

RAPPORT D'ACTIVITÉS

**sma**  **optimising railways**



2022

À juste raison, le thème du développement durable est actuellement omniprésent. À ce titre, ce rapport d'activités est le seul média imprimé de SMA ; une impression que nous avons voulue climatiquement neutre. Dans notre éditorial, nous nous consacrons au thème de la pérennité, qui est également une forme de durabilité. La série de photographies de ce rapport d'activités illustre à la fois l'évolution et la continuité dans notre environnement.

# Table des matières

<b>5</b>	Éditorial
<b>8</b>	Développement de logiciels durables – apprivoiser la complexité
<b>12</b>	Software – Faits et chiffres
<b>13</b>	Revue de la gestion des produits 2022
<b>20</b>	Consulting : une sélection de projets de l'année 2022
<b>44</b>	Communication
<b>47</b>	Chiffres-clés
<b>48</b>	Mentions légales



# Éditorial

Chères lectrices, chers lecteurs,

**La pérennité est aussi une forme de durabilité** – Le monde traverse une période disruptive, et ce dans les trois piliers du développement durable. Notre écosystème est plus que jamais menacé, les modèles macroéconomiques classiques sont remis en question, voire dépassés, et nos valeurs sociétales souvent bouleversées.

Comment assurer une certaine pérennité dans ce contexte ? En tant qu'entreprise de Consulting et de Software fournissant des services et produits pour le système ferroviaire dans un environnement en permanente mutation, il nous incombe d'apporter des solutions à ces enjeux. Pour nous, la pérennité n'est pas synonyme d'immobilisme, mais d'évolution par la patience, la persévérance et la continuité.

Le système ferroviaire et, par définition, ses acteurs sont soumis à des cycles institutionnels et d'investissement de long terme, ce qui exige également une certaine constance de la part des acteurs du marché. Pour ce faire, nos modèles de collaboration, nos méthodes et nos produits favorisent la continuité plutôt que le court-termisme, la proactivité plutôt que la réactivité, l'investissement plutôt que l'opportunisme.

SMA a très vite embrassé l'idée de la digitalisation des processus liés à la planification du système ferroviaire. Cela étant, la digitalisation n'est pas une fin en soi, mais bien un moyen d'arriver à une fin : la réduction de la complexité de la planification grâce à une modélisation intelligente. Ce principe de base caractérise depuis toujours notre modèle de pensée et notre stratégie à long terme.

La gestion de la complexité est également centrale dans nos activités de développement. Des investissements pérennes et durables dans nos outils informatiques ne sont possibles que si la complexité de développement de nos produits reste maîtrisable à long terme. C'est ce que nous voulons partager avec vous cette année dans notre article introductif.

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.



Eric Cosandey  
CEO, Directeur Division Consulting



Thomas Bickel  
Directeur Division Software





# Développement de logiciels durables – apprivoiser la complexité

«*ideas are easy, execution is everything*» (les idées sont faciles, l'exécution est essentielle) – telle est la maxime bien connue de John Doerr, cadre influent d'Intel et investisseur dans le domaine de la technologie. Cette maxime souligne l'importance particulière que revêtent des compétences pointues de réalisation dans le domaine de l'innovation technologique. Ce jugement repose sur le fait que la progression constante de la complexité représente un risque existentiel dans le développement de produits technologiques. Les extensions fonctionnelles exigeantes, les départs de détenteurs de connaissances ou les modifications fondamentales des bases de production sont des facteurs de complexité qui sont souvent considérés trop tard ou abordés de manière trop peu résolue. La gestion de la complexité est une tâche centrale dans le développement de produits technologiques.

Dans le domaine du software, les propositions visant à maîtriser la complexité ne sont pas nouvelles. Dès les années 1950, différents modèles d'approche ont été discutés et, au cours des deux dernières décennies, le développement agile, sous de nombreuses formes, a exercé une forte influence bien au-delà du monde des logiciels. Malgré des progrès méthodologiques indéniables, le nombre d'échecs de projets logiciels reste toutefois élevé. Les projets sont interrompus, les exigences centrales ne sont pas satisfaites ou restent bien en deçà des attentes, le logiciel ne peut plus évoluer ou être adapté à de nouvelles exigences bien plus tôt que prévu.

Le modèle de développement de logiciels au sein de la SMA est imbibé par l'idée de produit. Le cycle de vie pluriannuel du logiciel est au centre du processus de production. Les hautes exigences en matière de qualité, de maintenabilité et de respect des délais de livraison se conjuguent avec la volonté de mettre en œuvre des développements innovants et ambitieux.

Cette tâche est d'une grande complexité inhérente et nécessite des outils appropriés. L'automatisation de nombreuses activités initialement manuelles joue un rôle essentiel à cet égard.

Un exemple à ce sujet est le processus de création de nouvelles versions de Viriato, qui est aujourd'hui largement automatisé : les branches nécessaires et les documents versionnés sont créés pour tous les composants pertinents, les tâches sont automatiquement mises en place dans le serveur d'intégration continue, la gestion des dépendances est actualisée et le système de gestion des entrées adapté afin de répertorier les éléments développés dans la nouvelle version.

Cette automatisation mène à un gain d'efficacité important, aide à éliminer les sources d'erreur et améliore la standardisation.

L'équipe de production implémente de telles mesures dans le cadre du processus d'amélioration continue, qui fait partie intégrante des itérations du processus Scrum. Sur la base d'une approche structurée, les améliorations potentielles des processus sont identifiées, évaluées et implémentées lorsqu'elles s'avèrent utiles. Sur une longue période, les nombreuses améliorations incrémentielles conduisent de manière synergique à des résultats convaincants.

Les améliorations incrémentielles constituent un outil fondamental pour la maîtrise de la complexité car elles forment un chemin d'évolution dans un environnement complexe. Un tel chemin s'avère cependant souvent difficile lors d'une transformation importante et risquée. Le remplacement de systèmes existants est souvent nécessaire précisément parce que les adaptations incrémentielles ne sont plus possibles ou deviennent trop coûteuses en raison de la perte de maîtrise de la complexité du logiciel.

Ci-après, trois collaborateurs de la division software donnent leur perception d'aspects spécifiques de la production de logiciels chez SMA.

**Développement de produits – Björn Glaus** Björn Glaus est responsable de la production au sein de sma.software. Pour Björn, la concentration systématique sur le développement de produits pour la planification des horaires et de la capacité ferroviaires est au cœur de sma.software. Selon lui, de cette constance découle une expertise unique entre le développement de logiciels modernes de haute qualité, une connaissance approfondie du domaine métier et la conception d'algorithmiques pertinents. Pour Björn, la compétence clé de SMA consiste en la mise en œuvre de cette combinaison au bénéfice des utilisateurs.

Un groupe d'utilisateurs particulièrement important pour sma.software, selon Björn, est celui des utilisateurs de Viriato au sein de SMA elle-même. L'utilisation interne quotidienne du logiciel dans des projets de conseil permet une boucle courte de retours et un échange professionnel permanent entre les développeurs et les utilisateurs. Les conseillers de SMA évoluent dans un environnement hautement compétitif qui nécessite un logiciel apportant un soutien optimal dans leurs projets. Cet environnement est idéal pour la création de logiciels applicatifs exigeants.

Selon Björn, les progrès faits dans la réalisation de prototypes au cours des dernières années ont profité grandement au développement de produits. Ces bénéfices sont doubles.

D'une part, grâce aux investissements dans l'infrastructure technique, un prototype fonctionnel peut aujourd'hui être réalisé plus rapidement et simplement et être utilisé dans des projets de conseil appropriés. Le développement de prototypes est dissocié du développement de produits, mais repose sur des niveaux de production et de qualité bien définis. L'utilisation d'un prototype dans un projet de conseil est par conséquent peu contraignante et peu risquée pour toutes les parties concernées. Le prototype n'est utilisé que dans un projet spécifique et il est toujours possible de revenir à la version produit.

Deuxièmement, l'introduction de nouveaux rôles et processus entre la R&D, l'analyse métier et le développement a permis d'intégrer les résultats de la réalisation de prototypes dans le développement des produits de manière méthodique et efficace. Grâce au développement de prototypes, les ambiguïtés et les risques peuvent être identifiés plus tôt. Cette anticipation facilite l'intégration des nouvelles fonctions dans le produit, notamment le respect des exigences élevées en matière de stabilité, de directives architecturales, de couverture automatique des tests et d'autres critères de qualité.

**L'artisanat logiciel – Benjamin Ernst** Benjamin Ernst est architecte chez sma.software. Outre le coaching technique et les tâches conceptionnelles, Benjamin tient aussi à consacrer beaucoup de temps à la programmation ou aux revues de code. Il considère l'architecture modulaire de Viriato comme un moyen central et efficace de gestion de la complexité : le logiciel est développé sous forme de modules faiblement couplés, tous les modules utilisent le même modèle de domaine élaboré ainsi qu'une structure développée en interne qui fournit des services partagés et des classes de base. La modularisation permet d'augmenter le parallélisme dans l'implémentation, il est possible de travailler simultanément sur différents modules sans que les développeurs ne se gênent entre eux.

Selon Benjamin, une rapidité de développement durablement élevée n'est possible que si la qualité du code et la méthode de travail sont continuellement améliorés. L'intégrité architecturale et les autres aspects de la qualité du logiciel sont donc surveillés en permanence de manière automatisée. En plus de cette surveillance, des investissements permanents dans l'architecture, le code source existant et l'outillage technique sont également nécessaires. Dans une grande base de code, des défauts structurels tendent à apparaître à la suite de nouveaux développements et à fragiliser la structure du code. Dans ce contexte, Benjamin souligne l'importance particulière des refontes du code et des remaniements fonctionnels. Il s'agit là de bonnes pratiques qui améliorent la structure du code ou l'expérience des utilisateurs sans modifier les fonctionnalités. De tels travaux maintiennent le logiciel et jouent aussi un rôle important dans la conservation des connaissances de l'équipe de développement. Le risque d'une évolution difficile pour un logiciel parce que le code n'est pas suffisamment compris est souvent sous-estimé.

Pour Benjamin, le travail dans une entreprise réalisant des produits se caractérise par davantage d'investissements dans des développements durables que dans les projets à court terme. Afin de réduire la durée des projets, on a souvent recours à des composants tiers. En raison de la perspective à long terme dans le secteur des produits, il est en revanche intéressant de développer soi-même les composants de base. Ceux-ci sont taillés sur mesure et le développement est entièrement sous contrôle. Benjamin cite comme exemple le système de Build (pour la création des paquets compilés à partir du code source), qui prend en compte spécifiquement l'architecture modulaire, et la couche de persistance (la couche d'abstraction de la base de données), qui est optimisée selon les exigences de performance élevées dans la planification des horaires et de la capacité ferroviaire.

**Projets clients – Markus Ullius** Markus Ullius est responsable des services au sein de sma.software et dirige une équipe comprenant des analystes fonctionnels, des chefs de projet et des testeurs. Markus et son équipe peuvent s'appuyer sur de nombreuses années d'expérience dans la réalisation de grands projets de logiciels. Markus mentionne avec fierté les nombreux retours par les clients au sujet du grand respect des délais et de la haute qualité des livraisons de logiciels par sma.software. Il y voit le résultat d'un processus de production sophistiqué qui prend en compte l'ensemble du cycle de vie des fonctionnalités. La formulation précise du besoin du client en tant qu'exigence est le point de départ et la condition préalable à l'élaboration de propositions de solution sous forme de Stories. L'implémentation d'une solution se fait ensuite dans le cadre d'unités de développement (Sprint) clairement planifiées. La livraison n'a lieu qu'après une unité de qualité, au cours de laquelle il n'y a plus de développement fonctionnel, mais uniquement des tests et des corrections d'erreurs. Après la livraison, le logiciel nouvellement développé passe en maintenance et support. Markus souligne la communication directe et la proximité organisationnelle entre le support et le développement. Si nécessaire, un développeur qualifié peut être appelé à intervenir sur un cas de support dans un délai extrêmement court.

Markus fait remarquer que les spécifications pour le développement présentent un haut degré de standardisation en termes d'exhaustivité, de compréhension et de structure. La standardisation est la condition pour que plusieurs projets puissent être réalisés en parallèle car, dans un certain sens, il n'est pas forcément pertinent pour le développement de savoir de quel projet provient une spécification. La spécification est formulée de telle sorte qu'elle puisse être réalisée en quelques jours, des critères d'acceptation sont rédigés au préalable et un suivi technique étroit est assuré pendant l'implémentation. Pendant la réalisation, l'analyste fonctionnel, le développeur et le testeur forment quasiment une équipe au sein de l'équipe.

L'objectif, selon Markus, est de protéger autant que possible le développement des perturbations liées aux activités projet, par exemple des demandes de changement de dernière minute ou des re-priorisations inattendues. De telles discussions ont leur place, mais elles se font en amont du développement. L'objectif est de créer pour le développement un climat de travail focalisé, discipliné et peu stressant.

**Conclusion** Le domaine métier de sma.software est le système ferroviaire. Celui-ci se caractérise par une grande complexité inhérente ainsi que par de longs cycles de vie et d'investissements. Pour que les innovations soient couronnées de succès, elles doivent pouvoir être mises en œuvre, c'est-à-dire être réalisables, ce qui représente une tâche exigeante dans un tel environnement. La capacité de sma.software à innover avec succès repose sur sa longue expérience dans la maîtrise de la complexité à différents niveaux – code, processus, culture, équipe. Cette attention constante mène à une plateforme logicielle stable et extensible ainsi qu'à une organisation performante et fiable. Ensemble, elles servent de base à des solutions durables et appropriées.

# Software – Faits et chiffres

Le chiffre d'affaires de sma.software est composé de trois piliers : la maintenance, les projets et la vente de licences. En 2022, nous avons vendu 17 licences de Viriato Standard ainsi que 2 licences de Viriato Enterprise. En outre, nous avons vendu des licences des modules complémentaires suivants : Planification des Roulements (8 licences), Planification des Travaux (7), Détection des conflits (5), MicroscopyOnDemand (3), Analyse des Durées de Voyage (2), Robustesse (1) et Répartition de la Demande (1). S'y ajoute la location de licences individuelles ou de modules supplémentaires pour de courtes périodes. Sur le plan géographique, les ventes se répartissent pour près d'un tiers chacun sur les marchés allemand et nord-américain. D'autres ventes plus modestes ont été réalisées en Hongrie, en Belgique et dans d'autres pays européens. Le rapport entre les clients existants et les nouveaux clients est de 4 pour 1.

Afin de préparer au mieux nos clients à travailler avec Viriato, diverses formations, adaptées individuellement aux besoins et aux processus de travail de chaque client, ont été organisées. Comme en 2021, la majorité des formations a été réalisée en ligne en raison des restrictions existantes.

Nombre de formations externes	13 formations
Langue des formations et supports	Allemand, français ou anglais
Nombre total de jours de formation	23.5 jours
Nombre total de participants	Environ 100

De même que les années précédentes, une grande part des projets clients ont été réalisés pour les entreprises ferroviaires allemandes. Ensemble avec les projets internes, 993 « Stories – spécification pour développement » ont été réalisées en 2022 dans le cadre de notre processus de développement agile (1038 en 2021, 851 en 2020 et 619 en 2019). Au total, 61 releases ont été livrées pour les 15 différentes versions client et produit de Viriato, ce qui représente en moyenne un peu plus d'une livraison par semaine.

# Revue de la gestion des produits 2022

**Maintenir la pertinence du produit** Dans notre rapport annuel 2021, nous avons évoqué des exemples spécifiques d'activités à long terme nécessaires pour assurer l'évolution d'un progiciel tel que Viriato. Plus haut dans ce rapport, nous avons décrit comment nous cherchons à maîtriser la complexité dans la conception de nos produits. Dans les deux cas, il s'agit de tâches importantes pour garder notre progiciel aligné avec les technologies modernes et les bonnes pratiques de développement. En effet, Viriato est aujourd'hui un véritable Bateau de Thésée qui a été constamment renouvelé en tant qu'application tout en restant fidèle à ses principes fondamentaux de conception. Cependant, nous voulons aussi assurer et augmenter la pertinence de Viriato pour ses utilisateurs avec des améliorations et des nouveautés fonctionnelles aidant à l'efficacité du travail de planification des trains. La gestion d'un produit tel que Viriato nécessite une vision à long terme afin d'équilibrer les exigences émergentes du marché, la consolidation des fonctionnalités existantes et les besoins spécifiques de nos clients, tout en laissant suffisamment de marge pour préparer la prochaine génération de fonctionnalités.

L'objectif de SMA a toujours été d'investir dans le développement de Viriato en utilisant une partie de nos revenus pour rester à la pointe des exigences de l'industrie, sans attendre des commandes de clients pour la réalisation de fonctionnalités d'intérêt général. En parallèle, dans le cadre de notre processus de développement, nous réalisons également des fonctionnalités particulières pour répondre à des besoins plus spécifiques.

Cela nous amène à la question suivante : comment décidons-nous des fonctionnalités qui doivent figurer sur notre feuille de route de développement à long terme ? Ces fonctions s'ajoutent à la maintenance du produit Viriato en tant que nouvelles fonctions ayant un intérêt général. Nous parlons «d'améliorations tactiques». Comme notre éventail de clients est large – il comprend des opérateurs ferroviaires, des gestionnaires d'infrastructure, des organisations régionales, des consultants et plus encore, et leur taille varie d'un seul utilisateur à des centaines travaillant en parallèle, le spectre des intérêts et exigences varie aussi fortement. Des compromis sont nécessaires et nous essayons d'équilibrer le choix des fonctionnalités implémentées afin que tous les utilisateurs puissent bénéficier de certaines d'entre elles.

Pour les investissements plus stratégiques, nous essayons d'avoir une vue d'ensemble afin de couvrir les sujets actuellement pertinents et ceux qui, selon nous, le deviendront au cours des cinq voire dix prochaines années. Deux exemples illustrent ci-après la manière dont nous avons abordé ces questions : la prise en compte de la maintenance des infrastructures ferroviaires vieillissantes et la montée des techniques d'automatisation.

De nombreux pays sont confrontés à une vague de vieillissement de leurs installations ferroviaires. Les systèmes construits durant la seconde moitié du vingtième siècle atteignent leur fin de vie et nécessitent d'importants travaux de rénovation ou de remplacement. La poursuite de l'exploitation ferroviaire en parallèle à ces travaux nécessite une coordination de plus en plus complexe entre les restrictions capacitaires imposées et la circulation des trains. Nous avons mentionné dans les rapports annuels précédents le module de

planification des travaux de Viriato comme notre réponse à cette problématique. Ce module permet d'identifier les conséquences des travaux sur la circulation des trains et de la replanifier efficacement. Nous continuons à ajouter des fonctionnalités afin d'augmenter l'efficacité de ce travail.

Dans une autre bande du spectre des technologies, les mathématiques et l'informatique ont connu des développements rapides dans les domaines d'automatisation, d'optimisation et d'intelligence artificielle. Bien que nombre d'entre elles n'aient pas encore montré tout leur potentiel dans le monde ferroviaire et que l'on ne sache toujours pas ce qui sera possible lorsque le battage médiatique autour de certains concepts rencontrera la réalité, il est important d'étudier les domaines dans lesquels ces idées peuvent aider les utilisateurs de Viriato. Malgré certaines difficultés rencontrées avec ces techniques dans notre industrie, il ne faut pas sous-estimer les capacités de ces méthodes issues de la recherche industrielle et du monde universitaire, qui ne feront que croître avec le temps.

SMA a créé une structure pour prendre en compte ces évolutions et réparti les responsabilités entre plusieurs équipes. Parmi celles-ci, sma.software.labs est en charge du développement prototypique, ainsi que de la conception et du développement d'algorithmes. Parallèlement, notre équipe de production se charge des tâches professionnelles d'ingénierie logicielle liées à la spécification et à l'implémentation du code productif expédié aux clients avec Viriato. Un élément clé de ce processus est l'efficacité de la communication entre ces deux équipes afin de s'assurer que les leçons tirées par l'une d'entre elles soient transmises à l'autre et que les produits livrés atteignent les objectifs requis pour une utilisation effective.

## PROJETS SPÉCIFIQUES DE R&D 2022

**Robustesse 2.0** Comme nous l'avons annoncé l'année dernière dans notre éditorial, nous développons un tout nouveau module de robustesse dans Viriato. Ce module est basé sur le concept générique utilisé dans l'ancien module de robustesse, qui consiste à retarder les trains et à propager ces retards dans le futur. Cependant, l'architecture du nouveau module est complètement nouvelle et permettra une flexibilité et des performances largement supérieures. En résumé, la robustesse de l'horaire peut être considérée comme la capacité d'un horaire à résorber des retards causés par des événements imprévus, en y incluant les mesures potentielles de régulation. La robustesse de l'horaire est un prérequis pour la ponctualité du chemin de fer. Dans une analyse de robustesse faite avec Viriato, nous simulons le retour à la circulation nominale – selon l'horaire planifié – de tous les trains suite à une ou plusieurs perturbations sur le réseau. La détection des conflits, elle-même élément central qui détermine si les trains peuvent circuler ou non, a été réimplémentée pour permettre une intégration optimale avec le calcul de robustesse.

Les nouveaux concepts ont été testés à l'aide d'un prototype simplifié qui a permis d'évaluer et de valider les choix de solutions. En fait, le prototype a rapidement supplanté l'ancienne version produit du module de robustesse parmi nos propres utilisateurs internes ! Les principaux avantages du prototype sont une meilleure capacité à dévier les trains vers d'autres voies en cas de conflit et la possibilité d'exécuter des simulations suffisamment rapidement pour permettre des analyses statistiques de type Monte Carlo. Après une implémentation complète du produit, il sera en principe possible de substituer le module chargé des mesures de régulation fonctionnant sur la base d'un jeu de règles (premier arrivé – premier servi ou choix prioritaire) par un processus de prise de décision externe plus sophistiqué utilisant par exemple l'intelligence artificielle.

Le cœur du module de robustesse a été développé de manière à pouvoir travailler avec une large gamme de configuration de données d'entrée. Mais il est important de noter ici que de nombreuses bases de données Viriato ont été créées à l'origine à des fins de planification stratégique sans tous les détails requis pour une détection et une résolution précises des conflits, et que l'effort pour ajouter ces données peut être important. C'est pourquoi des fonctions de définition en masse de ces données ont été ajoutées afin de définir rapidement des valeurs par défaut.

Bien que le nouveau module de robustesse ne soit pas encore complètement implémenté, nous mettrons à disposition une première version en 2023, avec une gestion de la régulation par défaut et la détection de conflit remplacée par la nouvelle version plus performante.

**Recherche de sillons** En 2022, nous avons poursuivi la réalisation d'une fonction de recherche de sillons dans Viriato. L'utilisation traditionnelle de Viriato est basée sur un modèle permissif où l'utilisateur crée des trains pour répondre à une demande d'offre de transport globale. Il contrôle ensuite si l'infrastructure permet la réalisation de ce plan transport et étudie les adaptations nécessaires. Pour les études de long terme, ce modèle est approprié. Mais pour les tâches à plus court terme où il est important que des sillons supplémentaires puissent être ajoutés à un plan de transport existant sans perturber les opérations planifiées, un processus plus sophistiqué est nécessaire, où les trains insérés sont sans conflit.

La recherche de sillons consiste à choisir un train modèle, généralement basé sur un train planifié existant, pour lequel les temps de parcours et la politique d'arrêts sont définis. Un autre paramètre important à spécifier est la fenêtre horaire dans laquelle le nouveau service doit circuler et l'horaire du train à insérer peut être adapté afin de l'intégrer avec succès dans parmi les trains déjà planifiés. D'autres règles, telle que la possibilité de déplacer des trains existants vers d'autres voies de gare pour résoudre des conflits sans modifier les horaires existants, peuvent également être spécifiées. Un modèle mathématique correspondant est construit par la plateforme algorithmique de Viriato. Elle regroupe les données concernant le train à ajouter et les contraintes liées aux interactions avec les autres trains et avec l'infrastructure. Ce modèle est ensuite transmis à un solveur mathématique hautement performant développé par Gurobi, qui cherche la solution optimale pour le sillon compte tenu des exigences et des contraintes. Viriato intègre ensuite le train résultant dans l'horaire en tant que sillon sans conflit. Ce module permettra aux utilisateurs

de trouver rapidement des sillons sans conflit dans des horaires déjà denses et d'étoffer ainsi progressivement le plan de transport.

Cette approche a d'abord été testée par SMA dans une implémentation prototypique. Elle nous a permis de clarifier de quelle manière un utilisateur souhaite insérer un nouveau sillon et d'apprendre comment ces besoins peuvent être implantés d'une manière performante, avant de nous engager dans l'implémentation productive complète. Le prototype a été utilisé en interne dans une série d'études par nos consultants et le retour sur expérience incorporé dans l'implémentation de la version produit.

La fonction de recherche de sillons sera disponible en tant que module complémentaire en 2023.

## **AUTRES FAITS REMARQUABLES VIRIATO EN 2022**

Parmi les développements réalisés dans le cadre de notre processus d'amélioration tactique en 2022, nous souhaitons attirer votre attention sur les points suivants :

- Dans le calculateur de temps de parcours, l'import de données de profils de vitesse, de profils en long et des courbures de voies à partir de fichiers csv a été ajouté. Cet import réduit le temps nécessaire pour construire des modèles détaillés. De plus, il est dorénavant possible de paramétrer le calcul de temps de parcours par type de train. Cette possibilité permet une simulation plus détaillée du comportement des trains d'un même horaire.
- Sous le capot, la migration de Viriato vers une application 64 bit et le remplacement de MS Access par SQLite pour les bases de données de type fichier ont été achevés en 2022. Ces évolutions garantissent la pérennité du produit et permettent d'entreprendre des analyses avec des volumes de données plus importants dans des cas où la mémoire de l'ordinateur aurait pu être une limitation, comme pour l'analyse des durées de voyage ou la répartition de la demande.
- Dans la planification des roulements, les parcours à vide nécessaires peuvent désormais être convertis en trains à part entière, avec des informations détaillées sur le parcours et l'horaire. En outre, les circulations dans les plans de roulements peuvent être colorées par type de train ou de véhicule.
- Afin d'améliorer la visualisation des variations d'un train dans Viriato Enterprise, une nouvelle vue regroupe par dates les segments de parcours ayant les mêmes caractéristiques. Cette vue permet à l'utilisateur d'identifier rapidement pour chaque train les ensembles de jours ayant les mêmes schémas d'exploitation.
- Des fonctions supplémentaires de traitement par lot permettent la modification rapide des attributs des trains, le remplacement de nœuds par des alternatives dans les parcours des trains, la mise à jour par lot des temps de séparation dans les topologies de nœuds et la modification des validités pour un ensemble de restrictions capacitaires.

- Des mises en garde indiquent si une modification est apportée à un train divergeant plutôt qu'à la famille entière, et un symbole sur l'horaire graphique indique si le train est dérivé ou divergeant. En outre, l'utilisateur peut choisir lors du changement d'affectation de voie de gare dans le graphique d'occupation des voies si la modification s'applique à toute la famille de trains ou seulement au train déplacé.
- Le temps de parcours supplémentaire requis en raison d'une restriction temporaire de la vitesse définie dans le module Travaux peut être calculé et ajouté au temps de parcours du sillon.
- Pour faciliter les études de planification des lignes, le graphique réticulaire peut être affiché sans les minutes d'arrivée et de départ dans les gares. De plus, les images d'arrière-plan du graphique (tels que logos ou cartes) peuvent désormais être sauvegardées dans la base de données. Cette sauvegarde facilite le partage des bases de données avec d'autres utilisateurs.
- Plusieurs trains peuvent être ouverts en une seule action à partir d'une sélection effectuée dans l'aperçu des trains. Cette possibilité accélère le travail lorsque l'utilisateur souhaite examiner et modifier plusieurs trains sur la base de critères spécifiques.





# Consulting : une sélection de projets de l'année 2022

## Nos domaines d'activités

-  Offre
-  Production
-  Exploitation
-  Capacité
-  Demande
-  Appels d'offres

## AUTRICHE



### ÖBB-Personenverkehr AG : Dimensionnement des ateliers de Salzburg et Linz

ÖBB Personenverkehr AG (ÖBB-P) renouvelle actuellement des parties importantes de sa flotte et la complète avec du nouveau matériel roulant pour continuer à développer son offre. Dans le cadre de l'acquisition de rames automotrices à un ou deux niveaux pour le trafic régional, il est également prévu d'adapter et d'étendre les installations de maintenance (ateliers) nécessaires à cet effet.

Afin de concrétiser les capacités de maintenance estimées par ÖBB Technische Services, ÖBB-P a chargé SMA de déterminer les besoins en maintenance sur la base des prestations de service et du parc de matériel roulant à disposition. Pour ce faire, il a été fait appel à une méthode qui a déjà fait ses preuves dans le cadre d'un projet antérieur effectué dans la région Est.

A l'aide d'une évaluation des plans de roulement et des prévisions concernant l'évolution du parc et de son affectation sur les différents sous-réseaux, il a été possible de déterminer les besoins en capacité de maintenance sur les sites de Salzburg et de Linz pour différents scénarios de maintenance (par ex. modulaire ou non modulaire). Cette compilation permet d'avoir une vue d'ensemble transparente des besoins en voies d'atelier à différents horizons de planification et pour différents scénarios de mise en service de matériel roulant. Elle constitue la base du dimensionnement des installations de maintenance actuelles et nouvelles sur les deux sites de ÖBB-P.

## BELGIQUE



**SNCB : Plan de Transport 2023-2026** Le plan de transport de la SNCB est révisé tous les trois ans. La prochaine refonte est celle du plan de transport 12/2023, qui fixera la structure du plan de transport jusqu'en 2026. Différents éléments entraînent un besoin d'adaptation du plan de transport : augmentation de la demande après la crise sanitaire, mise en service d'infrastructures liées à l'offre S (suburbaine), notamment à Bruxelles, et des nouvelles relations internationales.

La SNCB a souhaité que la planification du plan de transport soit exécutée en parallèle en interne et par un bureau d'étude externe, afin de pouvoir confronter les résultats à ses propres travaux et ainsi enrichir et stimuler la recherche de solutions optimisées.

Dans ce contexte, SMA a planifié l'horaire de trains supplémentaires (projets d'offre) selon une liste fournie par la SNCB, identifié les interdépendances et incohérences entre projets d'offre et avec le plan de transport existant, proposé de solutions pour résoudre ces incohérences et défini des critères permettant de comparer le plan de transport construit par SMA et celui développé en interne à la SNCB.

Finalement, SMA a établi des fiches recensant les solutions proposées par SMA et comparé de manière systématique les options prises dans les deux plans de transports afin d'identifier les avantages et inconvénients de chaque solution. Cette analyse a ensuite servi à la SNCB pour développer un plan de transport optimisé servant de base pour le développement de l'offre pour les trois ans à venir.

## SUISSE



**CFF Infrastructure: Robustesse dans la planification à long terme** Les concepts de planification à long terme doivent également être en mesure de présenter une robustesse suffisante pour les phases ultérieures de concrétisation, et cela sans remaniement structurel, afin que l'horaire puisse ensuite être exploité de manière robuste. Pour ce faire, une certaine continuité du processus de planification de l'exploitation est nécessaire. En outre, les exigences d'une exploitation robuste doivent être prises en compte de manière adéquate dès la conception à long terme.

Dans la planification des concepts à long terme, par exemple dans les étapes d'aménagement dans le cadre du programme de développement stratégique de l'infrastructure ferroviaire de la Confédération ou dans les Masterplans des CFF, des hypothèses sont fixées pour les paramètres de planification qui reflètent au mieux les futures conditions techniques et d'exploitation. Bien que des réserves de système soient déjà définies dans la planification à long terme, il n'existe actuellement aucune règle de planification pour la robustesse, resp. de paramètres supplémentaires dimensionnés en conséquence.

L'exigence d'une prise en compte la plus large possible des variantes à long terme va de pair avec une granularité de planification plutôt grossière, ce qui s'oppose toutefois à une évaluation fiable de la robustesse par les méthodes actuellement utilisées qui, elles, exigent un degré de détail élevé. Cependant, il est souhaitable de pouvoir tenir compte des exigences de robustesse à tous les niveaux de planification.

SMA a assisté CFF Infrastructure par le biais d'un benchmark international des méthodes et des règles de planification appliquées par les gestionnaires d'infrastructure européens en ce qui concerne la robustesse de la planification. En outre, SMA a évalué les données d'exploitation et en a déduit des approches adaptées aux besoins et des méthodes appropriées au dimensionnement des réserves dans le système. Il s'agit par exemple de méthodes relatives au taux d'utilisation et au temps de réoccupation d'éléments d'infrastructure, d'analyse des conflits potentiels ou d'évaluation des concepts d'exploitation.



**Chemins de fer du Jura : Assistance pour l'étude du projet ArcExpress et de la vision à long terme CJ2040** SMA a réalisé pour les Chemins de fer du Jura une étude d'assistance à la planification du projet ArcExpress. Ce projet concernant le développement de l'offre sur l'axe La Chaux-de-Fonds–Glovelier–Delémont, qui n'avait pas été retenu dans l'étape d'aménagement PRODES 2035, a été actualisé pour tenir compte de l'évolution du contexte (horaire et référence de l'étape intermédiaire 2025 notamment) puis un approfondissement a été réalisé en vue de la prochaine étape d'aménagement. Dans le cadre cet approfondissement, l'élaboration d'un projet d'horaire journalier et des roulements du matériel a permis d'effectuer une évaluation détaillée des coûts d'exploitation. Parallèlement, une analyse de potentiel de trafic a été réalisée pour évaluer de manière détaillée la fréquentation attendue. Enfin, une évaluation socio-économique afin de déterminer le taux de couverture et l'indicateur NIBA a été effectuée.

De manière concomitante à cette première étude, les CJ ont souhaité avoir une vision à plus long terme afin de définir une perspective de développement stratégique au-delà du projet ArcExpress permettant de valoriser les développements prévus de l'offre et d'assurer ainsi la pérennité de l'entreprise. Dans une première étape, le champ des solutions a été ouvert pour chercher et tester de nouvelles idées afin de définir un objectif de desserte cible à l'horizon 2040 sur la base des idées retenues. Le scénario cible a ensuite été conçu et évalué sur l'ensemble des aspects de coûts y compris les dépôts et ateliers mais également d'un point de vue de la fréquentation et des recettes pour aboutir à l'établissement d'un bilan économique. Le scénario cible a été phasé pour permettre d'établir une trajectoire financière aux CJ sur les 20 prochaines années et d'identifier les risques et opportunités.



**Canton de Vaud : Étude de développement des relations internationales** L'étude effectuée pour le Canton de Vaud est partie du constat que peu de relations internationales desservent actuellement le Canton de Vaud alors que plusieurs pays planifient actuellement leur développement. L'étude a eu pour but d'apporter une vision des possibilités de développement de relations ferroviaires internationales de jour et de nuit desservant le canton, ainsi qu'une première vision des étapes possibles de mise en œuvre et de l'organisation institutionnelle envisageable.

Pour identifier les relations internationales pertinentes, un modèle simplifié de demande internationale a été construit sur la base des données de population et de l'offre ferroviaire systématique à partir de 21 bases de données publiques GTFS. Ce modèle gravitaire a permis d'établir une prévision de demande fournissant le potentiel par gare ainsi que la demande prévisible sur des corridors sélectionnés. Ces éléments ont ensuite permis d'élaborer des propositions de scénarios d'offre ferroviaire internationale de jour et de nuit à différents horizons avec également l'évaluation de pistes pour l'exploitation et l'organisation institutionnelle de ces services.



**CFF–CTSO : Assistance au projet d’horaire 2025 Romandie** L’horaire actuel en Romandie est issu de plusieurs évolutions successives qui avaient pour but d’instaurer un horaire tenant compte des travaux, notamment entre Lausanne et Genève. Pourtant, la ponctualité en Romandie n’atteint pas en 2022 les objectifs des CFF et une augmentation des travaux est prévue ces prochaines années, ce qui risque de détériorer encore la ponctualité (les réserves dans l’horaire étant insuffisantes pour réaliser les travaux sans impacts importants sur l’offre). Des études ont été lancées en interne aux CFF pour identifier le problème et proposer des adaptations d’horaire pour corriger cette situation. Les CFF ont dans un premier temps mandaté SMA pour avoir une analyse sur ces propositions.

Dans un second temps, étant donné le refus d’entrée en matière des cantons concernés sur les propositions des CFF, une démarche commune CFF–CTSO (Conférence des transports de Suisse occidentale) a été lancée en 2022 pour converger vers une solution commune. SMA a été mandaté par les deux parties pour accompagner cette démarche et pour être force de proposition de solutions consensuelles. Dans le cadre de cette démarche, une analyse approfondie de la situation actuelle pour pouvoir objectiver et partager les constats entre tous les acteurs a été effectuée. Par la suite, des pistes de solutions couvrant l’ensemble des aspects du système ferroviaire ont été proposées puis ont été combinées sous forme d’orientations. Enfin, sur la base de ces orientations, des concepts horaires ont été construits puis évalués afin de les comparer et de retenir avec les partenaires les plus intéressants pour un approfondissement et mise en œuvre à courte échéance.



**Analyse de l’exploitation et de la robustesse du tram Lausanne–Renens Phases 1 et 2** Les Transports publics de la région lausannoise SA prévoient de mettre en service la première nouvelle ligne de tram de leur réseau ces prochaines années. Les travaux ont débuté en 2021 pour une mise en service prévue à l’horizon 2026 de la 1<sup>ère</sup> étape entre Lausanne et Renens et à l’horizon 2028 de la 2<sup>ème</sup> étape jusqu’à Villars-Ste-Croix. De nombreuses évolutions ces dernières années sur le tracé et sur les accès depuis le dépôt ont nécessité d’analyser en détail les conditions d’exploitation de la ligne. L’étude confiée à SMA a débuté par une clarification des hypothèses qui a permis de modéliser l’ensemble des éléments dans Viriato. Un calcul de marche a permis ensuite de déterminer précisément les temps de parcours futurs. Pour la première étape, un horaire systématique d’heure de pointe puis une déclinaison sur 24 heures ont été établis en respectant les objectifs de desserte. Différents tests de robustesse ont été effectués dans Viriato à l’aide d’une approche stochastique permettant de prendre en compte une multitude de perturbations, ce qui est une approche particulièrement pertinente pour un réseau de transport urbain en zone dense.

Lors de la deuxième étape de l’étude, l’analyse a été actualisée en prenant en compte le prolongement jusqu’à Villars-Ste-Croix. Les enjeux de cette deuxième étape ont été d’évaluer, grâce aux tests de robustesse déterministes et stochastiques, l’impact sur la robustesse de l’horaire, de la gestion des grands carrefours et diverses autres contraintes





d'exploitation tels que les quais communs bus / tram. Il a également été possible d'évaluer plusieurs scénarios d'exploitation se basant sur des profils de vitesse avec différentes contraintes de vitesse et de matériel roulant.



**Canton de Neuchâtel: Assistance à la planification de la ligne directe en 2035 / CFF Infrastructure: Assistance et étude de robustesse du projet de Ligne directe Neuchâtel–La Chaux-de-Fonds**

Dans le cadre de l'étape d'aménagement 2035 de PRODES, un important projet de développement conséquent de l'offre entre Neuchâtel et La Chaux-de-Fonds a été retenu avec une offre au quart d'heure nécessitant une ligne nouvelle en grande partie en souterrain, prévue à voie unique.

Le Service des transports publics du Canton de Neuchâtel a mandaté SMA pour accompagner les études de planification du projet en termes d'optimisation du système ferroviaire infrastructure–horaire–matériel roulant. Le but était de sécuriser le projet en testant des adaptations et optimisations du projet ainsi que des variantes complémentaires à celles étudiées jusque-là, puis en combinant ces idées avec celles étudiées par les CFF et en itérant avec CFF Infrastructure pour aboutir à des solutions pérennes et faisables. Les optimisations proposées ont porté notamment sur une adaptation du profil en long, de la signalisation (dans le cadre du mandat cantonal), de la conception des gares et raccordements et des impacts sur les temps de parcours, l'horaire et l'exploitation. Elles ont permis de proposer des solutions pour toutes les difficultés identifiées dans les études concernant l'exploitation et la signalisation et de retenir plusieurs profils et tracés de la ligne ainsi qu'un horaire stabilisé pour la suite des études. De plus, des réflexions quant au type de matériel roulant à engager sur cette nouvelle infrastructure ont été menées.

Par la suite, CFF Infrastructure a mandaté SMA pour évaluer la robustesse du projet et tester des options pour améliorer la robustesse de la ligne qui ont été appelées modules de souplesse. Ainsi, quatre modules ont été évalués sur la base de simulations de perturbations dans Viriato. Concrètement, le travail a consisté à modéliser dans le logiciel l'infrastructure ainsi que l'horaire cible puis à simuler l'exploitation avec et sans retards. Grâce à l'analyse fine des horaires perturbés dans Viriato, les processus de propagation des retards ont été explicités sur des horaires graphiques. Enfin, ces résultats ont été comparés au projet de référence en évaluant notamment l'impact de la perturbation sur les correspondances, la durée de résorption de la perturbation, l'évolution de la somme des retards et le nombre de trains touchés. Ceci a permis de fournir des indicateurs quant à la robustesse attendue, d'expliquer pour chaque module de souplesse dans quelles situations un gain de robustesse pourrait être attendu et d'estimer l'amélioration par rapport au cas de référence.

## ALLEMAGNE



### **Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (StMB): Étude de faisabilité du programme «Bahnausbau Region München»**

Le programme « Bahnausbau Region München » décrit les points clés du développement des infrastructures ferroviaires dans la région métropolitaine de Munich. Le programme comprend actuellement 29 mesures qui sont déjà en cours de planification concrète ou de réalisation, dont la pièce maîtresse du programme, la 2<sup>ème</sup> ligne principale souterraine du RER munichois, complétées par un certain nombre de mesures dites additionnelles.

En vue de la concrétisation du programme, 44 autres mesures individuelles doivent être examinées. Il s'agit d'étudier leur faisabilité en termes d'exploitation ferroviaire et de construction, et d'évaluer leur impact sur les prévisions de trafic. L'évaluation s'effectue selon une méthode d'évaluation standardisée. Les bénéfices induits par l'amélioration de la demande sur la base des concepts d'offre indiquent, par rapport aux coûts d'infrastructure et d'exploitation, quelles mesures sont les plus pertinentes pour une mise en œuvre cohérente du programme de développement des infrastructures ferroviaires de la région de Munich.

A la suite de l'annonce du report de la date de mise en service de la 2<sup>ème</sup> ligne principale souterraine du RER munichois, l'étude de faisabilité a été complétée par l'examen des améliorations possibles de l'offre avant la mise en service. Ces améliorations de l'offre constituent, avec la démarche qualité et la digitalisation, un pilier du programme « Starke S-Bahn München – Programm 14plus ». Ce programme comprend la réalisation d'une série de mesures infrastructurelles supplémentaires afin de garantir une offre élargie, ponctuelle, fiable et pérenne jusqu'à la mise en service de la 2<sup>ème</sup> ligne principale souterraine.



### **Verkehrsministerium Baden-Württemberg/Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH: Dimensionnement des infrastructures du grand nœud ferroviaire de Stuttgart**

Le Land de Bade-Wurtemberg a pour objectif politique d'augmenter notablement la demande en transports publics au cours des prochaines années et a développé différents scénarios de demande pour le grand nœud ferroviaire de Stuttgart. L'augmentation de la demande se traduit entre autres par des nouvelles lignes et nouveaux produits de trains. Dès lors, il convient de déterminer quelles infrastructures doivent être mises en service pour ces nouveaux volumes de service. Pour ce faire, une méthode itérative entre planification de l'offre (SMA) et évaluation des prévisions de trafic (Verkehrswissenschaftliches Institut (VWI), Stuttgart) a été mise en place afin de définir de manière cohérente sur quelle voie d'accès à Stuttgart et avec quelle politique d'arrêt les nouveaux services doivent être affectés.

Le scénario de référence offre des capacités nouvelles pour les trafics grandes lignes, régionaux et RER dans le cœur du nœud ferroviaire. Il comprend entre autres la mise en service complète de l'infrastructure actuellement en construction, la mise en service du « nœud digital de Stuttgart » permettant la réduction des temps d'espacement entre trains, ainsi que les aménagements d'infrastructure prévus dans Deutschlandtakt. Une

démarche itérative entre concepts d'offre et évaluation des potentiels de trafic a été effectuée pour étudier ce scénario de référence ainsi que les différents scénarios d'évolution. En outre, des concepts d'exploitation en situation perturbée, notamment en cas de disponibilité restreinte des infrastructures (incidents, etc.) ont été examinés.



**DB Fernverkehr AG : Planification de l'offre et conception des horaires sur le corridor Berlin–Munich**

En raison de la forte croissance de la demande sur certains corridors, DB Fernverkehr AG s'efforce de développer constamment son offre afin de gagner des parts de marché. En 2022, nos activités de conseil se sont concentrées sur les possibilités de développement et de mise en œuvre par étape de différents concepts d'offre jusqu'à l'horizon 2029 sur le corridor Berlin–Munich. La démarche coordonnée avec les autorités organisatrices et DB Netz AG a permis de relever les défis découlant des incertitudes liées à la mise en service de certaines mesures infrastructurelles sur le corridor. Plusieurs scénarios ont été développés à l'aune de différentes structures de nœuds de correspondances pour les lignes ICE du corridor. Les impacts sur les concepts d'offre régionaux ont été analysés et des mesures permettant de résoudre les éventuels conflits ont été discutées et développées avec les différentes parties prenantes.

Ces travaux se poursuivent en 2023.



**Ministerium für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar und Verbraucherschutz Saarland : Réactivation de lignes ferroviaires en Sarre**

En 2021, le Land de Sarre a présenté un nouveau plan de développement des transports publics pour sa région. Un élément central de ce nouveau plan est le développement des transports ferroviaires régionaux. Pour ce faire, il est notamment prévu de réactiver des lignes ferroviaires existantes pour le transport régional de voyageurs.

Pour les lignes suivantes, des recherches approfondies doivent maintenant être menées dans le cadre d'une étude de faisabilité avec examen des avantages et des coûts :

- Sarrebruck–Grossrosseln (Rosseltalbahn)
- Sarrebruck/Völklingen–Überherrn (Bisttalbahn)
- Merzig–Losheim
- Dillingen/Saarlouis–Lebach-Jabach/Schmelz–Wadern (Primstalbahn)
- Homburg–Blieskastel (Blisttalbahn)

Pour ce faire, SMA s'est associé à Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH (SP) et au Zentrum für integrierte Verkehrssysteme GmbH (ZIV) pour former un groupement d'ingénieurs.

SMA se charge de l'étude de faisabilité opérationnelle. Pour chacune de ces lignes, différentes variantes de concepts d'offre ont été élaborées à l'aide de Viriato. Il s'agissait ici d'étudier différentes cadences, dessertes, correspondances avec d'autres lignes régionales ou encore interconnexions bus/rail. Dans un premier temps, les lignes à réactiver

ont été considérées individuellement. Dans un deuxième temps, un concept global a été développé, dans lequel toutes les lignes de Sarre ont été prises en compte.

Sur la base des concepts d'exploitation, les besoins en infrastructure nécessaires pour chaque ligne ont été déduits et transmis à SP pour l'étude de faisabilité technique. Pour la variante la plus prometteuse, une étude coûts-bénéfices selon la méthode d'évaluation standardisée a été réalisée par ZIV pour chaque ligne.



**AKN Eisenbahn GmbH: Horaire travaux pour l'extension du S-Bahn** AKN Eisenbahn GmbH (AKN) exploite, au nord de Hambourg, les lignes de Hambourg-Eidelstedt à Neumünster ainsi que les lignes connexes vers Norderstedt Mitte et Elmshorn. Dans les années à venir, le S-Bahn de Hambourg sera prolongé de Hambourg-Eidelstedt jusqu'à Kaltenkirchen via les lignes AKN. L'extension du S-Bahn suppose entre autres l'électrification de la ligne, l'aménagement presque complet de deux voies et le rallongement des quais. Pour réaliser ces aménagements, il est nécessaire de programmer les travaux par étape sur toute la longueur de ligne.

SMA a développé des concepts d'horaires pour les différentes étapes de travaux. Les concepts d'horaires tiennent compte de tracés de lignes modifiés, de sorte que, malgré les travaux, les relations minimisent le nombre de changements nécessaires pour la majeure partie des voyageurs. Enfin, des horaires 24h ont été développés en concertation avec les planificateurs des services de bus de substitution.

Afin de développer une offre adaptée à la demande, même en phase de travaux, une estimation des potentiels de trafic simplifiée a été élaborée. Cette dernière a été utilisée dans le cadre d'un processus itératif avec la conception de l'horaire et a servi de base pour déterminer les fréquences et la configuration des véhicules nécessaires.

Les concepts d'horaires élaborés ont contribué à la décision de mettre en œuvre un régime de lignes modifié à partir de la deuxième phase des travaux à l'été 2023.



**DB Netz AG, Regionalbereich Süd (pour le compte du Freistaat Bayern et de la Bayerischen Eisenbahngesellschaft mbH): Étude d'exploitation pour la mise en place d'un service de navettes sur la ligne de ceinture nord de Munich** La région nord de Munich observe une augmentation importante du nombre d'habitants et d'emplois. Une desserte adéquate par les transports publics, et notamment ferroviaires, nécessiterait l'utilisation de la ligne de ceinture nord, aujourd'hui exclusivement utilisée pour le transport de marchandises. L'Autorité Organisatrice a défini un cahier des charges pour une desserte de la ceinture nord par l'ouest. A cela s'ajoutent les exigences pour le futur trafic de marchandises conformément au programme Deutschlandtakt. L'objectif est de mettre en place un service de navettes depuis Karlsfeld et/ou Munich-Moosach jusqu'au centre de recherche et d'innovation de BMW à Munich-Milbertshofen avec une extension possible jusqu'à l'Euro-Industriepark (EIP) à Munich-Freimann.





Pour ce faire, les exigences en matière d'exploitation et d'infrastructure doivent être définies dans le cadre d'une étude d'exploitation. En collaboration avec DB Netz AG, SMA a élaboré des variantes d'infrastructure compatibles avec le budget d'investissement et la première estimation des coûts prévus pour la mise en place du service de navette mentionné. Les variantes d'infrastructure ont été analysées de manière itérative au moyen d'une méthode d'analyse de l'exploitation ferroviaire standardisée (EBWU), puis formellement documentées pour ladite étude d'exploitation. Cette dernière constitue la base pour les études de faisabilité détaillées de l'infrastructure dans les phases ultérieures, ainsi que pour la communication avec l'Autorité Organisatrice des transports régionaux.



**Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg GmbH/Spreepplan Verkehr: Projet INTERREG RailBLu (Amélioration du transport ferroviaire transfrontalier de voyageurs entre le Brandebourg et la Voïvodie de Lubusz)** Il n'existe aujourd'hui qu'une offre très limitée (quelques paires de trains) sur les lignes ferroviaires régionales transfrontalières entre le Land de Brandebourg en Allemagne et la Voïvodie de Lubusz en Pologne.

SMA a reçu la mission de développer de nouveaux concepts d'offre pour le trafic régional transfrontalier en concertation avec les acteurs impliqués. Dans ce contexte, en sus des lignes transfrontalières directes, les lignes régionales de chaque pays ont également été considérées. En Pologne notamment, cette démarche a permis d'optimiser les temps de correspondance entre trafic transfrontalier et régional. Les aménagements déjà prévus ont servi d'infrastructure de référence, tandis que d'autres aménagements ont été identifiés sur la base des concepts d'offre proposés.

La société Spreepplan Verkehr a évalué les concepts d'offre développés du point de vue de la demande, permettant ainsi d'effectuer une évaluation des scénarios et d'en extraire les variantes préférentielles. Ce projet collaboratif a permis de développer une vision commune entre tous les acteurs transfrontaliers qui servira de référence pour les prochaines étapes de conception et de phasage.



#### **Rhein-Main Verkehrsverbund: contrat-cadre pour le développement de l'horaire**

La région Rhein-Main est l'une des plus grandes régions métropolitaines d'Europe et enregistre une importante demande en transports de et vers Francfort-sur-le-Main. Depuis de nombreuses années déjà, SMA assiste l'Autorité Organisatrice Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV), dans le cadre d'un contrat-cadre pour le développement de l'horaire cadencé coordonné dans la région.

Plusieurs aménagements d'infrastructure vont être mis en service sur le réseau ferroviaire de la région lors des prochaines années et décennies. L'offre ferroviaire régionale va être notablement adaptée et étendue, notamment grâce à la nouvelle tangente régionale à l'ouest ainsi qu'à la nouvelle ligne Hanau–Fulda, qui libèrent de nouvelles capacités pour le trafic régional sur les lignes existantes. En outre, les concepts d'offre issus de

Deutschlandtakt sont pris en compte. Dans ce contexte, SMA étudie les adaptations nécessaires et possibles de ces concepts d'offres régionaux à l'aune d'un développement progressif des aménagements d'infrastructure envisagés.

Ces travaux se poursuivent en 2023.



### **Autorités Organisatrices et entreprises de transports : Assistance dans le cadre des procédures d'appels d'offres**

SMA apporte l'assistance adéquate lors des procédures de mise en concurrence dans le transport public régional de voyageurs. Nous assistons les pouvoirs adjudicateurs dans l'élaboration stratégique et le suivi de leurs appels d'offres. De l'autre côté, nous assistons les entreprises de transports dans l'établissement de leurs dossiers de candidature. Ces projets d'assistance portent sur des aspects divers et variés du processus de mise en concurrence et comprennent par exemple l'optimisation des horaires, la planification des roulements du matériel ou encore la définition des sites pour les ateliers de maintenance et d'entretien.

La conception et l'optimisation des horaires constituent un élément important de l'assistance lors de ces procédures dans le transport ferroviaire régional. Dans ce cadre, SMA développe les horaires conformément aux exigences de l'adjudicateur ou vérifie les documents produits par les candidats afin d'y identifier des possibilités d'optimisation.

La planification des roulements du matériel est également une tâche importante. Il s'agit ici de déterminer les types et le nombre de véhicules afin de réaliser l'horaire souhaité de manière optimale tout en garantissant les capacités d'emport adéquates et le concept le plus économique possible.

Enfin, la planification des sites d'ateliers est un autre aspect de notre portefeuille de services. Il s'agit ici d'identifier les emplacements optimaux pour les ateliers afin de pouvoir y effectuer les travaux de maintenance et d'entretien le plus efficacement possible tout en étant garantissant des accès faciles et adéquats.

SMA travaille depuis plus de 15 ans dans ce domaine et a acquis une grande expertise dans l'assistance des différents acteurs du processus de mise en concurrence dans le secteur du transport ferroviaire de voyageurs, que ce soit pour les Autorités Organisatrices, les entreprises de transports ou les constructeurs de matériel-roulant.

## FRANCE



**SNCF Réseau : Étude de faisabilité des SEM de l'étoile de Lille** Dans le cadre du développement d'un Service Express Métropolitain (SEM) sur l'étoile ferroviaire de Lille, la Direction Territoriale Hauts-de-France de SNCF Réseau, dans le cadre d'une démarche multipartenaires impliquant l'État, la Région Hauts-de-France et la Métropole de Lille, a mandaté SMA afin de définir un horaire cible correspondant aux objectifs des schémas de desserte construits avec les partenaires institutionnels de l'étude ainsi que les infrastructures nécessaires à l'atteinte de ces objectifs.

Plusieurs scénarios de desserte ont été étudiés et combinés avec plusieurs variantes d'infrastructures pour le tracé de la ligne nouvelle du Réseau Express Hauts-de-France (REHF). Le REHF a vocation à libérer de la capacité en ligne sur l'axe Lille–Douai/Lens et en gare de Lille-Flandres pour atteindre l'objectif de desserte à la cadence au quart d'heure pour les trains omnibus et pour les trains rapides sur la majorité des branches de l'étoile ferroviaire de Lille. Pour chaque scénario et variante, un modèle horaire de trame 2h systématique a été constitué dans Viriato, et les infrastructures nécessaires associées, notamment celles liées aux aménagements requis sur le Réseau Ferré National, ont été définies.

L'ensemble des scénarios de desserte et de variantes de tracé pour le REHF a été comparé dans une analyse multicritère incluant des indicateurs de lisibilité de l'offre, de temps de parcours, de saturation du réseau. Ces indicateurs ont permis de discriminer les différents modèles horaires et de sélectionner un scénario de desserte et deux variantes de tracé qui seront approfondis dans une étape d'ultérieure d'étude.



### **Eurométropole de Strasbourg : Schéma directeur et benchmark vision long terme**

L'Eurométropole de Strasbourg (EMS) et la Région Grand Est ont mis en place une première étape du Réseau ferroviaire Express Métropolitain (REME) en décembre 2022. Les partenaires souhaitent avoir une vision stratégique du développement des prochaines étapes de ce réseau. Dans ce contexte, SMA a été mandaté par l'EMS sur deux sujets : l'élaboration du schéma directeur et la réalisation d'un benchmark comparant plusieurs nœuds ferroviaires en Europe.

L'objectif du schéma directeur est de mettre les différents travaux menés par l'EMS en perspective pour proposer un schéma directeur multimodal des transports interurbains. Ce schéma directeur a pour but de définir un réseau de transports en commun interurbains optimisé composé de lignes ferroviaires et de différents types de lignes routières en garantissant la complémentarité entre ces lignes ferroviaires et routières, de proposer des niveaux d'offre homogènes et cohérents pour le territoire, et d'identifier les aménagements d'infrastructure nécessaires à la réalisation de cette offre intégrée. Le travail a principalement été concentré sur le schéma directeur interurbain des cars. Un diagnostic a tout d'abord été mené puis l'élaboration du schéma a été effectuée de manière collaborative avec les partenaires selon plusieurs itérations sur les différentes composantes du réseau. Enfin, un schéma a été évalué notamment d'un point de vue de la demande avec l'utilisation du modèle de l'EMS et un phasage a été établi pour sa mise en œuvre par étapes.

Concernant le benchmark, cinq nœuds ferroviaires européens comparables au contexte de Strasbourg ont été sélectionnés à partir des caractéristiques démographiques de l'agglomération et de la configuration des réseaux ferroviaires. Les nœuds sélectionnés ont été analysés de manière approfondie afin de mettre en exergue les éléments de base des systèmes RER, de décrire leur fonctionnement, de répertorier des indicateurs couvrant les caractéristiques des nœuds, la structure de l'offre, l'exploitation et l'intégration avec les autres systèmes de transport public. Les projets majeurs de développement de ces nœuds ont été décrits afin d'identifier les modifications structurelles apportées, les fonctionnalités associées et les éléments récurrents. Des enseignements concernant l'offre, l'exploitation ferroviaire, les infrastructures et l'intégration multimodale ont été récoltés et des recommandations formulées pour le cas de Strasbourg.



**SNCF Voyageurs: Simulation Tram-Train Nantes–Châteaubriant** SNCF Voyageurs a fait appel à SMA pour contrôler la robustesse d'un plan de transport projeté sur la ligne de tram-train Nantes–Châteaubriant.

SMA a modélisé dans Viriato les infrastructures et le plan de transport de référence Nantes–Châteaubriant, ainsi que le plan de transport cible, en incluant les roulements de matériel projetés par TER. Les plans de transport projetés ont été tout d'abord vérifiés statiquement et certaines recommandations ont été faites pour garantir la faisabilité des circulations en ligne et en gare. Ces plans de transport ont ensuite été soumis à une série de tests de robustesse stochastiques grâce à l'utilisation de la plateforme algorithmique de Viriato afin d'évaluer la stabilité des deux horaires testés et de les comparer. Le modèle de retard a été calibré sur des données réelles. Le résultat des tests a permis de déterminer qu'en dépit de l'augmentation d'offre proposée sur l'axe, la stabilité de l'horaire restait bonne.

SMA a par ailleurs produit un support méthodologique pédagogique sous format vidéo pour présenter l'outil utilisé et ses utilisations potentielles dans le cadre de la mise en valeur des offres ferroviaires.



**Corbeil-Essonnes: Étude de dessertes directes entre l'étoile de Corbeil et Paris**

Depuis la mise en œuvre du Service Annuel 2019 et la « métroïsation » du RER D, l'étoile de Corbeil-Essonnes se trouve privée de trains rapides pour Paris: les trains omnibus mettent plus de 40 minutes pour atteindre Paris depuis Corbeil et les voyageurs venant des branches de Malesherbes, du Littoral et de la Vallée se voient imposer des correspondances pour atteindre Paris.

Les communes de Ballancourt-sur-Essonne, Étiolles, Le Malesherbois, Ris-Orangis, Soisy-sur-Seine et Corbeil-Essonnes se sont donc associées pour confier à SMA l'étude de stratégies de dessertes rétablissant des liaisons sans rupture de charge depuis la Vallée ou Malesherbes vers Paris, améliorant la desserte de l'étoile de Corbeil, sans dégrader la qualité de service sur les autres branches du RER D.





L'étude s'est déroulée en trois temps. La première étape a consisté à élaborer une desserte « cadencée » susceptible de remplacer la desserte proposée actuellement en période creuse. SMA a ensuite étudié systématiquement toutes les possibilités de faire circuler de nouveaux trains entre deux trains circulant déjà pendant les heures de pointe. Sur ces bases, SMA a pu proposer une grille des horaires de cette nouvelle ligne S, structurée autour de trains strictement cadencés Gare de Lyon–Juvisy–Malesherbes et Gare de Lyon–Juvisy–Melun circulant en période creuse et complétée par des trains moins cadencés circulant en périodes de pointe.

Il a été ainsi montré qu'il était possible de préfigurer une nouvelle ligne S sans modification de l'infrastructure et sous réserve de modifications marginales des circulations actuelles. La mise en service de cette nouvelle desserte permettrait à Corbeil-Essonnes, 2<sup>ème</sup> ville du département, de disposer d'une desserte rapide en 30 minutes pour Paris. Sur la base de l'étude, les communes du sud de l'Essonne ont pu relancer les échanges avec Île-de-France Mobilités pour mettre en place ces dessertes.



**SNCF Réseau : Audit du Réseau Ferré National – Volet Capacitaire** SMA a réalisé, dans le cadre de l'audit du réseau commandité par SNCF Réseau, plusieurs analyses pour le volet capacitaire de cet audit ayant pour buts :

- De réaliser un benchmark portant sur la répartition des capacités, notamment entre sillons et travaux :
  - Pour identifier les bonnes pratiques en usage chez les gestionnaires d'infrastructure (GI) européens
  - Pour déterminer la situation de SNCF Réseau par rapport à ses voisins européens en matière de gestion de la capacité
- D'analyser la démarche services/infrastructure mise en place et en identifier les bénéfiques et les points d'amélioration
- D'analyser les risques liés à la volonté d'augmentation de l'offre de sillons en parallèle de la contrainte travaux (volume et coûts)
- De proposer des pistes de solutions permettant de mieux concilier circulations et travaux.

L'audit a mis en évidence les bénéfices de la démarche services / infrastructure mise en place progressivement et montré que celle-ci s'inscrit dans les bonnes pratiques des autres GI européens, notamment ceux qui bénéficient d'une institutionnalisation de la pratique pour garantir la légitimité des horaires produits. L'intensité des travaux à mettre en œuvre pour rajeunir et développer l'infrastructure est néanmoins un facteur de réduction de capacité forte qui pourrait obérer la capacité de SNCF Réseau à atteindre ses objectifs de développement des dessertes, notamment sur les périmètres des Réseaux Express Métropolitains et sur les corridors fret. En lien avec les pratiques identifiées chez les GI voisins, SMA a proposé plusieurs pistes d'amélioration pour concilier l'augmentation nécessaire des travaux de maintenance et de développement et la circulation des trains, portant notamment sur :

- L'organisation de la maintenance courante de l'infrastructure en priorité pour développer les services RER
- La planification pluriannuelle des travaux en prenant en compte l'impact capacitaire
- Un ordonnancement travaux contraint par un cadre limitant le nombre de variantes possibles au sein d'un service annuel et facilitant la construction des horaires.



**SNCF Réseau : Étude d'extension de la gare fret du Boulou** Les perspectives de développement vers la France et depuis l'Espagne de circulations de l'autoroute ferroviaire au départ du site du Boulou entraînent une réflexion de l'État français sur l'extension des capacités de cette gare fret. L'étude, sous maîtrise d'ouvrage de SNCF Réseau, en phase d'émergence, a pour but d'évaluer la consistance et les conditions d'exploitabilité des aménagements projetés, dont un raccordement vers la ligne nouvelle Perpignan–Figueras (LFP), et les risques associés.

Après un diagnostic des usages actuels et futurs du site, SMA a modélisé dans Viriato les circulations en référence et en projet sur le périmètre de la gare et de ses accès par le Réseau ferré National (RFN) et par LFP pour un jour ouvrable de base (JOB) selon différentes variantes d'aménagement.

L'ensemble des mouvements ferroviaires sur le complexe a été décrit dans le détail et les graphiques d'occupation des voies de service des faisceaux RFN de la gare et des chargeurs du site ont été établis. Ainsi, en étude d'opportunité, l'analyse de l'exploitation a calibré les besoins en infrastructure nécessaires pour chaque variante, ainsi que les thèmes de manœuvre. Une analyse multicritère intégrant l'atteinte de l'objectif de desserte, la saturation du site, le coût et l'impact environnemental, entre autres, a permis d'écartier certaines variantes d'implantation en vue du passage en étude préliminaire.



**SNCF Réseau : AMO livrables horaires stratégiques** Afin de répondre aux attentes de ses clients actuels et futurs, maintenir, moderniser et développer le réseau et l'exploitation, SNCF Réseau met en place une planification horaire – infrastructure à un horizon 2030 avec des étapes intermédiaires constituées par les plans d'exploitation. Ils regroupent les éléments liés aux sillons commerciaux voyageurs et fret, les plages de maintenance ou de travaux ainsi que les composantes liées à la robustesse, en ligne et dans les nœuds structurants. Ils sont élaborés à deux horizons, soit +5 ans (Plan d'exploitation de référence PER) et +10 ans (Plan d'exploitation émergent PEE), pour toute la France et sont discutés dans le cadre des plateformes services et infrastructure pilotées par L'État. Dans ce contexte, SNCF Réseau a mandaté SMA pour l'assister dans la constitution des horaires 2h et 24h sur les plateformes Grand-Est et Hauts-de-France, avec notamment les objectifs suivants :

- Intégrer les dernières hypothèses en trame systématique 2h liées au projet d'extension d'Eole à l'Ouest (prolongement du RER E via une nouvelle infrastructure souterraine) et vérifier leur compatibilité avec le reste de la plateforme Grand-Est sur les différents horizons considérés

- Construire une grille horaire 24h voyageurs sur la plateforme Grand-Est sur les différents horizons considérés en activant les missions dans Viriato pour correspondre aux objectifs des acteurs tout en s'assurant de l'absence de conflits en ligne et en gare
- Construire une grille horaire 24h des sillons fret aux différents horizons en intégrant les contraintes travaux pour évaluer la capacité maximale disponible pour le fret, la comparer avec les hypothèses de volumétrie aux mêmes horizons et évaluer l'impact des adaptations travaux
- Accompagner la Direction Générale de l'Exploitation (DGEX) de SNCF Réseau dans le cadre des plateaux d'exploitation Grand Est qui est une instance interne à SNCF Réseau visant à préparer les éléments pour les plateformes services et infrastructures
- Accompagner la DGEX pour l'étude et la concertation des interactions avec le gestionnaire d'infrastructure allemand DB Netz concernant les sillons à grande vitesse transfrontaliers
- Accompagner la DGEX et la Direction territoriale Bourgogne-Franche-Comté sur la mise à jour des études socio-économiques de projet de 2ème étape de la LGV Rhin-Rhône en l'intégrant dans les PER et PEE et en étudiant des variantes de desserte sur les axes Lyon-Strasbourg et Paris-Zurich.



### **Région Nouvelle-Aquitaine : Études relatives au plan de transport et aux besoins de matériel roulant**

La Région Nouvelle-Aquitaine souhaite faire évoluer son offre de transport ferroviaire sur l'ensemble de son territoire, et en particulier dans le cadre du développement d'un réseau métropolitain autour de Bordeaux en collaboration avec Bordeaux Métropole. Ces évolutions doivent permettre de répondre à la forte croissance de la demande ainsi qu'aux nouveaux besoins de mobilité, en particulier à l'issue de la crise sanitaire. Ces développements s'inscrivent dans la perspective des futurs contrats sur les services ferroviaires.

Dans ce cadre, SMA a été mandatée pour établir des scénarios d'offre partagés année par année jusqu'à 2030 afin de déterminer les besoins d'évolution du parc de matériel roulant régional, dans une perspective multiple de renouvellement, de modernisation, de verdissement de la flotte ainsi que d'affectation aux différents secteurs géographiques qui pourraient être constitués. Plusieurs jeux de paramètres ont été testés au travers de scénarios contrastés. Une attention particulière a été portée aux besoins liés au réseau métropolitain bordelais et à différents scénarios de développement coordonné entre matériel roulant et infrastructure.

Enfin, un regard spécifique a été porté sur les stratégies d'acquisition et de déploiement du matériel roulant dans la perspective de la fin de vie de la série d'automoteurs la plus ancienne. Une analyse du marché actuel de matériel ferroviaire régional a été menée, afin de déterminer les caractéristiques essentielles du matériel à acquérir et de dimensionner le parc correspondant.

## PAYS-BAS



**Province de Drenthe : Développement de l'offre Emmen–Rheine** La ligne ferroviaire de Bentheim a été réactivée pour le transport de voyageurs sur son tronçon sud entre Bad Bentheim et Neuenhaus en 2019. Le prolongement sur la ligne ferroviaire jusqu'à Coevorden est prévu et a déjà fait l'objet de plusieurs études. La liaison vers les Pays-Bas et le raccordement au réseau ProRail à Coevorden n'ont pas encore été étudiés en détail.

L'objectif du projet était d'établir un horaire coordonné et soutenu par tous les acteurs, pouvant servir de point d'ancrage pour les phases de planification ultérieures. Pour ce faire, le projet de développement de l'offre entre Coevorden et Bad Bentheim a été confronté aux projets de développements nationaux respectifs aux Pays-Bas et en Allemagne afin d'identifier les éventuels conflits ou dépendances.

Sur la base d'une situation de référence (matériel roulant, vitesses, offre régionale aux Pays-Bas), la faisabilité de l'horaire a été évaluée avec des calculs de temps de parcours et une détection des conflits pour différents horizons temporels. Une question fondamentale était en outre de savoir si un arrêt supplémentaire à Euregioweg pouvait être intégré dans le concept et, le cas échéant, dans quelles conditions il était possible de le faire.

En raison de la densité de l'offre du côté néerlandais, seule une fenêtre de temps réduite est disponible pour l'arrivée et le départ du train en gare de Coevorden. Différentes solutions de faisabilité ont été identifiées : augmentation de la vitesse, adaptation du plan d'occupation des voies, modification de la politique d'arrêt. Les possibilités de correspondances à Coevorden ont été évaluées et les nouvelles durées de voyage entre différentes gares ont été calculées.

La compatibilité avec les développements de l'offre régionale sur la ligne Zwolle–Emmen a été prise en compte dans les analyses. Enfin, un phasage de mise en service a été esquissé à l'aide d'un horaire réticulaire par horizon temporel.



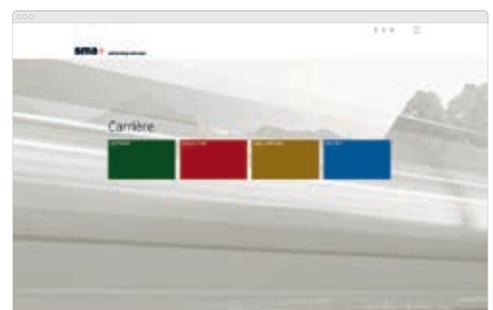
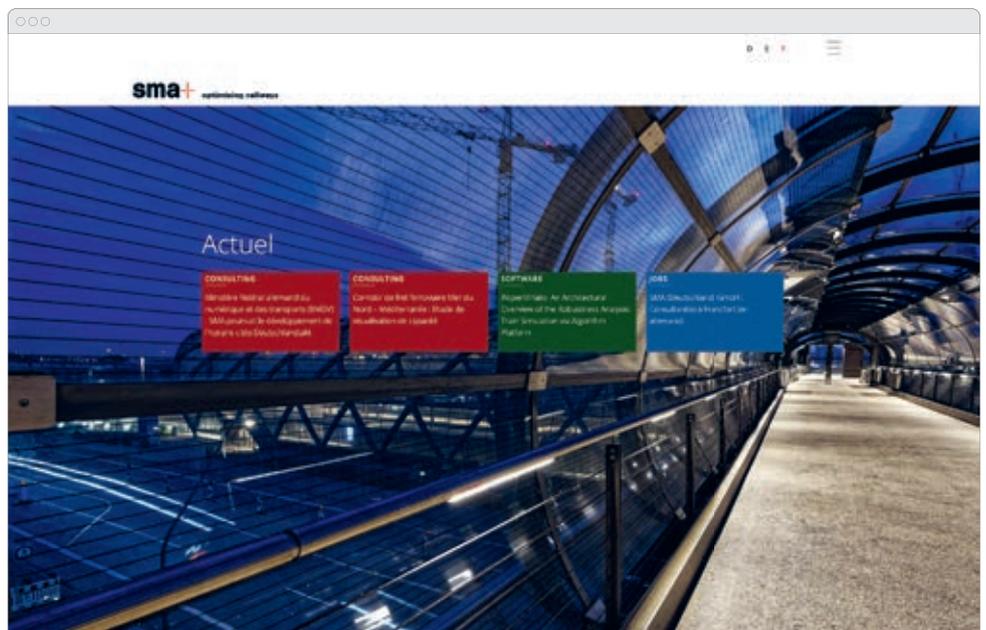


# Communication

**Nouveau site** En 2022 également, notre nouveau site web a « pris son envol ». En suivant la devise « évolution plutôt que révolution », nous avons adapté nos contenus et, en arrière-plan, nous sommes passés à une nouvelle technologie.

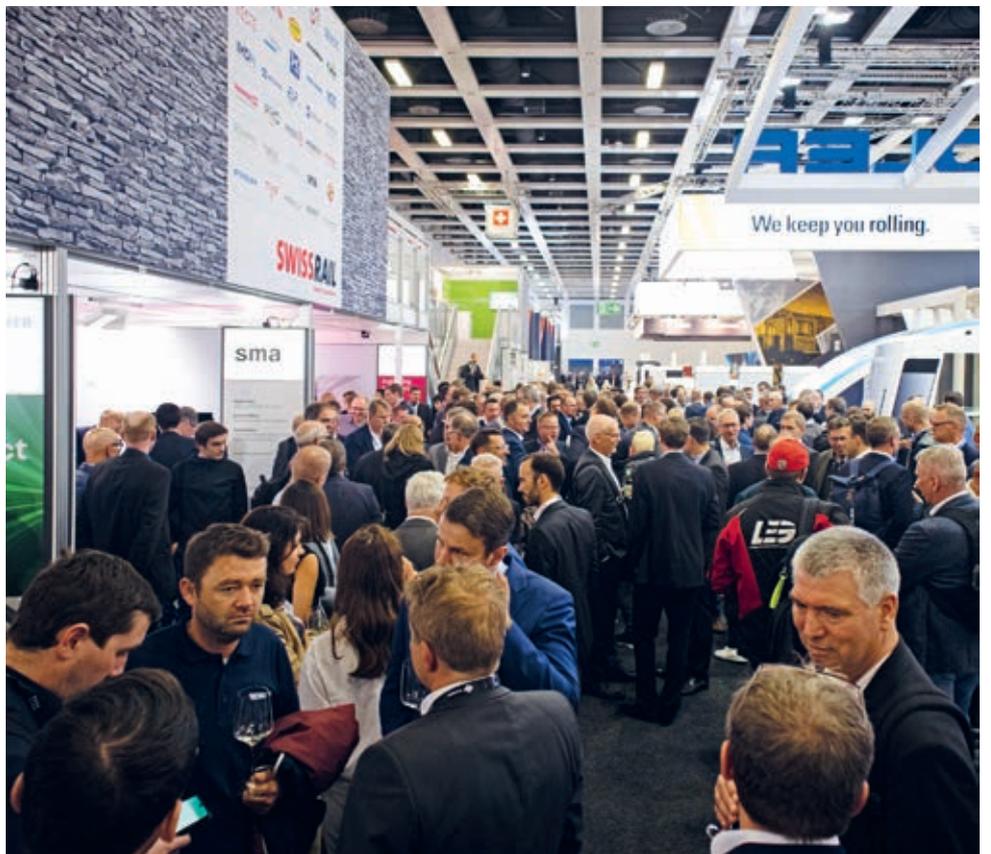
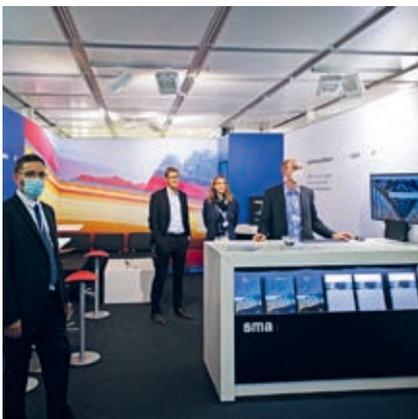
Outre une structure plus claire au sein des deux domaines Consulting et Software avec de nombreuses références et articles passionnants, l'accent a été mis sur l'Employer Branding.

Découvrez-le ici



**InnoTrans 2022** Après une pause de quatre ans, le salon InnoTrans a rouvert ses portes à Berlin. Plus de 135'000 visiteurs de plus de 130 pays se sont rendus à Berlin en septembre pour s'informer sur les nouveaux thèmes du monde ferroviaire.

Nous y étions bien sûr aussi et nous avons à nouveau accueilli de nombreux visiteurs sur notre stand.



## Publications et conférences

Eisenbahntechnische Rundschau Avril 2022	<b>Taktverdichtung im Bahnverkehr der Schweiz unter Berücksichtigung des Knotenprinzips</b> Michael Frei, Raphael Karrer
Eisenbahntechnische Rundschau Juillet/août 2022	<b>Programm «Bahnausbau Region München» nimmt Formen an</b> Bernd Kollberg (Intraplan Consult GmbH), Michael Frei (SMA), Ralph-Dieter Streble (Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft)
Schweizer Eisenbahn-Revue Août/septembre 2022	<b>Zuerst den Bahnknoten Basel ertüchtigen, dann in variablen Schritten zum Herzstück</b> Christoph Fessler (SBB), Rolf Steinegger (mrs partner AG), Andreas Berchtold (SMA), Vincent Rieder (SBB)
DER NAHVERKEHR Oktober 2022	<b>Weichenerneuerung bei der Münchner U-Bahn</b> Cyrill Baertsch
Technische Universität Darmstadt Allemagne Janvier et février 2022	<b>Der Deutschlandtakt</b> Marten Maier
École des Ponts ParisTech Paris, France Janvier et juin 2022	<b>Exploitation des transports ferroviaires et guidés</b> Henri Saïssset, Pascal Joris
École Polytechnique Fédérale de Lausanne Suisse Avril 2022	<b>Timetable Saturation in Practice with Methods from Operations Research</b> <b>Lecture in Decision-aid methodologies in transportation</b> Matthias Hellwig
RAILcph Kopenhagen, Danemark Juin 2022	<b>Operational simulation models for rail systems</b> Frederik Ropelius
Fachtagung Forschung 2022 SVI Basel, Suisse Septembre 2022	<b>Taktverdichtung in der Schweiz unter Berücksichtigung des Knotenprinzips</b> Raphael Karrer
École des Ponts ParisTech Paris, France Septembre et octobre 2022	<b>Analyse et conception des systèmes de transport</b> Henri Saïssset
Persontrafik Stockholm, Suède Octobre 2022	<b>Kann tågen planeras smartare än idag?</b> <b>En europeisk utblick</b> Frederik Ropelius
Table ronde Cadencement 2012–2022 Alumni du mastère ferroviaire SNCF Campus Étoiles, France Octobre 2022	<b>Cadencement 2012–2022, 10 ans après: Définitions et concepts</b> Luigi Stähli
Cours Transports publics intégrés Chemins de fer fédéraux suisses Löwenberg, Suisse Novembre 2022	<b>Principes de conception de l'offre de transports voyageurs</b> Luigi Stähli
Mobilitätstag NRW Düsseldorf, Allemagne Décembre 2022	<b>Das Netz ist das Ziel – der Game-Changer für die Schiene</b> Philipp Schröder (SMA) et Kai Schulte (Kompetenzcenter Integraler Taktfahrplan NRW)

Visitez-nous sur LinkedIn :



# Chiffres-clés

Alors que l'année 2021 était une année d'exception concernant la vente de licences et le recours à davantage de sous-traitants, l'année 2022 s'inscrit dans la tendance de la dernière décennie qui nous permet d'observer une croissance stable et robuste de nos prestations de services, et cela malgré un CHF toujours plus fort (graphique ci-dessous : chiffre d'affaires brut en CHF). Dès lors, nous pouvons nous réjouir du résultat 2022 qui ne fait que confirmer nos choix stratégiques et de marché, autant dans le domaine du Consulting que du Software.

Chiffres-clés*	2022	2021
Chiffre d'affaires brut (millions de CHF)	<b>14,2</b>	16,1
Collaborateurs en équivalent temps plein (ETP)	<b>75</b>	70

\*y compris filiales

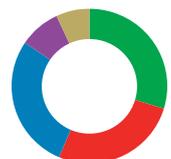
## Chiffre d'affaires par pays

- Allemagne
- Suisse
- France
- Belgique
- Autres



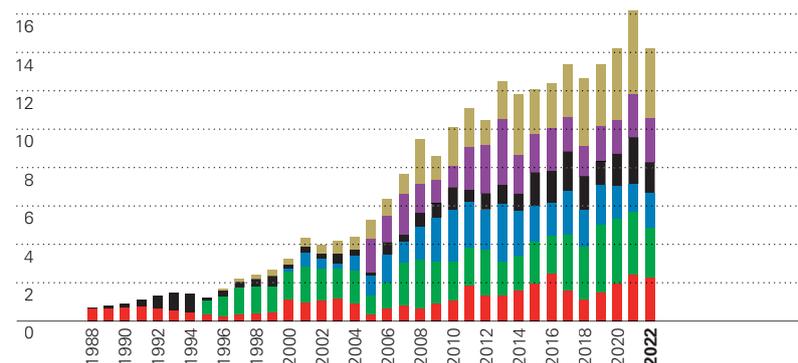
## Chiffre d'affaires par catégorie de client

- Entreprises de transport
- Gestionnaires d'infrastructure
- Autorités publiques
- Entreprises intégrées
- Autres



## Évolution du chiffre d'affaires 1988 – 2022 (millions de CHF)

- Software**
  - Viriato et ZLR
  - Services informatiques
- Consulting**
  - Autres
  - France
  - Allemagne
  - Suisse



**Texte et rédaction**

SMA et associés SA, Zurich

**Concept visuel**

Eggmann-Design, Grüningen

**Impression**

Linkgroup, Zurich

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

Anne Eggmann

**Page 19**

En haut : Dani Wipf, SMA

En bas : iStockphoto.com

**Page 43**

En haut : Dani Wipf, SMA

En bas : iStockphoto.com

**Autres illustrations**

Pixabay.com|Pexels.com

© SMA et associés SA|Juin 2023



**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)