

2017

La série de photographies de ce rapport d'activités vous propose un voyage dans les cinq pays dans lesquels SMA était la plus active en 2017: la Belgique et les États-Unis complètent le groupe de nos marchés traditionnels que sont l'Allemagne, la France et la Suisse.

# Table des matières

<b>5</b>	Introduction
<b>8</b>	Des modèles agiles pour des décisions stratégiques
<b>10</b>	Microscopie à la Demande
<b>14</b>	Une sélection de projets de l'année 2017
<b>42</b>	Événements, publications et exposés
<b>44</b>	Chiffres-clés
<b>45</b>	Mentions légales



# Introduction

Chères lectrices, chers lecteurs

Cette année encore, nous nous réjouissons de publier un rapport d'activités passionnant et coloré.

L'année dernière, avec le 30<sup>ème</sup> anniversaire de SMA, nous jetions un œil rétrospectif sur les trois premières décennies. Cette année, nous nous projetons à nouveau dans l'avenir.

En plus de relater, comme à l'accoutumée, nos projets et nos activités dans les domaines du Conseil et de l'IT, les deux textes éditoriaux de cette année abordent un thème auquel nous accordons une attention particulière depuis longtemps déjà.

Les deux articles développent différents aspects de mise en pratique de la notion de « précision adaptée aux besoins » qui se situe au centre des réflexions de SMA. D'une part à travers l'utilisation de modèles agiles pour les besoins de la planification stratégique du système ferroviaire, d'autre part par l'implémentation d'une architecture système utilisant la « Microscopie à la Demande ».

Les deux sujets sont abordés de manière approfondie en début de ce rapport d'activités. Nous espérons offrir à nos lecteurs un éclairage sur les avantages de ces concepts peu ordinaires.

Nous vous souhaitons une agréable lecture de notre rapport d'activités 2017.

Eric Cosandey  
CEO, Directeur Division Conseil

Thomas Bickel  
Directeur Division IT







re



HAUPTBAHNHOF



# Des modèles agiles pour des décisions stratégiques

Depuis quelques années, force est de constater que les acteurs traditionnels de la mobilité font face à un nouvel environnement qu'ils semblent souvent davantage subir que maîtriser. Les nouveaux acteurs de la mobilité abordent quant à eux le marché de manière disruptive et tirent profit d'une forme d'individualisation des comportements de mobilité, en proposant des produits et des services moins chers à l'aide de nouvelles technologies, là où le marché n'est que peu ou pas encore régulé. Cet environnement en permanente évolution complique la tâche des acteurs traditionnels et complexifie les processus de planification et d'exploitation de leur système.

Certes, l'équation pour les acteurs traditionnels de la mobilité n'est pas aisée. En effet, ces derniers sont soumis aux objectifs d'une économie publique destinée à satisfaire un besoin d'intérêt général qui exige la production d'un service public, le cas échéant subventionné, mais qui requiert en même temps la maîtrise de l'équilibre financier entre les charges et les recettes et donc l'efficacité du système.

Une étude récemment menée par Roland Berger auprès des managers des principaux gestionnaires d'infrastructure et entreprises ferroviaires européens indiquait que seuls 20% de ces derniers pensaient que le modèle d'affaire actuel perdurerait demain. La même étude mettait par contre en exergue le fait que la grande majorité de ces managers étaient persuadés que les chemins de fer ont la capacité de devenir le principal intégrateur de mobilité dans cet environnement multidimensionnel complexe. Les questions qui se posent dès lors sont notamment :

- Comment vont évoluer la société et les mœurs ?
- Quelles politiques économique, environnementale et d'aménagement du territoire vont être menées par les autorités publiques ?
- Comment le secteur privé va-t-il se positionner ?
- Quelles formes et orientations technologiques vont s'imposer ?

Parce qu'il n'est justement pas évident de répondre à ces questions avec la certitude requise, il est important d'ouvrir le champ des stratégies possibles. La stratégie des chemins de fer doit dès lors être une stratégie proactive : il s'agit d'anticiper les évolutions de l'environnement pour évoluer et surtout, si possible, l'influencer à son avantage. L'idée étant de développer des compétences individuelles ou collectives et d'exploiter les ressources internes (matérielles, financières mais surtout humaines et organisationnelles) et de les assembler en vue de développer le savoir-faire. Autrement dit, l'enrichissement et l'exploitation du patrimoine et des ressources internes seront sources d'avantages concurrentiels par rapport aux nouveaux entrants du marché de la mobilité.

De par le caractère systémique des chemins de fer, les questions posées aux cadres dirigeants des autorités organisatrices, des gestionnaires d'infrastructure et des entreprises ferroviaires sont complexes. Les incertitudes, la multiplication des interdépendances, l'accélération du changement dans certains domaines, l'accentuation des inerties dans d'autres sont autant de facteurs qui imposent à toute action dans le présent un effort de réflexion prospective et de scénarisation.



Pour ce faire, les chemins de fer doivent être en mesure de bâtir rapidement des scénarios d'évolution de leur modèle d'affaires afin de les confronter aux scénarios d'évolution de leur environnement. Il s'agit entre autres de :

- identifier quels sont les facteurs à étudier en priorité (variables clés), en mettant en relation, à travers un modèle explicatif global, les variables caractérisant le système étudié (visualisation des interdépendances),
- déterminer, notamment à partir des variables-clés, les ressources disponibles,
- décrire sous la forme de scénarios, l'évolution du système étudié de manière qualitative et/ou quantitative, compte tenu des évolutions probables des variables-clés (stratégies),
- évaluer les conséquences des orientations déjà prises et des stratégies à l'aide de méthodes multicritères et en déduire les actions à engager.

Cette approche par scénarios nécessite par conséquent un travail de modélisation. D'un point de vue générique, la modélisation correspond à la mise en œuvre d'une démarche de rationalisation et de réduction de la complexité du système en vue de mieux le comprendre et d'en prédire le comportement. Afin que la démarche de scénarisation soit efficace et réactive, il faut que les modèles soient simples et maniables. « Everything should be made as simple as possible, but not simpler » (paraphrase d'une citation d'Albert Einstein). Le niveau de synthèse et d'abstraction du modèle doit pouvoir être agile en fonction du type d'analyse, entre le niveau stratégique et le niveau opérationnel. Il ne s'agit donc pas d'opposer données agrégées à données détaillées, ou modèles macroscopiques à modèles microscopiques. Au contraire, il s'agit de les utiliser dans une logique complémentaire et d'appréhender un problème avec la précision adaptée aux besoins. Cela afin de permettre une modélisation suffisamment représentative de la réalité et suffisamment abstraite pour les enjeux de l'analyse. L'interprétation des résultats s'effectuant bien évidemment en fonction du niveau d'abstraction de la modélisation.

Pour les planificateurs et les décideurs, les avantages de la réduction de la complexité du modèle par la notion de précision adaptée aux besoins sont multiples. Tout d'abord, elle leur offre la possibilité de multiplier les scénarios d'étude et d'évaluer les conséquences de différentes stratégies en suivant la logique selon laquelle la recherche de la meilleure solution passe par l'évaluation d'un large éventail de solutions à comparer plutôt que par l'analyse approfondie et détaillée d'une solution unique. Ensuite, cette approche permet de garantir la cohérence dans la dimension spatiale. En effet, les impacts d'une mesure locale doivent pouvoir être considérés et modélisables dans un contexte élargi et global afin d'être en mesure d'en évaluer les conséquences opérationnelles ou financières sur le réseau. Enfin, elle permet également de garantir une cohérence temporelle à travers la possibilité d'anticiper l'étude de scénarios de long terme avec des modèles plus sommaires qui pourront être complétés au gré des besoins de la planification de moyen et de court terme par des modèles plus détaillés.

Cette démarche correspond justement à la notion de précision adaptée aux besoins que SMA développe dans ses démarches et outils afin de répondre de manière adéquate aux enjeux des acteurs du système ferroviaire et de leur permettre de prendre les décisions stratégiques pour leur avenir.

# Microscopie à la Demande

**Le meilleur des mondes** Dans les différentes étapes du processus de planification, de la conception de l'offre à la gestion des sillons en passant par gestion de la capacité, deux modèles d'infrastructure sont essentiellement utilisés : le macroscopique et le microscopique (itinéraire détaillé, avec positions des signaux). Les avantages et les inconvénients spécifiques aux deux modèles sont bien connus et acceptés. Nous ne reviendrons pas là-dessus dans cet article.

La notion de « Microscopie à la Demande » (Microscopy on Demand, MoD) désigne un concept d'architecture logicielle que SMA a développé dans les dernières années. Le concept permet tout au long du processus de planification d'alterner selon les besoins entre les modèles macroscopique et microscopique.

Les tâches fondamentales de la planification, la construction, le contrôle de la faisabilité de l'horaire (calcul de marche, occupation de l'infrastructure, détection de conflits) et l'analyse d'un concept d'offre (stabilité, utilisation de la capacité, roulements du matériel...) peuvent être effectuées sur le modèle d'infrastructure le plus approprié. Selon la situation, les avantages du modèle choisi sont utilisés de manière optimale.

Les coûts provenant de l'alternance entre les modèles macro- et microscopique sont décisifs pour le succès d'une mise en œuvre du concept de MoD. Dans ce contexte les coûts sont à comprendre de manière très générale. Ils peuvent être liés par exemple à une diminution de performance du système, à l'effort pour la maintenance des données ou aux étapes manuelles supplémentaires nécessaires.

Idéalement, l'implémentation du concept permet en appuyant sur un bouton, c'est-à-dire sans délai et sans travail postérieur, de basculer aisément entre les modèles macroscopique et microscopique, eux-mêmes synchronisés automatiquement.

**Éléments d'architecture** Le concept de MoD peut être implémenté dans une variété de systèmes informatiques de façon différente. Sa spécification requiert seulement l'implémentation de cinq éléments architecturaux constitutifs et des interfaces permettant une communication appropriée entre eux.

Les cinq éléments, tous à mettre en place au niveau microscopique, sont : un service de routing qui est en mesure de déterminer un itinéraire praticable entre deux points opérationnels et, basé sur ce service, un catalogue d'itinéraires, qui lui répertorie tous les itinéraires à considérer et leurs identifiants (noms). De plus, pour l'analyse de la faisabilité, un service de calcul de marche, un service de calcul d'occupation de l'infrastructure et finalement un service de détection de conflits sont à implémenter.

Au niveau macroscopique, seul un complément au modèle de l'horaire doit être apporté, de sorte que le parcours d'un train puisse référencer une suite d'itinéraires microscopiques du catalogue mentionné ci-dessus. SMA a choisi de nommer cette extension du modèle « référence d'itinéraire ».

Les cinq éléments permettent d'accomplir les tâches fondamentales de la planification, telles que construction, contrôle et analyse en alternant entre les modèles d'infrastructure macroscopique et microscopique. Dans la construction, l'aptitude du modèle macroscopique à l'évaluation de multiples variantes ou scénarios d'offre est un atout majeur. Mais, grâce à la possibilité de transposer de manière automatique l'horaire sur le modèle microscopique, le calcul de marche, celui de l'occupation de l'infrastructure et la détection de conflits peuvent être effectués avec une précision microscopique.

La séparation claire des responsabilités entre les éléments d'architecture énumérés ci-dessus et leur implémentation en tant que services transverses disponibles au niveau de l'entreprise est un grand pas vers une architecture orientée service. Ceci est d'autant plus utile que le service de routing et ceux du contrôle de la faisabilité sont aussi des éléments importants des systèmes d'exploitation, par exemple dans la gestion du trafic. L'unification de ces fonctionnalités dont l'implémentation est souvent dupliquée mène à une meilleure cohérence des données entre les systèmes.

Divers gestionnaires d'infrastructure européens ont déjà mis en œuvre certains de ces services transverses ou sont sur le point de le faire. Ils pourront se baser sur ces éléments lors d'une implémentation du concept de MoD.

**Illustration** Ce chapitre examine plus concrètement le processus de planification et son déroulement dans le cadre du concept de MoD.

Premièrement, les itinéraires sont fixés complètement par un service de routing automatique ou par un choix manuel dans le système microscopique. Ensuite, les références d'itinéraires transmises au système macroscopique à travers une interface appropriée (par exemple basée sur le format railML) sont enregistrées dans ce dernier.

Suite à cette préparation, un calcul de marche basé sur les données du modèle microscopique peut-être effectué depuis le système macroscopique. Le parcours avec les références d'itinéraire et les informations sur le matériel roulant utilisé sont transmises au service de calcul de marche. Ce dernier utilise le catalogue des itinéraires pour puiser dans le modèle microscopique les données – en premier lieu géométriques – de l'infrastructure empruntée. Le calcul de marche au niveau microscopique est alors effectué en tenant compte du matériel roulant spécifié et ce calcul renvoyé au système macroscopique, qui pourra ensuite l'utiliser.

Ce processus permet de faire un calcul de marche microscopique pratiquement au sein du système macroscopique. Il garantit aussi dans le système macroscopique, généralement utilisé en phase de gestion de capacité, des temps de marche alignés avec ceux pris en compte par le système microscopique durant la phase de gestion des sillons. Ainsi, un important obstacle au flux de données entre la gestion de la capacité et celle des sillons tombe au grand bénéfice de l'intégration des systèmes de planification utilisés dans les deux phases.

L'externalisation du calcul de marche apporte au système macroscopique un avantage supplémentaire. Les données géométriques de l'infrastructure, telles que rayons de courbure, profils en long et profils de vitesse n'ont plus besoin d'être maintenues de manière redondante. Dans la situation cible, le rôle de l'infrastructure du système macroscopique se réduit à assurer le lien des données de l'horaire avec les éléments de l'infrastructure microscopique. Une réduction substantielle des coûts de maintenance des données en résulte.

Un procédé pour le calcul de l'occupation de l'infrastructure ou la détection de conflits peut être mis en place de manière analogue.

**Implémentation** L'aptitude à élaborer et comparer plusieurs variantes ou scénarios d'horaire du système macroscopique est aussi utile que la précision du système microscopique pour le contrôle de faisabilité. Mais l'utilisation conjuguée de systèmes macroscopique et microscopique dans le processus de planification pose un défi important. Les conflits détectés tardivement durant le processus de planification causent de multiples itérations coûteuses entre les deux systèmes.

Un des buts du concept de MoD est de détecter les conflits le plus tôt possible dans le processus de planification et de réduire ainsi massivement le nombre d'itérations.

SMA mise avec ses partenaires dans les études qu'elle mène sur un processus de planification basé sur le concept de MoD. Elle collabore aussi avec des fournisseurs de systèmes microscopiques à la mise en œuvre de l'ensemble du concept.





# Une sélection de projets de l'année 2017



## Région Auvergne-Rhône-Alpes et République et Canton de Genève: audit du projet d'offre Léman Express, accompagnement à l'adaptation du projet et vérification de robustesse

À l'ouverture du projet CEVA, une nouvelle offre ferroviaire transfrontalière appelée Léman Express (LEX) améliorant fortement la desserte ferroviaire dans le bassin franco-valdo-genevois sera mise en service. Les autorités organisatrices ont fixé des exigences strictes en termes de cadencement, de correspondances et de ponctualité. Avec l'évolution ces dernières années du contexte horaire international, des objectifs de ponctualité et l'affinement des différents projets d'infrastructure et de matériel roulant, le projet d'horaire LEX a évolué pour aboutir à l'horaire « E1 adapté 2017 ». Le Comité de pilotage Léman Express a décidé de confier à SMA un audit des études ayant conduit à l'horaire E1 adapté 2017 menées par SNCF Réseau et CFF Infrastructure en collaboration avec SNCF Mobilités et CFF Voyageurs ainsi que leur filiale commune Lémanis.

Le travail de SMA a consisté à expertiser la totalité des étapes de planification, en intégrant tout d'abord les données d'horaire transfrontalier dans une base de données Viriato unique et en vérifiant la cohérence entre les différents éléments de l'horaire et entre les deux réseaux suisse et français. A l'issue de cet audit, des recommandations ont été formulées concernant l'adaptation de l'horaire afin de sécuriser le projet et sa faisabilité.

Par la suite, SMA a accompagné les partenaires dans le travail d'adaptation de la desserte, de l'horaire et des roulements du projet LEX afin de mettre en œuvre les recommandations formulées dans le cadre de l'audit. Ce travail a tenu compte notamment des enjeux du trafic fret. Sur la base de cet horaire adapté, SMA a procédé à la vérification de la robustesse du concept en menant plusieurs tests transfrontaliers de propagation de perturbations injectées sur le réseau, en utilisant le module de robustesse de Viriato et en formulant des recommandations pour la gestion opérationnelle des instabilités de l'exploitation.



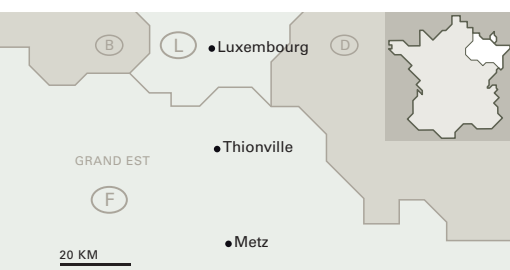
**Lyria SAS: nouvelle offre 2020 et potentiel de trafic associé** Lyria SAS, filiale commune de la SNCF et des CFF, est l'opérateur ferroviaire en charge des relations TGV entre la France (Paris, Marseille) et la Suisse (Genève, Lausanne, Bâle et Zurich). Depuis 2012, TGV Lyria gère son propre parc de matériel roulant. L'entreprise planifie donc les stratégies de gestion et de renouvellement de la flotte, avec comme objectif la maximisation de la productivité.

Dans ce cadre, Lyria a confié à SMA deux mandats d'assistance pour la conception et l'évaluation d'un plan de transport optimisé à l'horizon du service 2020.

Le premier mandat, portant sur l'étude de l'évolution de l'offre, a été réalisé en ouvrant le champ des possibles afin d'identifier les solutions qui maximisent la productivité du parc. Les résultats ont montré qu'il est possible d'améliorer l'offre tout en réduisant sensiblement le parc de matériel roulant nécessaire, grâce à la simplification et la systématisation des horaires sur les relations entre Paris et la Suisse.

Pour le deuxième mandat, SMA s'est associé au Laboratoire de Sociologie urbaine de l'EPFL et à sa spin-off Mobil'Homme pour analyser les conséquences sur la demande de la mise en œuvre du plan de transport conçu dans le cadre du premier mandat. En particulier, il s'agissait de vérifier la réponse de la clientèle à une nouvelle offre systématisée entre Paris et l'Arc lémanique. Les résultats ont confirmé la pertinence de la solution proposée.

La grille horaire conçue par SMA sert désormais de référence pour l'élaboration du service 2020 de TGV Lyria et la commande des sillons auprès des GI.



**SNCF Réseau et CFL Voyageurs: Étude d'opportunité de l'augmentation de capacité à long terme sur l'axe Metz–Thionville–Luxembourg et intégration dans les planifications à long terme française et luxembourgeoise** Durant les années 2016 et 2017, SMA a été mandaté par SNCF Réseau pour l'accompagner dans la définition des conditions de développement du réseau en Lorraine aux horizons 2022 et 2030. Cette étude a traité de l'évolution de tous les types de trafics et a permis d'identifier des aménagements d'infrastructures nécessaires aux différents horizons.

Elle a été complétée en 2017 par une étude de capacité détaillée sur l'axe Metz–Thionville–Luxembourg, qui est un secteur à fort enjeu. En effet, cet axe est situé sur un corridor fret européen majeur, mais porte également un trafic voyageurs dense, notamment en raison de la forte croissance du nombre de travailleurs frontaliers. Différents aménagements d'infrastructures ont été identifiés, avec pour objectif un accroissement conséquent de la performance de cet axe.

Cette étude, appelée étude d'opportunité de l'augmentation de capacité à long terme, a été effectuée sous mandat de SNCF Réseau et en interaction forte entre les deux réseaux français et luxembourgeois. Dans le cadre de cette étude, SMA a pu assurer une cohérence internationale aux différents horizons entre l'étude menée côté français et celle menée côté luxembourgeois.

En effet, SMA a poursuivi en 2017, l'accompagnement aux CFL entamé en 2016 en établissant un scénario desserte – horaire – infrastructure à un horizon long terme sur le réseau luxembourgeois. Ce travail a nécessité de nombreuses itérations entre les objectifs de dessertes (permettant de répondre à l'augmentation de la fréquentation très importante prévue) et les projets d'infrastructure qui sont d'ores et déjà planifiés.



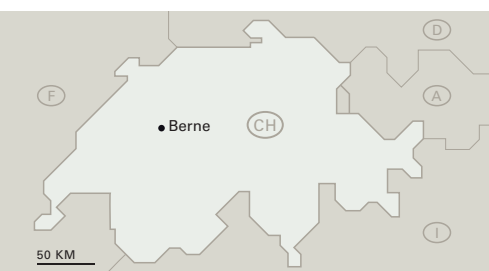
### Communauté des transports de la région Est (VOR): Conception de l'offre du nœud de Vienne et de la région Est 2040

Avec ses presque 2 millions d'habitants, la ville de Vienne est le plus grand centre urbain d'Autriche, et avec sa périphérie, l'une des régions métropolitaines présentant la plus forte croissance en Europe.

Bien que le réseau de transport public de la ville de Vienne et des provinces voisines de la Basse-Autriche et du Burgenland soit déjà bien développé, les différents corridors ferroviaires périurbains vont arriver aux limites de leur capacité dans un avenir proche. Sur demande de la communauté de planification de l'Est (PGO\*), la VOR a chargé SMA d'évaluer de quelle manière le transport sur les nouveaux axes est-ouest et nord-sud pouvait être réaménagé, notamment avec l'étude d'aménagements d'infrastructure.

Ce projet visait également à démontrer les possibilités de développement des tronçons centraux du centre-ville et des corridors voisins, les priorités étant à moyen terme d'augmenter la fréquence des trains et à long terme de mener une réflexion conceptuelle sur l'adaptation des infrastructures du centre-ville. L'objectif de cette mission était alors d'assister la VOR et les Länder de Vienne, de la Basse-Autriche et du Burgenland dans le cadre de choix stratégiques relatifs à d'éventuelles nouvelles infrastructures. Le travail se poursuivra en 2018, en collaboration avec le bureau local de planification Verracon.

\* Le PGO est une organisation commune des administrations des Länder du Burgenland, de la Basse-Autriche et de Vienne pour la coordination de la planification territoriale dans les régions autrichiennes orientales.



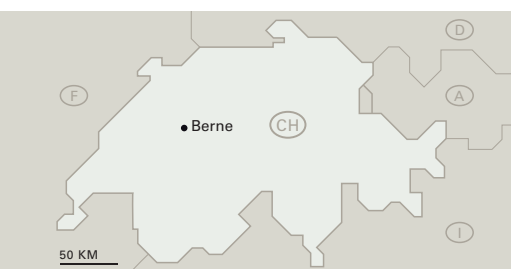
### Divers chemins de fer privés suisses: assistance dans le développement de l'étape d'aménagement PRODES 2030/35

L'Office fédéral suisse des transports (OFT) développe l'étape d'aménagement 2030/35 du Programme de développement stratégique de l'infrastructure ferroviaire (PRODES) en collaboration avec les gestionnaires d'infrastructure, les entreprises de transport et les Cantons. SMA a assisté de nombreux chemins de fer concessionnaires dits privés dans le développement des concepts d'offre et d'infrastructure ainsi que dans la préparation des éléments d'évaluation. Sont à mentionner: Matterhorn Gotthard Bahn (MGB), Transport régional Berne Soleure (RBS), BDWM Transport AG, Wynental- et Suhrentalbahn (WSB), Transports de Martigny et Régions (TMR), Transports de la Région Morges Bière Cossonay (MBC), Chemins de fer du Jura (CJ), Transports Publics du Chablais (TPC), Transports Publics Neuchâtelois (TransN) et la Société simple Grimsel Tunnel.

Dans le cadre des modules d'extension des projets, les objectifs d'offre recherchés (par exemple la densification des cadences, des trains plus longs, la modification de la politique d'arrêt, la création de nouveaux arrêts) ont été vérifiés sur le plan technique des horaires, les extensions infrastructurelles nécessaires en ont été déduites et les éléments économiques et d'exploitation pour l'évaluation par l'OFT ont été élaborés. La conception a résulté d'un processus itératif d'optimisation du système global en collaboration avec les

compagnies ferroviaires, l'OFT et les Cantons. Les éléments établis pour l'évaluation ont été l'impact sur la demande, sur les recettes et sur les coûts d'exploitation ainsi que de la réduction de la surcharge de trafic, la stabilité de l'exploitation et les besoins en matériel roulant.

À partir des modules du réseau à voie normale choisis, l'OFT a développé avec les CFF deux variantes de concept global pour l'étape d'aménagement 2030/35. Pour les chemins de fer privés, il s'agissait alors de vérifier les correspondances modifiées aux interfaces et au besoin de les anticiper dans leurs propres planifications. De plus, les modules des chemins de fer privés sélectionnés restaient à concrétiser et à optimiser. SMA a également assisté les chemins de fer privés dans ces tâches en retravaillant les concepts d'offre et d'infrastructure en fonction des conditions-cadres modifiées. Des horaires réticulaires, des horaires graphiques, des plans d'occupation des voies, des besoins fonctionnels d'infrastructure et des comparaisons des temps de parcours ainsi que les fiches de données et d'informations documentent ces résultats.



### **CFF: Assistance à l'optimisation des concepts globaux pour l'étape d'aménagement PRODES 2030**

Dans le cadre du développement de l'étape d'aménagement 2030/35 du Programme de développement stratégique de l'infrastructure ferroviaire (PRODES), les CFF, sous la responsabilité de l'Office fédéral des Transports (OFT), ont développé jusqu'à l'été 2017 des concepts globaux sous forme de deux variantes. SMA a ensuite assisté les CFF lors de l'optimisation des concepts jusqu'à fin 2017. Dans ce cadre, de nombreux souhaits de vérification et d'adaptation émis par les Cantons, la branche du transport de marchandises, l'OFT et les CFF ont été examinés sur le plan technique des horaires, documentés et actualisés à intervalles réguliers. Il s'agissait entre autres de réaliser des améliorations de l'offre, de réduire les besoins de nouvelles infrastructures, de permettre des améliorations de l'exploitation et ainsi une optimisation du système global.

Ce travail a été complété par la documentation du concept global sous forme d'horaires réticulaires voyageurs et marchandises, d'exigences infrastructurelles et d'une matrice offre – infrastructure. Les concepts globaux pour l'étape d'aménagement 2030/35 seront concrétisés et optimisés aux cours de phases ultérieures.











### **Développement de l'offre VBZ/Chemin de fer de Forch sur le tronçon Stadelhofen–Rehalp–Forch**

Sur le corridor de Stadelhofen–Rehalp–Forch, circulent aujourd'hui aussi bien les tramways de la ligne 11 des transports publics zurichois (VBZ) que les trains RER de la ligne 18 de la compagnie de chemin de fer de Forch. Dans ce corridor, plusieurs grands projets d'infrastructures sont prévus dans les prochaines années et décennies, qui génèrent un grand nombre d'emplois dans cette région. Ces projets laissent supposer, notamment sur le tronçon du centre-ville, une plus forte augmentation de la demande. L'offre actuelle n'est que partiellement adaptée à la future demande prévue.

Afin de satisfaire la demande future sur le corridor de Forch, les VBZ ont développé plusieurs concepts pour densifier l'offre et pour utiliser au mieux les capacités de transport des RER de Forch et des tramways des VBZ. SMA a réalisé une analyse détaillée de ces concepts dans le cadre d'une étude d'approfondissement et a confronté ces concepts selon plusieurs aspects techniques, d'infrastructure et de planification d'horaire. Sur la base de cette comparaison, la meilleure variante a pu être identifiée et recommandée pour les études ultérieures.



### **Ministère fédéral allemand des Transports et des Infrastructures numériques (BMVI): Services de conseil relatif au schéma directeur des transports et au cadencement des horaires en Allemagne**

SMA conseille le BMVI en collaboration avec VIA-Con et Intraplan depuis 2016, et ces travaux se sont poursuivis en 2017. Considérant les aménagements d'infrastructure jugés urgents pour les trafics de voyageurs et de marchandises, un horaire cible 2030 a été planifié au niveau national. Sur la base de cet horaire cible, une analyse détaillée des concepts d'exploitation a été menée dans six nœuds ferroviaires majeurs, afin de préciser les aménagements nécessaires pour l'élimination des goulets d'étranglement dans ces zones à forte densité de trafic.

Les premières étapes de planification pour l'horaire cible 2030+ (dit « Deutschland-Takt ») constituent une autre priorité du projet. Les résultats des premières ébauches pour un concept de trafic Grandes Lignes national s'appuyant sur les planifications 2030 ont été présentés au gouvernement fédéral. Ces ébauches tiennent compte de nombreux éléments nouveaux apportés par les divers acteurs institutionnels visant un cadencement coordonné généralisés des horaires en Allemagne. Le concept Grandes Lignes et les infrastructures induites constituent la base pour la planification des concepts régionaux sur l'ensemble du territoire allemand. Ces derniers seront élaborés dans la première moitié de l'année 2018. Les intérêts du transport de marchandises seront également largement pris en compte dans cette étape de planification.

En sus de l'élaboration de concepts d'offre, ce projet a pour objectif de mettre en valeur les avantages d'une planification à moyen et long terme des infrastructures qui s'appuie sur les besoins de l'horaire.



**DB Netz AG : Assistance à l'élaboration de concepts d'horaires à moyen et long terme**

SMA accompagne depuis plusieurs années les services de DB Netz AG, responsables du management de la capacité à moyen et long terme, pour l'élaboration de concept d'exploitation sur leur réseau. La faisabilité opérationnelle de ces concepts est alors validée par DB Netz AG à l'aide de tests microscopiques.

Différents concepts à moyen et long terme ont ainsi été élaborés pour les Länder de Berlin/Brandebourg, de Schleswig-Holstein et de Thuringe dans le cadre de cette collaboration. Des aménagements d'infrastructure ont été identifiés et évalués pour les différents horizons de planification, dans le cadre d'un travail itératif entre les équipes de SMA et de DB Netz AG.

Ces concepts d'horaires cadencés coordonnés régionaux constituent le produit final d'un travail itératif entre planification conceptuelle macroscopique et vérification microscopique des mesures opérationnelles et infrastructurelles, au sein duquel les besoins du transport de marchandises ont été considérés sous la forme de sillons-systèmes. Ces concepts serviront par la suite de modèle et de guide pour les travaux de développement des infrastructures et pour la mise en concurrence de prestations de trafic régional.

Ces travaux se poursuivront en 2018.



**DB Netz AG : Assistance à la création de concepts d'horaire de chantier**

L'augmentation du nombre de chantiers sur le réseau ferroviaire allemand conduit à des exigences croissantes en matière de coordination quant à leur localisation et leur durée. Outre la coordination des projets de construction entre eux, la DB Netz AG souhaite également exploiter autant que possible les capacités restantes sur le réseau, ce qui implique dans de nombreux cas des ajustements de l'horaire du trafic voyageurs et marchandises. Avec le développement d'approches alternatives pour les différentes étapes de construction, les meilleurs concepts possibles doivent être élaborés et planifiés en concertation avec les entreprises de transport et les mandataires.

Dans le cadre de cette assistance, l'élaboration de l'horaire pour le trafic voyageurs et marchandises a été dans un premier temps réalisée pour différents corridors du secteur régional centre sans tenir compte des chantiers et avec comme point de départ l'horaire de base de la DB Netz AG. Ensuite, lors de la conception des horaires de chantier, des solutions alternatives relatives aux étapes de construction concernées ont pu être développées et comparées entre elles. Il a notamment été vérifié si la capacité disponible restait suffisante pour le trafic marchandises sur les tronçons de déviation pertinents.

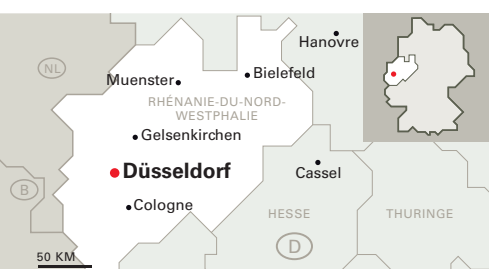
Des propositions de condition-cadre pour le développement des horaires de chantier ont été formulées et variées de manière ciblée. On donnera comme exemple les prescriptions pour minimiser les ajustements des horaires en dehors de la zone de chantier, pour la pondération des prolongements de trajet et le maintien des chaînes de transport, de la proportion entre les différents types de trafic (longue distance, régional, marchandises) ainsi que des possibilités de déviation. Au-delà du travail de planification, SMA a développé une application informatique permettant de visualiser des projets de construction sous la forme d'un graphique espace-temps sur chaque section pour une année horaire complète (dit « calendrier des restrictions ») afin d'identifier les étapes de construction déterminantes le long d'un corridor.



### Agence Hesse Sàrl: Étude de faisabilité pour l'approvisionnement en carburant de véhicules ferroviaires à pile à combustible dans le parc industriel de Francfort Höchst

Les lignes RB11, RB13, RB15 et RB16 du réseau Taunus, situées dans la région du Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV), seront réattribués au cours des prochaines années. À la différence du concept actuellement en vigueur, le prolongement prévu du S5 vers Usingen devrait déjà être pris en compte. Il est prévu d'utiliser des véhicules à pile à combustible à la place des véhicules diesel actuellement en service. Les nouveaux véhicules nécessitent toutefois un approvisionnement plus fréquent, qui devrait être effectué dans le parc industriel de Francfort Höchst.

Dans le cadre de l'horaire qui sera utilisé lors de l'appel d'offre, des roulements de matériel ont ainsi été créés pour les véhicules diesel et à pile à combustible, tenant compte de la distance jusqu'au prochain ravitaillement. Ceci a permis d'évaluer l'impact du type de véhicule sur le nombre de véhicules ou le nombre des trajets à vide nécessaires. La faisabilité opérationnelle des trajets vers la station de ravitaillement dans la zone de Francfort Höchst a également été vérifiée. En outre, un dimensionnement approximatif de la station a été effectué et les risques opérationnels évalués.



### KC ITF NRW: Contrat-cadre de conseil pour le centre de compétences sur l'horaire cadencé coordonné dans la Rhénanie-du-Nord-Westphalie (ITF NRW)

En 2017, SMA a pu entrer dans une nouvelle période du contrat-cadre suite à une procédure d'appel d'offre paneuropéenne et poursuivre sa collaboration à long terme avec les Autorités Organisatrices et le centre de compétences ITF NRW. Afin de traiter encore plus efficacement les sujets opérationnels microscopiques, SMA a formé un groupe de travail avec l'entreprise VIA-Con d'Aix-La-Chapelle.

Le contrat pour l'accompagnement du Ministère des Transports de Rhénanie-du-Nord-Westphalie et de l'Autorité Organisatrice du Land comportait en 2017 les priorités suivantes :

- Planification des horaires dans le cadre de l'offensive relative aux gares de la Deutsche Bahn en Rhénanie-du-Nord-Westphalie ;
- Planification du Rhein-Ruhr-Express (RRX) pour l'horizon 2040 ;
- Replanification des horaires en réseaux pour les appels d'offres ;
- Mise à jour des concepts d'horaires en situation perturbée sur le corridor de la Rhur ;
- Roulements de matériel pour les réseaux partiels ;
- Ajustement du trafic régional aux évolutions et développements futurs du trafic longue distance ;
- Analyses de la qualité de l'exploitation.

Les travaux sont effectués au travers de nombreuses variantes élaborées en concertation avec tous les acteurs impliqués puis priorisées entre elles. Ce procédé permet une planification de l'offre et du fonctionnement à large échelle pour l'ensemble du Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie, dans l'objectif de coordonner au mieux toutes les parties prenantes.

Ces travaux se poursuivront en 2018.



**RER de Munich : Dimensionnement de l'atelier de Steinhausen pour l'horaire incluant le 2<sup>ème</sup> tronçon central du RER** Conjointement avec la mise en service du 2<sup>ème</sup> tronçon central du RER, la Société de chemins de fer bavaroise projette, en tant qu'Autorité Organisatrice du trafic voyageurs régional en Bavière, de commander un concept d'offres pour le S-Bahn de Munich nettement élargi par rapport à celui d'aujourd'hui. À cette fin, une flotte de véhicules renouvelée et élargie est nécessaire. Il est prévu que la maintenance de la flotte continue à être effectuée en majeure partie dans les installations de Munich-Steinhausen.

Le RER de Munich a chargé SMA d'une expertise répondant à la question de savoir si le concept d'accès, de maintenance et de stationnement des véhicules peut être mis en œuvre avec les installations existantes et les agrandissements prévus, tout en correspondant aux exigences probables de qualité du contrat de transport.

La faisabilité de ce concept a donc dû être analysée dans différentes parties de l'atelier. Ceci consistait à vérifier les trajets de Leuchtenbergring jusqu'au dépôt, la capacité de la section d'accès et l'occupation des zones de départ et d'arrivée. En outre, une prévision de l'utilisation future de toutes les parties existantes ou prévues de l'atelier de Steinhausen, y compris la faisabilité des rotations à l'intérieur même de l'atelier, a été effectuée.

Ces analyses ont permis de quantifier l'utilisation des diverses parties de l'installation (aiguillages, voies, groupes de voies) et ont révélé les éléments critiques en termes de capacité. Ces résultats constituent la base permettant au RER de Munich de préparer les prochaines étapes pour la concrétisation des plans de maintenance et d'entretien futurs des véhicules.











### **Arrondissement du Lac de Constance : Demande potentielle, coûts et recettes pour une troisième cadence horaire sur la ceinture ferroviaire du lac de Constance**

La « ceinture ferroviaire du lac de Constance » est une ligne ferroviaire non électrifiée qui relie à l'heure actuelle Radolfzell à Lindau via Friedrichshafen sur la rive nord du lac de Constance. Elle assure la desserte locale et joue également un rôle suprarégional en reliant le Haut-Rhin avec la ligne du Sud (Südbahn) et l'Allgäu.

En prévision de l'électrification de la ligne, l'arrondissement du Lac de Constance a formulé les objectifs d'offre et a confié à SMA l'étude de sa faisabilité. La variante retenue prévoit un train régional toutes les demi-heures ainsi qu'un service accéléré toutes les heures, ce qui dépasse l'offre standard prévue par le Land de Bade-Wurtemberg (concept de référence). Les services supplémentaires à l'offre standard nécessitant un financement communal, l'arrondissement du Lac de Constance doit participer aux coûts d'exploitation supplémentaires en cas de mise en service de ces objectifs d'offre.

Dans ce contexte, et sur demande de l'arrondissement du Lac de Constance, SMA a déterminé la demande potentielle, les coûts d'exploitation ainsi que les recettes pour la variante privilégiée et le concept de référence de la ceinture ferroviaire du lac de Constance. Sur cette base, l'effort financier supplémentaire à prévoir a pu être estimé. La région devant également participer aux coûts des éventuelles mesures d'infrastructure nécessaires, l'effort correspondant a également dû être chiffré.

L'approche choisie a tout d'abord concrétisé les objectifs d'offre de l'arrondissement et clarifié les principales conséquences infrastructurelles, opérationnelles et financières. Pour les deux concepts d'horaires, SMA a estimé les kilomètres par personne, les recettes, les coûts d'exploitation d'une entreprise de transport ferroviaire fictive ainsi que le coût d'investissement pour les mesures d'infrastructure nécessaires. L'étude a fourni au mandataire, l'arrondissement du Lac de Constance, les bases nécessaires pour un débat professionnel éclairé et la poursuite du projet.



### **RER de Munich : Publication sur Internet d'un calculateur d'itinéraires pour le concept horaire de base du 2<sup>ème</sup> tronçon central**

Les 5 et 6 avril 2017, le premier coup de pioche du chantier du 2<sup>ème</sup> tronçon central du RER munichois a été donné avec une fête locale à Marienhof. À cette occasion, le centre d'information situé au même endroit a également été ouvert. En plus des plans et des maquettes représentant la construction et la technologie du 2<sup>ème</sup> tronçon central, le centre propose également pour la première fois des informations sur l'horaire prévu. Les voyageurs peuvent ainsi se faire une idée des améliorations rendues possibles par la mise en service du 2<sup>ème</sup> tronçon central (concept horaire de base) par rapport à l'horaire actuel.

Sur mandat de la DB Netz AG et de l'autorité supérieure de la construction du Ministère de l'Intérieur bavarois, SMA a développé à cet effet un calculateur d'itinéraires accessible en ligne qui permet de comparer les horaires de plusieurs horizons. Après avoir sélectionné les gares d'origine et de destination sur le plan du réseau, l'application montre simultanément les temps de trajet les plus performants et le nombre de connexions disponibles

pour l'horaire actuel et pour le concept horaire de base avec le 2<sup>ème</sup> tronçon central. Les trajets correspondants sont également mis en évidence sur le plan du réseau. L'utilisateur obtient ainsi un itinéraire concret pour les futures liaisons sur le RER munichois.

Il est prévu d'ajuster régulièrement l'outil de calcul d'itinéraires à l'état actuel de la planification, afin d'assurer la transparence des informations fournies au public. Le logiciel est également conçu pour s'adapter à aux concepts horaires d'autres horizons temporels, en plus des horaires actuels et du concept de base. Le calculateur d'itinéraires pourrait également être utilisé ultérieurement directement via Internet.

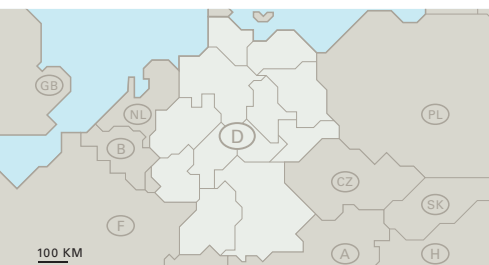


### Métro de Munich: Planification de l'offre et de l'exploitation pour la future ligne U9

Le nombre d'usagers du métro de Munich est en augmentation depuis des années. La mise en œuvre effectuée ou prévue d'une cadence de 2 minutes aux heures de pointes sur les tronçons centraux des lignes U1/U2/U7 et U3/U6 n'apporte qu'un allègement temporaire. Un contournement, qui permettra l'allègement des deux tronçons centraux susmentionnés grâce à des lignes supplémentaires (U9 et U29) est de ce fait prévu à long terme.

Pour compléter les études de faisabilité concernant l'infrastructure nécessaire, l'Association des transports munichoise (MVG) a confié à SMA le soin d'élaborer une étude d'offre et d'exploitation pour les lignes U9 et U29. Le raccordement de la nouvelle infrastructure aux lignes existantes au nord de la Münchner Freiheit, au sud de la Theresienstrasse et dans l'Implerstrasse dépend fortement du concept d'exploitation choisi. Selon qu'il s'agisse d'une seule ligne ou d'une exploitation mixte, il en résulte différentes exigences sur la conception des infrastructures de liaison. Le regroupement des arrêts de la Poccistrasse et de l'Implerstrasse était également à analyser comme variante complémentaire.

Dans un premier temps, les différentes variantes de l'infrastructure ont dû être modélisées dans le modèle de simulation d'exploitation OpenTrack, et les temps de trajets ont dû être calculés. Le développement d'horaires pour les différents concepts d'offre a été réalisé sur cette base. Des horaires adaptés au trafic généré par les matchs de football au stade de Fröttmaning ont également été développés pour toutes les variantes. Les premières exigences concernant les besoins en infrastructures et en véhicules ont pu ensuite être déduites. Dans un second temps, la robustesse des horaires développés a été vérifiée à l'aide de simulations d'exploitation, afin d'apporter des arguments supplémentaires pour le choix de la variante à poursuivre.



**Allemagne: Étude de ponctualité dans un réseau de transport régional** Lors d'un appel d'offre pour le trafic voyageur de proximité incluant des contrats de prestations de trafic régional de longue durée, l'autorité organisatrice d'un réseau de transport régional allemand a défini des valeurs mensuelles et annuelles de référence en termes de ponctualité pour tous les trains, qui doivent être respectés par l'entreprise ferroviaire remportant le mandat.

Lors de la première année d'exploitation relative au contrat d'exécution de transport, les valeurs de ponctualité mensuelles et annuelles de l'entreprise ferroviaire se trouvaient nettement en dessous de la ponctualité de référence. La question s'est posée de savoir si la ponctualité réelle exigée contractuellement était réaliste ou si elle restait inatteignable pour l'entreprise de transport. Dans le deuxième cas de figure, la pénalité contractuelle infligée ne pourrait en effet pas engendrer l'effet incitatif désiré par l'autorité organisatrice, conduisant à une amélioration de la qualité.

Les parties concernées se sont entendues sur le fait qu'une expertise externe était nécessaire pour évaluer si les exigences de ponctualité étaient atteignables. Elles ont ainsi mandaté SMA pour effectuer l'analyse correspondante.

L'objet de l'expertise était une évaluation et une analyse détaillées des données et des causes du retard. Les données ont été évaluées sur la base des sillons prévus et des structures d'horaires existantes fournis par gestionnaire d'infrastructure ferroviaire. L'évaluation différenciait également les retards primaires des retards secondaires. L'expertise a permis de recommander une ponctualité réaliste, c'est-à-dire une ponctualité cible mensuelle et annuelle atteignable qui satisfasse l'effet incitatif du mandataire.



**SNCF Réseau: Études horaires 2018–2025 en Normandie** L'évolution de l'organisation institutionnelle des trains grandes lignes hors TGV en France a conduit la région Normandie à reprendre la responsabilité de la totalité de l'offre ferroviaire voyageurs sur son territoire en 2020. Elle a commandé un nouveau matériel à cet horizon et entend reprendre en profondeur l'offre de façon globale. Le groupe SNCF a mis en place un plateau commun pour étudier la réponse à la demande formulée par la région. Par ailleurs, la mise en service du prolongement de RER E à l'ouest vers 2025 modifie la donne pour les relations entre la Normandie et l'Île-de-France, qui représente une part dominante des flux ferroviaires régionaux. Dans ce cadre, SMA a été mandaté pour établir la structure d'un nouvel horaire cadencé ainsi que sa déclinaison sur 24 heures, à l'horizon 2025, servant de fil directeur pour les évolutions horaires à réaliser dès 2020.

Par ailleurs, les ports de la façade maritime normande ont sollicité SNCF Réseau pour disposer, chaque année, de sillons de qualité pour l'accès à leur hinterland, tenant compte des contraintes liées aux importants travaux de modernisation engagés sur les différentes lignes d'accès à ces ports. SNCF Réseau a ainsi sollicité SMA pour l'accompagner dans l'élaboration de ce catalogue, dans une démarche tenant compte des spécificités des chantiers prévus à chaque horaire annuel ainsi que de l'évolution de la volumétrie et du positionnement horaire de la demande en sillons.





### Lisea : Étude de scénarios de mise en œuvre de services intervilles à grande vitesse sur la LGV SEA

La mise en service de la ligne à grande vitesse Sud-Europe-Atlantique (LGV SEA) en juillet 2017, entre Tours et Bordeaux, a conduit à une réduction majeure des temps de parcours entre les agglomérations de l'axe. Au-delà de sa vocation principale que constitue la relation des territoires qu'elle dessert vers Paris et les autres régions françaises, la nouvelle infrastructure offre également l'opportunité de renforcer des relations à vocation plus régionale de type intervilles et de réduire les temps de parcours entre les principales villes de la région Nouvelle-Aquitaine.

Le gestionnaire de cette nouvelle infrastructure, la société Lisea, a ainsi mandaté SMA pour analyser les perspectives de développement de services de type régionaux intervilles à grande vitesse en complément de l'offre actuelle à longue distance assurée par SNCF Voyages. Plusieurs scénarios d'offre ont ainsi pu être imaginés, évalués et comparés, selon des modes d'exploitation variés inspirés d'expériences comparables menées en France et dans d'autres pays européens. Les scénarios les plus prometteurs ont ensuite été affinés en termes de positionnement horaire, de roulement du matériel et d'estimation des coûts de production.



### SNCF Réseau : Étude horaire grande vitesse dans le cadre de l'augmentation de capacité de la LGV Atlantique

La LGV Atlantique (ou LN2), mise en service en 1989-1990, se caractérise par une configuration en Y renversé, en reliant Paris avec Le Mans grâce à sa branche « Ouest » et avec Tours grâce à sa branche « Sud-Ouest ». La demande de sillons sur la LN2 est en phase de croissance en raison notamment de la mise en service en 2017 des prolongements des deux branches en direction de Rennes (LGV BPL) et Bordeaux (LGV SEA). De plus, la question du remplacement (du système de signalisation TVM 300) se pose à moyen et long terme, pour des raisons de capacité et d'obsolescence technologique, mais également de continuité avec les lignes BPL et SEA, équipées avec le standard européen ERTMS Niveau 2, en permettant ainsi l'interopérabilité ferroviaire dans un contexte d'ouverture prochaine à la concurrence. C'est pour répondre à ces enjeux qu'a été développé le programme « Haute Performance Grande Vitesse » (HPGV).

Dans ce cadre, SMA a été chargée de concevoir les trames horaires systématiques sur le secteur Atlantique aux différents horizons de développement de l'offre de sillons, et de les évaluer du point de vue des besoins de capacité et des exigences techniques de signalisation sur LN2. Le périmètre de l'étude couvre l'ensemble des dessertes à Grande Vitesse du secteur Atlantique, soit les relations entre l'Île-de-France mais aussi le nord, l'est et le sud-est de la France d'une part, et Rennes, Nantes, Tours, Poitiers, La Rochelle et Bordeaux et au-delà d'autre part.

Par l'approche intégrée de conception de l'offre et de l'infrastructure, il a été possible de définir un scénario-cible répondant aux besoins de sillons à long terme et permettant d'identifier les besoins stricts d'aménagement d'augmentation de la capacité. Il a de plus été possible de vérifier la cohérence des étapes intermédiaires du projet HPGV sur LN2 avec celles du projet HPGV sur LN1 (Paris-Lyon) et avec les trafics à grande vitesse prévus à moyen terme.



**SNCF Réseau/SNCF Mobilités: Analyse de robustesse et d'exploitation du complexe ferroviaire de Paris-Montparnasse**

La robustesse de production après la mise en service des LGV SEA et BPL (en juillet 2017) n'est pas satisfaisante au niveau de la gare de Paris-Montparnasse. L'augmentation du volume des circulations s'est accompagnée d'une dégradation importante de la régularité en avant-gare. Des aménagements d'infrastructure complémentaires y étaient prévus, mais le manque de recul sur l'exploitation ne permettait pas de déterminer leur capacité à améliorer l'exploitation de la gare.

SMA a réalisé un diagnostic du fonctionnement actuel de la gare, incluant la saturation des itinéraires d'accès, les roulements de rames, le montage du GOV et les processus de production. Un focus a été réalisé sur les échanges de matériel vide avec le site de maintenance, générateurs de perturbations majeures.

L'étude a permis de documenter la gestion perfectible dans ses échanges de matériel vide, très souvent en retard, et à identifier la saturation d'un des itinéraires d'accès à la gare comme effet d'amplification de ces retards. Il a aussi été constaté que les nouveaux aménagements seraient insuffisamment utilisés pour résoudre ces difficultés. Des recommandations ont été faites pour augmenter la disponibilité des voies en gare et en ligne afin de gérer plus aisément les aléas. Ces recommandations ont été appliquées à titre illustratif dans un GOV systématique de pointe de soirée pour en démontrer la faisabilité.



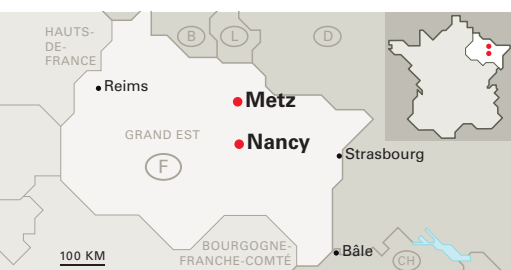
**SNCF Mobilités: Optimisation du dispositif de maintenance du matériel roulant et actualisation du plan de flotte TER PACA**

La couverture des développements ponctuels d'offre envisagés à 10 ans sur le service ferroviaire SNCF en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (TER PACA) nécessite un investissement en matériel roulant, dans un contexte de raréfaction du financement régional. Le programme CAP TER 2020, en cours d'établissement, vise par ailleurs à établir un plan d'action structuré pour l'amélioration des performances techniques et financières à court et moyen termes, dont l'une des composantes porte sur la maîtrise du coût du poste matériel au voyageur.km.

Dans ce contexte, l'analyse menée par SMA pour SNCF TER a permis de mettre à jour le schéma directeur à 10 ans de la flotte TER PACA, intégrant les évolutions d'offre, les péremptions du parc et ses évolutions majeures. Ce schéma directeur doit permettre de réduire le coût au voy.km, le nombre de séries différentes en exploitation ainsi que le nombre de sites de maintenance, remisage et nettoyage.

Grâce à des adaptations ponctuelles de l'offre et du tracé des sillons techniques, SMA a par ailleurs proposé un concept permettant de dé-saturer le site de maintenance du matériel de Marseille Blancarde, dont l'engorgement est aujourd'hui à la source de problèmes de régularité dans le nœud ferroviaire marseillais.

Enfin, SMA a coordonné les travaux d'un bureau partenaire spécialisé entre autres sur les questions de maintenance ferroviaire. Ses contributions ont permis de définir un plan d'action pour l'amélioration du respect du planning hebdomadaire de production du centre de maintenance du matériel appelé Technicentre PACA.



### **SNCF Mobilités: Assistance à SNCF TER Grand Est pour l'ajustement de l'horaire cadencé en Lorraine**

En avril 2016, un nouvel horaire cadencé a été mis en place en Lorraine. Cet horaire a profondément modifié l'offre et l'exploitation, notamment au niveau des nœuds de Nancy et de Metz. SMA avait contribué activement à ce projet en assistant techniquement les partenaires du projet. Suite à la mise en place de cet horaire, des besoins d'ajustement ont été identifiés et c'est ainsi que la Direction du TER Grand-Est a sollicité SMA pour l'accompagnement dans ce processus.

La mission a débuté par une analyse approfondie de l'horaire, de la production et de la ponctualité du service mis en place en avril 2016 sur le périmètre lorrain. Cette analyse a été effectuée aussi bien en ligne qu'en gare. Suite à cette analyse, des propositions et recommandations d'ajustement de l'horaire et de la production ont été formulées pour améliorer la situation. Ces propositions ont été synthétisées dans un plan d'actions priorisé selon l'horizon d'application possible pour les prochains services annuels.

Un des volets du plan d'action concerne le Sud de Nancy. Sur ce secteur, un approfondissement du diagnostic a tout d'abord été réalisé, dans lequel les trains et les gares ou sections les plus critiques ont été recherchés. Par la suite, des modifications de desserte, d'horaire et d'exploitation ont été proposées avec une montée en puissance variable selon les services annuels et l'ampleur des modifications. Les modifications sont en cours d'analyse et soumis à l'approbation des élus. L'objectif était d'avoir les premiers effets le plus rapidement possible (a priori dès le service 2019), en complétant ultérieurement, le cas échéant avec une reprise plus importante de l'horaire et de l'exploitation de ce secteur, notamment au niveau des roulements du matériel.









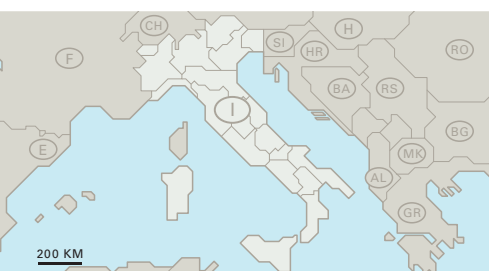


### SNCF Réseau/GPMD : Étude des capacités à long terme d'accès au port de

**Dunkerque** Le Grand Port Maritime de Dunkerque (GPMD) prévoit un développement des flux ferroviaires qu'il génère dans le cadre du projet Dunkerque CAP 2020. Dans la perspective du débat public relatif à ce projet, le GPMD a exprimé le souhait de disposer d'une étude visant à évaluer la capacité du Réseau ferré national (RFN) à accueillir les flux fret futurs. Afin de nourrir le débat public avec des éléments tangibles, SNCF Réseau a proposé de faire effectuer une analyse concrète à un horizon futur.

L'objectif de l'étude a été de déterminer la capacité disponible sur le RFN pour l'accueil des nouveaux sillons fret issus de l'expression de besoin du projet Dunkerque CAP 2020 en intégrant le surcroît de trafic fret issu du projet Calais Port 2015 et en prenant l'hypothèse d'une stabilité de l'offre de services TER et TGV sur le long terme. Pour ce faire, SMA a procédé au travail de planification de tous les sillons fret pour les différentes origines/destinations concernées en tenant compte des opportunités offertes par le maillage du RFN en région Hauts-de-France mais aussi des règles y régissant les itinéraires alternatifs et les fenêtres réservées travaux d'infrastructure.

Tous les sillons supplémentaires ont pu être tracés dans la capacité disponible et ceux-ci ont été évalués à l'aide de différentes analyses ; horaires de départ et d'arrivée aux ports de Dunkerque et de Calais permettant une analyse des périodes de pointe fret en fonction de leur destination et de leur évolution dans le futur, ainsi qu'une analyse des temps de parcours et donc de la qualité des sillons fret proposés. L'étude a été conclue par une évaluation sommaire des points durs capacitaires sur le réseau et de la faisabilité du prolongement des sillons au-delà du périmètre de l'étude (Nord de la région Hauts-de-France : ex région Nord-Pas-de-Calais).



### Arriva Italia : méthodologie de planification pour les appels d'offres ferroviaires

Le Groupe Arriva est l'un des principaux acteurs du transport de passagers en Europe. Depuis une quinzaine d'années, Arriva Italia consolide sa position de leader dans l'exploitation des réseaux de bus ; avec la création d'Arriva Italia Rail (AIR), le groupe est présent sur le marché ferroviaire italien en tant qu'opérateur depuis 2012, bien qu'il ne soit actif que sur des services limités sur l'axe du Brenner.

Sur la base des premières annonces de certaines autorités organisatrices concernant des appels d'offres de services ferroviaires régionaux, AIR a commencé à doter son équipe d'outils et de compétences. Viriato a été retenu comme outil standard pour la planification et l'évaluation de l'offre ; SMA a été mandaté pour des prestations techniques de développement de solutions de planification ; et l'expertise de SMA a été retenue pour soutenir et consolider les compétences internes des exploitants en matière de planification ferroviaire, d'établissement des roulements du matériel et des tableaux de service ainsi que d'évaluation de la qualité de service.

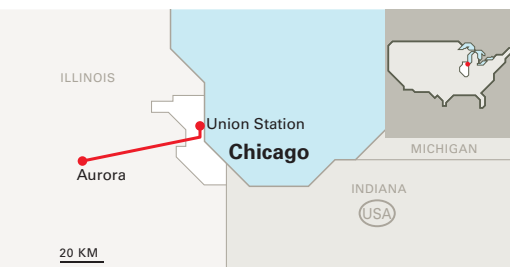
Les activités sont assurées en coordination avec un groupe étendu de conseillers techniques, couvrant l'éventail complet des questions relatives aux appels d'offres et assurant le niveau optimal d'itération et d'intégration.



**BART: Adaptation du programme d'exploitation** BART, le système de transit rapide de la baie de San Francisco, a publié de nouveaux horaires en septembre 2017 et février 2018, avec pour objectif d'améliorer la performance du système en matière de ponctualité et de s'assurer que les horaires publiés vont mieux correspondre à la réalité de l'exploitation. BART a connu des perturbations majeures lors des dernières années du fait d'infrastructures vieillissantes, dont les conséquences ont été amplifiées par une augmentation de la fréquentation des trains en heure de pointe. Dans ce contexte, SMA a été mandaté en vue de l'analyse des données de retards et l'élaboration d'un nouveau programme d'exploitation basé sur différentes stratégies opérationnelles, dans le but d'améliorer la ponctualité des trains. La mise en service des nouvelles mesures implémentées par BART en ce début d'année a permis d'observer une substantielle amélioration de la capacité du système à absorber des perturbations (résilience), ainsi qu'une réduction de quelques 16% de la totalité des retards.



**BNSF: Concepts de long terme pour le corridor Los Angeles–Anaheim** Le corridor sud-californien reliant Los Angeles à Anaheim voit circuler de nombreux types de services ferroviaires. D'une part, il s'agit de l'extrémité occidentale du réseau fret transcontinental de BNSF sur la section entre Los Angeles et le port de Long Beach. D'autre part, le corridor (Y) Los Angeles– San Bernardino/San Diego accueille un trafic conséquent de trains voyageurs régionaux et intercités. Et cette mixité devrait encore augmenter à l'avenir avec l'intégration du corridor au réseau à haute vitesse californien. SMA a assisté BNSF et les différents opérateurs et autorités organisatrices locaux dans l'élaboration de concepts d'exploitation mixtes fret/voyageurs à long terme (2030 et 2040), intégrant les besoins capacitaires et opérationnels des différents types de trafic sur le corridor. L'évaluation des différents concepts a permis de retenir le scénario le plus favorable pour qu'il puisse être ensuite analysé plus en détail à l'aide d'une simulation dynamique de l'exploitation par le gestionnaire d'infrastructure BNSF. En janvier 2018, lors d'un discours officiel, le Gouverneur de Californie Jerry Brown a une nouvelle fois vanté les bénéfices du projet californien de haute vitesse, ainsi que les besoins d'investissement sur le corridor Los Angeles–Anaheim.



**Metra BNSF: Adaptation des horaires** Ligne la plus chargée du réseau régional Metra de Chicago, la ligne BNSF entre Aurora et Chicago Union Station sera la première ligne du réseau Metra à être exploitée avec le système de commande intégrale des trains (PTC, pour Positive Train Control). Le système, par ailleurs similaire à l'ETCS européen dans ses objectifs et ses fonctionnalités, nécessitera avant le départ de chaque mission une initialisation impliquant une augmentation de quelques minutes de la durée de stationnement des trains dans les gares terminus. Les conséquences de ces mesures opérationnelles sur le programme d'exploitation, ainsi que l'ajustement d'autres paramètres de planification, ont été évalués par SMA puis intégrés dans un nouveau concept d'horaire pour la ligne Chicago–Aurora.



**SMA : Module « Travaux » dans Viriato** Bien que la raison majeure d'utilisation d'une voie ferrée soit de transporter des passagers et des marchandises, il ne faut pas oublier qu'il est nécessaire d'entretenir et de moderniser l'infrastructure pour permettre la poursuite et le développement des opérations. Sans travaux de maintenance, l'état des actifs ferroviaires se dégrade.

Les responsables de l'infrastructure essaient de minimiser les effets des travaux de maintenance pour leurs clients, mais ces travaux ont tout de même souvent des conséquences pour les trains prévus menant à une modification de leur horaire durant les travaux. Les opérateurs des trains tout comme les responsables de la gestion de l'infrastructure doivent connaître les voies disponibles entre les gares, dans les gares mêmes, et savoir si la durée de parcours augmentera en raison de limitations de vitesse imposées par les travaux.

Un nouveau module complémentaire de notre système Viriato permet de créer des restrictions liées travaux d'ingénierie, et d'analyser les interactions avec les trains prévus. Les travaux d'ingénierie peuvent être regroupés en utilisant des scénarios, permettant à un utilisateur de gérer et filtrer des sous-ensembles de travaux selon ses propres critères.

Les travaux d'ingénierie peuvent être visualisés dans les horaires graphiques de Viriato, permettant d'identifier rapidement les trains qui sont planifiés sur des sections de voie fermées, ou pour lesquels une réduction de vitesse est à prévoir. Un rapport montrant en détail les trains affectés à chaque date durant la période horaire est disponible, permettant ainsi d'identifier les trains affectés et de les modifier pour les dates impactées.

Pour permettre à l'utilisateur d'avoir une vue plus stratégique des travaux d'ingénierie, une seconde visualisation des données dans Viriato a également été développée. Elle présente une vue synthétique des travaux jour après jour. Pour chaque ligne du réseau, la restriction d'utilisation est qualifiée comme totale ou partielle, et diurne ou nocturne. Cette vue permet à l'utilisateur d'identifier rapidement l'agencement des restrictions, de vérifier si des trajets alternatifs sont disponibles et de prendre des décisions concernant les horaires des trains.

Le module « Travaux » a déjà été utilisé pour aider plusieurs clients à mieux comprendre et gérer leurs travaux d'ingénierie. Dans chaque cas, nous avons développé des interfaces permettant l'import de grandes quantités de restrictions de capacité à partir des bases de données nationales de planification des travaux.

**SMA: Module Viriato d'affectation de la demande de mobilité** Les questions centrales d'une entreprise ferroviaire incluent entre autre le nombre de passagers dans ses trains et la disponibilité suffisante de matériel roulant pour ses services.

En utilisant des algorithmes mathématiques, le module d'affectation de la demande de Viriato aide à répondre à ces questions. Ce module se base sur une matrice de demande en passagers qui désirent se déplacer entre des points du réseau, une distribution du déplacement pendant la journée et un horaire planifié pour déterminer le nombre de passagers dans chaque train. Cette méthode de répartition de la demande permet de tester rapidement et efficacement différents scénarios horaires.

Le module est totalement intégré dans Viriato et permet d'afficher les résultats du calcul pour chaque train. Les résultats peuvent également être exportés depuis Viriato vers une feuille de calcul, permettant à l'utilisateur d'analyser les données grâce à ses propres outils et selon ses processus.

Par le passé, ce module complémentaire a principalement été utilisé par les consultants de SMA pour évaluer les mouvements de passagers sur les réseaux ferroviaires de nos clients. En 2017, l'opérateur ferroviaire finlandais VR a acheté une licence du module d'affectation de la demande, pour mieux comprendre les flux de voyageurs sur son réseau. Cette acquisition nous a permis d'obtenir les impressions d'une grande entreprise ferroviaire sur ce module, et d'en affiner par-là le fonctionnement interne pour refléter dans la répartition des flux de passagers sur un horaire les comportements complexes observés pendant leur utilisation.

Les retours des utilisateurs ont mené à une meilleure compréhension des changements qui surviennent durant une journée sur la demande de mobilité. Initialement, l'algorithme utilisé ne considérait qu'une seule courbe de distribution journalière. Bien que cela soit suffisant pour certains cas, sur un réseau comportant des marées importantes pendant la journée (par exemple les banlieusards se dirigeant vers la ville le matin, et rentrant à leur domicile le soir), il est nécessaire de modéliser les flux de passagers dans les deux directions séparément. Comme la création des courbes de distribution pour chaque paire de gares du réseau peut alors s'avérer être une tâche conséquente, un outil pour générer ces courbes selon le nombre relatif de passagers se déplaçant dans chaque direction a été mis en place. Les distributions proposées peuvent bien sûr être modifiées par l'utilisateur si ce dernier dispose d'informations plus spécifiques.

### **DB Voyageurs longue distance : Viriato.FF – Assistance dans les processus administratifs**

*Automatiser intelligemment, intégrer davantage* DB Voyageurs longue distance utilise Viriato comme outil central de planification depuis 1999. Avec la mise en place de Viriato.FF, la version précédente axée sur une planification conceptuelle a été remplacée par un système de production évolutif et résilient. Viriato.FF est intégré dans la chaîne de production au moyen d'interfaces et permet un travail de planification efficace. Une interface de première importance permet la commande de sillons auprès de DB-Netz AG à travers un portail de commande en réseau (TPN). Via ce dernier, les planificateurs d'horaires traitent l'ensemble du processus de commande de sillons de la demande jusqu'à la réception des offres et la contractualisation des sillons.

En plus de l'extension des automatismes dans l'interface TPN, l'accent a été mis en 2017 sur l'archivage des anciens états d'horaires ainsi que sur le nouveau système de tarification des sillons du réseau DB.

Avec l'implémentation du nouveau système tarifaire des sillons de DB Netz AG, les coûts prévisionnels associés aux différents concepts d'horaire peuvent être directement évalués et comparés dans Viriato.

Suite aux travaux de planification des horaires de ces dernières années, de très nombreuses versions d'horaire sont disponibles dans la base de données centrale. Ces anciens états ne sont plus indispensables pour le traitement de l'horaire actuel, mais représentent une source importante d'informations pour des comparaisons et des évaluations par rapport aux années précédentes. Afin de limiter l'encombrement dans le traitement des horaires, Viriato dispose nouvellement d'une fonction d'export des anciens états d'horaire dans une base de données annexe. Si nécessaire, l'utilisateur peut y accéder à tout moment.

La voie de l'automatisation va être poursuivie en 2018 avec des extensions permettant aux planificateurs de traiter plus efficacement les horaires futurs de plus en plus complexes.

**DB Netz AG : Développement du calendrier des chantiers** Le prototype du calendrier des chantiers conçu dans le cadre du projet « Assistance à l'élaboration de concepts d'horaires de chantiers » a été intégré en tant que partie d'un module « Travaux » de Viriato. Cette application informatique visualise les restrictions de capacité liées aux travaux sous forme de calendrier graphique pour chaque ligne du réseau.

SMA a développé pour ce faire une interface spécifique pour l'import des données de chantiers issues des différents systèmes de DB Netz AG. Les chantiers importés peuvent être visualisés dans le module « Travaux » de Viriato. En parallèle, le calendrier des chantiers peut être exporté pour une période donnée et, optionnellement, en fonction d'autres critères de filtrage comme l'horaire et la durée moyenne des chantiers de construction.

Grâce au calendrier des chantiers, DB Netz AG dispose d'un meilleur aperçu sur les projets de construction prévus le long d'une ligne. Dans ce calendrier, l'utilisateur peut naviguer rapidement entre les différentes lignes, elles-mêmes en lien avec les lignes adjacentes correspondantes et les lignes de détournement. L'application informatique permet ainsi une optimisation du regroupement temporel et géographique des chantiers de maintenance. Les effets de synergie peuvent être identifiés et les chantiers planifiés de manière plus efficiente et respectueuse de la capacité.

### **SBB AG: Nouvelles fonctionnalités dans le domaine du calcul de marche des trains**

Le calcul de marche des trains (ZLR – Zuglaufrechnung) est utilisé dans différents départements de la division infrastructure des CFF, par exemple pour la construction des horaires, la conception du réseau ou la considération des aspects énergétiques. Les fonctionnalités d'évaluation très variées ont été rassemblées par SMA dans un logiciel nommé Toolbox ZLR. Ce logiciel a été continuellement amélioré et étendu au cours de ces dernières années en étroite collaboration avec les CFF.

En 2017, une composante de massification des calculs d'espacement entre les trains a été développée. Cette composante permet dans un seul cycle automatisé de préparer l'ensemble des données d'infrastructure du réseau suisse et de calculer ensuite les temps de marche et les espacements entre les trains pour toutes les lignes. Les calculs sont effectués avec différentes politiques d'arrêt, divers paramètres configurables et pour plusieurs paires de trains standards successifs prédéfinis.

Grâce à cette nouvelle composante, les CFF disposent d'un outil flexible, qu'ils utiliseront en premier lieu pour vérifier régulièrement les temps minimaux d'espacement des trains sur les tronçons de ligne. En sus, plusieurs autres applications sont imaginables comme la vérification à l'échelle du réseau des influences des paramètres du calcul de marche, la comparaison des consommations énergétiques ou la comparaison de matériels roulants.

### **Nouvelles licences Viriato**

- KTMB, Malaisie
- KCW GmbH, Allemagne
- Arriva Italia Rail, Italie
- Otimon GmbH, Suisse









# Événements, publications et exposés

**nextRail17: Conférence internationale sur les transports ferroviaires et la mobilité à Lausanne** La série de conférences IT.rail a changé de nom en 2017 pour devenir nextRail. Après le succès des cinq précédents événements organisés entre 2005 et 2015, la conférence sur la mobilité et le transport ferroviaire est devenue une référence au niveau international. La première édition de cette conférence sous sa nouvelle appellation, nextRail17, a eu lieu en septembre 2017 à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). L'événement, organisé par l'EPFL en collaboration avec SMA et OpenTrack, s'est tenu sous le titre: « Combiner planification stratégique et flexibilité ». Plus de 200 participants de 23 pays se sont retrouvés sur le campus au bord du Lac Léman.

Comme lors des précédentes éditions, la conférence a débuté le jeudi par un symposium. Face à la hausse des coûts globaux et la complexité accrue du système ferroviaire, différents aspects des processus décisionnels ont été discutés par les autorités organisatrices, les gestionnaires d'infrastructure et les entreprises ferroviaires dans une optique de conciliation entre planification stratégique et flexibilité opérationnelle. Des questions telles que « Quels sont les enjeux ? » et « Comment appréhender ces enjeux ? » ont constitué le fil rouge du symposium et ont été abordées par les intervenants.

Le vendredi a été dédié à une série de séminaires consacrés à l'innovation et aux bonnes pratiques internationales soulignant les avantages et les opportunités pour le chemin de fer dans la mobilité du futur. Le séminaire de SMA a donné l'occasion à des référents venant d'Allemagne, d'Autriche, de France, du Luxembourg, des Pays-Bas et de Suisse de présenter leurs enjeux et leurs approches novatrices.

A l'instar des éditions précédentes, la visite technique du samedi a permis de découvrir les grands projets urbains et ferroviaires dans l'arc lémanique. Les responsables de la division Voyageurs des CFF ont ainsi pu donner aux participants un aperçu des projets de mobilité ferroviaire dans la région métropolitaine de Genève. CFF Infrastructure a ensuite présenté le programme ferroviaire Léman 2030 et son projet phare: la gare de Lausanne. Enfin, les transports publics de la région lausannoise (TL) ont pu faire découvrir leurs projets de mobilité urbaine actuels et futurs.

La traditionnelle réception du jeudi a, quant à elle, offert l'occasion d'échanger et de revenir sur les sujets abordés lors du symposium, ou simplement de profiter d'un moment de détente sur une terrasse offrant une magnifique vue sur le lac Léman.

La conférence nextRail17 à Lausanne a été un succès. À l'avenir, il est prévu d'accueillir la conférence, à tour de rôle, en collaboration avec l'ETH à Zurich et l'EPF à Lausanne.



## Publications

Eisenbahntechnische Rundschau avril 2017	<b>Fahrplan- und Infrastrukturoptimierung bei der Forchbahn mittels Betriebssimulation</b> Rafael Haas (SMA), Hanspeter Friedli et Urs Stucki
Eisenbahntechnische Rundschau juillet et août 2017	<b>New-Rail-Deal, Big Mix oder AUTOonomie? – Szenarien für die Eisenbahn in Deutschland im Jahr 2040</b> Trutz von Olnhausen (SMA) et Simon Hofmann
Schweizer Eisenbahn-Revue, Eisenbahn-Revue International (Allemagne) et Eisenbahn Österreich août 2017	<b>Netzweite Angebotseffekte evaluieren und darstellen</b> Gösta Niedderer, Georges Rey et Daniel Wipf
Schweizer Eisenbahn-Revue, Eisenbahn-Revue International (Allemagne) et Eisenbahn Österreich novembre 2017	<b>Kosten und Erlöse auf der Bodenseegürtelbahn</b> Michael Frei et Gösta Niedderer
Eisenbahntechnische Rundschau novembre 2017	<b>2. Stammstrecke und Bahnausbau Region München</b> Georges Rey (SMA) et Stefan Kutzner

## Exposés

Aula Aberta Instituto Superior Técnico, Lisbonne, et Aula Aberta Universidade de Coimbra mars 2017	<b>RAIL 2000 – More trains for Switzerland: A sustainable and comprehensive project to boost public transportation</b> Hansruedi Akermann
ENTPE, Vaulx-en-Velin, Lyon janvier 2017 et EPFL, TRANSP-OR, Lausanne novembre 2017	<b>Le cadencement dans l'exploitation ferroviaire</b> Luig Stähli
California Transportation Planning Conference, Walnut Creek, CA mai 2017	<b>Transit/Rail Connectivity and Accessibility</b> Ulrich Leister
AASHTO SCORT Annual Meeting, Oakland septembre 2017	<b>The Los Angeles-Anaheim Mass Transportation Corridor</b> Ulrich Leister (SMA) et DJ Mitchell
International Railway Symposium Aachen (IRSA), Aachen novembre 2017	<b>Stufengerechte Angebotskonzeption zwischen Detailgenauigkeit und Variantenvielfalt</b> Frederik Ropelius

# Chiffres-clés

Le chiffre d'affaires brut du Groupe SMA est à nouveau en hausse par rapport à l'année précédente.

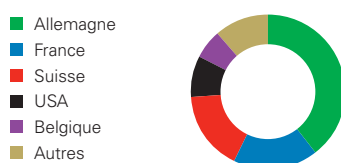
Cette tendance positive s'explique en partie par un cours EUR/CHF plus favorable, mais aussi principalement par le développement de nos activités de conseil en Allemagne et en France. Le renforcement de ces marchés traditionnels doit beaucoup à la présence de nos nouvelles sociétés filiales à Francfort et Paris. En outre, la recrudescence de nos activités dans d'autres pays européens tels que l'Autriche, la Belgique, l'Italie, le Luxembourg ou les Pays-Bas a compensé une situation légèrement moins favorable en Suisse et aux États-Unis en 2017.

Nos activités IT continuent à présenter une croissance saine et régulière. DB Fernverkehr, DB Regio et CFF Infrastructure demeurent de loin nos plus gros mandants. En outre, les chemins de fer nationaux malaisiens KTMB sont venus s'ajouter à la liste des clients Viriato. Enfin, en plus des avantages qu'ils offrent aux entreprises ferroviaires, nos développements de produits s'appuyant sur Viriato Enterprise sont de plus en plus adaptés aux besoins des gestionnaires d'infrastructure.

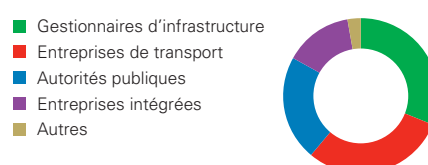
Chiffres-clés* en millions de francs suisses	2017	2016
Chiffre d'affaires brut	<b>13,4</b>	12,4
Collaborateurs en équivalent temps plein (ETP)	<b>65</b>	67

\*y compris filiales

## Chiffres d'affaires par pays



## Chiffres d'affaires par catégorie de client



## Évolution du chiffre d'affaires 1988 – 2017 (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**

Willy Vogelsang

**Page 7**

En haut: Helmut Henninger

En bas: Lothar Saßerath

**Page 19**

En haut: alamy

En bas: Reimer Druschel

**Page 25**

En haut: Panthermedia

En bas: Eggmann-Design

**Page 33**

En haut: Marco Rank, [www.marcorank.com](http://www.marcorank.com)

En bas: Jürgen Hamann

**Page 41**

En haut: Panthermedia

En bas: Ina Buskens

**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 Rail Consulting+IT, Corp.  
2677 North Main Street, Suite 825  
Santa Ana, CA 92705, USA

SMA (Deutschland) GmbH  
Stresemannallee 30  
60596 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)