation du réseau existant. Nous sommes à cet égard très attentifs à l'innovation. La digitalisation est à la fois la clé d'un réseau plus robuste et capacitaire, comme en témoignent les déploiements des commandes centralisées du réseau, de l'ERTMS ou de NExTEO, et l'optimisation des méthodes de surveillance et de maintenance. Intelligence artificielle, data et Internet des objets sont ainsi pleinement entrés dans le quotidien de toute la chaîne de nos activités.

L'innovation digitale au profit du réseau est aussi un levier pour augmenter sa résilience et renforcer sa capacité à faire face au changement climatique. Avec Toutatis, nous suivons les risques d'inondation des ouvrages

en terre, et avec Platipus, ceux des ouvrages d'art en site aquatique. Nous mesurons les hauteurs de neige dans le Massif central ou la température des rails sur la LGV Sud-Est grâce à des capteurs. Le digital et le prédictif sont porteurs de solutions : notre maîtrise des données est donc primordiale. L'innovation technique l'est tout autant : avec les longs rails soudés, qui équipent 85 % du réseau principal, les déformations de voie ont drastiquement baissé. Des caténaires 1 500 V, au système de contrepoids modifié pour les rendre plus résistantes à la chaleur, seront également déployées progressivement sur 5 700 km de lignes.

L'innovation au profit du réseau participe à réduire son empreinte carbone. Aujourd'hui, nous donnons une seconde vie à 50 % des matériaux de la voie grâce au recyclage ou au réemploi, et nous avons l'objectif de tendre vers 100 % dans les prochaines années. Nous travaillons également sur la signalisation et l'alimentation électrique. Quant à la modernisation du réseau, elle porte naturellement en elle des solutions qui augmentent l'efficacité énergétique du système ferroviaire. Celles-ci réduisent les pertes en ligne et améliorent les capacités de transfert et de stockage d'énergie.

Nous misons sur l'innovation collaborative pour passer plus rapidement à l'industrialisation des solutions qui révolutionneront nos pratiques avec les membres du Rail Open Lab : la Fédération des Industries Françaises (FIF), RATP Infrastructures et le réseau des entreprises de la transition énergétique et numérique (SERCE).

En tant que gestionnaire exclusif des 3000 gares françaises, nous sommes au cœur de la vie mobile des français. Notre ambition est d'être le pivot de l'intermodalité tout en répondant aux enjeux environnementaux et territoriaux.



Marlène Dolveck,
Directrice générale de SNCF
Gares & Connexions et
Directrice générale adjointe
du groupe SNCF en charge
de la transformation

Le développement des SERM propulse les gares à la première place des hubs centraux de mobilités. Nous avons lancé pour la toute première fois à Libourne un projet « vitrine » de notre expertise d'aménageur intermodal. Développer l'intermodalité, c'est aussi offrir aux voyageurs une information complète et fiable. Notre outil LIVE permettra d'afficher l'ensemble des horaires de départ et d'arrivée de tous les modes de transport connectés aux gares (bus, tram, métro, etc.) sur un panneau unique. C'est déjà une réalité en gare de Toulouse-Matabiau, rénovée et modernisée en 2023, qui accueille désormais des écrans d'information intermodale XXL. Nos gares sont de plus en plus connectées (arrivée de la 5G, supervision des équipements en temps réel, etc.) et notre ambition pour la gare de demain va bien au-delà. Avec le projet de « gare lab européenne » à Paris-Nord, des services novateurs et des solutions numériques visant à enrichir l'expérience client seront bientôt testés. Nous travaillons sur la résilience et l'adaptation des gares

au changement climatique. Avec notre filiale AREP, nous révolutionnons les techniques de conception et de construction des gares. Les études de la première gare bioclimatique d'Europe ont été lancées. Elles vont permettre de construire la future gare de Nice Aéroport. Sa structure sera intégrée à l'environnement, ses espaces seront éco-responsables et des panneaux solaires installés sur la canopée permettront de produire de l'énergie renouvelable. Les gares sont au cœur de la transition énergétique de tous les Français et le photovoltaïque tient une place importante dans notre stratégie.

Nous avons près d'un million de mètres carrés de foncier potentiel et disponible pour lequel la mise en place de panneaux solaires sera étudiée. Grâce à notre partenariat avec Teneergie, environ une cinquantaine de parcs de stationnement sera couverts d'ombrières photovoltaïques en 2024 et 2025. Notre énergie est au service du mode ferroviaire pour qu'il s'impose comme la colonne vertébrale des mobilités durables.



Avec notre filiale AREP, nous révolutionnons les techniques de conception et de construction des gares.



du ferroviaire ?

Comment doubler la part modale



Marie-Ange Debon,
Présidente du directoire
du groupe Keolis

Keolis opère les réseaux de transport de 300 autorités organisatrices de la mobilité dans 13 pays. Son expertise couvre tous les modes de transport – urbains, périurbains et interurbains, dont métros, bus, cars, tramways, ainsi que des navettes maritimes et fluviales. Nous sommes présents sur l'ensemble de la chaîne de mobilité : transport à la demande, vélo en location longue durée et en libre-service, stationnement en ouvrage et en voirie et covoiturage. Ce savoir-faire multimodal ancré dans les territoires constitue une incroyable

richesse en matière d'innovation, avec une intention claire : développer des alternatives efficaces à l'autosolisme. Notre démarche repose sur deux transitions majeures : numérique et écologique.

Grâce au digital et à la data, nous améliorons nos services en termes d'accessibilité et de personnalisation. Dans la droite ligne de notre approche *Think like a passenger*, les solutions « MaaS* », utilisées dans la nouvelle application du réseau Transport Bordeaux Métropole et celle de DiviaMobilités à Dijon, intègrent l'ensemble des services de mobilité du territoire – publics et privés – pour une meilleure expérience voyageurs.

Nous innovons également pour développer l'inclusion à bord. A Rennes, Keolis s'est associé à Someware pour intégrer la solution Handimap dans l'application STAR : un guidage piéton adapté aux voyageurs fragiles. En 2024, des algorithmes additionnels permettront d'évaluer la « marchabilité » des arrêts des futures lignes de bus à haut niveau de service de la Métropole.

Aux Pays-Bas, Keolis utilise l'intelligence artificielle générative pour communiquer en temps réel avec les voyageurs en cas de perturbations. Sur le réseau Yarra Trams à Melbourne, il déploie un revêtement de sol rafraîchissant *CoolSeal* dans la station de tramway Federation Square, améliorant ainsi le confort des passagers et facilitant l'intervention des équipes de Keolis Downer en cas de forte chaleur.

Enfin, pour répondre aux attentes fortes de nos autorités organisatrices de la mobilité, nous travaillons sur de nouvelles solutions en faveur de

“
Notre démarche repose sur deux transitions majeures : numérique et écologique.
”

la transition énergétique comme le retrofit de bus et cars thermiques vers des solutions plus écologiques, notamment électriques. Les autocars rétrofités électriques circulant sur la Communauté d'agglomération Porte de l'Isère en France constituent à ce titre un exemple manifeste.

Parce qu'il est déterminé à contribuer à un avenir durable, Keolis continue sans relâche à pousser les limites de l'innovation pour faire bouger les lignes de la mobilité durable.

* Mobility as a Service : concept qui vise à planifier, réserver et payer un trajet intermodal sur une même plateforme numérique.



Frédéric Delorme,
Président de Rail Logistics
Europe et Fret SNCF

“
L'échange de données est aujourd'hui au cœur des projets d'innovation du secteur du fret ferroviaire.
”

Pour favoriser le report modal, le fret ferroviaire doit gagner en agilité, en fiabilité et en capacité et, à cet égard, la digitalisation nous ouvre de vastes perspectives.

L'échange de données est aujourd'hui au cœur des projets d'innovation du secteur du fret ferroviaire car plus les partenaires échangeront de données, plus ils seront à même de proposer des services de bout en bout de qualité à leurs clients et à les accompagner d'une information fiable.

Rail Logistics Europe lance donc une initiative interne en ce sens sous la forme d'un écosystème digital, qui permettra d'améliorer les échanges de données entre tous les acteurs du Groupe, ainsi qu'avec nos principaux partenaires externes

et nos clients. Cet écosystème sera construit par itérations, les premières intervenant dès 2024.

Les innovations concernant la digitalisation des opérations de préparation (essais de freins, composition...), en vue d'accélérer la formation des trains et de renforcer la sécurité des circulations sont aussi essentielles. Je pense très concrètement au suivi technique grâce à des capteurs sur les trains et à l'attelage automatique digital (DAC), sur lequel nous travaillons au sein de Europe's Rail. Les données qui en seront issues constitueront qui plus est une forme de « jumeau numérique » du train, alimentant notre futur écosystème digital évoqué plus haut.

Une partie des efforts pourra ainsi se reporter sur l'amélioration d'autres services, comme la veille renforcée de l'intégrité du train. Mais l'accélération de ces opérations permettra aussi et surtout d'accroître la disponibilité du réseau, un enjeu clé pour le système ferroviaire. Par ailleurs, les clients veulent être informés en cas de retard avec l'information de la nouvelle heure d'arrivée, en anglais l'*Expected Time of Arrival* ou ETA. L'échange de données, notamment GPS, est nécessaire pour ce faire lorsque plusieurs entreprises ferroviaires sont impliquées dans le transport. Notre capacité à déployer des standards d'échanges de données au niveau européen sera déterminante. L'autre défi sera de bâtir les partenariats publics-privés adéquats au vu des investissements nécessaires.

du ferroviaire ?

DIRECTRICE DE LA PUBLICATION Carole Desnost • **DIRECTEUR DE LA PUBLICATION ADJOINT** Vincent Delcourt • **RÉDACTEUR EN CHEF** Patrick Chalumeau • **CONCEPTION ET RÉALISATION** Belleville • **RÉDACTION** Céline Thiery, Patrick Chalumeau • **ILLUSTRATEURS** Mathieu Clauss, Simon Landrein • **PHOTOGRAPHIES** DR médiathèques AREP, Europe's Rail, Mines Saint-Étienne, SNCF, SNCF Réseau, SNCF Voyageurs, SNCF Gares & Connexions, Keolis, Rail Logistics Europe, SFERIS, STOLECT, Alstom, CAF, Leo Arcangeli, Aurélie Baron, Antoine Doyen, Jérôme Halatre, Nikola Krotlica, Bernard Lachaud, Aurélie Marquot, Matthieu Raffard • **IMPRESSION** Courand & associés