

2021

Les images représentent les six pays dans lesquels nous avons pu être les plus actifs l'année dernière. Elles montrent des photos impressionnantes qui, malgré de captivants contrastes, s'harmonisent à merveille dans un grand ensemble.

# Table des matières

<b>5</b>	Éditorial
<b>8</b>	Une planification et coordination paneuropéenne
<b>14</b>	sma.software : une sélection de projets de l'année 2021
<b>18</b>	Focus sur la dualité robustesse – ponctualité
<b>24</b>	Consulting : une sélection de projets de l'année 2021
<b>50</b>	Communication
<b>51</b>	Chiffres-clés
<b>52</b>	Mentions légales



# Éditorial

Chères lectrices, chers lecteurs,

En raison de la pandémie, l'année 2021 a été très similaire à l'année 2020 pour un grand nombre de nos clients. Les incertitudes qu'elle suscite sur les futures habitudes des usagers des systèmes de transport, voyageurs et chargeurs, sont inévitables. Néanmoins, compte tenu de l'urgence de la situation, l'immobilisme n'est pas une option pour une transition écologique.

La menace immédiate pour la planète demeure le changement climatique. En Europe notamment, les transports sont responsables d'un quart des émissions de CO<sub>2</sub>. Sachant que 95% de ces émissions sont imputables aux secteurs routier, aérien et maritime, le soutien des chemins de fer dans la concurrence intermodale est donc l'une des clés du défi de la décarbonation des transports.

Notre article introductif esquisse un modèle de mise en place d'outils institutionnels de planification et de coordination durables de la capacité ferroviaire à l'échelle européenne, qui permettrait de répondre à une partie des enjeux de la lutte contre le réchauffement climatique.

SMA s'efforce de soutenir tous les acteurs institutionnels du système ferroviaire : autorités, gestionnaires d'infrastructure, entreprises ferroviaires dans l'établissement de méthodes, de processus et d'outils informatiques allant dans ce sens.

Une fois encore, nous sommes heureux de vous présenter les différentes activités et projets de nos deux divisions, Consulting et Software, qui nous ont accompagnés tout au long de l'année écoulée.

Nous vous souhaitons une agréable lecture de notre rapport d'activités 2021.



Eric Cosandey  
CEO, Directeur Division Consulting



Thomas Bickel  
Directeur Division Software





# Une planification et coordination paneuropéenne

**La crise climatique et les ambitions européennes** Commençons par le constat partagé par tous, ou presque : le monde est en pleine crise climatique. La Commission européenne (CE) l'a bien compris en lançant le « Green Deal européen » avec un fonds de 600 milliards d'euros afin de devenir le premier continent climatiquement neutre d'ici 2050. Cette crise est quelque peu passée au second plan en raison de la pandémie et de la guerre en Ukraine, mais elle n'en est pas moins aiguë, bien au contraire. En effet, en Europe, un quart (25%) des émissions de CO<sub>2</sub> provient du transport des personnes et des marchandises, ce qui place le transport juste derrière la production d'électricité et le chauffage (40%), mais devant la production industrielle (20%). C'est un fait ! Autre évidence : 95% de ces émissions sont imputables aux transports routier, aérien et maritime.

Le chemin de fer est l'une des clés du défi de la décarbonation des transports. Un moyen de transport sûr, efficace et moins dommageable pour l'environnement. Tous les États membres et non membres de l'Europe partagent le point de vue selon lequel le développement, le renouvellement, l'entretien et l'exploitation efficace d'un réseau ferroviaire paneuropéen sont une pierre angulaire de la neutralité carbone.

Les initiatives en cours sont nombreuses et variées. En outre, les activités liées à « l'Année du Rail 2021 » ont largement contribué à la prise de conscience politique. Les objectifs affichés sont louables : transfert modal, numérisation, automatisation, efficacité multi-modale et surtout connectivité.

Un projet particulièrement ambitieux qui répond notamment à l'objectif de connectivité est le développement du réseau transeuropéen de transport (TEN-T). Tel que défini par la CE, le TEN-T se compose de deux « couches » : un réseau central de liaisons entre les nœuds européens les plus importants – à réaliser d'ici 2030 – et un réseau paneuropéen étendu à réaliser d'ici 2050. Le développement du TEN-T s'accompagne d'un plan d'action pour le transport ferroviaire à longue distance et transfrontalier, qui établit une feuille de route des actions à mener pour aider la CE à atteindre son objectif de doubler le trafic ferroviaire à grande vitesse (ou à vitesse élevée) d'ici 2030 et de le tripler d'ici 2050.

Comment la planification d'un tel réseau peut-elle être mise en œuvre et coordonnée dans le patchwork institutionnel européen ? Comment un tel projet de planification peut-il s'insérer dans la réalité des différents paquets ferroviaires européens, notamment à la lumière de la libéralisation du transport international de voyageurs ?

**L'économie planifiée dans l'économie de marché** À ce stade, il est utile de souligner que la coordination du développement des réseaux et de la capacité au niveau européen n'est pas incompatible avec les principes de concurrence dans un cadre plus ou moins libéralisé pour les services ferroviaires.

L'hypothèse est qu'une méthodologie de planification de l'infrastructure par l'offre devrait s'appuyer sur un catalogue de sillons, comme moyen de parvenir à une fin. Ce catalogue de sillons pourrait promouvoir et faciliter la libéralisation. Si les sillons étaient vendus à partir de ce catalogue de sillons, c'est-à-dire dans le cadre d'un marché organisé et éventuellement optimisé du point de vue capacitaire, cela pourrait même renforcer l'attrait des services internationaux. Cela pourrait donc favoriser un comportement concurrentiel et avoir des conséquences positives pour l'ensemble du secteur.

Tout d'abord, il est nécessaire de bien comprendre ce qu'est un catalogue de sillons :

- un modèle amont de la capacité du réseau
- un ensemble de sillons préconstruits répondant aux besoins du marché
- une plateforme commune où les gestionnaires d'infrastructure et les entreprises ferroviaires peuvent communiquer sur les questions capacitaires et de sillons répondant aux besoins du marché

En outre, il s'agit de l'étape logique entre manufacture et industrialisation dans le processus de production des sillons. Elle apporte la transparence nécessaire en matière d'information dans le processus complexe de planification entre les entreprises ferroviaires et les gestionnaires d'infrastructure, qui pourrait à son tour être utilisé pour définir les structures et les règles d'un environnement de marché concurrentiel.

Cela dit, il s'agit également d'un premier jalon vers deux processus connexes :

- la planification des infrastructures et des équipements déduite d'un catalogue de sillons
- l'attribution de capacités par le biais de ce catalogue de sillons

Le premier processus nécessite généralement des tâches telles que la planification des objectifs de desserte (relations, politiques d'arrêt, fréquences et correspondances) et l'établissement d'un horaire conceptuel tenant compte de considérations techniques (matériel roulant, infrastructures et performance des équipements tels que la signalisation). Cet horaire conceptuel devrait être considéré comme la traduction des objectifs de desserte qui répondent aux besoins de mobilité et à la demande escomptée au niveau paneuropéen, et aiderait à déterminer les besoins fonctionnels pour l'infrastructure et le matériel roulant et donc à définir une stratégie de développement, y compris son phasage.

Alors que les enjeux des entreprises ferroviaires consistent à optimiser l'utilisation de leurs actifs (matériel roulant et personnel), celles des autorités et des gestionnaires d'infrastructure sont de planifier le champ complexe des besoins en capacité pour différents types de trafic (international, interurbain, régional, local et fret) sur la totalité du réseau. À ce stade, il peut également s'agir d'un choix politique de la part d'une entité supervisant le gestionnaire d'infrastructure de réserver une certaine capacité pour de futurs trafics qui n'existent pas encore. Dans cette optique, le catalogue de sillons déduit d'un plan d'utilisation des capacités apporte de la transparence à toutes les parties prenantes du système : autorités, gestionnaires d'infrastructure et opérateurs potentiels.

Suivant cette logique, les gestionnaires d'infrastructure devraient fixer des exigences minimales pour les sillons, par exemple en ce qui concerne les vitesses minimales ou le nombre minimal de sillons par jour. Les opérateurs ferroviaires qui ne seraient pas en mesure de satisfaire à ces exigences ne devraient pas pouvoir accéder ou ne devraient recevoir qu'un accès non-prioritaire à ces sillons, en partant du principe que leur incapacité à le faire serait préjudiciable à la capacité globale du système.

Bien que la deuxième étape, l'allocation de la capacité elle-même, ne fasse pas partie des considérations de cet essai, il s'agira de répondre aux questions suivantes : Comment établir des priorités ? Comment fixer les critères ? Comment protéger ? Comment fixer les prix ? Ici encore, une vision claire d'un catalogue de sillons aidera à répondre à ces questions.

**Qui pourrait être en charge au niveau paneuropéen ?** Dans ce contexte, il incombera donc aux gestionnaires d'infrastructure de fixer les exigences relatives à l'attribution des sillons sur leur propre réseau. Mais qui devrait superviser le développement du réseau en amont et la planification des capacités au niveau paneuropéen ?

À ce stade, il pourrait être intéressant de porter le regard sur les outils institutionnels utilisés pour le développement du réseau ferroviaire suisse, ce dernier pouvant sans doute être cité comme un exemple de bonne pratique pour un cadre paneuropéen. En effet, à plus petite échelle, le contexte institutionnel suisse n'est pas moins fragmenté que le contexte européen, avec plusieurs autorités et gestionnaires d'infrastructure :

La stratégie d'utilisation du réseau (STUR) définit l'utilisation prévue des capacités sur une heure-type (qui pourrait être deux heures au niveau paneuropéen) sur l'entièreté du réseau ferroviaire. Sur la base d'une prévision de la future demande de transport, elle fixe le partage capacitaire entre trafics voyageurs et fret pour un horizon à long terme d'environ 15 ans. Il incombe au Conseil fédéral (c'est-à-dire au gouvernement suisse) d'approuver la STUR, ainsi que sa mise à jour.

Les plans d'utilisation du réseau (PLUR) définissent la planification des sillons de manière détaillée et précise (les catalogues de sillons) en fonction des différentes années de l'horaire. Les PLUR sont établis par les gestionnaires d'infrastructure six ans avant l'année de mise en service et sont mis à jour au besoin. L'Office Fédéral des Transports (OFT) approuve les PLUR à la demande des gestionnaires d'infrastructure. Ces plans sont contraignants pour les gestionnaires d'infrastructure et les autorités et servent de base à l'attribution des sillons en aval.

Des outils institutionnels similaires sont également adoptés par exemple en Allemagne et en France, pour ne citer qu'eux, avec « Deutschlandtakt » ou respectivement le « Plan d'Exploitation Émergent » (PEE) initié par les Ministères qui pourraient être assimilés à une STUR. Il faut également souligner le catalogue de sillons en cours de développement chez DB Netz avec le projet « mittelfristiges Konzept für eine optimierte Kapazitätsnutzung » (mKoK, concept moyen terme visant une utilisation optimale de la capacité). En France, on pourrait mentionner des ambitions similaires avec la version à plus court terme du PEE appelée « Plans d'Exploitation de Référence » (PER).

Un tel organisme de coordination et de planification pourrait-il recevoir suffisamment de compétences et de ressources pour mettre en place de tels processus et outils institutionnels au niveau paneuropéen ? Les parties prenantes nationales (ministères, autorités, GI) sont-elles prêtes à accepter le transfert de certaines compétences à un organisme européen chargé de la planification de la capacité des réseaux en amont ?

Il appartient à la Commission Européenne de répondre à ces questions et de mettre en place un cadre institutionnel pour ce faire. C'est une décision politique que de choisir à mettre en place les institutions qui répondent aux défis de cette planification et de cette coordination à l'échelle européenne. Néanmoins, les institutions, les processus et les outils aident à résoudre un problème, mais ils ne le résolvent pas par eux-mêmes ; la méthodologie qui les sous-tend le fait. En d'autres termes, une STUR paneuropéenne en amont, coordonnée par une autorité européenne ayant reçu les compétences pour ce faire, et des PLUR (catalogues de sillons) déclinés en aval par les GI respectifs sous la supervision de cette autorité. Cela dit, une STUR et des PLUR ne sont pas une fin en soi, mais bien un moyen d'atteindre un objectif : une méthodologie de développement des infrastructures par l'offre pour une planification et une coordination durable des réseaux ferroviaires au niveau européen.





# sma.software : une sélection de projets de l'année 2021

**Faits & chiffres** Le chiffre d'affaires de sma.software se compose des trois piliers que sont la maintenance, les projets réalisés pour les clients et la vente de licences. En 2021, nous avons pu vendre 15 nouvelles licences de Viriato Standard ainsi qu'une licence d'entreprise pour Viriato Enterprise et une pour le calculateur de marche ZLR. Nous avons également pu vendre de nouvelles licences de plusieurs modules complémentaires de Viriato, à savoir la détection des conflits (5 licences), la planification de roulements (4), le module travaux (3) et l'analyse des durées de voyage (2). A cela s'ajoute la location de licences individuelles ou de modules complémentaires pour des périodes plus courtes. Sur le plan géographique, les ventes se répartissent pour près d'un tiers sur les marchés allemand, belge et nord-américain. D'autres ventes isolées ont été réalisées en France, en Australie et en Suisse. Le rapport entre les clients existants ayant acquis de nouvelles licences ou modules complémentaires et les nouveaux clients est de 2 pour 1.

Comme en 2020, la tendance à remplacer les licences Viriato sous forme de clés matérielles par une solution logicielle en ligne s'est poursuivie. Alors que 85% des clients utilisaient encore des clés matérielles fin 2019, ils ne sont plus que 50% aujourd'hui. Du fait de l'utilisation croissante de Viriato en télétravail, le déploiement d'une telle solution nous a permis d'offrir à nos clients une flexibilité supplémentaire dans la gestion de leurs licences.

Afin de préparer au mieux nos clients à travailler avec Viriato, diverses formations ont été organisées, adaptées aux besoins et aux processus de travail de chacun d'eux. Comme en 2020, la plupart des formations ont été dispensées en ligne en raison des restrictions existantes.

Nombre de formations externes	9 formations
Langue des formations et supports	Allemand, français ou anglais
Nombre total de jours de formation	20.5 jours
Nombre total de participants	Environ 60

Comme les années précédentes, les projets réalisés pour les clients ont été fortement dominés par les entreprises ferroviaires issues des pays germanophones. En y ajoutant les projets internes, un total de 1038 tâches de développement ont été réalisées en 2021 (contre 851 en 2020 et 619 en 2019) dans le cadre de notre processus de développement agile. Celles-ci ont donné lieu à la livraison de 52 nouveaux paquets d'installation pour les 15 différentes versions clients et produits de Viriato, correspondant donc en moyenne à une livraison par semaine calendaire.

## SYNOPSIS DES PROJETS

**Viriato 64 bits : « maintenir le produit en vie »** Pour une entreprise de produits comme SMA, il est essentiel d'assurer le développement et la mise à jour de ceux-ci sur le long terme. C'est la raison pour laquelle il est capital d'investir en permanence dans la modernisation technologique et architecturale du logiciel, en sus de la réalisation d'extensions fonctionnelles du produit. De tels travaux préviennent l'obsolescence progressive du logiciel, minimisent les risques techniques et garantissent une expérience de développement (DX) positive et productive.

Un exemple typique est le passage de Viriato à une application 64 bits, réalisé l'année dernière. Jusqu'à présent, Viriato n'était disponible que sous la forme d'une application 32 bits, limitant sa consommation maximale de ressources à environ 2 Go de mémoire vive. Ces restrictions ne s'appliquent plus à la version 64 bits de Viriato, lui permettant par exemple de traiter simultanément un plus grand nombre d'horaires graphiques étendus. Dans le cadre de ce changement, un nouveau système de base de données plus moderne et performant a en outre été introduit pour la gestion des bases de données locales (basées sur des fichiers), et une amélioration générale de la performance du logiciel a été opérée.

**TAP-TSI** Un nouveau module complémentaire pour Viriato Entreprise permet la mise en place d'un environnement pour la communication entre les entreprises ferroviaires et gestionnaires d'infrastructure sur la base des spécifications TAF/TAP-TSI développées par l'ERA. Ce module contient les structures de données nécessaires au niveau du train et de l'infrastructure pour la connexion d'une interface dédiée. Pour une démonstration et une discussion sur les possibilités de connexion d'une implémentation concrète de l'interface répondant à vos besoins, veuillez nous contacter. SMA est impliqué depuis plusieurs années dans des projets TAF/TAP-TSI et peut volontiers vous conseiller sur le sujet.

**Plateforme algorithmique et partenariats de recherche** Dans le domaine de la recherche, nous avons pu nouer l'an dernier de nouveaux partenariats pour de futures collaborations et intensifier les relations avec les partenaires existants. À titre d'exemple, nous avons accompagné un étudiant de l'EPF de Lausanne dans sa soutenance de thèse de master sur la gestion des perturbations. Nous avons également implémenté un algorithme, déjà publié dans la littérature académique, pour la planification stratégique des horaires en fonction de la demande, afin de démontrer la facilité avec laquelle la recherche peut être mise en pratique en intégrant des algorithmes à notre logiciel. Le code source de cette étude de cas est disponible publiquement sur GitHub (<https://github.com/sma-software/openviriato.algorithm-platform.showcase.spot>) et peut servir d'exemple pratique pour nos partenaires de recherche afin de les aider à comprendre comment utiliser l'interface de notre plateforme algorithmique pour leurs propres travaux. En 2021, nous avons également soutenu une entreprise berlinoise développant des algorithmes d'optimisation pour ses clients, qui travaillent en étroite collaboration avec les universités sur des sujets de recherche opérationnelle dans le domaine ferroviaire. Ils ont ainsi pu fournir un algorithme de recherche de sillons à leur client, un grand gestionnaire d'infrastructure européen, en utilisant la plateforme algorithmique de Viriato.

**Robustesse** Nous avons poursuivi le développement d'un nouveau prototype pour l'analyse de la robustesse au sein de Viriato, qui a pu être utilisé avec succès dans plusieurs projets de conseil au cours de l'année dernière. Le prototype comporte un mécanisme d'adaptation de la stratégie de gestion opérationnelle utilisée, permettant de tester différents concepts. Une première stratégie a été implémentée gérant la modification de l'attribution des voies en ligne et en gare lorsque les trains rencontrent des restrictions de capacité le long de leur parcours. Le prototype intègre par ailleurs une analyse de type Monte-Carlo produisant divers indicateurs clés permettant aux utilisateurs de juger sur de plus vastes échantillons la robustesse des horaires proposés. Un nouveau rôle de Responsable de l'Innovation au sein de SMA a également été mis en place cette année, visant la gestion d'un projet de développement d'une version productive de cet outil comme nouveau module complémentaire de Viriato, basé sur les leçons tirées des concepts développés dans le prototype.

**Microscopie à la demande (MoD)** Les développements du module de microscopie à la demande (MoD) ont été placés sous le signe d'une utilisation à grande échelle dans le cadre d'un projet de conseil pour un gestionnaire d'infrastructure. Cette dynamique nous a conduit à travailler sur l'amélioration générale des performances du processus et d'investir dans la stabilité et la puissance de celui-ci. Ainsi, il est désormais possible de définir des arrêts opérationnels dans le système macroscopique et de les prendre en compte sans effort au niveau microscopique. Une autre extension majeure a visé la mise à disposition de la détection microscopique des conflits dans le graphique d'occupation des voies en sus de l'horaire graphique.

L'utilisation réussie de la MoD pour la création d'un horaire national, validé microscopiquement dans un délai très court, a montré que la mise en place d'un tel module permettait d'obtenir les gains de productivité promis.

Au-delà de ce cas d'application, nous voyons un grand potentiel pour la MoD dans le développement de réseaux basés sur l'horaire. Dans ce cadre en effet, l'ensemble de l'infrastructure n'est pas encore disponible de manière microscopique. Ainsi, si les nouvelles mesures d'infrastructure sont déduites de l'horaire et décrites uniquement dans le système macroscopique, les goulets d'étranglement existants ou le cas échéant futurs peuvent toujours être contrôlés de manière microscopique. Cette utilisation hybride de l'infrastructure macroscopique et microscopique n'est possible qu'avec une architecture qui réunit les deux modèles : la microscopie à la demande.

## APERÇU DES NOUVELLES FONCTIONNALITÉS DE VIRIATO

**Création efficace d'horaires alternatifs** Les compagnies ferroviaires sont de plus en plus souvent confrontées à la production d'horaires alternatifs. La nécessité d'une adaptation structurelle à court terme des services de transport peut apparaître en raison d'un changement soudain de la structure de la demande, ou de la contraction des ressources disponibles du fait de problèmes opérationnels. Dans de tels cas, la conception et la création efficaces d'horaires alternatifs aident les prestataires de services à réaligner leurs plans à temps.

Nous avons implémenté dans Viriato un paquet fonctionnel qui aide les planificateurs horaires dans cette tâche. Comme ces horaires alternatifs sont rarement construits à partir de zéro, mais empruntent plutôt aux plans existants, nous avons ajouté des fonctions de traitement par lot permettant la transposition des caractéristiques des sillons d'un jour de référence d'un horaire donné vers une période d'exploitation d'un nouvel horaire. Ces opérations par lot permettent aux utilisateurs de produire ou de mettre à jour de nouveaux horaires sans nécessiter la correction individuelle de chaque train. Pour garantir la qualité des résultats de ces opérations et permettre sa vérification, nous avons également ajouté la possibilité de comparer systématiquement deux horaires différents.

Ces nouvelles fonctions offrent à nos clients une aide substantielle pour la préparation d'horaires alternatifs, et se sont par exemple révélées utiles lors des changements importants dans les niveaux de service résultants de l'application des règles exigeant le recours massif au travail à domicile.

**Extension du module travaux** Nous avons continué à développer le module travaux de Viriato afin d'en étendre les fonctionnalités et d'en améliorer la convivialité. Ce module complémentaire est un outil important pour les planificateurs horaires, qu'ils soient gestionnaires d'infrastructure ou opérateurs, les aidant à comprendre les effets des chantiers et interruptions sur leur service et à ajuster efficacement leurs plans de transport.

Lorsque l'on travaille avec des fermetures de voies et autres restrictions de capacité sur le réseau, il est nécessaire de pouvoir non seulement en visualiser les effets, mais aussi de s'assurer que les conséquences sont modélisées de manière réaliste.

L'ajout d'un nouveau type de restriction a été à cet égard une étape importante. Auparavant, les restrictions temporaires de vitesse étaient uniquement modélisées comme une pénalité forfaitaire de temps de parcours à ajouter à la marche des trains. Désormais, Viriato gère également les restrictions définies sous forme de limitations de vitesse auxquelles le calculateur de marche doit se conformer. Celui-ci calcule alors précisément, au cas par cas, la perte de temps effective due à la restriction et vérifie que les trains disposent d'une réserve de temps de parcours suffisante pour récupérer du retard imposé.

Dans l'aperçu du réseau, la visualisation des travaux a aussi été améliorée pour autoriser l'affichage des travaux et de leur positionnement à la voie près, y compris en filtrant par date et heure de restriction, ainsi que les conflits sillons-travaux. En outre, il est désormais possible de lister et d'ouvrir chaque restriction directement depuis sa projection sur l'aperçu du réseau, pour en faciliter la gestion et la modification.

**Opérations par lot** Une part importante du travail avec les horaires, surtout lorsque le plan devient plus complexe et peut impliquer plusieurs scénarios produits en parallèle, est la possibilité d'appliquer des changements à plusieurs trains ou objets simultanément. Afin d'accompagner et de simplifier le travail des utilisateurs dans certaines tâches fastidieuses ou risquées, nous avons ajouté ou amélioré de nombreuses opérations par lot au sein du produit. Au niveau des trains, ces opérations recourent la possibilité de mettre à jour ou d'étendre les validités, ou encore de modifier simultanément l'ensemble des trains d'une même famille selon un modèle donné. Il s'agit souvent d'opérations complexes, en particulier dans Viriato Enterprise où la validité globale d'un train peut en fait renfermer de nombreuses variations importantes, qui doivent alors être toutes gérées. Un autre ajout central concerne la possibilité de modifier plus précisément et plus efficacement la configuration (matériel roulant) d'un ensemble de trains, par exemple lors de l'introduction d'une nouvelle flotte où l'actualisation des temps de parcours est nécessaire. De même, lorsque les analyses nécessitent une infrastructure plus précisément définie, en particulier en lien avec la détection des conflits ou l'utilisation d'algorithmiques, il est parfois nécessaire de pouvoir rapidement ajouter les informations manquantes. Une nouvelle fonction de traitement par lot guide alors l'utilisateur pour compléter rapidement les nombres de voies manquants dans les nœuds les plus sommairement définis. Enfin, dans le module de planification des travaux, une opération par lot a été ajoutée permettant de regrouper les restrictions dans des chantiers connexes pour améliorer la compréhension des relations entre les différents objets capacitaires.

# Focus sur la dualité robustesse – ponctualité

**Ponctualité et robustesse, exploitation et planification** La ponctualité mesurée dans l'exploitation est l'indicateur le plus capital et le plus observé pour les chemins de fer. Elle est influencée de manière déterminante par les facteurs de qualité d'exploitation, de robustesse intrinsèque de l'horaire ainsi que de qualité de régulation.

Par qualité d'exploitation, nous entendons ici un indicateur inverse du nombre de perturbations par unité de temps dans un périmètre fixe. La robustesse désigne quant à elle la capacité de l'horaire à absorber l'influence des perturbations et à revenir rapidement à un état stable, non perturbé. La qualité de la régulation du trafic, enfin, dépend des règles de gestion opérationnelle appliquées et se mesure par la capacité à garantir une exploitation au plus près du plan non perturbé.

Considérant ces définitions, on nomme analyse de robustesse une méthode qui, sur la base d'une modélisation de la qualité d'exploitation, de la robustesse de l'horaire et de la gestion opérationnelle, peut émettre une prédiction sur la capacité d'un horaire à contribuer à la ponctualité future de l'exploitation. Alternativement, la mesure du temps nécessaire au retour à une exploitation nominale non perturbée peut également être choisie comme indicateur principal pour ces analyses.

La qualité de l'exploitation est typiquement modélisée dans une analyse de robustesse par le tirage aléatoire d'événements (ou perturbations) parmi une collection de données statistiques mesurées, qui sont ensuite appliquées à l'horaire en tant que retards primaires.

Pour déterminer la robustesse, c'est-à-dire le degré de propagation de ces retards primaires dans l'espace et le temps, on choisit généralement soit une simulation synchrone, soit une approche semi-analytique par simulation stochastique.

La qualité de la planification est généralement considérée de manière ad hoc et sa modélisation est souvent plus un art qu'une science en raison de la complexité des règles d'exploitation réelles et de l'hétérogénéité des techniques utilisées dans l'exploitation.

**Description de notre méthode** Au cœur de notre approche se trouve le besoin du planificateur d'obtenir un retour en temps réel concernant l'impact de ses décisions sur la robustesse de l'horaire. Comme nous nous concentrons sur la transparence et la traçabilité de ces effets, nous avons opté pour une simulation synchrone plutôt que pour une méthode analytique.

La mise en œuvre d'une telle analyse de robustesse demande de réaliser un nombre significatif de simulations dont les retards primaires sont tirés au sort à l'aide d'une méthode de type Monte Carlo sur la base de courbes de distribution d'incidents. Ce choix justifie un investissement initial conséquent en vue d'atteindre la meilleure performance possible pour la procédure, notamment en parallélisant systématiquement les calculs.

Si cette méthode demande des ressources de calcul importantes, l'approche de la simulation synchrone présente toutefois l'avantage pour le planificateur que chaque simulation de perturbations individuelles, c'est-à-dire chaque cocktail de retards primaires, peut améliorer significativement la compréhension de la manière dont ces perturbations se propagent dans un cas concret.

Architecturalement, nous nous appuyons pour le calcul des temps de parcours, la détection des conflits et le noyau de la simulation sur une implémentation résolument orientée services, basée sur le modèle de conflits issu de Viriato. La connexion à une stratégie de régulation (ensemble de décisions de gestion opérationnelle pour la résorption des retards) se fait via la plateforme algorithmique de Viriato. Cela permet, d'une part, une interchangeabilité optimale de cette stratégie et, d'autre part, l'implication de tiers intéressés pour une implémentation indépendante et plus conforme à leurs besoins, conformément à notre processus et modèle établi de collaboration ouverte #openviriato.

La réalisation de nombreuses simulations fournit ainsi des indicateurs statistiquement pertinents sur les mécanismes généraux de propagation des retards, mais aussi un riche fonds de données complémentaires sur les détails opérationnels apparus au cours de chacune des simulations. L'application de méthodes d'analyse standardisées sur ces données permet de rendre transparentes les causes structurelles d'une éventuelle insuffisance de robustesse de l'horaire.

**Un ancrage dans le processus de planification** On peut distinguer deux applications et intégrations très différentes de l'analyse de robustesse au cours du processus de planification. La première vise à la vérification de la robustesse de l'horaire en toute fin de processus de planification. Il est implicitement supposé dans ce cas que l'horaire est robuste et que le planificateur ne nécessite aucun retour précis en vue d'adaptations itératives. L'analyse de robustesse sert ici de validation, de sceau délivré en référence à des indicateurs de qualité partagés ; elle ne nécessite pas de rendre la mécanique de la robustesse transparente, mais suppose que la feuille de route soit déjà robuste.

Le deuxième cas concerne son intégration aussi transparente et sans couture que possible dans l'outil de planification, dans le but de fournir au planificateur un retour régulier sur l'évolution de la robustesse, en fonction des besoins, tout au long du processus de construction de l'horaire. Dans ce cas, il est essentiel d'accompagner le planificateur par le biais d'informations pertinentes, précises et ciblées permettant une amélioration itérative de la robustesse, sans alourdir sa charge ou son rythme de travail.

Une exécution performante des simulations est donc une des conditions de ce type d'intégration. La parallélisation des calculs permet toujours d'atteindre cet objectif, si besoin via la mise à niveau de la performance hardware.

Le renseignement d'un ensemble de données suffisant pour le calcul de marche et la détection des conflits est un autre sujet qu'il convient de considérer dès les premières étapes de construction afin de soulager le travail futur. Le modèle plutôt léger de Viriato vient ici en aide au planificateur.

Dans ce contexte, la capacité du modèle à gérer techniquement des données localement incomplètes est également importante. Il est au cœur de la philosophie de Viriato de laisser cette responsabilité au planificateur. Grâce à la clarté de la méthode et du calcul de robustesse présentés, le planificateur peut juger au cas par cas de la pertinence technique des résultats obtenus, et le cas échéant préciser ses données d'entrée.

Grâce à cette flexibilité du modèle, l'utilisation de l'analyse de robustesse peut être rendue possible dès le début du processus de planification conceptuel. Celle-ci est essentielle à une application dans le cadre d'un processus de planification continu, évitant ainsi une reconnaissance trop tardive des défauts de robustesse de l'horaire lors de la transmission des concepts pour les étapes de planification aval.

**Le planificateur pense, le régulateur guide** L'influence de la gestion opérationnelle sur la ponctualité est primordiale. Les décisions des régulateurs et les informations dont ils disposent à cet effet servent à la fluidification de l'exploitation dans une option de respect de l'horaire, et donc directement le maintien de la ponctualité.

Pour cette raison, notre modèle offre une place de choix à la configurabilité du comportement du régulateur. La gestion opérationnelle est ainsi transférée dans un algorithme entièrement séparé, relié au simulateur via la plateforme algorithmique de Viriato. De cette manière, le régulateur a directement accès aux services centraux et communique ses décisions de régulation à Viriato.

Cette approche permet d'étudier et de comparer différentes stratégies de régulation sur un même horaire, et de prédire leur impact sur la ponctualité. De plus, cette approche permet à des tiers intéressés, soit en collaboration avec SMA, soit indépendamment, de développer de nouvelles stratégies de régulation, les relier à Viriato et d'en étudier le comportement ou la performance.

Depuis presque deux ans, un prototype de cette analyse de robustesse est en service, déjà utilisé par SMA dans de nombreux projets en Suisse, en Belgique, en France et en Hongrie. Le retour régulier des utilisateurs nous aide énormément à orienter le développement de ce nouveau module complémentaire afin de répondre le plus précisément à leurs besoins. Nos clients apprécient la transparence et la traçabilité des résultats, qui leur ont permis de trouver réponse à des questions techniques aussi précises qu'intéressantes.

En 2022, nous concentrerons tous nos efforts sur l'implémentation d'une version commerciale de ce module, afin de pouvoir mettre cette méthode prometteuse d'analyse de robustesse à la disposition de tous les clients Viriato intéressés.







# Consulting : une sélection de projets de l'année 2021

## Nos domaines d'activités



## AUTRICHE



**Land du Tyrol : Concept d'offre Tyrol 2030+** Le Land du Tyrol dispose déjà d'une très bonne offre de transport ferroviaire de voyageurs. Toutefois, en raison de l'augmentation constante de la demande, l'offre locale de transport doit encore être développée à l'horizon 2030+. L'objectif de l'étude était ainsi de développer différents concepts d'offre locale dans le Land du Tyrol pour la période du prochain contrat de service public de transport après l'achèvement de nouvelles infrastructures importantes, comme par exemple le tunnel de base du Brenner. Les améliorations et extensions de l'offre souhaitées par le Land ont été prises en compte. Il s'agit par exemple de la cadence au quart d'heure d'Innsbruck à Kranebitten, de la densification du réseau express régional aussi bien en direction de Landeck que de Kufstein, et de la mise en service de nouveaux arrêts.

La mise en service du tunnel de base du Brenner permettra également d'améliorer sensiblement la liaison entre le Tyrol oriental et la capitale du Land, Innsbruck. Les variantes élaborées ont été évaluées en fonction de critères opérationnels comme commerciaux. Le transport de marchandises a également été pris en compte dans l'étude. En outre, une concertation a été menée avec les pays voisins.



**ÖBB Infrastruktur : Réseau cible 2040 – Transport de marchandises, gestion des parties prenantes et planification complexe des sillons-système dédié au fret** La planification de l'extension du réseau ferroviaire autrichien à l'échelle nationale s'effectue sur la base d'un horaire stratégique. Cette procédure de définition de l'infrastructure est ainsi utilisée dans les travaux de planification actuels portant sur le réseau cible 2040. Sur la base de concepts d'offre pour le transport ferroviaire de voyageurs et de sillons-système pour le transport de marchandises, les mesures d'infrastructure nécessaires sont déterminées en fonction de la réduction des temps de parcours ou des suppressions de goulets d'étranglement qu'elles permettent. La procédure s'inspire de celle utilisée avec succès pour la conception à long terme du réseau en Suisse, ou en Allemagne dans le cadre de la planification du « Deutschlandtakt ».

Afin de confronter la procédure autrichienne et la planification à une expertise indépendante, ÖBB Infrastruktur a demandé à SMA de valider la procédure concrète à l'aide d'une comparaison des meilleures pratiques dans les pays voisins, la Suisse et l'Allemagne, et d'amener les parties prenantes vers un consensus. Le cœur des travaux était la comparaison

des prévisions pour le transport de marchandises, de sorte que les objectifs structurels soient correctement représentés pour l'horizon futur. En outre, l'approche des sillons-système était remise en question en ce qui concerne les trains types supposés et la mise en œuvre de la planification sur les trois corridors prioritaires du trafic marchandises.

Les résultats de l'étude montrent une grande cohérence avec d'autres processus de planification à long terme dans des réseaux complexes, ce qui permet aux parties prenantes d'avoir un aperçu très transparent des planifications du transport de marchandises et de constater ainsi la grande prise en compte de leurs besoins.

Les travaux se poursuivront en 2022.

## BELGIQUE



**Province du Noord-Brabant: Amélioration des services ferroviaires internationaux entre le Noord-Brabant et la Belgique** Les services ferroviaires internationaux entre les Pays-Bas et la Belgique sont fortement concentrés sur le corridor Randstad (NL)– Bruxelles (B). Le développement de ces services ferroviaires pourrait faire émerger des enjeux plus régionaux grâce à une diversification et à d'éventuels services de rabattement vers des hubs à grande vitesse tels que Bruxelles. La province de Noord-Brabant souhaite sécuriser le service ferroviaire existant entre Breda et Bruxelles et évaluer les développements futurs tels qu'un nouveau train direct entre Eindhoven et Bruxelles.

Afin d'évaluer le potentiel de services ferroviaires internationaux nouveaux ou différents, la Province de Noord-Brabant a demandé à SMA d'organiser des échanges informels avec les principaux acteurs du secteur ferroviaire des deux côtés de la frontière. Sur la base de ces échanges et des développements à long terme connus aux Pays-Bas et en Belgique, SMA a suggéré plusieurs variantes de développement de services potentiels.

Ces variantes ont ensuite été évaluées sur un plan qualitatif avec différents critères (tels que la qualité de service, l'intégration des horaires, les coûts d'exploitation, les contraintes opérationnelles, la cohérence avec la planification nationale) qui ont permis d'identifier la variante la plus prometteuse visant une relation directe entre Eindhoven et Bruxelles.

SMA a développé cette variante prometteuse en un concept de service avec une intégration dans les réseaux ferroviaires néerlandais et belge, ce qui a permis une évaluation quantitative identifiant les contraintes spécifiques et le potentiel de la demande. Enfin, une feuille de route possible pour le développement progressif des services de trains internationaux a été esquissée. L'étude a également permis d'identifier les dépendances avec les développements nationaux, en particulier aux Pays-Bas, et pourrait servir de base à la province pour d'autres échanges avec ses parties prenantes.



**Infrabel : Architecture du Réseau** L'infrastructure ferroviaire se caractérise notamment par de longs délais d'exécution des projets et investissements de renouvellement et d'extension, qui doivent de ce fait être fixés 10 à 20 ans à l'avance. C'est pourquoi une vision à long terme, réfléchie, stable et établie en temps utile est nécessaire pour mieux anticiper les modifications liées aux plans de transport et les éventuels besoins d'investissement qui en découlent.

Dans ce cadre, Infrabel souhaite conduire des études de définition de l'évolution infrastructurelle du réseau ferroviaire en fonction des besoins dans le cadre d'un programme appelé « Architecture du Réseau ».

SMA a accompagné Infrabel dans la définition et l'évaluation de plusieurs scénarios se distinguant par leur structure d'offre. Les objectifs de desserte (en termes de volume de sillons) ont été définis sur la base de l'évolution du marché prévisionnel ainsi que des ambitions au niveau national.

L'évaluation des trois scénarios en termes de qualité d'offre a été effectuée sur la base de différents indicateurs clés. L'analyse des résultats a permis de mettre en exergue les éléments variant de manière notable d'un scénario à l'autre et d'identifier les éléments indépendants de la structure de l'offre.

Finalement, une évaluation à dire d'expert a été menée permettant d'identifier si des nouvelles technologies du type ETCS, ATO ou de nouvelles solutions de gestion du trafic permettraient de réduire les investissements infrastructurels nécessaires. Cette analyse a donné des résultats très différenciés d'un scénario à l'autre, concluant que certaines structures d'offre profitent plus de ces technologies que d'autres.



**Infrabel : Expertise de capacité ferroviaire pour les lignes de contournement à l'Est et à l'Ouest de Bruxelles** Le développement de la demande en sillons à travers Bruxelles entre les gares de Bruxelles-Nord et de Bruxelles-Midi (par la Jonction Nord-Midi) appelle à trouver des solutions d'augmentation de la capacité et à utiliser d'autres itinéraires de traversée de Bruxelles au vu de la congestion identifiée aujourd'hui déjà. Les deux lignes de contournement à l'Est (ligne 26) et à l'Ouest (ligne 28) pourraient ainsi voir passer davantage de trains.

L'étude de capacité commandée par Infrabel a eu pour but d'établir un état des lieux de la situation actuelle, d'identifier des solutions et de définir un ensemble de mesures permettant d'optimiser et d'accroître la capacité.

L'étude a permis au travers de différents scénarios non seulement d'identifier les mesures infrastructurelles permettant d'augmenter la capacité, mais également de montrer l'impact sur la capacité disponible du développement de l'ETCS et de l'ATO ainsi que d'une organisation alternative des circulations.

Malgré des différences de capacité atteignable, les différents scénarios ont permis d'identifier des mesures infrastructurelles bénéfiques, indépendamment de la structure finale de l'offre. Ces mesures ont ensuite été évaluées par un partenaire concernant leurs impacts notamment urbanistiques et financiers.

Finalement, un scénario de phasage a permis d'identifier les conditions d'augmentation de la capacité à court terme, sans investissements importants au niveau de l'infrastructure. Ces mesures sont principalement liées à des adaptations de la structure de l'offre, tant pour les sillons marchandises que voyageurs.



**Infrabel: Besoins infrastructurels dans le Port d'Anvers** Le Port d'Anvers affiche des ambitions élevées en termes de développement du transport ferroviaire. Par l'intermédiaire d'un memorandum de coopération (regroupant le Port d'Anvers, RailPort et Infrabel), une vision future a été définie avec des principes d'évolution identifiant des localisations pour des investissements dans le réseau ferroviaire du port. Cette vision se base notamment sur un doublement de la part modale du trafic de conteneurs par le rail d'ici 2030.

Infrabel a demandé à SMA d'expertiser les différents investissements en effectuant une analyse top-down partant des objectifs d'évolution de la demande et identifiant les goulets d'étranglement (bottlenecks) principaux dans le port à long terme. Une démarche de planification stratégique a permis à l'étude à définir un concept d'exploitation cible en cohérence avec les objectifs exprimés, ce qui a mis en exergue les interdépendances entre les différents projets d'investissement.

La planification du système ferroviaire dans un milieu portuaire a pris en compte les grandes fluctuations de la demande de trains marchandises ainsi que leur besoin de flexibilité. Les hypothèses de planification se sont ainsi appuyées sur des analyses probabilistes de situations conflictuelles, basées sur les données de circulation des trains sur plusieurs années.

Le dimensionnement du réseau a finalement permis d'identifier les investissements nécessaires pour résoudre les goulets d'étranglement, permettant ainsi également de valider ou d'amender les différents projets d'infrastructure ferroviaire déjà identifiés par Infrabel et le Port d'Anvers.



**SPF Mobilité et Transport belge: Étude des conditions de substitution de l'offre aérienne par une offre ferroviaire** Le Service public fédéral (SPF) Mobilité et transport du gouvernement belge a souhaité analyser les conditions d'un report modal de l'offre aérienne internationale des aéroports belges vers le mode ferroviaire. Cette étude s'inscrit dans le cadre de la politique belge de décarbonation des transports. Elle a permis de mettre en exergue les forces et faiblesses des offres actuelles des deux modes vers une sélection de destinations européennes, retenues en fonction de l'importance de leur trafic avec la Belgique et de leur positionnement sur un marché captable pour le mode ferroviaire. L'analyse a porté tant sur des relations ferroviaires de jour que de nuit.

A partir de données de trafic et d'un modèle élaboré avec un partenaire spécialisé, plusieurs scénarios de développement de l'offre ferroviaire ont été établis. Ces derniers ont prolongé des actions déjà engagées (grands projets d'infrastructure, reconfigurations de l'offre ferroviaire annoncées notamment en Allemagne) dont les effets sur la répartition modale ont pu être quantifiés. L'étude a ainsi permis de montrer l'importance du cadre réglementaire dans lequel les différents modes évoluent mais aussi les opportunités de meilleure intégration des horaires internationaux pour promouvoir des relations ferroviaires plus attractives.

## SUISSE



**CFF Infrastructure: Configuration du nœud de Bâle** Sur mandat de la Confédération, les CFF ont élaboré les bases permettant de déterminer l'offre ferroviaire et les infrastructures nécessaires à long terme dans le nœud ferroviaire de Bâle. SMA a soutenu ces travaux, notamment dans le cadre de la planification test de structures d'horaire. Cette procédure consiste à planifier différentes structures d'horaire pour les schémas et volumes d'offre visés en tenant compte d'objectifs de qualité (cadencement, temps de parcours) puis à déterminer l'infrastructure nécessaire à cet effet. Les différentes structures établies se distinguent par l'organisation nodale ou le positionnement temporel relatif des différentes lignes, afin de permettre, entre autres, de distinguer les mesures infrastructurelles ou topologiques utiles à grande échelle de celles dont la nécessité n'est exprimée que pour certaines structures spécifiques.

Outre cette planification test, SMA a pu apporter son soutien dans d'autres domaines, notamment des travaux préliminaires tels que la compilation et l'harmonisation des bases de planification des gestionnaires d'infrastructure impliqués de Suisse, d'Allemagne et de France, ainsi que de nombreux calculs de temps de parcours pour les différentes variantes de tracé. Les exigences liées à la production, notamment la mise en évidence des points forts et faibles et des itinéraires vers et depuis les installations de stationnement et de maintenance, ont également été prises en compte. Une étude des phasages possibles a également été réalisée pour les extensions les plus importantes de l'infrastructure, y compris les structures d'horaire intermédiaires associées.

Les études ont notamment montré que pour faire face à l'offre future, une extension de la gare de Bâle CFF par une gare souterraine avec un tracé se poursuivant en souterrain vers Bâle Saint-Jean et Bâle Badischer Bahnhof (projet dit « Herzstück ») donne les meilleurs résultats. Les connaissances acquises seront approfondies dans le cadre de l'étude préliminaire sur l'extension de la capacité du nœud de Bâle, notamment en ce qui concerne la construction de telles extensions.



### **Canton de Neuchâtel: Étude préliminaire d'une desserte par bus électrique entre Le Locle et Les Brenets**

Le remplacement de la ligne ferroviaire 224 Le Locle–Les Brenets et de la ligne routière 385 aux Brenets par une ligne unique de bus électriques à batterie a été décidé par le Canton de Neuchâtel et l'Office fédéral des transports à la suite d'une étude comparant le maintien d'une ligne à voie étroite, le raccordement de la ligne au réseau à voie normale et le remplacement par une ligne de bus électrique. Dans ce contexte, une étude ayant pour objectif de stabiliser un scénario d'offre a été lancée. Différents scénarios ont été proposés au niveau du parcours et de la politique d'arrêt puis évalués à l'aide d'un bilan socio-économique prenant en compte les coûts d'investissement et d'exploitation.

Trois schémas d'offre ont été proposés afin de tester des parcours et positionnements horaires contrastés au Locle, tout restant cohérents avec la configuration de la gare routière et ferroviaire du Locle. Ils ont été conçus sur la base de calculs de marche afin de proposer des horaires faisables avec correspondances au Locle. L'état de charge de la batterie des bus a été calculé et considéré lors de l'établissement du roulement du matériel roulant. Cette prise en compte de l'exploitation des véhicules électriques à batterie a permis de préciser les points de recharge nécessaires. Les coûts d'exploitation de la ligne ont finalement été évalués.



### **Canton du Jura: Assistance sur des projets de développement à moyen et long terme**

A moyen terme, le Canton du Jura et la Région Bourgogne–Franche-Comté souhaitent mettre en œuvre le projet appelé « Convergence 2026 » modifiant l'offre sur la ligne Belfort–Delle (rouverte le 9 décembre 2018) en proposant une desserte en cadence à la demi-heure intégrale de Belfort-Ville à Delémont en passant par Porrentruy. Une fois le cadre défini, les objectifs de desserte y compris les correspondances ont été définis avec les commanditaires. Par la suite, le scénario Convergence 2026 Belfort–Delémont a été planifié et affiné au cours de plusieurs itérations avec CFF Infrastructure et SNCF Réseau. Ce scénario a finalement été évalué du point de vue de la qualité de l'offre, des horaires 24h, de la productivité (roulement matériel et estimation du nombre de conducteurs nécessaires) et de la robustesse.

Parallèlement, et pour préparer la prochaine étape d'aménagement de PRODES après 2035, le Canton du Jura a souhaité évaluer la demande ferroviaire de différents scénarios à l'horizon 2040 afin d'identifier les scénarios d'offre maximisant la fréquentation du réseau ferroviaire du canton. Ainsi, en complément du scénario « Convergence 2026 », les projets ArcExpress (relation rapide et sans changement entre La Chaux-de-Fonds et Delémont avec correspondance courte sur les trains directs pour Bâle) et d'ajout de trains supplémentaires entre Porrentruy et Delémont ont été testés. Ces scénarios ont été évalués et comparés pour identifier le scénario maximisant la demande et répondant le mieux aux principales attentes d'amélioration de l'offre interne au canton et en relation avec l'extérieur.







**Matterhorn Gotthard Bahn : Extension de la capacité Täsch–Zermatt** L'étape d'aménagement 2035 de PRODES prévoit une augmentation de l'offre de navettes Täsch–Zermatt à une cadence de 15 minutes. La ligne existante, qui se trouve sur un terrain exposé, doit être remplacée par un tunnel continu. SMA a étudié de manière approfondie l'opportunité et la faisabilité opérationnelle de variantes d'infrastructure détaillées de la voie ferrée, y compris les zones de gare. Il s'agissait également de prendre en compte la flexibilité et la compatibilité à long terme pour une éventuelle augmentation supplémentaire du nombre de trains.

Pour les deux horizons 2035 et « long terme », les exigences fondamentales en matière d'infrastructure ont été mises en évidence sur la base de concepts d'offre ainsi que d'analyses de capacité. Trois variantes d'infrastructure ont été définies pour le tronçon Täsch–Zermatt : un tunnel à voie unique disposant d'un point de croisement, une double voie partielle et une double voie continue.

Étant donné que le tronçon en principe à voie unique à partir du nœud de Viège a une influence considérable sur la capacité et la structure du tracé entre Täsch et Zermatt, le périmètre de cette phase conceptuelle englobait l'ensemble de la ligne de la vallée. Pour l'horizon 2035, une analyse de robustesse réalisée avec Viriato a permis de procéder à un examen complémentaire et une validation de la robustesse dans le périmètre. En outre, des étapes de développement coordonnées pour l'offre et l'infrastructure ont été esquissées jusqu'à l'horizon à long terme.

Une partie importante de l'étude comprenait des simulations d'exploitation microscopiques avec OpenTrack pour les trois variantes d'infrastructure entre Täsch et Zermatt, ainsi que pour différentes fréquences de la navette. Il en est ressorti, outre la preuve de la stabilité de l'exploitation, les exigences détaillées concernant les installations de voies, telles que la longueur du point de croisement, respectivement de la double voie, l'aménagement des gares de Täsch et de Zermatt, les longueurs de block et les distances de pré-signalisation. Les éléments d'infrastructure spécifiés constituent désormais la base des études techniques de construction.



**CFF SA : « Groupe de réflexion offre–horaire »** Les CFF souhaitent améliorer la ponctualité sur leur réseau. Le groupe d'experts « Groupe de réflexion offre–horaire », composé de membres internes et externes aux CFF avec la participation de SMA, a développé des approches pour des mesures qui visent à y contribuer. Dans cette première phase, le groupe a abordé cette tâche sans préjugés et a cherché des approches innovantes et non conventionnelles dans l'ensemble des domaines de l'offre et de l'exploitation.

Les différentes mesures identifiées ont été regroupées lors d'une deuxième phase en trois ensembles correspondant chacun à un scénario, respectivement à court, moyen et long termes, et leur impact sur la robustesse mais aussi sur la qualité de l'offre et la flotte a été examiné. Le périmètre de test comprenait le triangle Berne–Viège–Lausanne, dans lequel les relations grandes lignes sont connectées dans des nœuds de correspondance et superposées par tronçon à un trafic RER ou fret dense. Après la planification des trois faisceaux de mesures dans un concept d'horaire sans conflit, la modélisation des paramètres de robustesse et la définition des perturbations initiales sous forme de retards localisés, la simulation de robustesse a été effectuée. L'outil de robustesse Viriato a été utilisé pour déterminer automatiquement la propagation des retards sur le réseau étudié pendant la période de simulation. La détection des conflits vérifie le respect des temps d'espacement des trains en ligne et des temps de séparation prescrits dans les nœuds et adapte, si nécessaire, les positions de conduite en continu. La « consommation » des réserves sur le temps de parcours et le respect des conditions marginales telles que le roulement du matériel et les correspondances sont également pris en compte.

Les résultats de la simulation ont permis de quantifier l'efficacité des mesures de ponctualité, par exemple sous la forme du retard médian des trains. Comme il existe également des différences au niveau de la qualité de l'offre et des charges d'exploitation en fonction des scénarios, une évaluation globale des mesures et la formulation de conclusions ne sont pertinentes qu'avec la quantification de ces effets également effectuée. Pour les trois horizons, des mesures ont ainsi pu être recommandées en vue d'un approfondissement.



**Office fédéral des transports: Perspective Rail 2050, doubler la part du rail dans le trafic voyageurs** L'Office fédéral des transports suisse élabore la Perspective Rail 2050, qui servira de base à la prochaine étape d'aménagement PRODES 2040/45. Dans ce cadre, des objectifs clés ont été formulés, dont l'impact a été analysé dans des études séparées. L'un d'eux est le suivant: « La part modale du rail dans le transport de personnes va doubler ». SMA a ainsi étudié le potentiel de transfert de la route au rail par des mesures portant uniquement sur l'offre ferroviaire, les caractéristiques de cette offre devant être améliorées à cet effet et l'ampleur de ces améliorations, ainsi que l'effet de la réalisation de cet objectif clé sur le système ferroviaire.

Dans une première phase, le potentiel théorique de transfert vers le rail a été examiné. Ce potentiel devait être différencié en fonction des segments de trafic et des caractéristiques de l'offre sur lesquelles les transports en commun peuvent influencer, à savoir la densité de l'offre, la fréquence des correspondances et la durée de voyage. Les données du modèle national de transport de personnes actuel ont servi de base à ces considérations. Une approche Logit a permis de déterminer la modification du choix du mode de transport de l'ensemble de la demande en transport (soit 50 millions de couples origine-destination dans le jeu de données utilisé) en cas de modification des résistances liées aux transports en commun, et de quantifier ainsi l'amélioration nécessaire de cette offre.

Dans la deuxième phase, des concepts d'horaire ont été planifiés suivant des scénarios dans lesquels les améliorations d'offre nécessaires au transfert modal devaient être mises en œuvre en totalité ou en partie. Les mesures très étendues en matière de cadence, de liaisons directes et de réduction des temps de parcours auraient entraîné des besoins en infrastructure plus importants. Les besoins complémentaires en termes de subvention du trafic voyageurs régional ont également été déterminés. Les valeurs caractéristiques correspondantes du réseau-type considéré ont été projetées sur l'ensemble du réseau ferroviaire suisse à l'aide d'un outil.

Les conclusions de l'étude concernant l'effet du transfert et les coûts d'amélioration de l'offre permettent à l'OFT de concrétiser les orientations de la Perspective Rail 2050.



#### **RegionAlps SA : Assistance à la mise au concours des lignes de bus du Valais central**

Le Canton du Valais, en collaboration avec l'Office fédéral des transports (OFT), a publié à l'été 2021 une mise au concours pour réattribuer les concessions de 3 lignes de bus du Valais central pour une période de 10 ans à partir de décembre 2022. L'objectif de la prestation confiée à SMA était d'assister techniquement RegionAlps et son partenaire pour répondre à cette mise au concours.

Cette assistance a consisté tout d'abord en une analyse de la situation actuelle au niveau de l'exploitation de ces 3 lignes ainsi que du contexte concurrentiel concernant les entreprises de bus présentes localement ou celles pouvant potentiellement s'intéresser à cette mise au concours.

L'assistance a ensuite connu une phase intensive durant la mise au concours, portant sur l'accompagnement au pilotage et à la préparation de la réponse technique, l'élaboration et la comparaison de plusieurs scénarios d'exploitation et la détermination des postes d'encadrement nécessaires au niveau de l'exploitation. SMA a élaboré des propositions d'optimisation de l'exploitation au niveau des roulements des bus et du positionnement du garage. Un dimensionnement du personnel nécessaire a été réalisé pour préciser les équipes nécessaires et le fonctionnement afin d'évaluer ensuite les coûts d'exploitation. Enfin, l'analyse de la faisabilité, de la robustesse de l'horaire et l'établissement de scénarios en cas de situations dégradées a complété cette assistance.

## CHILI



**Conception et simulation du futur réseau suburbain de Santiago** La société des chemins de fer chiliens (EFE) cherche à accroître son rôle dans les transports publics de Santiago en mettant en service de nouvelles offres suburbaines et régionales (Batuco et Melipilla) et en planifiant de nouvelles infrastructures pour l'avenir, notamment le tunnel Quinta Normal–Alameda qui créerait les conditions d'un réseau suburbain diamétralisé. En outre, pour faire face à l'augmentation du volume de trafic, un nouveau Masterplan pour la station Alameda est envisagé.

SMA s'est vu confier une étude visant à soutenir EFE dans la mise en œuvre de futurs concepts de service pour deux horizons différents (avant et après l'ouverture du tunnel Quinta Normal–Alameda) dans le but d'analyser et de valider les futurs concepts de service pour un ensemble prédéfini d'infrastructures prévues. La méthodologie proposée a été structurée autour de deux approches successives. Une approche macroscopique préliminaire a tout d'abord été utilisée pour étudier des modèles opérationnels alternatifs, établir un horaire préliminaire pour un jour de semaine type de 24 heures, évaluer le temps de trajet résultant sur des couples origine–destination sélectionnés, dimensionner le pool de véhicules requis, identifier les besoins en capacité de stationnement à travers le réseau, définir la disposition fonctionnelle requise pour les stations terminus et le complexe d'Alameda et enfin analyser la capacité fret sur chaque corridor de la zone métropolitaine (Batuco–Melipilla–Paine). Une approche microscopique a ensuite été utilisée pour simuler les scénarios sélectionnés (aux deux horizons) afin de valider les hypothèses de planification et d'évaluer la robustesse des solutions proposées.

## RÉPUBLIQUE TCHÈQUE



### **Správa železnic – Responsable de l'infrastructure ferroviaire tchèque/**

**Mott MacDonald CZ: étude de faisabilité du nœud de Prague** SMA, en partenariat avec quatre autres entreprises dont Mott MacDonald CZ comme chef du groupement, participe à l'étude de faisabilité du nœud ferroviaire de Prague en République Tchèque. Prague étant devenu un goulet d'étranglement majeur sur le réseau ferroviaire tchèque ces dernières années, l'étude examine les possibilités d'augmenter considérablement la capacité du nœud et de répondre aux besoins de tous les segments de trafic. En tenant compte de plusieurs projets d'infrastructure en cours et déjà planifiés, tels que les nouvelles connexions à grande vitesse entrant dans le nœud ou la nouvelle connexion ville–aéroport, un concept opérationnel et de service cible à long terme pour la région métropolitaine de Prague est en cours de développement. Sur la base de ce concept de service optimisé, les mesures infrastructurelles nécessaires sont identifiées, au premier rang desquelles figurent les tunnels urbains avec des stations souterraines situées en partie sous le centre historique de la ville. Avec une croissance importante des services voyageurs, une attention particulière est portée sur l'anneau de fret ferroviaire de Prague, en veillant notamment à ne pas limiter les besoins du trafic marchandises.

Alors que l'année 2021 a été consacrée à la définition du scénario de référence sans projet, SMA développera en 2022 dix scénarios de projet à un niveau de planification macroscopique afin d'identifier la solution la plus avantageuse pour la capitale tchèque.

La participation à cette étude a donné à SMA l'opportunité d'initier un contact étroit et fréquent avec le gestionnaire d'infrastructure, les autorités locales de transport, les opérateurs et les représentants de la ville de Prague et de la région de Bohême centrale.

## ALLEMAGNE



**BMDV : Prestations de conseil sur le Deutschlandtakt et le développement de l'infrastructure ferroviaire sur la base d'horaires pour le BVWP** À l'été 2020, le gouvernement fédéral allemand a publié l'horaire cible pour le cadencement stratégique à l'échelle du pays, nommé « Deutschlandtakt ». Afin d'évaluer les résultats en termes de viabilité économique, l'horaire cible issu du 3<sup>ème</sup> projet d'expertise a été évalué selon la méthodologie du BVWP (plan de développement de l'infrastructure fédérale de transport « Bundesverkehrswegeplan ») par un consortium d'experts composé d'Intraplan Consult GmbH, TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH et SMA. A cet effet, un cas de référence a été élaboré en accord avec le donneur d'ordre pour l'évaluation de ce 3<sup>ème</sup> projet d'expertise. Parallèlement, les coûts des mesures d'aménagement de l'infrastructure identifiées comme pertinentes pour la mise en place de l'horaire ont été déterminés.

Le résultat de l'évaluation présente un rapport coûts/avantages de 1,4 ; la réalisation des mesures d'aménagement liées à cet horaire est donc avantageuse sur le plan macro-économique, compte tenu des hypothèses et conditions marginales définies. Suite à cette évaluation, les mesures d'aménagement principales nécessaires à la mise en service de l'horaire Deutschlandtakt passent donc du stade potentiel au stade des besoins prioritaires du plan de développement ferroviaire.

Cette évaluation positive met provisoirement un terme aux prestations d'expertise en rapport avec le Deutschlandtakt et le développement de l'infrastructure sur la base de l'horaire. Les résultats et enseignements tirés de la planification et de l'évaluation du Deutschlandtakt serviront de base aux travaux de planification ultérieurs. L'ensemble des infrastructures qui en découle, dont l'intérêt vient d'être évalué positivement, constitue ainsi une boussole pour le développement du réseau ferroviaire en Allemagne.



**District de Lörrach : Étude de trafic du Kandertal** Le Kandertal, ou vallée de la Kander, est une région située au nord-ouest du district de Lörrach, et est étroitement lié à l'agglomération bâloise sur le plan économique. Des relations de transport existent notamment via Weil am Rhein vers le Markgräflerland, via Lörrach vers le Wiesental et vers Bâle. Les communes du Kandertal, en collaboration avec les partenaires régionaux que sont le district de Lörrach, l'agglomération de Bâle et l'association régionale Hochrhein-Bodensee, ont élaboré un projet de territoire à l'horizon 2040 qui met en évidence les potentiels de développement du Kandertal, également identifié comme axe de

développement régional. Dans ce cadre, les transports publics routiers de proximité, actuellement peu attractifs, doivent également être réorganisés. La réactivation de la ligne de chemin de fer de la vallée de la Kander doit jouer un rôle central dans les réflexions.

SMA a développé dans le cadre de cette étude un éventail de variantes pour les futurs transports publics du Kandertal, ce qui a permis de dégager deux variantes optimales, l'une sans réactivation de la ligne de chemin de fer et l'autre avec. Les deux variantes sont compatibles entre elles, de sorte que celle ne considérant pas la remise en service de la liaison ferroviaire peut servir d'étape préliminaire à une éventuelle réactivation ultérieure de cette ligne.

Les résultats de l'étude de trafic du Kandertal seront approfondis en 2022 dans le cadre de l'étude de faisabilité de la réactivation de la ligne du Kandertal, subventionnée par le Land.



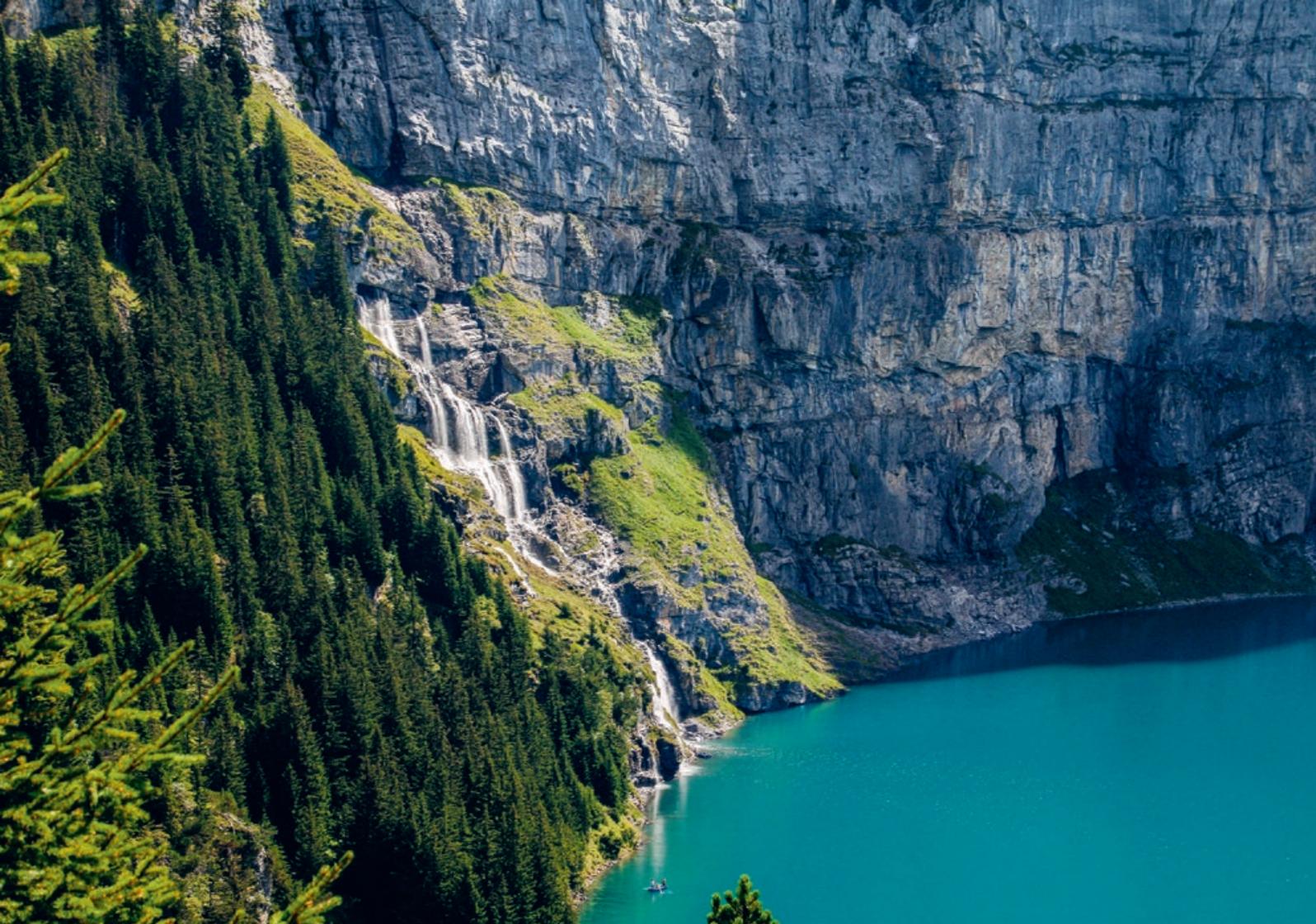
**Kompetenzzentrum ITF NRW (KC ITF NRW) et Autorités publiques en Rhénanie-du-Nord-Westphalie (NRW) : Développement de l'horaire cadencé intégral du Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie** En 2021, SMA a continué son accompagnement du KC ITF NRW ainsi que les trois autorités organisatrices de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie (NWL, NVR et VRR) dans le développement de l'horaire cadencé intégral du Land de NRW.

L'accent a cette fois été mis sur l'achèvement et la communication autour des réseaux cibles 2032 et 2040 de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie. En ce qui concerne l'offre, le concept a été mis en place et développé sur le modèle du « Deutschlandtakt » à l'échelle nationale. Le Deutschlandtakt n'a d'ailleurs pas seulement servi de modèle à l'étude, mais a également été utilisé comme base pour l'élaboration du concept de réseau cible, afin de permettre une planification opérationnelle « d'un seul tenant » non seulement à l'échelle du Land, mais également au niveau transfrontalier. L'étape suivante a consisté à déduire de cette feuille de route « idéale » les mesures d'aménagement de l'infrastructure nécessaires à une mise en service. Le concept fournit également des réponses à la transformation attendue du secteur des transports en Rhénanie-du-Nord-Westphalie et prend donc en compte des mesures de décarbonation par l'utilisation de véhicules à émissions nulles. L'étude d'une étape intermédiaire à l'horizon de mise en service de l'infrastructure dite RRX en NRW a pu ensuite débiter.

Pour certains corridors, des analyses ont été effectuées en vue d'une amélioration globale de la qualité d'exploitation, ainsi que l'identification de mesures d'exploitation et d'aménagement visant l'amélioration de la ponctualité. Des tests d'intégration d'horaires de nouvelles gares potentielles ont en outre été effectués sur certaines lignes.

A la demande des autorités organisatrices de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie, SMA a également réalisé en 2021 différentes études sur la faisabilité opérationnelle de la réactivation de lignes ferroviaires voyageurs de proximité (par ex. sur des lignes de la Westfälische Landes-Eisenbahn ou de la Walsumbahn). Ces études sont compatibles avec les réseaux cibles de la Rhénanie-du-Nord-Westphalie et constituent une base pour les prochaines études relatives la faisabilité technique et économique de ces projets.





D'autres travaux ont consisté à accompagner les procédures d'appel d'offres mises en place par les autorités organisatrices respectives. Ainsi, des horaires concrets ont été élaborés pour ces appels d'offres, ainsi que la planification des roulements associés.

Les résultats des travaux en Rhénanie-du-Nord-Westphalie ont été présentés et discutés dans des groupes de travail et commissions. Ces travaux ont été complétés par le suivi annuel du volume de prestations et la mise à jour du graphique de réseau actuel.



### **Ministère bavarois des transports: Programme d'extension du S-Bahn de Nuremberg**

La région métropolitaine de Nuremberg est, avec celle de Munich, la seconde grande zone de densification du Land de Bavière dotée d'un système de RER (ou S-Bahn). La qualité de vie et de travail dans l'agglomération de Nuremberg dépend en grande partie de la qualité de ses infrastructures de transport. Dans un contexte politique visant une augmentation sensible du nombre de voyageurs dans les transports en commun, et la minimisation des nuisances environnementales dues au trafic et l'imperméabilisation des sols, le transport ferroviaire et en particulier le RER jouent un rôle prépondérant en tant qu'épine dorsale des transports publics, y compris dans l'agglomération de Nuremberg.

Le « programme d'extension du S-Bahn de Nuremberg » décrit les points clés de l'organisation future du transport ferroviaire de proximité dans la région métropolitaine de Nuremberg. Ce programme prend actuellement en compte 23 mesures ou groupes de mesures qui se trouvent déjà au stade de la planification ou de la mise en œuvre.

En vue de la concrétisation du programme d'extension, 24 autres mesures individuelles (selon l'état à fin 2021) doivent encore être évaluées quant à leur impact sur le trafic ainsi que leur faisabilité en termes de construction et d'exploitation ferroviaire. L'étude est prévue pour une durée de cinq ans et s'est concentrée, au cours de la première année, sur le développement de cas de référence harmonisés pour les mesures déjà en cours de planification et de réalisation. En outre, des premières clarifications de principe ont été effectuées pour compléter le réseau central, s'agissant notamment de réfléchir à l'utilisation de la ceinture fret par le transport ferroviaire de proximité.



### **Hamburger Hochbahn: Simulation d'exploitation de la ligne U3**

La croissance de la demande sur la ligne U3 de Hambourg nécessite une augmentation des capacités. Une rénovation des infrastructures, qui datent encore en grande partie de l'inauguration de la ligne, sont en outre prévues. Des simulations d'exploitation doivent montrer quelle est la capacité actuelle de la ligne U3 et comment celle-ci peut être augmentée pour répondre aux exigences futures.

SMA a été chargé de créer un modèle de simulation OpenTrack pour la ligne de métro U3. Dans une première phase, SMA a construit le modèle contenant l'infrastructure, le matériel roulant et les spécifications d'exploitation, puis l'a calibré sur la base de l'exploitation actuelle. Les simulations qui ont suivi ont permis de déterminer les performances de l'installation actuelle. D'autres scénarios visant à augmenter la performance par des

adaptations ciblées de l'infrastructure et des installations de sécurité ont ensuite été étudiés. Les simulations opérationnelles ont permis de déterminer avec précision les impacts sur la performance de chacune des mesures.

Dans une seconde phase, des études sur la performance des installations de retournement ont été réalisées à l'aide du modèle, et des simulations portant sur l'organisation de différents phasages des travaux sont encore prévues.

Les études se poursuivront en 2022.



### **DB Netz AG : Concept à moyen terme pour une utilisation optimisée des capacités**

La capacité sur le réseau ferré de DB Netz est un bien rare. Afin de gérer au mieux cette capacité limitée, de nouvelles approches sont nécessaires. A l'avenir, l'accent sera davantage mis sur une optimisation globale, pour laquelle DB Netz AG vise une réorientation de la planification des capacités sur la base d'horaires et de concepts d'offre pré-structurés.

Un élément de cette réorientation est l'élaboration d'un concept à moyen terme visant une utilisation optimale de la capacité (ou mKoK pour « mittelfristiges Konzept für eine optimierte Kapazitätsnutzung ») pour l'année d'horaire 2024. L'objectif des travaux de soutien de SMA était de développer, en collaboration avec DB Netz AG, un concept qui intègre les prestations supplémentaires souhaitées par le marché pour le trafic ferroviaire de marchandises et de voyageurs dans l'offre existante sur l'infrastructure disponible en 2024. L'objectif est de permettre une croissance équilibrée des offres des différents modes de transport, de maintenir la qualité de l'exploitation et de ne pas dégrader la qualité de l'offre en termes de correspondances, de volume et de durées de voyage. Les volumes d'offre à intégrer se fondent sur une enquête menée auprès des clients de l'ensemble du secteur, que SMA a analysée et filtrée en fonction de la pertinence de leur mise en œuvre. L'enquête a montré qu'il existe une forte demande pour des prestations supplémentaires, en particulier dans le domaine des capacités pour le transport longue distance de voyageurs.

Les travaux ont été réalisés en étroite collaboration avec les planificateurs de DB Netz AG. L'architecture logicielle de « microscopie à la demande » (MoD) développée par SMA a ainsi pu être utilisée pour la première fois à large échelle. Elle permet d'appeler directement depuis Viriato des services microscopiques tels que le calcul des temps de parcours ou la détection des conflits, afin de vérifier au niveau microscopique la faisabilité opérationnelle des concepts.

Les résultats ont été présentés au marché dans une grande transparence, à l'instar de la procédure suivie pour la planification du Deutschlandtakt. Le mKoK a été achevé fin mars 2022 et constitue la base de la procédure d'inscription des contrats-cadres pour l'horaire 2024.



### **DB Fernverkehr AG : Simulation de variantes d'implantation pour un atelier ICE de DB Fernverkehr dans la région de Nuremberg**

DB Fernverkehr AG prévoit la construction d'un nouvel atelier ICE dans la région de Nuremberg. Afin que ce nouveau dépôt réponde de manière optimale aux besoins actuels et futurs, DB Fernverkehr AG a demandé à SMA de développer une proposition d'agencement de cette installation. Outre les opérations de maintenance, toutes les activités de nettoyage et de stationnement des véhicules doivent être prises en compte.

L'étape suivante a consisté à comparer l'agencement proposé avec d'une part les installations existantes et d'autre part des propositions alternatives formulées par d'autres experts. Pour plusieurs de ces propositions, une simulation a ensuite été réalisée à l'aide du modèle de performance développé par SMA pour les installations de stationnement et de maintenance. Les résultats de ces simulations mettent en évidence les avantages et les inconvénients en termes d'exploitation des différentes propositions, et constituent un critère important pour le choix de l'agencement le plus approprié pour cet atelier.

## **FRANCE**



### **SNCF Réseau : Assistance pour la constitution de livrables d'horaires stratégiques**

**2025–2030** SMA a assisté SNCF Réseau dans la réalisation dans Viriato de l'horaire stratégique de référence et de projet aux horizons 2025 et 2030 pour les trames nationales sur la France entière et pour les trames régionales sur le périmètre Nord–Est–Normandie. SMA a assuré la mise en cohérence des études réalisées précédemment sur ces secteurs dans une base Viriato unique et a construit de nouvelles trames horaires stratégiques intégrant les évolutions des expressions de besoins identifiées par les services de SNCF Réseau, notamment suite à la mise en service de nouvelles infrastructures ferroviaires et à l'entrée sur le marché de nouveaux opérateurs.

SMA a produit grâce à Viriato la totalité des livrables horaires stratégiques ayant vocation à constituer la référence unique pour les projets horaires futurs. Ces résultats en horaire systématique 2h et en 24h ont vocation à orienter l'action des Plateformes Services et Infrastructures et des autres entités de SNCF Réseau dans la définition des besoins en infrastructure et dans l'identification des points de contrainte du développement du trafic ferroviaire. Ces études participent en outre à la définition d'une trajectoire horaire stratégique permettant au gestionnaire d'infrastructure de procéder aux choix nécessaires en matière de gestion des actifs. SMA a par ailleurs assuré la cohérence générale du travail réalisé sur les autres périmètres territoriaux en partenariat avec les prestataires titulaires des autres lots sectoriels.



### **SNCF Réseau : Étude de capacité et d'exploitation de la nouvelle ligne ferroviaire de desserte de l'Euroairport Mulhouse–Bâle**

SMA a été retenu par SNCF Réseau pour poursuivre les études de capacité et d'exploitation du projet de Nouvelle ligne ferroviaire, NLF de l'EuroAirport (EAP) de Mulhouse–Bâle au niveau de l'Avant-Projet Détaillé. Cette phase d'étude a pour objectif notamment de figer le programme de travaux, d'amener les études à un niveau de détail « avant-projet », de définir le phasage travaux, d'affiner les

coûts, d'assurer la compatibilité avec les projets en interface en France, en Suisse et en Allemagne et de définir et d'intégrer les modalités d'exploitation futures.

L'étude a démarré par un rappel des études menées dans l'Avant-Projet Sommaire et par un partage de l'ensemble des évolutions concernant les hypothèses de desserte, d'horaire, de matériel roulant et d'exploitation avec les Autorités organisatrices, gestionnaires d'infrastructure et entreprises ferroviaires concernés. Ces éléments ont été discutés dans le cadre d'un Groupe de travail bilingue de desserte.

SMA a ensuite élaboré des propositions de schéma d'offre et d'exploitation à un horizon 2035 puis à un horizon de mise en service du projet en effectuant de nombreux tests et itérations par rapport aux questions posées par les partenaires de l'étude, mais également en prenant en compte les analyses de robustesse effectuées en parallèle à l'aide de l'outil OpenTrack. Celui-ci a été utilisé pour s'assurer que les scénarios proposés respectaient les objectifs des partenaires en termes de robustesse.

A la suite de ce travail, le schéma des infrastructures ferroviaires international a pu être validé pour la suite des études.



**Ministère français des transports, Mission d'autorité organisatrice : Étude de nouvelles lignes de trains d'équilibre du territoire** La loi d'orientation des mobilités (LOM) de décembre 2019 a demandé au gouvernement français de soumettre un rapport au parlement sur le développement de l'offre de trains d'équilibre du territoire. L'étude correspondante a identifié plusieurs corridors, de jour et de nuit, pour lesquels plusieurs analyses complémentaires ont été engagées dans une perspective plus opérationnelle. Ainsi, après avoir contribué au rapport précité, SMA a accompagné le ministère sur plusieurs thématiques relatives à ces lignes.

Concernant l'offre de nuit, les études d'exploitation et économiques ont été approfondies pour consolider le modèle économique proposé pour le développement d'un nouveau réseau de lignes, ainsi que sur son organisation technique et contractuelle.

Concernant l'offre de jour, SMA a accompagné le ministère dans les échanges avec l'exploitant actuel SNCF Voyageurs ainsi qu'avec SNCF Réseau pour le déploiement à courte échéance d'une nouvelle ligne entre le grand est et le sud de la France. Cet accompagnement a concerné les échanges avec les différentes autorités organisatrices régionales concernées par cette nouvelle ligne mais également la consolidation de projets d'extension du réseau de lignes entre le nord et l'ouest de la France, dans une logique d'offre coordonnée avec les dessertes régionales.



### **SNCF TER : Étude des conditions d'exploitation du complexe de Toulouse Matabiau**

SNCF TER Occitanie a renforcé l'offre proposée sur le territoire régional ces dernières années pour répondre à la demande de l'autorité organisatrice régionale et ainsi renforcer l'attractivité du chemin de fer pour les déplacements dans l'étoile de Toulouse. Les autres trafics ferroviaires ayant également augmenté en parallèle et SNCF Réseau ayant fait évoluer les règles d'exploitation du complexe ferroviaire toulousain, l'organisation de la production de TER Occitanie, articulée autour du principal site de maintenance du matériel roulant à proximité de la gare de Matabiau, s'en est trouvée rendue plus difficile. TER Occitanie a donc confié à SMA une analyse de cette exploitation afin de faciliter le contexte du travail en commun avec SNCF Réseau sur les conditions permettant d'assurer sa production tout en assurant la robustesse des circulations dans le complexe ferroviaire.

L'étude a permis de développer plusieurs scénarios d'exploitation et d'analyser leurs impacts sur l'occupation des voies de la gare et sur la capacité utilisée par les mouvements techniques nécessaires. Une modélisation microscopique du complexe ferroviaire a permis ensuite de mener une analyse quantitative fine des impacts sur la robustesse de l'exploitation pendant les heures de pointe et de fournir des éléments détaillés pour l'échange avec le gestionnaire de l'infrastructure SNCF Réseau.



### **SNCF Réseau : Benchmark des démarches de planification Services & Infrastructure**

En application des recommandations du Conseil d'Orientation des Infrastructures, l'État et SNCF Réseau mettent en place des plateformes Services & Infrastructure, ayant pour objectif de coconstruire avec les acteurs (entreprise ferroviaires, autorités organisatrices et collectivités) une vision de l'offre et du réseau ferroviaires à un horizon de 5 à 10 ans. Elles ont pour objectif de définir les services à rendre et les investissements nécessaires pour y répondre pour pouvoir ensuite contractualiser leur financement.

D'autres pays européens ayant mis en place des démarches similaires de planification, l'étude a eu pour objectif d'apporter une analyse comparative de ces démarches de planification de services et d'infrastructures qui y sont entreprises pour en retirer des propositions pour le fonctionnement et la coordination des plateformes françaises.

Après une étape de clarification du cadre et d'état des lieux de la démarche française, l'étude a consisté à réaliser un benchmark des démarches dans 4 pays (Suisse, Allemagne, Pays-Bas et Belgique) sur la base d'un questionnaire commun avant d'en réaliser une synthèse et de formuler des recommandations.

L'étude a montré que la démarche française était cohérente avec les démarches analysées en termes d'objectifs, de méthode et de résultats. Les démarches suisses et néerlandaises se distinguent par la présence d'un cadre légal assurant leur pérennité et leur financement. La démarche française se caractérise elle par son horaire 24h à un horizon de 5 ans.



**SNCF Réseau : Étude d'exploitation pour la ligne REM St-Mariens–Langon** SMA a réalisé pour le compte de la Direction territoriale Nouvelle-Aquitaine de SNCF Réseau une étude visant à vérifier la compatibilité du projet AFSB (Aménagements Ferroviaires Sud de Bordeaux) avec le développement d'une offre de Service Express Métropolitain (SEM) sur l'étoile ferroviaire de Bordeaux.

L'étude a consisté en l'établissement de plusieurs propositions de trames horaires systématiques pour les relations métropolitaines (SEM) de l'étoile ferroviaire de Bordeaux à l'horizon de réalisation du projet AFSB avant celui de la LGV GPSO vers Toulouse, pour les 2 scénarios fonctionnels AFSB mis à l'étude, ainsi que dans la perspective de renforts d'offre entre St-André-de-Cubzac et Beautiran aux heures de pointe. Elle a permis de vérifier les conditions de faisabilité d'un tel service et les aménagements d'infrastructure nécessaires à la réalisation de l'horaire cible visé.

L'étude a permis d'identifier les risques associés à la mise en place d'une cadence au quart d'heure sur les relations St-André-de-Cubzac–Beautiran dans certaines configurations d'infrastructure, en particulier en gare de Bordeaux qui concentre un fort volume de circulations commerciales et de mouvements techniques en avant-gare. Les aménagements prévus dans le cadre du projet AFSB ne sont en effet pas suffisants pour autoriser la circulation de l'ensemble des trains sans adaptation du plan de transport cible, des modifications d'infrastructure sur le périmètre de la gare de Bordeaux étant nécessaires à l'exploitation d'un SEM densifié, en sus des investissements consentis en ligne.

## HONGRIE



**Főmterv : Étude de faisabilité du tunnel ferroviaire du Danube à Budapest** Le réseau ferroviaire de Budapest fait actuellement l'objet d'un vaste programme de développement couvrant plusieurs aspects: développement urbain, plan de transport, technologie ferroviaire, protection de l'environnement. Ce programme a pour objet l'extension de l'interopérabilité ferroviaire est-ouest, la mise en service de nouvelles gares, l'amélioration des liaisons urbaines, l'établissement d'un concept d'horaire plus moderne et le développement urbain des anciennes zones ferroviaires désaffectées. Le programme inclut également un concept opérationnel pour la localisation des ateliers ferroviaires et des sites de maintenance.

La construction d'un tunnel sous le Danube pour relier la gare de Budapest-Nyugati à Kelenföld (en supprimant la gare existante de Budapest-Déli) est la pièce maîtresse de cette transformation.

SMA a été chargé par la société d'ingénierie hongroise Főmterv (qui agit en tant que chef de groupement) de participer au projet de développement du réseau ferroviaire de Budapest commandité par l'Agence pour le développement de Budapest (BFK). Après un benchmark international, SMA a soutenu l'étude de faisabilité avec une approche de planification stratégique, en identifiant des alternatives pour les concepts d'offre, en mettant en œuvre des horaires systématiques, en identifiant les besoins fonctionnels des infrastructures, en évaluant les durées de voyage sur des couples origine – destination sélectionnés, en

analysant la robustesse de la solution proposée et en identifiant la capacité pour les services de fret. La solution retenue a été développée sur la base d'un jour ouvrable type de 24 heures dans le but d'identifier les indicateurs clés de performance de la production, de dimensionner le parc de matériel roulant requis et d'identifier les besoins en installations de garage et de maintenance.

## LUXEMBOURG



### **Ministère luxembourgeois des transports: Études de développement des relations ferroviaires internationales**

Le Ministère de la Mobilité et des travaux publics du Luxembourg (MMTP) élabore le Plan National de Mobilité 2035 (PNM2035) qui a comme objectif d'établir une vision de la mobilité au Grand-Duché du Luxembourg à un horizon d'environ 15 ans. Ce PNM2035 concerne également les liaisons internationales de jour et de nuit.

Le Ministère a confié une étude à SMA visant à apporter une vision des possibilités de développement des relations ferroviaires internationales de jour et de nuit desservant Luxembourg en prenant en compte les évolutions du contexte dans les différents pays européens.

L'étude a démarré par une analyse de la qualité de l'offre des relations de jour et de nuit en situation de référence (actuelle 2021 et projetée dans les différentes planifications des pays environnants en 2025, 2030 ou au-delà) et de la concurrence des autres modes (principalement avion et voiture particulière). Des améliorations ont été ensuite proposées avec des modifications de l'offre de référence dans les planifications actuelles ou de nouvelles relations principalement vers l'Allemagne et la France. Enfin, sur les lignes retenues, le processus et les étapes de mise en œuvre des offres proposées ont été établis en précisant les conditions d'exploitation au niveau du matériel roulant.

## PAYS-BAS



### **Province d'Overijssel: Développement des services ferroviaires entre Zwolle et Münster**

La région germano-néerlandaise Twente-Münsterland (représentée par la province d'Overijssel, le Zweckverband Nahverkehr Westfalen-Lippe (NWL) et l'Euregio) s'efforce de créer un seul territoire sans frontières, doté de liaisons de transport public sans faille. Depuis la réouverture de la liaison ferroviaire entre Enschede et Gronau, la demande internationale a considérablement augmenté. Pour améliorer encore la connectivité ferroviaire dans la région, l'objectif était d'évaluer différentes améliorations du service ferroviaire, comme un service de train direct entre les deux capitales régionales Zwolle et Münster, et de l'intégrer dans la planification nationale à long terme Deutschlandtakt en Allemagne et Toekomstbeeld OV aux Pays-Bas. L'objectif étant de développer la connectivité internationale parallèlement aux développements au niveau national de part et d'autre de la frontière afin « d'effacer » la frontière politique dans le système de transport public.

En collaboration avec les partenaires, différentes ambitions ont été évaluées. L'étude a d'abord généré différents niveaux d'ambition qui ont défini plusieurs concepts de service possibles. Une étude basée sur les horaires a ensuite permis d'identifier les investissements nécessaires dans l'infrastructure ferroviaire et les coûts opérationnels, puis de les évaluer vis-à-vis de l'augmentation potentielle de la demande. La faisabilité technique des travaux d'ingénierie a également été évaluée, ainsi que des solutions possibles de billetterie transfrontalière.

L'étude a permis d'identifier les dépendances entre les développements de services régionaux, nationaux et internationaux. En effet, tous les développements ne sont pas toujours compatibles, et des choix doivent être faits. Certaines « solutions rapides » permettent une augmentation significative de la demande transfrontalière sans investissements importants, tandis que d'autres combinaisons ne sont possibles qu'à long terme. Cela a permis d'esquisser une feuille de route internationale pour le développement du rail, en identifiant des actions à court terme ainsi que des objectifs de développement à moyen et long terme qui doivent être mis en regard des développements possibles au niveau national.

## PORTUGAL



**Infraestruturas de Portugal (IP): Plan directeur d'exploitation du réseau ferroviaire national** Après une étude préliminaire (intitulée «Stratégie d'évolution du réseau ferroviaire national»), le département de planification stratégique d'Infraestruturas de Portugal (IP) souhaitait lancer un processus de planification intégrée de l'exploitation ferroviaire et des infrastructures correspondantes. Cette étude a permis d'explorer les objectifs futurs de desserte et d'identifier les scénarios à développer à l'échelle nationale, avec un accent particulier sur les zones métropolitaines de Lisbonne et de Porto, ainsi que sur l'axe Atlantique Nord/Sud. Les prochaines années verront la construction de la nouvelle ligne à grande vitesse reliant la frontière du Nord avec l'Espagne à Porto et Lisbonne, ainsi que l'amélioration technologique de plusieurs lignes. SMA a été mandaté pour l'étude du Plan directeur d'exploitation du réseau ferroviaire national qui vise à définir la stratégie de développement d'une planification intégrée de l'exploitation et des infrastructures grâce à l'horaire permettant de répondre aux besoins et aux défis de la prochaine décennie, sur la base de l'ensemble des aménagements recommandés dans le Programme National d'Investissement 2030. Les investissements prévus ont été inclus dans une vision globale et des infrastructures additionnelles ont été identifiées pour atteindre les objectifs de desserte. L'approche de planification par l'horaire a été appliquée à la vision long terme (objectif du Masterplan), et également aux phases intermédiaires, dessinant ainsi la trajectoire de développement du Plan directeur.





# Communication

En raison de la pandémie de Covid, l'année 2021 n'a pas pu bénéficier de grandes manifestations. De nombreuses conférences ont néanmoins pu être données, pour la plupart organisées en ligne, mais dont certaines ont tout de même pu se dérouler sur place.

Visitez-nous sur LinkedIn :



## Publications et conférences

ETR – Eisenbahntechnische Rundschau Mai 2021	<b>Machbarkeitsstudie Bahnausbau Region München</b> Georges Rey
Schweizer Eisenbahn-Revue Eisenbahn-Revue International Decembre 2021	<b>Leistungsfähigkeitsuntersuchungen von Bahnhof-, Abstell- und Instandhaltungsanlagen</b> Lukas Regli
École des Ponts ParisTech Paris, France Février - Mai 2021	<b>Exploitation des transports ferroviaires et guidés</b> Henri Saisset, Clément Haller, Pascal Joris
NJS Forum for Nordic Railway Association Copenhagen, Danemark Avril 2021	<b>Deutschlandtakt and TEE 2.0 (online)</b> Frederik Ropelius
École Polytechnique Fédérale de Lausanne Suisse Avril 2021	<b>Timetable Saturation in Practice with OR Methods, Lecture in Decision-aid methodologies in transportation at Transport and Mobility Laboratory (transp-or) (online)</b> Matthias Hellwig
Transport Statistics Users Group Grande-Bretagne Septembre 2021	<b>Deutschlandtakt – also a model for the UK? (online)</b> Frederik Ropelius
Budapest Fejlesztési Központ (BFK) Railway under the Danube conference Budapest, Hongrie Octobre 2021	<b>Detailed Feasibility Study (DFS), Danube Tunnel Railway Investment: Timetable planning approach</b> Diego D'Elia
INNORAIL 2021 Budapest, Hongrie Novembre 2021	<b>Danube Tunnel – Timetable-driven capacity and infrastructure planning</b> Diego D'Elia

# Chiffres-clés

Malgré une année 2021 non moins épargnée que la dernière par les contraintes opérationnelles liées à la pandémie, le chiffre d'affaires brut 2021 du Groupe SMA affiche à nouveau une excellente croissance par rapport à l'année précédente.

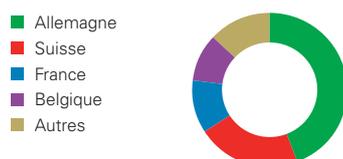
Notre division Consulting a pu confirmer une consolidation saine et durable de sa croissance dans nos marchés et champs d'activité traditionnels. Une diversification géographique substantielle souligne cependant la tendance observée pour l'intérêt porté par les acteurs institutionnels du système ferroviaire à notre portefeuille de services au niveau international.

Pour notre division Software, les investissements réalisés dans la R&D au cours des dernières années ont été confirmés par une croissance notable de nos ventes de licences Viriato, autant sous forme Standard que Enterprise. Nos activités de services (maintenance et projets) ont quant à elles continué à se dérouler majoritairement auprès de nos principaux clients.

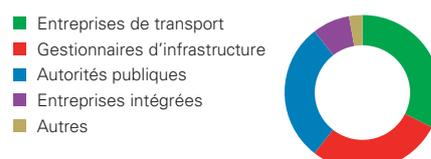
Chiffres-clés*	2021	2020
Chiffre d'affaires brut (millions de CHF)	16,1	14,2
Collaborateurs en équivalent temps plein (ETP)	70	67

\*y compris filiales

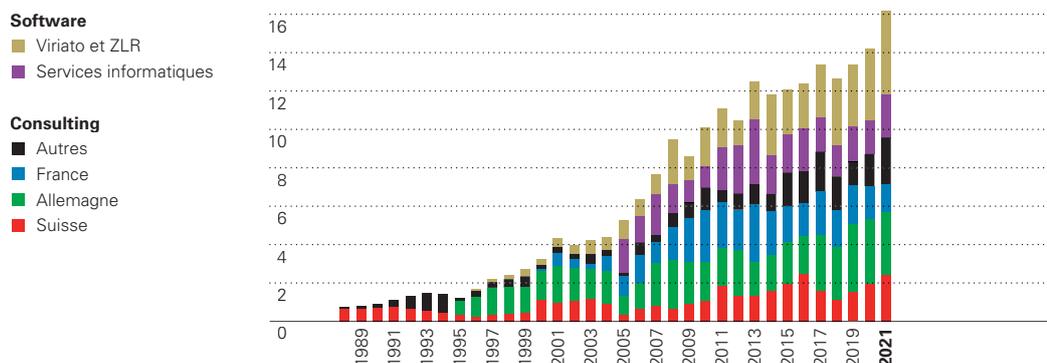
## Chiffre d'affaires par pays



## Chiffre d'affaires par catégorie de client



## Évolution du chiffre d'affaires 1988 – 2021 (millions de CHF)



**Texte et rédaction**

SMA et associés SA, Zurich

**Concept visuel**

Eggmann-Design, Grüningen

**Impression**

Linkgroup, Zurich

**Source des illustrations****Page de couverture**

Pixabay.com

**Page 7**

En haut: Martin Fleckenstein

En bas: Pixabay.com

**Page 13**

Pixabay.com

**Page 23**

Pixabay.com

**Page 31**

En haut: Georg Türk, georg-tuerk.de

En bas: Pixabay.com

**Page 39**

En haut: Martin Linggi, foto.linggi.org

En bas: Pixabay.com

**Page 49**

En haut: Hans-Gerd Hacker

En bas: Pixabay.com

© SMA et associés SA | Juin 2022



**Siège**

SMA und Partner AG  
Gubelstrasse 28  
8050 Zurich, Suisse

**Succursale**

SMA et associés SA  
Avenue de la Gare 1  
1003 Lausanne, Suisse

**Filiales**

SMA (Deutschland) GmbH  
Hamburger Allee 14  
60486 Frankfurt, Allemagne

SMA (France) SAS  
45/47 Rue d'Hauteville  
75010 Paris, France

[info@sma-partner.com](mailto:info@sma-partner.com)  
[www.sma-partner.com](http://www.sma-partner.com)