

Réinventer le rail

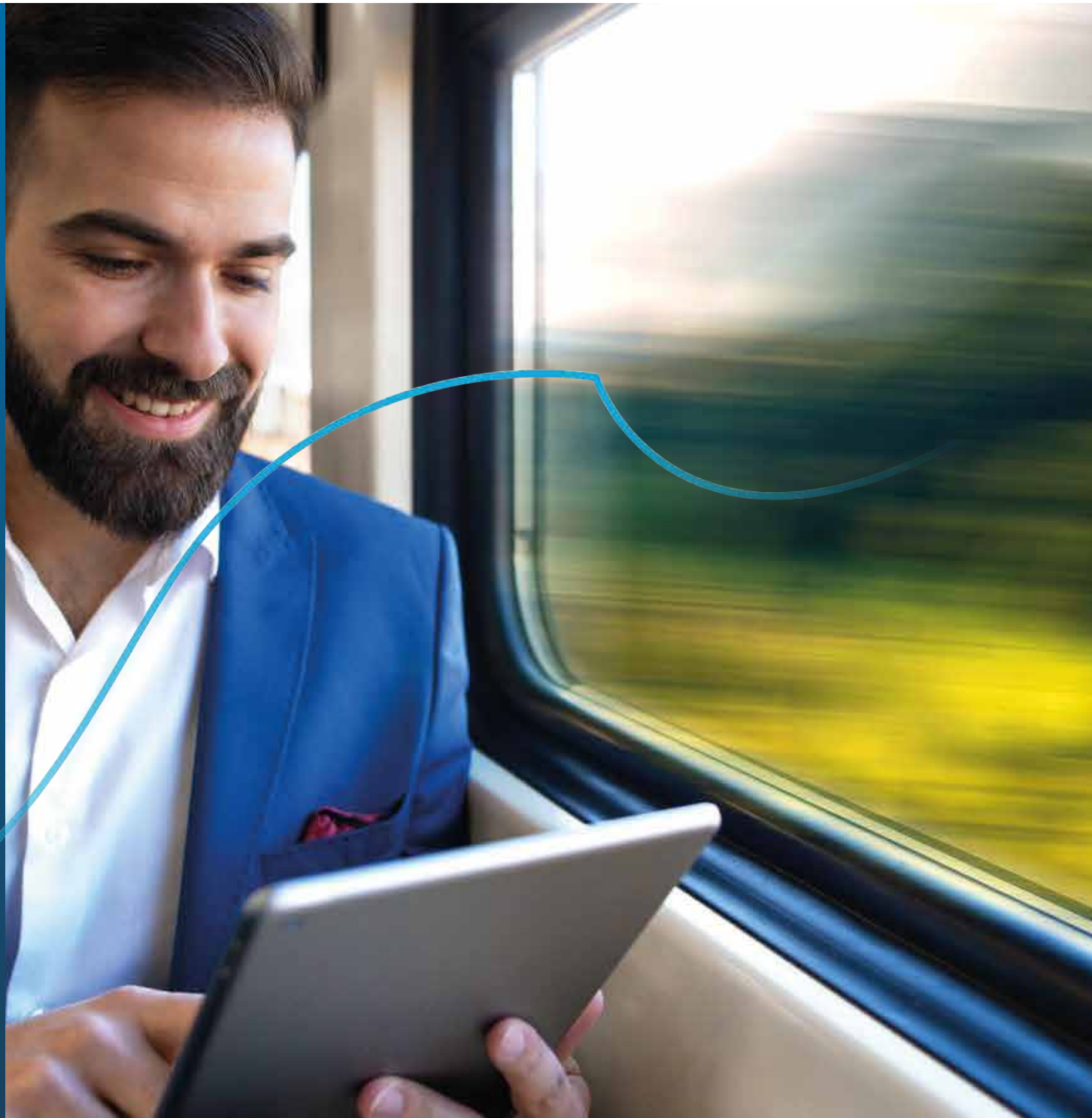
Comment le secteur ferroviaire se transforme pour redessiner le futur de la mobilité

Section 2



Des clients satisfaits

Améliorer l'expérience pour rendre le voyage en train plus attractif et plus compétitif



En compagnie d'un collègue, vous partez pour un voyage professionnel à l'autre bout du pays. Avant de quitter votre domicile, vous consultez une application qui vous présente votre trajet, réserve un taxi autonome pour vous conduire jusqu'à la gare, puis un autre, à l'arrivée, pour vous emmener jusqu'aux bureaux de votre client. Une fois à la gare, un scanner invisible détecte l'identifiant unique de votre téléphone, valide que vous êtes bien en possession d'un billet, et vous montez sans plus de formalités dans le train.

Là, vous vous installez dans une « bulle » que vous avez réservée. D'une pression sur un bouton vous déployez autour de votre siège une cloison acoustique qui crée une salle de réunion privative dans laquelle votre collègue et vous pouvez faire votre point hebdomadaire en toute confidentialité. À l'aide de votre téléphone, vous réglez l'éclairage et l'air conditionné à votre guise pour un confort idéal.

Malheureusement, le train s'arrête de façon inopinée. Vous avez du moins la satisfaction que l'IA intégrée à la rame, accessible depuis votre téléphone, soit capable de vous informer des causes de l'incident, des actions mises en œuvre pour le résoudre et, en se basant sur des situations similaires, d'estimer le temps que cela prendra. Qu'à cela ne tienne, vous informez votre taxi et votre client de votre nouvelle heure d'arrivée et vous mettez à profit ce délai pour mettre vos lunettes de réalité virtuelle et rejoindre une réunion virtuelle – sans sautes de connexion – au cours de laquelle votre équipe d'ingénierie en Inde vous présente en détail le design de votre dernier produit.

Nous sommes bien sûr très loin de ce scénario, mais les technologies pour qui en feraient une réalité existent déjà presque toutes. La tâche, désormais, est de les intégrer, de les tester et de les valider.

Pourquoi le train ? L'enjeu de la concurrence

« Pourquoi se donner la peine de procéder à ces améliorations coûteuses ? », telle est la première question qui pourrait se poser. Même si beaucoup d'opérateurs ferroviaires sont des entreprises publiques, les chemins de fer appartiennent au secteur marchand des transports qui font face à la concurrence de nombreux autres modes de déplacement. Le rail n'est souvent qu'une option parmi d'autres. Il soutient difficilement la comparaison avec l'automobile pour la commodité et avec l'avion pour la vitesse. Il peut cependant faire mieux qu'aujourd'hui sur ces deux aspects, et cela, en offrant un confort supérieur et – argument essentiel dans notre monde où le temps est si rare – la possibilité pour le voyageur bien installé, connecté et au calme, d'être productif durant son voyage. Enfin, le train est aussi beaucoup plus écologique.

Selon nous, tant que le temps de trajet n'excède pas de 30 % environ celui de la voiture ou de l'avion, la plupart des voyageurs pourraient être convaincus de choisir le rail. Les trains ont aussi l'avantage de relier directement les centres villes, ce qui n'est pas le cas des avions et ce qui n'est pas toujours évident en voiture du fait, notamment, des encombrements et de la difficulté à se garer. Dans le modèle que nous envisageons, le voyageur a aussi la possibilité, à sa descente du train, de louer facilement un transport individuel (voiture ou vélo électrique) pour effectuer le « dernier kilomètre » jusqu'à sa destination.

En s'appuyant sur ses points forts naturels et en progressant dans sa capacité à offrir un voyage agréable de bout en bout, le train peut attirer davantage de clients, ce qui serait bon pour les entreprises du secteur et bon pour les émissions de CO₂.

Mais comment y parvenir ?



L'expérience voyageur

Le rail devra proposer un confort au moins équivalent à celui d'un voyage en voiture, même s'il peut (et doit) viser encore plus haut. Rendu obsolète par l'amélioration de l'offre en gare, le chariot de boissons et de confiseries n'est plus le symbole d'un service de qualité qu'il était jadis.

En revanche, voici ce qui importe vraiment aux voyageurs aujourd'hui.

Le confort

« On gèle », « On n'a pas de place », « Il y a du bruit dans les voitures censément silencieuses »... Ce ne sont là que quelques-unes des récriminations usuelles que l'on trouve sur les sites des opérateurs ferroviaires. La plupart d'entre elles pourraient être résolues assez facilement. Dans les trains actuels, les systèmes de chauffage et de climatisation à bord sont bien souvent réglés avant le départ et ne peuvent plus être modifiés ensuite. Pour les voyageurs, ce n'est



plus admissible. Ils doivent pouvoir régler à la demande la température à leur siège et se protéger d'un soleil trop vif en baissant un rideau électronique devant leur fenêtre.

Les sièges doivent eux aussi être repensés. Ils doivent être ergonomiques et laisser suffisamment d'espace pour les jambes, même si ce sont des exigences qui importent davantage pour les longs trajets que pour les dessertes urbaines aux arrêts fréquents. Tous les sièges doivent aussi être équipés de prises USB et de prises électriques.

La tranquillité à bord et les services à valeur ajoutée

Pour de nombreuses personnes, l'un des gros inconvénients des transports collectifs est qu'il leur faut endurer leurs voisins. Et si l'on n'avait pas – ou, du moins, pas autant – à le faire ? L'idée n'est pas tout à fait nouvelle. Les voitures de première classe et les wagons-lits offrent des espaces privatifs à bord depuis des décennies, ainsi que des services additionnels. Pour ceux qui en ont les moyens, les

compagnies aériennes proposent d'excellentes prestations de ce type : certaines « suites » ne manquent de rien, depuis un écran HD et une douche individuelle jusqu'à une literie de luxe et l'Internet haut débit.

Peu de trains pourraient se permettre de telles extravagances, mais des solutions plus simples permettraient d'offrir malgré tout l'intimité nécessaire à une réunion ou une conversation privée, et d'attirer une clientèle plus premium, notamment des professionnels pour qui le temps de voyage empiète sur la journée de travail. Idéalement, ce serait un espace privé, une sorte de cocon ou de bulle. Des écrans physiques pourraient se déplier pour délimiter une « pièce » et des hauts parleurs utiliser une technologie de suppression du bruit (similaire à celle que l'on trouve dans les écouteurs haut de gamme) pour étouffer les bruits alentour. En Norvège, un opérateur ferroviaire propose une voiture où les passagers peuvent passer leurs appels depuis une « cabine téléphonique » privée qu'ils réservent depuis une application (ceux qui travaillent dans des bureaux partagés modernes ont l'habitude de

tels systèmes) et à laquelle ils accèdent à l'heure prévue grâce à un QR code.

Une connexion temps réel de haute qualité

Et puis il y a la question de la connexion. Pour passer confortablement leur voyage, les passagers veulent pouvoir regarder des films en streaming HD ou bien se connecter à des visioconférences. Pour qu'un millier d'utilisateurs environ fasse cela simultanément, et avec une bonne qualité de service (QoS), la bande passante doit être très conséquente. Et le besoin pourrait même augmenter de façon exponentielle si la réalité virtuelle en temps réel se démocratisait.

Les systèmes actuels en sont loin, mais ce type de connectivité est ce que vise le standard 5G FRMCS. Comme d'autres réseaux 5G, le FRMCS fonctionne via une série d'antennes de cellule couvrant un périmètre géographique. Ces antennes se connectent aux appareils se trouvant dans la cellule, à l'intérieur du train et à proximité des voies, ce qui permet une communication continue, y compris à grande

vitesse. Cette infrastructure autorise à la fois les communications uplink (du train à l'antenne) et downlink (de l'antenne au train) indispensables aux opérations. Elle offre ainsi une transmission de données à haut débit, faible latence, et la possibilité de connecter de nombreux terminaux simultanément.

Ce système apporte aussi une bien plus grande sécurité car il est numérique de bout en bout, et permet donc de contrôler étroitement la façon dont les données sont encodées et transmises. On peut de ce fait mettre en place

des mécanismes de sécurité beaucoup plus robustes qu'avec les systèmes analogiques actuels.

Néanmoins, cette amélioration est techniquement complexe et la transition sera progressive, sur plusieurs années, pour avoir un processus de test, de certification et d'intégration rigoureux sans perturber les opérations en cours.



Flexibilité, fiabilité et résilience des trains

Enfin, il faut s'attaquer à la perception du manque de fiabilité du transport ferroviaire. On peut y parvenir en renforçant la résilience et la flexibilité des trains, c'est-à-dire en améliorant leur capacité à surmonter des incidents qui, quel que soit leur niveau de sophistication technologique, demeureront inévitables.

Aujourd'hui, les horaires et les itinéraires sont fixes. Ils correspondent à ce qui est affiché pendant six mois dans les gares et présenté par l'application de l'opérateur lorsqu'on achète son billet en ligne.

Demain, on pourrait imaginer que des trains supplémentaires ou un service réduit puissent être mis en place en fonction des circonstances. Par exemple, le nombre de trains pourrait être augmenté à destination et au départ d'une ville le jour où elle accueille un grand événement sportif, ou bien être réduit un jour férié.

Ceci exigerait une plus grande flexibilité et des capacités de gestion des ressources accrues (il faudrait aussi que les équipes soient elles-mêmes plus flexibles pour s'adapter à ces fluctuations). Quand un itinéraire est impraticable en raison du trafic ou d'un incident, il devrait être possible de détourner un train de son trajet habituel, de lui faire prendre un itinéraire de secours et d'acheminer malgré tout les passagers avec moins de désagréments que si leur train avait été purement et simplement supprimé.

Le but est que le train poursuive quoi qu'il arrive son chemin jusqu'à sa destination – indépendamment, par exemple, d'une panne d'alimentation au niveau des caténaires ou d'un obstacle sur la voie. En d'autres termes, un voyage ne devrait jamais être annulé (au pire, il faut pouvoir offrir des alternatives, comme des liaisons en bus), les retards ne devraient jamais excéder 10 mn, et le service devrait être fréquent (au moins un train toutes les 20 mn). Dans l'idéal, si les trains étaient assez robustes, un seul incident ne devrait jamais empêcher les voyageurs d'arriver à destination avec plus de



quelques minutes de retard sur l'horaire prévu.

Tout ceci nécessite cependant une forte redondance des systèmes, une capacité accrue à fonctionner en situation d'urgence ou en mode de travail dégradé, une analyse complète des incidents d'exploitation pour mieux comprendre (et régler) toutes les défaillances éventuelles, et des services hautement connectés, supportés par une connectivité permanente.

Une meilleure expérience du départ jusqu'à l'arrivée

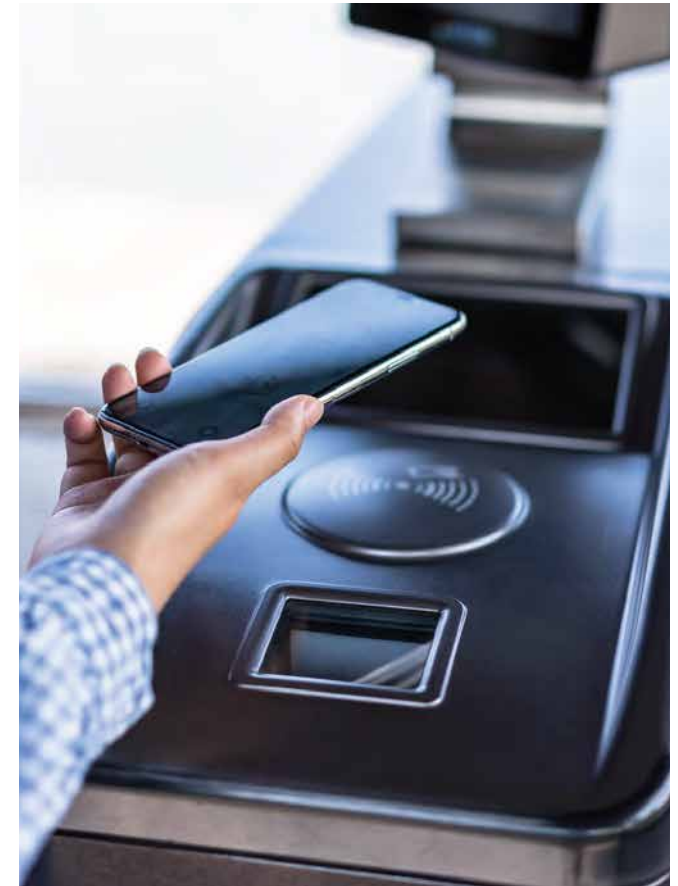
Enfin, il y a tout ce qui entoure le voyage et qui le rend globalement plus simple et plus confortable, depuis l'achat du billet jusqu'à l'arrivée à destination en passant par le transfert vers la gare et l'embarquement.

Une application pourrait vous permettre de réserver la totalité de votre voyage en se basant sur vos préférences, en réservant par exemple un vélo pour le court trajet jusqu'à la gare un jour de beau temps, ou bien un Uber

s'il est plus long et s'il pleut. Un billet unique suffirait pour accéder à tout. En théorie, vous pourriez ne pas avoir à le valider avant de monter à bord, un appareil en gare pouvant détecter l'identifiant de votre téléphone et faire le lien avec votre titre de transport, ou bien une caméra liée à l'algorithme de reconnaissance faciale de votre téléphone vous identifier à votre passage – même si, dans ce cas, il faudrait être très prudent en matière de confidentialité des données.

Ceci offrirait un bénéfice supplémentaire en termes de sécurité. Il est toujours possible que des individus enjambent les barrières (l'opérateur de transport londonien TfL estime que cela lui coûte 150 millions de £ chaque année). Un système basé sur l'identification permettrait de savoir clairement qui est en règle et qui ne l'est pas, et d'appréhender directement les fraudeurs ou de leur interdire l'accès ultérieurement.

Cette approche de bout en bout du voyage comprend aussi l'information au cours du trajet. Quand un problème survient, les clients



ne veulent plus être laissés dans l'ignorance. Comme le confirmait des données du département des [Transports britannique pour l'année 2023](#) [5], une majorité des plaintes concerne la ponctualité et la fiabilité. Être contraint de patienter sans explication valable ne fait qu'empirer la situation.

Comme dans l'exemple développé au début de ce chapitre, cette information pourrait prendre la forme d'une vue « live », accessible en ligne, de la situation du train, couplée à un chatbot capable d'avertir les voyageurs d'un possible retard ou de répondre rapidement et précisément à des questions telles que : « Quelle est la raison du retard actuel ? » ou « Quelle est la meilleure option pour me rendre à X si je rate ma correspondance ? »

Cette idée d'un voyage intégré nécessite de nombreuses interconnexions en coulisses, notamment entre les différentes compagnies de transport pour pouvoir suggérer des itinéraires multimodaux en fonction de différents critères, proposer une réservation unique et partager le paiement entre les acteurs. De nombreux sites de voyage permettent déjà d'avoir des billets de train combinant plusieurs réseaux ; ajouter les opérateurs de vélos, de bus et de taxis ne semble donc pas hors de portée.

Cela nécessite aussi des infrastructures dans le cloud capables de suivre un identifiant unique

tout au long du voyage – une application ou un numéro de carte de crédit, par exemple – de manière à ce que le voyageur puisse être reconnu à chaque point de contrôle sans devoir produire une multiplicité de billets. Enfin, il faut que tous les systèmes d'information, depuis la localisation des trains jusqu'à leur maintenance, soient interconnectés et alimentent des outils analytiques dédiés. Ceux-ci doivent eux-mêmes être reliés à une interface utilisateur soigneusement conçue (utilisant probablement l'IA générative) de sorte que le voyageur puisse obtenir les informations dont il a besoin, quand il en a besoin, et sous une forme appropriée.

Nous sommes convaincus que le train peut rester durablement une option pertinente et compétitive, et jouer un rôle majeur dans la transition vers la Mobilité as a Service (MaaS) – une vision stimulante du futur des transports que la [MaaS Alliance](#) définit comme « *l'intégration de différents modes de transport et de services connexes dans un service de mobilité unique, complet et à la demande... dont le but est d'offrir la meilleure proposition de*

valeur pour les clients, la société et l'environnement. »

Les attentes augmentent, le service doit suivre

Cette perpétuelle augmentation des attentes des voyageurs en termes de confort et de commodité ne peut être ignorée. Le rail doit également faire face à l'intense concurrence d'autres modes de transport qui, eux aussi, s'efforcent d'accroître leur attractivité.

Le train a néanmoins de nombreux arguments à faire valoir. Il est en général plus économique, il dessert plus de destinations, il est plus confortable que l'avion, et il offre davantage de place que le bus, l'avion et la voiture. Dans la plupart des cas – en particulier sur les lignes électrifiées –, il est aussi beaucoup plus écologique et émet moins de gaz à effet de serre par passager que la plupart de ces alternatives.

Il arrive cependant que ces avantages soient éclipsés par la perception d'un manque de

fiabilité, de voitures bondées ou inconfortables, de systèmes de réservation rigides et d'équipements insuffisants. De façon générale, tous ces points peuvent être résolus à l'aide des solutions technologiques décrites plus haut.

La qualité de l'expérience pour les agents en première ligne peut aussi avoir un impact sur la satisfaction client. [Nos enquêtes](#) montrent que 89 % des collaborateurs au contact de la clientèle estiment que leur organisation a amélioré leur expérience de travail [6], ce qui a rejailli positivement sur celle des clients. 82 % affirment en outre que leur hiérarchie est à leur écoute et tient compte de leurs interactions avec les clients pour améliorer l'expérience de ces derniers.

En résumé, les voyageurs seront plus enclins à privilégier le train sur d'autres modes de transport si :

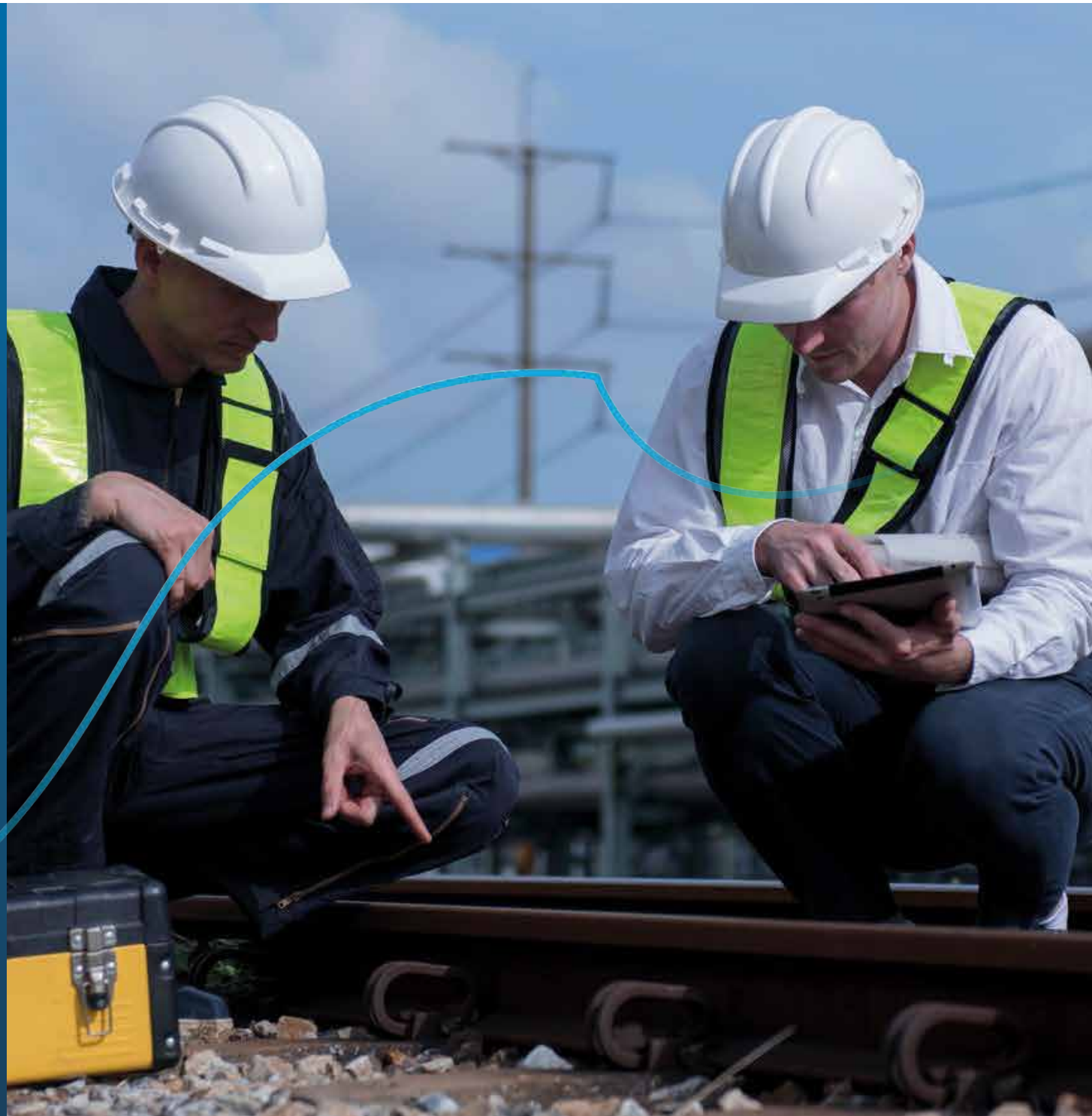
- Le service est fréquent, depuis tôt le matin jusqu'à tard le soir, et d'une absolue fiabilité ;
- Les trains offrent une connectivité et un confort de qualité, et la tranquillité nécessaire pour travailler ou se détendre ;
- L'incitation écologique à emprunter le rail est suffisamment claire ;
- Le premier et le dernier kilomètre sont simples à organiser, à réserver et à payer ;
- Ils ont confiance dans la robustesse des trains et leur capacité à surmonter aisément les incidents.

Le secteur ferroviaire a aujourd'hui l'opportunité d'améliorer son attractivité et de gagner des parts de marché. Cela passera par l'adoption des technologies et de l'architecture IT qui lui permettront d'offrir un service connecté, intégré et confortable.



La transformation technologique

Les ingrédients de la réinvention du rail



Dans les chapitres précédents, nous avons évoqué la transformation numérique du rail, depuis l'ingénierie et la fabrication des matériels jusqu'à la digitalisation des trains et des voies, que ce soit pour optimiser la maintenance et les opérations, ou proposer de nouveaux services connectés aux voyageurs.

Nous avons envisagé ces innovations du point de vue des différents aspects de l'activité ferroviaire, mais elles nécessiteront des technologies et des infrastructures IT communes, et bénéficieront de la collaboration entre les différents métiers du rail. Par exemple, les capteurs aideront à automatiser la régulation du trafic, mais ils fourniront aussi aux ingénieurs de précieuses données pour concevoir une nouvelle génération de trains plus proches de la réalité des voies.

La mise en œuvre de ces solutions s'appuiera sur un ensemble de technologies et d'approches similaires, qui doivent souvent être intégrées et conçues pour dialoguer. Ce dernier chapitre explore ces technologies fondamentales qui permettront la transformation du rail, et la manière de les aborder.





Numériser l'environnement : les capteurs

Pour passer au numérique, il va falloir équiper les trains d'un grand nombre de capteurs. Des LiDAR et des caméras collecteront les données et les images nécessaires pour numériser les voies. Des détecteurs de mouvement, comme des GPS et des accéléromètres, donneront des informations en temps réel sur la rame, permettront de répondre instantanément en cas d'incident, et fourniront des données qui

serviront à entraîner des modèles d'IA destinés à optimiser la conduite pour plus de sécurité et d'efficacité. Des capteurs de vibrations, de température et d'ouverture des portes détecteront des signes avant-coureurs de pannes afin d'alerter les systèmes de maintenance prédictive.

Ce ne sont là que quelques exemples de la multitude de capteurs qui peuplera les futurs trains numériques.

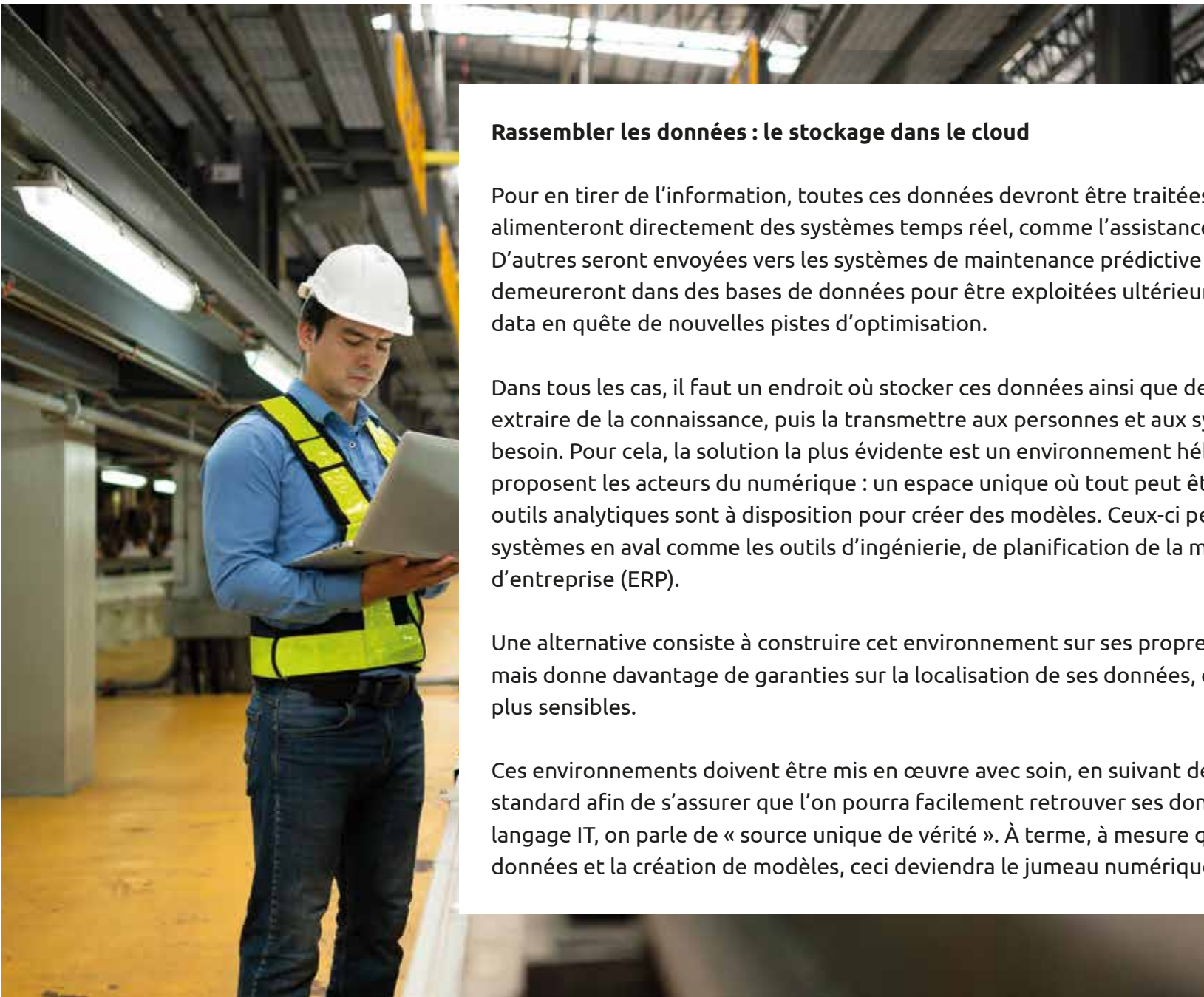
Déployer des capteurs à grande

échelle demandera des moyens et des compétences. Avant de se lancer, les opérateurs ferroviaires devront évaluer les coûts et les bénéfices pour décider lesquels seront véritablement nécessaires à leur flotte, composée de trains d'âge et d'usage variés.

Il ne faudra pas se précipiter et tout connecter par principe. Si l'on sait exactement ce que l'on veut, plusieurs options sont possibles. Par exemple, les données fournies par des capteurs de vibration basiques suffisent pour obtenir de

nombreux détails sur l'état du train et des voies, sans avoir à déployer sur chaque train des systèmes plus coûteux comme des LiDAR.

Plus important encore, le déploiement doit être envisagé dans la perspective du passage à l'échelle, en s'assurant notamment que tous les capteurs respectent les mêmes standards. Ceci permettra de croiser leurs données et de procéder à des mises à jour ou à des remplacements sans avoir à actualiser la totalité du système.



Rassembler les données : le stockage dans le cloud

Pour en tirer de l'information, toutes ces données devront être traitées et analysées. Certaines alimenteront directement des systèmes temps réel, comme l'assistance au freinage ou l'aide à la conduite. D'autres seront envoyées vers les systèmes de maintenance prédictive du dépôt. D'autres encore demeureront dans des bases de données pour être exploitées ultérieurement par les équipes ingénierie et data en quête de nouvelles pistes d'optimisation.

Dans tous les cas, il faut un endroit où stocker ces données ainsi que des ressources pour les traiter, en extraire de la connaissance, puis la transmettre aux personnes et aux systèmes automatisés qui en ont besoin. Pour cela, la solution la plus évidente est un environnement hébergé dans le cloud tel qu'en proposent les acteurs du numérique : un espace unique où tout peut être entreposé et géré, et où des outils analytiques sont à disposition pour créer des modèles. Ceux-ci peuvent alors être connectés aux systèmes en aval comme les outils d'ingénierie, de planification de la maintenance ou de gestion d'entreprise (ERP).

Une alternative consiste à construire cet environnement sur ses propres serveurs, ce qui est plus complexe mais donne davantage de garanties sur la localisation de ses données, ce qui peut avoir du sens pour les plus sensibles.

Ces environnements doivent être mis en œuvre avec soin, en suivant des règles de gestion des données standard afin de s'assurer que l'on pourra facilement retrouver ses données et combiner des flux. En langage IT, on parle de « source unique de vérité ». À terme, à mesure que s'étofferont la collecte de données et la création de modèles, ceci deviendra le jumeau numérique des trains et du réseau.



Répondre en temps réel : les logiciels embarqués

Certains systèmes de bord, comme le freinage d'urgence, doivent pouvoir réagir instantanément. Ils ne peuvent tolérer ne serait-ce que le délai infime de l'envoi de données vers le cloud, ou le risque d'une rupture momentanée de connexion. Il leur faut pour cela disposer de leur propre processeur et de leur propre logiciel embarqué, c'est-à-dire un programme qui prend la donnée, l'intègre dans un modèle et transmet l'instruction qui en découle à l'appareil.

Ces systèmes doivent être conçus et testés de façon indépendante, avec le plus grand soin, et dans le respect des stricts standards de sûreté et de sécurité des activités critiques. Toutefois, ils doivent eux aussi être envisagés en pensant au

reste de l'écosystème car, en dehors des situations d'urgence, leurs données peuvent être extrêmement précieuses pour d'autres applications, de la maintenance prédictive à la conception de nouveaux systèmes de freinage, et elles doivent par conséquent pouvoir circuler facilement entre des systèmes interconnectés.

Savoir plus pour décider mieux : analytique, IA et Gen AI

Si l'on fait correctement ce que nous venons de décrire, on dispose de riches gisements de données pour extraire des informations et construire des logiciels intelligents basés sur l'analytique et l'IA. Ces outils permettent de percevoir dans les énormes quantités de données fournies par les capteurs des schémas complexes, indécélables par l'être humain, qui

peuvent servir à la maintenance prédictive ou à l'optimisation des horaires et des itinéraires des trains.

L'IA générative ouvre pour sa part un tout nouveau champ de possibilités. Elle peut absorber d'innombrables documents en désordre, comme des vidéos ou des manuels d'instruction, qui d'ordinaire ne sont pas considérés comme des données, et en comprendre le contexte. Ceci permet aux équipes de développer des outils qui sont capables de fournir rapidement des réponses utiles – comment réparer une machine, par exemple –, d'avoir l'intuition de la solution à partir d'éléments disparates, ou encore d'appliquer une solution à un problème différent, même si cela ne figure pas explicitement dans le manuel.

Bien sûr, ces outils nécessitent des garde-fous et des structures de gouvernance afin de s'assurer qu'ils seront convenablement utilisés dans un contexte qui exige rigueur et précision. C'est la raison pour laquelle nous recommandons une approche hybride pour l'IA. [13]

Tout n'a pas besoin d'être hyper-intelligent, mais certaines choses peuvent désormais l'être. La priorité est d'avoir les personnes capables de choisir l'outil le plus adapté (et le plus efficace économiquement) pour faire le travail.

Un [récent rapport](#) publié par l'Union internationale des chemins de fer (UIC) en partenariat avec McKinsey a montré qu'une plus grande adoption de l'IA permettrait au secteur de créer de 13 à 22 milliards de dollars environ de valeur supplémentaire [8]. Cette

étude révèle aussi qu'une vingtaine de cas d'usage de l'IA sont aujourd'hui étudiés et conclut que, pour une entreprise ferroviaire de 5 milliards d'euros de chiffre d'affaires, l'opportunité que représente l'IA se chiffre à 700 millions d'euros annuels environ.

Sur le même sujet, [l'European Infuture Institute](#) écrivait dernièrement dans l'*International Railway Journal*: « L'IA transforme d'ores et déjà le secteur ferroviaire via l'automatisation et l'optimisation de tous les aspects de l'exploitation, y compris le contrôle du trafic et la maintenance. C'est aussi un formidable outil pour accroître l'efficacité et la fiabilité du transport ferroviaire car elle contribue au développement de systèmes de gestion des infrastructures ferroviaires intelligents. »



Penser global et local

Les nouveaux trains devront être davantage respectueux de l'environnement global, mais, pour des questions d'infrastructure, ils devront aussi s'accommoder des règles et des technologies locales, même s'il existe, dans certaines régions, la volonté de standardiser certains aspects de l'exploitation (à l'instar de l'Union européenne avec le système de gestion du trafic ferroviaire ERTMS). Encore trop souvent, les trains actuels sont conçus pour un pays en particulier.

Tout au contraire, ces trains devront être envisagés comme des produits plus génériques et plus modulaires, que l'on pourra facilement modifier pour répondre aux spécificités d'une région, d'un opérateur ou d'un usage. Cette flexibilité dans le design et cette capacité d'adaptation seront des

facteurs clés de succès.

Connecter le train : la 5G

Enfin, les équipements présents à bord auront besoin de se connecter directement et en permanence au cloud. Le wifi à bord doit offrir la fiabilité et la bande passante élevée nécessaires aux services que réclament de plus en plus les clients, comme des appels vidéo en haute définition et, demain, peut-être, la réalité virtuelle.

À ce jour, la plupart des trains sont incapables de fournir une telle connectivité. La solution sera le futur standard mondial FRMCS (Future Railway Mobile Communication System), qui a vocation à remplacer le GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway) actuel, basé sur la 2G. Le FRMCS s'appuie sur la technologie 5G, dont le haut

débit, la faible latence et la densité de connexions accrue permettront les communications voix et données à bord pour les personnes comme pour les appareils connectés, ainsi que des échanges de données fluides entre les trains et les infrastructures ferroviaires. Sa grande scalabilité permettra de répondre à l'augmentation des volumes de données échangés par les utilisateurs et les trains numériques.



Transformer le rail par la technologie

La prospective technologique est toujours séduisante, mais en faire une réalité reste techniquement complexe, surtout dans le contexte d'un secteur critique du point de vue de la sûreté et de la sécurité, qui présente une grande diversité d'équipements fixes et mobiles, de tous âges, disséminés dans des pays entiers (et souvent par-delà les frontières), et dont la plupart n'ont pas été conçus en vue du numérique.

Il est par conséquent d'une grande importance d'avancer prudemment. Il faut travailler avec des entreprises qui ont eu de premières expériences et en ont tiré les enseignements. S'appuyer sur des méthodologies éprouvées pour sélectionner, déployer et intégrer les technologies destinées au rail. Utiliser pour le

développement applicatif des frameworks qui garantissent à la fois la rapidité et la cohérence du déploiement des innombrables briques logicielles qui seront nécessaires, tant sous forme embarquée que dans le cloud.

Il faut aussi se rapprocher de l'ensemble des organismes de régulation et de certification. Le futur du rail devra être harmonisé et transnational. Quand un nouveau train est fabriqué, on doit être sûr qu'il pourra rouler partout dans le monde et que les technologies de demain s'intégreront sans difficulté à son architecture IT, de sorte qu'elles fonctionneront naturellement avec tout le reste du réseau. Cela requiert une politique de standardisation ou, du moins, des moyens fiables pour interconnecter

les systèmes, pas seulement au sein d'une même entreprise, mais entre toutes les entreprises, dans tous les pays.

Tout ceci doit être porté par une excellente gestion de projet. Il faut garder les yeux sur l'objectif et fractionner la trajectoire en étapes incrémentales, jalonnées de petites victoires. Le réseau ferré est une infrastructure critique et légitimement conservatrice, aussi faut-il avancer pas à pas et prouver rigoureusement chaque concept en portant une attention maximale à la sécurité. Mais nous devons aussi montrer que, grâce aux technologies numériques, il existe des solutions nouvelles, capables de rendre le train plus sûr, plus efficace, plus durable et plus attractif pour les clients.



La révolution culturelle

Créer l'état d'esprit qui emmènera les entreprises ferroviaires vers le futur





Pour accomplir les transformations basées sur le numérique évoquées tout au long de ce document, les acteurs du ferroviaire vont devoir faire évoluer leur culture. De fabricants et gestionnaires d'actifs, ils devront se muer en créateurs et opérateurs de services de mobilité numériques et multimodaux. De champions nationaux, en organisations opérant – seules ou en partenariat – par-delà les frontières des pays, des réseaux et des entreprises pour

fournir des voyages intégrés. Et pour tout cela, il leur faudra devenir plus innovants et plus collaboratifs.

Cet état d'esprit s'apparente un peu à celui des entreprises du numérique, qui cultivent l'innovation, qui créent un cadre où il est permis d'expérimenter et d'échouer, et qui ont une logique « digital-first ». Mais n'allons pas trop loin : le rail n'est pas la tech. C'est une

industrie critique et bien plus ancienne que le numérique. Tout changement culturel reste contraint par ces limites.

Des [études passées de Capgemini](#) indiquaient que, pour 62 % des personnes interrogées, le principal obstacle à la transformation numérique était culturel [10]. Néanmoins, il existe, pour le surmonter, des méthodes qui ont fait leurs preuves.

Allez-y, essayez : encourager l'innovation

Au cœur de la transformation culturelle du secteur ferroviaire, il y a la nécessité de développer une culture de l'innovation. Traditionnellement, l'accent est mis sur la fiabilité et la sécurité, qui sont bien sûr essentielles, mais ceci peut parfois conduire à des excès de prudence et au rejet, ou au report, d'idées nouvelles prometteuses.

Le défi est de maintenir cette exigence fondamentale tout en favorisant une approche plus dynamique des idées et des technologies innovantes, et en autorisant un certain niveau d'échec (dans des limites strictes de sécurité). À cet égard, il y a beaucoup d'enseignements à tirer du développement des véhicules autonomes. Le domaine ferroviaire fournit aussi des exemples de réussite, comme le lancement en Australie du premier train de fret entièrement autonome, une expérience audacieuse mais fondée sur des années de tests rigoureux.

Il est essentiel de créer un environnement dans

lequel les collaborateurs se sentent encouragés à suggérer des choses nouvelles. Cela passe par la mise en place de programmes d'innovation formalisés, d'un cadre dans lequel il est possible de développer sans crainte des projets expérimentaux, que ce soit numériquement ou sur des bancs d'essais physiques, et d'un processus permettant de passer d'une idée à sa concrétisation. C'est ce que nous appelons chez Capgemini « l'innovation appliquée. » Les dirigeants des entreprises ferroviaires doivent soutenir ces efforts, et octroyer les ressources et l'appui nécessaires pour transformer une idée originale en produit ou service tangible.



Changer de perspective : passer au « digital-first »

Comme cela a déjà été évoqué dans notre rapport [Digital Culture 2026](#), les transformations qui touchent à l'expérience des collaborateurs doivent avant tout se concentrer sur leurs besoins [11]. Au moment d'adopter de nouvelles technologies, les organisations les plus attentives à leurs employés peuvent en faire un atout car elles sont plus enclines à tenir compte dès le départ de leur point de vue, ce qui garantit l'orientation « humaine » de la solution. L'utilisation de persona permet de savoir comment gérer les impacts combinés de plusieurs projets. Ce prisme renseigne aussi sur le rythme acceptable du changement et permet aux formations d'utiliser la micro-segmentation et différents canaux de communication, permettant ainsi aux employés de mieux digérer et assimiler l'information.

Les technologies numériques offrent d'immenses opportunités pour le secteur ferroviaire, de la maintenance prédictive

fondée sur une analyse approfondie des données aux applications mobiles qui améliorent l'expérience des voyageurs. Adopter une perspective « digital-first » exige de faire évoluer la culture vers l'apprentissage permanent et l'adaptabilité. Les entreprises du ferroviaire doivent développer les compétences numériques à tous les niveaux de l'organisation pour s'assurer que leurs collaborateurs ne sont pas seulement à l'aise avec la technologie, mais qu'ils ont vis-à-vis d'elle une attitude proactive les incitant à toujours chercher comment utiliser leurs outils numériques pour améliorer leur travail. Le numérique doit être considéré comme une compétence et une fonction aussi essentielles que les ressources humaines ou le développement de l'activité.

Cette mutation passe aussi par la modernisation des systèmes et des processus historiques qui pourraient faire obstacle à l'intégration numérique. Il ne s'agit pas seulement d'adopter de nouvelles technologies, il faut aussi repenser les processus pour mettre les solutions

numériques au cœur de chaque décision, de chaque innovation, et refondre les systèmes IT pour pouvoir construire des produits numériques directement dessus, rapidement, et sans engendrer de dette technique ou impacter une foule d'anciens systèmes sclérosés.

Un bon exemple est fourni par un célèbre constructeur automobile américain qui, en partant de zéro et en adoptant une approche « *digital-first* », a réinventé à lui seul ce qu'est une voiture et comment elle est fabriquée. En intégrant des logiciels et une connectivité de pointe dans ses véhicules et son processus de fabrication, et en étant le premier à réaliser des mises à jour à distance, ce constructeur améliore sans cesse ses véhicules après l'achat. Pour sa production, il utilise abondamment l'automatisation et l'analyse des données afin d'optimiser l'efficacité et la qualité de la fabrication. La robotique et les processus à base d'IA fluidifient les lignes d'assemblage, réduisent les coûts et augmentent la précision. Au total, cette intégration numérique améliore l'expérience utilisateur, la performance des



véhicules et l'efficacité industrielle.

Casser les silos : travailler entre équipes

Dans le secteur ferroviaire, l'innovation requiert souvent des expertises issues de différents domaines : ingénierie, data science, service client, cybersécurité... Le cloisonnement traditionnel des activités peut être un frein à l'échange d'idées et ralentir le développement des produits. Aussi, il est fondamental d'entretenir une culture qui encourage la collaboration entre les services. Un bon moyen est de créer des équipes

transverses, pluridisciplinaires, qui combinent les savoirs des uns et des autres.

Ces équipes doivent pouvoir fonctionner avec un degré élevé d'autonomie et de responsabilité, et être soutenues par leur hiérarchie mais libérées de tout micro-management. Non seulement cette approche accélère le processus d'innovation, mais elle contribue aussi à ce que les acteurs s'approprient le projet et soient fiers de ces résultats.

Incarner le changement : leadership et vision

Le leadership joue un rôle clé dans la transformation culturelle. Les dirigeants doivent non seulement énoncer une vision claire pour le futur de l'entreprise, mais aussi agir conformément à leur discours.

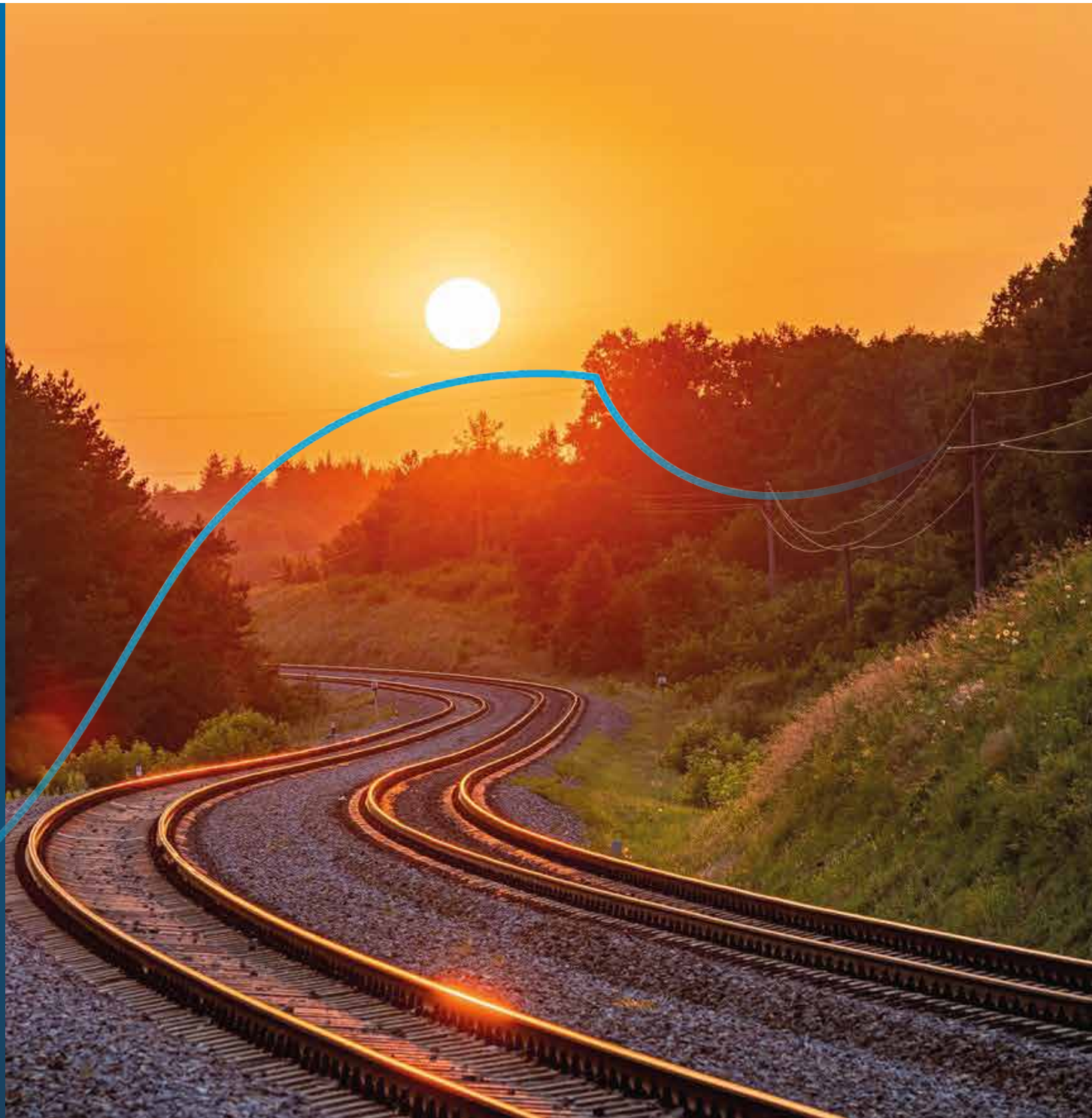
Ils doivent pour cela se faire les champions visibles du changement et démontrer par leurs actes et leurs décisions qu'ils ont eux-mêmes assimilé la nouvelle culture. Il est également crucial qu'ils communiquent de façon efficace

de manière à ce que tous les collaborateurs comprennent le « quoi » et le « comment », mais aussi le « pourquoi » de cette évolution. La transformation numérique ne doit pas être vécue comme quelque chose qui a été décidé contre les équipes, mais comme l'opportunité pour chacun de travailler mieux et de contribuer à la réussite de l'entreprise.

Les dirigeants doivent être accessibles et ouverts aux remarques, et cultiver une communication dans les deux sens qui favorise la confiance et l'adhésion des équipes. Enfin, ils doivent reconnaître et récompenser les contributions individuelles à l'innovation et aux initiatives numériques pour montrer de façon claire que ces actions sont valorisées par l'organisation.



Conclusion



Une illustration de la réussite

Le [projet de train léger français](#) [12] offre un exemple où se combinent des innovations au niveau du matériel roulant et de l'infrastructure de transport. En France, les petites lignes suscitent un regain d'intérêt, mais leur redonner vie nécessite de repenser le système pour les rendre plus attractives et moins coûteuses. Grâce à l'emploi de technologies avancées et à une approche systémique novatrice, ce projet vise à en réduire de 30 % les coûts d'exploitation pour qu'elles soient de nouveau rentables.



Ce projet comporte la conception d'un train léger basé sur une plateforme modulaire qui peut s'adapter aux besoins des voyageurs. Il est propulsé par un moteur électrique à batteries et à piles à hydrogène pour limiter le coût du transport et l'empreinte carbone. La flexibilité de son aménagement intérieur permet de répondre à un maximum d'usages. Enfin, ce nouveau train est conçu pour circuler sur les voies existantes et ne nécessitera que peu de

En plus du design du matériel roulant, ce projet systémique couvre la signalisation, les systèmes de commande et de contrôle, et la surveillance des infrastructures. Le train utilise des capteurs et une aide à la conduite pour optimiser le trajet, et une signalisation efficace qui pourrait, à terme, permettre un fonctionnement autonome.

Le mot de la fin

La technologie évolue de plus en plus vite. Songeons que nombre de trains aujourd'hui en circulation sont antérieurs au premier iPhone. Les nouvelles technologies ferroviaires se doivent donc d'être flexibles. Construire un environnement ouvert, adaptatif, à haut débit, dans les trains, sur les voies et pour les opérations est incontournable si l'on veut pouvoir encore gagner en efficacité à l'avenir.

Pour y parvenir, la pente est raide, et elle peut être difficile à gravir sans les ressources, les connaissances et les actifs appropriés, ainsi que les méthodologies permettant de faire les bons choix. De nombreux programmes numériques (et pas seulement dans le ferroviaire) échouent en raison d'un manque d'expérience, de cohérence dans l'approche, ou d'attention aux détails.

Trouver le bon partenaire pour vous accompagner sur ce chemin est l'une des clés de la réussite. Vous devez choisir un acteur qui possède une longue expérience du numérique dans le domaine ferroviaire comme dans d'autres secteurs sensibles. Un acteur, aussi, qui a démontré son engagement en investissant dans des technologies comme l'IA et la Gen AI pour accélérer la transformation des métiers, et qui est en mesure d'apporter à tous les acteurs du ferroviaire, opérateurs comme industriels, des technologies capables de les transformer.

Capgemini peut vous accompagner dans cette transformation.



Auteurs



Michael A. Davis

Railroad Industry Solutions Lead, Capgemini Engineering



José Pattyn

CTO / Lead Architect Rail, Infrastructure & Transportation, Capgemini Engineering

Pour tout échange, vous pouvez contacter:

michael.davis@capgemini.com

christophe.depit@capgemini.com

sophie.vallot@capgemini.com

References

1. Our World in Data, "Cars, planes, trains: where do CO₂ emissions from transport come from?" <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>
2. Eurostat, "Railway passenger transport statistics - quarterly and annual data" https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Railway_passenger_transpo_quarterly_and_annual_data
3. Capgemini Engineering, "FUTURE RAILWAY MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS" https://prod.ucwe.capgemini.com/wp-content/uploads/2023/04/FRMCS_position_paper_April-23_final.pdf
4. Capgemini Research Institute, "Turbocharging software with Gen AI" https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2024/07/CRI_Turochanging-Software_Final.pdf
5. UK Department for Transport, "Rail factsheet: 2023" <https://www.gov.uk/government/statistics/rail-factsheet-2023/rail-factsheet-2023>
6. Capgemini Research Institute, "THE PEOPLE EXPERIENCE ADVANTAGE" https://prod.ucwe.capgemini.com/wp-content/uploads/2022/07/People-Experience-Research_Report.pdf
7. The MaaS Alliance, <https://maas-alliance.eu/>
8. International Union of Railways (UIC), "The journey toward AI-enabled railway companies" https://uic.org/com/IMG/pdf/uic_layout_web_05032024.pdf
9. International Railway Journal, "Megatrends: what the rail sector needs to know" <https://www.railjournal.com/opinion/megatrends-what-the-rail-sector-needs-to-know/>
10. Capgemini Invent, "CULTURE FIRST!" https://www.capgemini.com/de-de/wp-content/uploads/sites/8/2022/08/Culture-First-Capgemini-Invent_web.pdf
11. Capgemini, "Digital Culture" https://prod.ucwe.capgemini.com/gb-en/wp-content/uploads/sites/5/2023/08/Capgemini_A_Digital_Culture.pdf
12. Capgemini, "TELLi, redynamiser les territoires en relevant les défis ferroviaires" <https://www.capgemini.com/fr-fr/actualites/cas-clients/train-leger-innovant/>
13. Gen AI is not enough <https://www.capgemini.com/solutions/elevate-gen-ai-with-augmented-engineering/>

Merci d'avoir consulté

Réinventer le rail

Section 2

www.capgemini.com