

JUMEAU NUMÉRIQUE FERROVIAIRE : ÉTAT DES LIEUX, PERSPECTIVES ET PREMIERS RÉSULTATS

“

**Répondre à l'exigence
d'efficacité et de qualité
de la production en
accélérant la digitalisation.**

Notre crédo





Voici notre deuxième « livre blanc » qui vous présente sous la forme de réponses aux questions qui nous sont régulièrement posées, la montée en maturité et nos réalisations sur le Jumeau Numérique dans notre entreprise.

Le concept de jumeau numérique est très attractif et utilisé par de multiples acteurs dans l'industrie, mais pas encore suffisamment pour les infrastructures, il était donc indispensable de présenter notre compréhension et nos actions dans ce champ d'application.

Grâce à cet ouvrage, vous pourrez en savoir plus sur de nombreux cas d'usage. Certains, vous le verrez, sont à un stade de développement avancé, notamment autour du calcul automatisé de gabarit et du renouvellement de ballast. C'est l'ensemble de toutes ces applications qui fera la valeur du jumeau numérique pour le mainteneur dès aujourd'hui, mais aussi bientôt pour l'exploitant.

Un des axes de valeur ajoutée du jumeau numérique consiste à mettre en relation des données issues de gisements hétérogènes. Cet ouvrage aborde de manière pragmatique les questions de la qualité de la donnée ainsi que sa modélisation informatique afin de la rendre partageable et utilisable de manière transversale dans tous les systèmes d'information de l'organisation.

Le jumeau numérique SNCF ne se contente pas (contrairement à certaines acceptions du sujet) de diffuser de la donnée ou des données, même issues de sources différentes. Il s'agit d'utiliser ces données qui rendent compte, au-delà de la description du réseau, de son historique d'usage réel, des opérations de maintenance, etc..., afin de pouvoir par exemple prévoir sa durée de vie restante. Il est possible à plus long terme d'envisager de contribuer à la reconception des plans de transport via la simulation en quasi temps-réel en cas de situation perturbée. L'apport de l'intelligence artificielle et du machine learning est essentiel pour tirer le meilleur parti des possibilités offertes par le Jumeau Numérique, et des exemples sont détaillés dans les pages qui suivent.

Le lien avec le BIM est bien entendu abordé : le BIM prépare en phase projet et construction le jumeau numérique à travers un DOE (Dossier d'Ouvrage Exécuté) que nous travaillons à rendre digital notamment dans un cadre européen. Certains acteurs font d'ailleurs démarrer le concept de jumeau numérique dès la conception pour insister sur la nécessaire continuité numérique tout au long du cycle conception-construction-exploitation/maintenance.

Toutes ces facettes du jumeau numérique SNCF Réseau apparaissent dans ce livre blanc qui, je n'en doute pas, ne manquera pas de vous passionner !

Pierre-Etienne GAUTIER

Directeur du Programme BIM et Continuité Numérique

EN 10 QUESTIONS : COMPRENDRE CE QUE LE JUMEAU NUMÉRIQUE SNCF RÉSEAU PEUT APPORTER À CHACUN DANS SON MÉTIER.

00

Fiches pratiques sur les concepts clés

- Le Jumeau Numérique SNCF Réseau en bref [12](#)
- Le futur au présent, Jumeaux Numériques ailleurs dans l'industrie [14](#)
- Exemples de réalisations Jumeau Numérique sur le réseau ferroviaire national [16](#)
- Les concepts clés Jumeau Numérique [18](#)
- Articles paru dans le Global Railway Review [20](#)

01

SNCF Réseau est-elle à la pointe de ce qui se fait autour du Jumeau Numérique dans le transport ferroviaire ?

- 1A** Les initiatives des Gestionnaires d'Infrastructure autour du Jumeau Numérique [26](#)
- 1B** Une politique d'innovations digitales volontariste chez SNCF Réseau [28](#)

- 1C** Les avancées du Jumeau Numérique SNCF Réseau, tout au long du cycle de vie des projets [34](#)

02

Quels sont les enjeux industriels actuels autour du Jumeau Numérique ?

- 2A** La nouvelle place de la data dans la performance des entreprises [38](#)
- 2B** Capturer le réel et le transformer, IoT et industrie 4.0 ou 5.0 [40](#)
- 2C** De la dématérialisation à la digitalisation grâce à l'intelligence artificielle [42](#)

03

Comment le Jumeau Numérique s'inscrit-il dans la digitalisation de SNCF Réseau ?

- 3A** Le Digital, la Data et le Jumeau Numérique dans TOUS SNCF

AMBITION RÉSEAU [46](#)

- 3B** Le Jumeau Numérique et les grands Programmes SNCF Réseau [48](#)

- 3C** Le Jumeau Numérique, connectant potentiellement tout le groupe SNCF [50](#)

04

Quelles sont les 6 notions clé pour comprendre le Jumeau Numérique SNCF Réseau ?

- 4A** Enjeux [54](#)
- 4B** Définitions [56](#)
- 4C** Acteurs [58](#)
- 4D** Quelles méthodes d'analyse d'opportunité ? [60](#)
- 4E** Jalons [64](#)
- 4F** Chiffres-clés [66](#)

05

Quels sont les environnements et les technologies connexes au Jumeau Numérique SNCF Réseau ?

- 5A** Le BIM et le Jumeau Numérique, qui fait quoi ? [70](#)
- 5B** Intelligence artificielle, science de la donnée et Jumeau Numérique [72](#)
- 5C** Savez-vous modéliser ? Il est temps de parler d'Ariane [74](#)

06

Quelles sont les initiatives qui favorisent le déploiement du Jumeau Numérique ?

- 6A** Les filières de données au service du développement des nouveaux usages digitaux métiers [78](#)
- 6B** Les projets digitaux qui nourrissent le Jumeau Numérique [82](#)
- 6C** La place de l'accompagnement à la transformation digitale dans la réussite du

Jumeau Numérique [84](#)

07

Puis-je voir de premiers résultats concrets avec le Jumeau Numérique ferroviaires ?

- 7A** Le Jumeau Numérique au service du mainteneur [88](#)
- 7B** Le Jumeau Numérique au service de la continuité numérique [90](#)
- 7C** Exemple de service digital de prévision dans une approche Jumeau Numérique. [92](#)

08

Quels seront les usages futurs du Jumeau Numérique de SNCF Réseau ?

- 8A** Accélérer vers la maintenance prédictive [96](#)
- 8B** Stratégie, finance et asset management [98](#)
- 8C** Intéropérabilité du réseau ferroviaire Européen [100](#)

09

Comment rendre mon application ou mes données compatibles avec les enjeux du Jumeau Numérique ?

- 9A** Sous l'angle de l'importance de la continuité de l'information [104](#)
- 9B** Sous l'angle de l'accès à la donnée [106](#)
- 9C** Sous l'angle de la création d'application [108](#)

10

Qui sont les acteurs clés qui agissent pour le déploiement du Jumeau Numérique et de la digitalisation dans l'entreprise ?

- 10A** Notre équipe projet [112](#)
- 10B** Notre programme d'accompagnement [114](#)
- 10C** Un réseau de partenaires [116](#)

LES FICHES PRATIQUES SUR LES CONCEPTS CLÉS

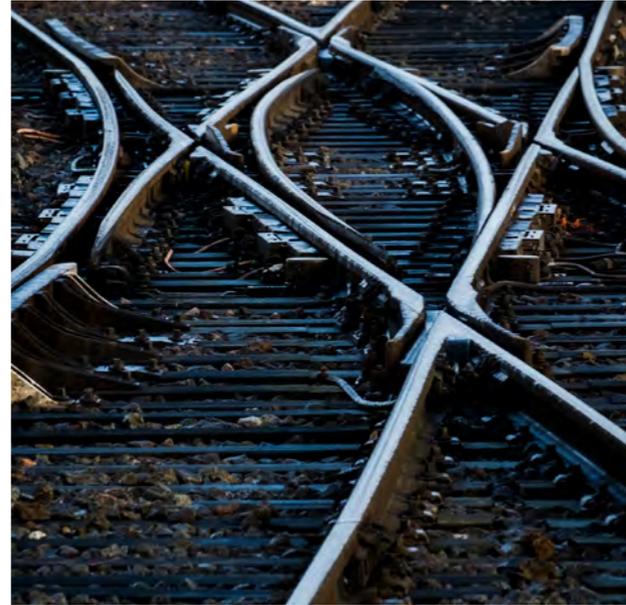


LE JUMEAU NUMÉRIQUE SNCF RÉSEAU EN BREF

Définition

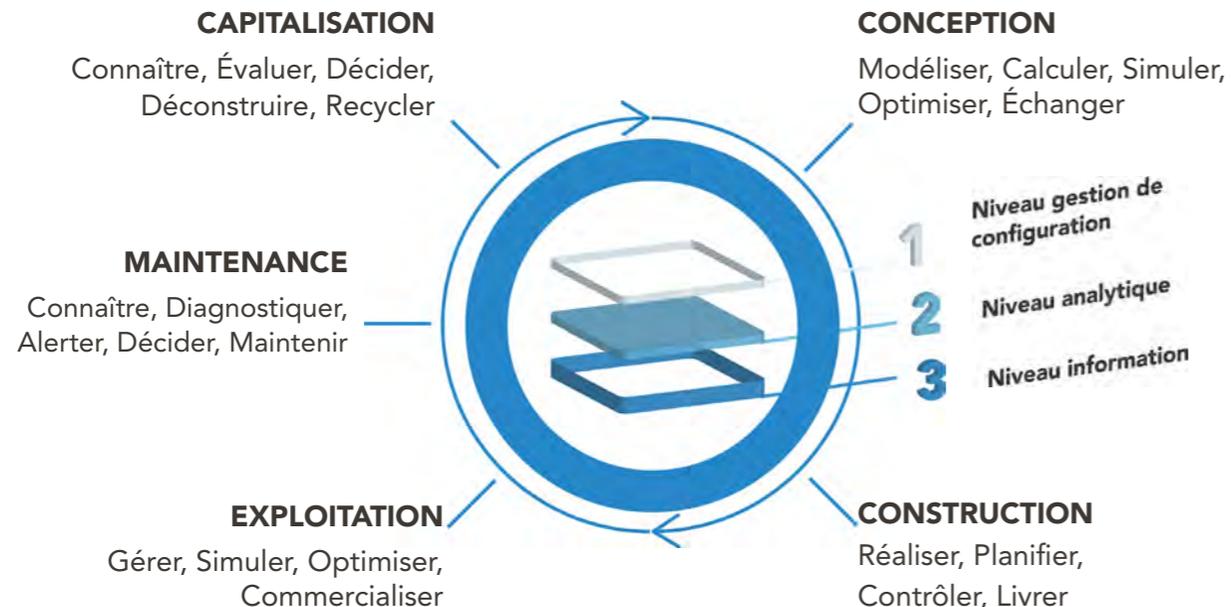
Pour SNCF Réseau, le Jumeau Numérique d'un gestionnaire d'infrastructure de transport est la représentation numérique du système ferroviaire dans toutes ses dimensions. Il rend disponible toutes les informations relatives à la description, l'état, l'usage, les travaux, les opérations ainsi que les ressources et le financement.

Le Jumeau Numérique couvre la totalité du cycle de vie du système, dans le passé, le présent, et le futur. Le Jumeau Numérique offre notamment un ensemble de services associés, de fonctions d'analyse, de simulation, de supports de décision.



Un schéma clé

Système ferroviaire et Jumeau Numérique : les niveaux de service



3 cas d'usages SNCF Réseau

- 1 DÉTECTER DES INFRASTRUCTURES DANS DES SCANS 3D**, pour de la mesure automatique et de la génération de plans. **Page 88**
- 2 MODÉLISATION DIGITALE**, du DOE pour garantir sa circulation tout au long du cycle de vie d'un projet ou d'un chantier. **Page 90**
- 3 ANALYSER AUTOMATIQUEMENT LES VOLUMES DE BALLAST** en surplus ou en déficit sur le profil de référence. **Page 92**

Les concepts clés à connaître

L'APPROCHE SYSTÉMIQUE	Page 18
LA MODÉLISATION DE DONNÉES	Page 74
LA CONTINUITÉ DE L'INFORMATION	Pages 60 & 90
LE CYCLE DE VIE DES PRODUITS	Page 34
LA DIGITALISATION	Page 42

Comment lancer votre projet Jumeau Numérique

EVALUEZ CE QUE VOUS POUVEZ TIRER D'UN PROJET JUMEAU NUMÉRIQUE en fonction des enjeux de votre métier. **Page 60**

LES QUESTIONS À SE POSER pour évaluer le modèle économique d'un projet Jumeau Numérique. **Page 44**

COMMENT ANIMER LE CHANGEMENT et faire accepter de nouvelles pratiques en s'appuyant encore plus sur le digital. **Page 84**

LE FUTUR AU PRÉSENT, JUMEAUX NUMÉRIQUES AILLEURS DANS L'INDUSTRIE



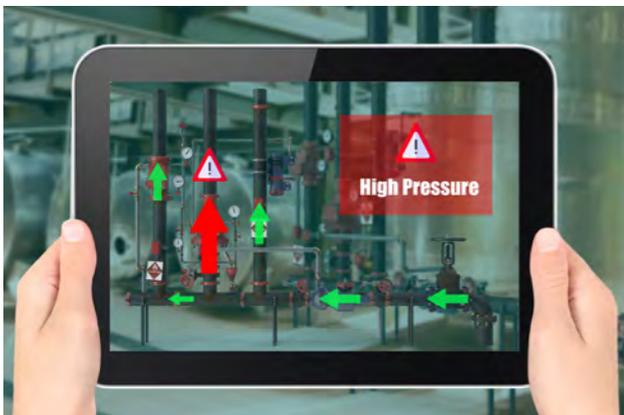
La Smart City

Elle connecte des modèles digitaux se nourrissant de capteurs et de données multiples pour piloter les ressources au plus près des besoins pour rendre le meilleur service.



L'industrie 5.0

L'opérateur dispose à tout moment de toutes les informations de conception, de fonctionnement, de capteurs lui permettant de prendre les bonnes décisions et d'agir au mieux à partir de simulations. Grâce à cela, l'humain est remis au centre du système.



La Réalité Augmentée

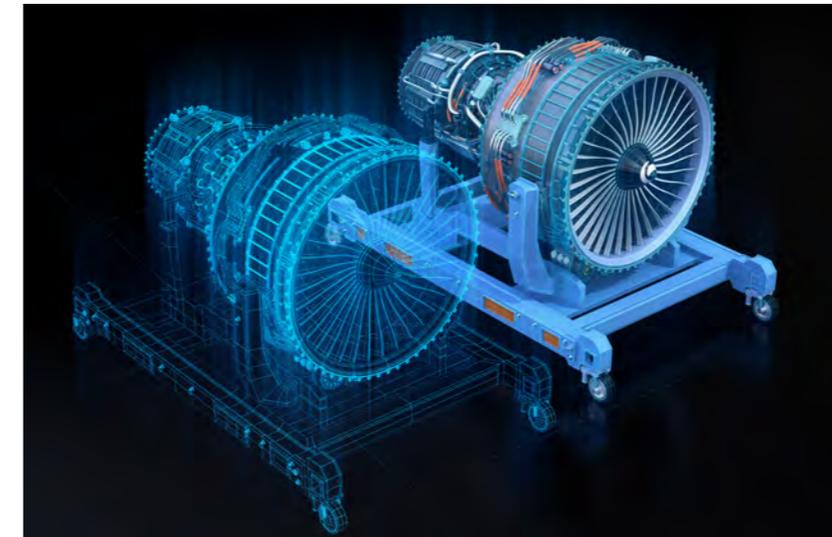
Où qu'il soit sur le terrain, l'opérateur dispose d'informations multiples lui permettant des actions concrètes et une compréhension des causes des problèmes rencontrés. Il est connecté à toutes les bases de l'entreprise.

Un exemple industriel : General Electric et le Jumeau Numérique

General Electric, fabricant de turbines de production d'énergie a beaucoup communiqué sur le Jumeau Numérique. Ils l'ont implémenté autour de toutes les turbines qu'ils installent partout dans l'industrie.

Les appareils sont équipés de capteurs qui renseignent en temps réel sur de nombreux modèles numériques de maintenance prédictive, mais aussi de l'ensemble des données de conception des dispositifs. Toutes les pièces sont accessibles en 3D, tous les flux, les processus sont modélisés et permettent d'analyser sur écran les problèmes de fonctionnement et de dégager des modalités d'action, de prévention, de maintenance en ayant à disposition tous les paramètres, pas d'un seul appareil, mais de toute la base installée.

Ce type de dispositif est aussi mis en place pour les réacteurs d'avions, qui sont équipés dès la conception de capteurs qui permettront de rendre compte de leur fonctionnement, pour eux-mêmes et pour enrichir la base de connaissance apprenante permettant de construire des modèles généraux de fonctionnement ou de vieillissement.



Un Jumeau Numérique est un modèle digital vivant qui génère de la performance financière.

Colin J. PARRIS – Vice President, General Electric Software Research ("A digital twin is a living model that drives a business outcome.")

EXEMPLES CONCRETS DE RÉALISATIONS JUMEAU NUMÉRIQUE SUR LE RÉSEAU FERROVIAIRE NATIONAL



Le LiDAR

Près de 40 000 km de voies sont scannés chaque année avec des dispositifs Laser. Ils permettent avec un traitement d'intelligence artificielle de détecter des infrastructures, de les mesurer, d'analyser leur vieillissement ou leur fonctionnement en les croisant avec d'autres données.



La donnée sur le terrain

Le premier projet Jumeau Numérique développé permet à des opérateurs de disposer de toutes les informations figurant dans les bases de description et de maintenance afin de donner aux opérateurs toutes les sources d'informations utiles à leurs actions.



La ressource juste

Une analyse spécifique des scans 3D permet de différencier les zones manquant de ballast et celles en surplus, afin de diminuer les quantités régénérées, d'accélérer les travaux, ou de préparer les chantiers Suites Rapides.

Vers un Jumeau Numérique de la consommation électrique

La consommation électrique du réseau est un élément clé de notre performance d'exploitation, et de notre performance économique. De nombreuses données de consommation remontent des motrices ou des sous-stations. Ces données peuvent être mises en perspective avec les données de circulation en temps réel, et ainsi construire des modèles reliant type de train, tonnage, météo, type de parcours instantané et consommation effective.

Il est alors possible de piloter au plus près, mais il est surtout possible de projeter la consommation, à 24h, à la semaine à venir, à l'échelle du prochain horaire de service, ou de toute modification de plan de transport. La consommation électrique est alors abordée de manière systémique, connectée, instantanée ou prédictive.

La consolidation de ces travaux au sein d'un système digital connecté, partagé et modélisé aux standards de nos systèmes d'information permet aussi bien de disposer d'informations clés dans les phases de conception, d'exploitation, de maintenance, de régénération, de décommissionnement ou de recyclage. Les informations produites peuvent être réinjectées dans les gisements de l'entreprise ou produire des services utiles à d'autres métiers.

C'est un travail de longue haleine mais les briques se construisent en ce moment et seront très bientôt assemblées pour disposer d'un Jumeau Numérique cohérent de la consommation électrique.



De nouveaux usages de nos données de consommation électrique ont beaucoup de potentiel car ils permettront d'optimiser un poste de coût majeur pour l'entreprise.

Etienne SOURDILLE – Expert Traction Électrique SNCF Réseau

LES CONCEPTS CLÉS JUMEAU NUMÉRIQUE

Les gisements, les API, concepts clés d'accès à la donnée et au système d'information, en lecture et en écriture

La donnée est le carburant de tout Jumeau Numérique. À ce titre il est essentiel de s'approvisionner au plus près de la source pour ne pas souffrir de décalages ou dénaturations liées à des copies pas toujours mises à jour. SNCF Réseau a mis en place des gisements de données de référence, et dans lesquels toutes les applications doivent se sourcer et éventuellement venir écrire ce qu'elles peuvent produire ou transformer.

Les gisements de référence sont accessibles via des services en lignes, appelés Web Services, ou API. Quand on parle de Web Service (ou d'API), on fait référence à un service offert par une source de données qui permet de s'y connecter en lecture ou en écriture, après avoir été habilité et intégré le protocole de communication dans l'application cible. Par la consultation de Web Services, l'application consommatrice dispose toujours des données les plus à jour, au plus près de la source de référence.



Gilles DESSAGNE, créateur du modèle Ariane
Expliquant l'accès à la donnée aux participants
du Datathon SNCF Réseau 2019

L'approche systémique et la modélisation Ariane

L'approche systémique est un principe qui a vocation à décrire des phénomènes complexes qui ne peuvent être décomposés en un ensemble de problèmes plus simples, indépendants les uns des autres.

Quand le nombre de liens entre les éléments d'un système devient bien plus important que le nombre d'éléments, il devient utile d'avoir une vision globale de la dynamique de fonctionnement de l'ensemble.

Dans ce cas, l'analyse du comportement de chaque élément pris indépendamment des autres ne permet pas de rendre compte de l'équilibre du système global, puisque chaque élément influe sur les autres.

Mais comment décrire cette réalité complexe dans une grammaire compréhensible par les systèmes d'information ? C'est le sens de la modélisation de données orientée système, qui décrit avec une forte cohérence tous les objets, tout en préservant une faible dépendance des objets entre eux. Depuis plusieurs années, SNCF Réseau est engagée dans ce processus de description de ses objets métier dans un modèle appelé ARIANE qui permet de disposer aujourd'hui de plus de 2000 objets décrits de

manière informatiquement structurée, et pouvant être enrichis de leurs données dès qu'elles sont disponibles. Les données de description, d'état ou d'usage du réseau peuvent alors plus facilement être stockées notamment dans des gisements accessibles à toutes les applications via des web services.

Disposer d'un modèle de donnée systémique, c'est garantir aux systèmes d'information une capacité d'adaptation aux besoins d'aujourd'hui, mais aussi de demain. En effet, un modèle de donnée décrivant aussi bien les objets que leurs interactions, permet de laisser ouverts de nouveaux champs d'investigation pouvant émerger au gré des prochaines évolutions technologiques.

L'intelligence artificielle

L'apprentissage

La notion d'apprentissage en Intelligence Artificielle est le concept qui sous-tend notamment les algorithmes de Machine Learning.

Un échantillon de données de référence est préparé afin de disposer du résultat de détection attendu, par exemple bon ou mauvais, ouvert ou fermé, bois ou béton... La caractéristique à identifier doit être précisée de manière exhaustive dans l'échantillon d'apprentissage.

Un algorithme est alors optimisé pour prédire au mieux les valeurs cibles en fonction des données disponibles. C'est la phase d'entraînement.

Dans la phase d'exploitation, les actions manuelles de validation ou de correction améliorent automatiquement le modèle et sa précision de réponse.

Algorithmes et règles de gestion des métiers

L'algorithme est la succession d'opérations, lié à l'exécution d'une fonction spécifique d'intelligence artificielle : détection, prévision, classification... plusieurs algorithmes peuvent être combinés au sein d'une application.

Une règle de gestion ou un processus métier est un ensemble d'actions ou de consignes qui décrivent des actions réelles à effectuer en fonction de différentes situations ou d'informations disponibles.

Un programme permet de décrire dans des fonctions compréhensibles par un ordinateur une combinaison de transcription de règles de gestion et de processus réels, utilisant notamment de nouvelles données générées par les algorithmes mis en œuvre.

ARTICLE PARU DANS LE GLOBAL RAILWAY REVIEW MARS 2021

A l'heure où de nombreux cabinets de conseil en stratégie parlent du Jumeau Numérique comme la prochaine rupture technologique et digitale, et avant d'aborder les travaux et projets menés autour du Jumeau Numérique de SNCF Réseau pour le réseau ferroviaire français, il nous paraît utile de tenter de répondre à la question suivante :

Peut-on envisager sérieusement de disposer d'un double numérique d'un système industriel, vieux de 150 ans, fait d'acier, de bois, de béton, de systèmes électriques, d'automatismes, d'informatique plus ou moins évoluée, construit par empilement de régénérations et de nouveaux projets, et dégager de nouveaux leviers de performances grâce à des usages innovants ?

Longtemps, un double numérique a été vu comme un modèle en 3 dimensions le plus proche possible de la réalité. Mais dans le cas d'un réseau ferroviaire, la modélisation des abords des voies, de l'environnement change à minima au rythme des saisons, donc il faut pouvoir acquérir et gérer une représentation évolutive dans le temps, sur 50 000 km de voies dans le cas du réseau ferroviaire français. Mais cette représentation seulement spatiale ne rend pas compte de la dynamique de fonctionnement, des circulations, des règles de gestion,



des processus. Il y a donc aussi des couches de données traduisant la vie du réseau à l'échelle de la journée, de la semaine, du mois. On pourrait continuer à décliner différentes sources d'informations rajoutant chacune des niveaux de complexité, venant des degrés de liberté offerts aux incidents potentiels pouvant intervenir sur un des nombreux sous-ensemble du système.

Un système ferroviaire national est donc complexe par essence. Un double digital doit donc être en capacité d'absorber tous ces niveaux de complexité, de variété d'échelles, spatiales et temporelles, de la minute de retard à l'âge de l'ouvrage d'art centenaire, de la tolérance de la géométrie caténaire au millions de kilomètres circulés chaque jour, de l'historisation d'une intervention de maintenance à la planification financière de projets. Voilà un défi qui ne peut être relevé qu'en étant capable, à la fois d'avoir une vision globale, systémique et inclusive, pour laisser le futur être potentiellement intégré, et aussi de délivrer des gains concrets permettant de disposer de leviers de transformation digitale basés sur de nouveaux usages performants.

C'est donc sur ces deux axes que SNCF Réseau a abordé le Jumeau Numérique depuis 2018 : global, par la conceptualisation de l'existant et des futurs usages, par un nouveau modèle de données systémique appelé ARIANE, par la digitalisation et le développement de la transversalité des données métiers habituellement en silos dans leurs systèmes d'information, mais aussi à un autre niveau, opérationnel, par des applications concrètes délivrant une valeur mesurable en utilisant le digital pour créer de nouveaux processus générant de la performance dès aujourd'hui.

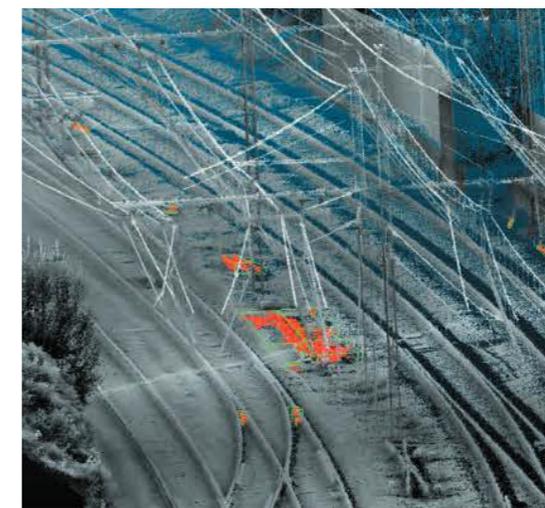
Pour nous, le Jumeau Numérique SNCF Réseau doit s'appuyer sur la somme interconnectée de toutes les initiatives digitales et applicatives existant dans l'entreprise. Avant d'envisager de tous nouveaux usages, il nous semble essentiel de repérer les projets qui ont tout pour être orientés Jumeau Numérique. Un réseau ferroviaire vend un et un seul produit en masse : des sillons. Un sillon est aujourd'hui avant tout une donnée numérique dans un système d'information. Le sillon a un cycle de vie complexe qui commence pour SNCF Réseau 3 ans avant sa consommation par les commandes prévisionnelles de nos clients. Il y a donc une phase de conception, d'exploitation, de mainte-

nance, d'historisation de ce sillon, ou plutôt des données qui représentent ce sillon dans les systèmes d'information. Voici donc un produit central qui n'existe quasiment que dans un univers digital en dehors de sa phase de consommation quand il se transforme en circulation réelle. Il est très intéressant de comprendre comment les processus historiques et centraux se digitalisent et s'approchent

d'un pilotage tout au long de la durée d'existence dudit produit dans les systèmes d'information. Oui il y a du Jumeau Numérique qui s'ignore (ou pas) un peu partout dans notre entreprise, nous travaillons à le faire émerger pour qu'il nourrisse nos réflexions ou qu'il serve d'inspiration pour tous les projets.

utile de penser une sorte de grammaire permettant de décrire les phénomènes de manière cohérente, et ouvert afin de pouvoir s'adapter à l'émergence d'un nouvel usage, fait de nouvelles interactions entre des éléments existants ou des acteurs émergents.

La modélisation Ariane est un modèle de base de données systémiques qui permet de décrire tous les processus de l'entreprise sans être jamais limité par un vocabulaire de description trop restreint.



ARTICLE PARU DANS LE GLOBAL RAILWAY REVIEW MARS 2021

Mais pour qu'une potentialité de performance devienne un programme, ou soit la base de nombreuses applications, il faut montrer des réussites sur des cas d'usages permettant à chacun de se dire « mais alors c'est possible, et je pourrais le faire aussi pour mon activité ! ». Voici 5 exemples de projets actuels qui aujourd'hui portent le potentiel de performance offert par le Jumeau Numérique.

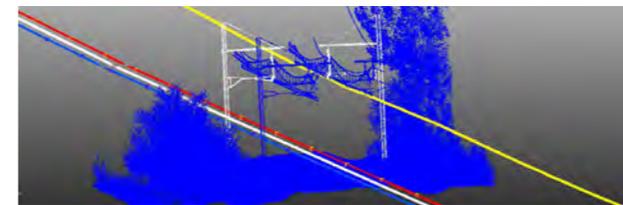
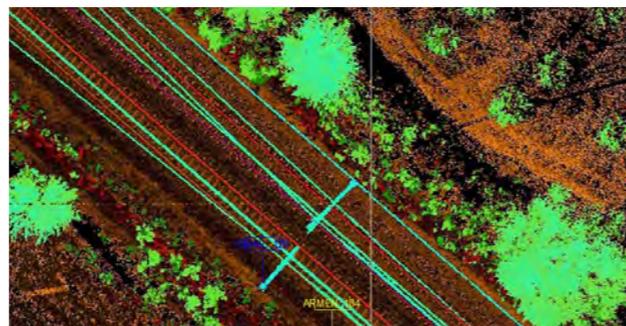
Continuité de l'information – Les chantiers Suites Rapides :

Dans le cadre du programme Européen Shift2Rail, nous développons en partenariat avec d'autres industriels « an augmented As-Buil-record » à l'issue de travaux de régénération de nos lignes par nos trains usines. L'objectif est bien d'assurer la continuité numérique des informations entre la phase travaux et l'entrée en périmètre de maintenance et d'exploitation. Nous allons délivrer une donnée structurée, facilement accessible et entièrement digitale à ces acteurs qui vont pouvoir la faire vivre sur le cycle de vie du système ferroviaire.



L'Intelligence Artificielle pour maîtriser le gabarit sur tout le réseau – Le projet Oméga2N, et aussi pour le compte de Railway Network :

La connaissance fine du dégagement en termes de gabarit de nos installations ferroviaires (Quais, ponts, entre-axe,..) est un élément fondamental de sécurité des circulations. Afin de gagner en performance et en sécurité nous nous appuyons sur une digitalisation complète de notre infrastructure sous forme de nuages de points 3D, qui constituent un clone de référence. C'est grâce à des algorithmes poussés de traitement de cette donnée que nous sommes à même de digitaliser l'ensemble du processus de vérification de la conformité de nos installations sur cette problématique. Nous avons aussi mis en œuvre ces outils pour le compte de Network Rail qui souhaitait évaluer le potentiel de traitement de ses nuages de points pour la mise à jour de ses bases gabarit.



Le calcul et le suivi automatisé de la géométrie caténaire :

La mesure et le contrôle de la hauteur sous caténaire ainsi que son désaxement sont des éléments clés de la performance du réseau afin de prévenir les incidents de traction. La précision de la mesure de la géométrie caténaire à partir d'une analyse algorithmique de nuages de points LiDAR atteint le centimètre et peut se faire en continu sur plusieurs centaines de kilomètres en quelques heures. La détection des poteaux permet aussi de générer automatiquement sur de grandes distances des plans d'implantation pour les opérateurs de travaux.

Recyclage de ballast, par calcul des zones de surplus et de déficit :

Le profil de ballast fait l'objet d'un profil type de référence vérifié lors de la dépose pendant les travaux. Nous calculons à partir d'acquisition LiDAR le profil de ballast réel, et le confrontons aux profil de référence. Des zones de déficit ou de surplus apparaissent. Elles sont géolocalisées et leur volume est calculé afin de permettre aux intervenants terrain de procéder à un recyclage ou un déplacement des volumes en excédent. Ceci représente un poste important d'économies et de développement d'une économie circulaire.

Différence entre deux nuages de point - Détection de dépôts d'objets en bord de voie :

Nous travaillons actuellement à améliorer la sécurité du réseau passe par la surveillance des objets qui peuvent être laissés malencontreusement sur le bord des voies, notamment après des travaux. La détection de ces objets, qui peuvent être par exemple des coupons de rail ou des traverses s'opère par une mesure de la différence entre deux acquisitions de nuage de points réalisées à quelques semaines d'intervalle. De cette manière, il est possible après filtrage de faire apparaître, et de caractériser la nature des dépôts identifiés. Leur type et leur localisation peut alors être envoyée aux acteurs de terrain pour une récupération, en vue par exemple d'un recyclage. La détection rapide automatique permet d'intervenir toujours plus rapidement et de diminuer le risque d'incidents de sécurité et les minutes perdues du fait de retard dus aux objets laissés en bord de voie.

SNCF Réseau met tout en œuvre pour faire du Jumeau Numérique un cadre de modélisation ainsi qu'un outil d'interconnexion de ses nombreux systèmes d'informations, pour que la donnée circule, et qu'il soit possible par le calcul, la simulation, la prédiction, de diffuser des micro-services accessibles à tous qui permettent de construire des réponses à des cas d'usage qui créent une valeur concrète pour le terrain à travers de nouveaux processus digitaux.

SNCF RÉSEAU EST-ELLE À LA POINTE DE CE QUI SE FAIT AUTOUR DU JUMEAU NUMÉRIQUE DANS LE TRANSPORT FERROVIAIRE ?



01

1A

Les initiatives des Gestionnaires d'Infrastructures autour du Jumeau Numérique.

1B

Une politique d'innovation digitale volontariste chez SNCF Réseau.

1C

Les avancées du Jumeau Numérique SNCF Réseau, tout au long du cycle de vie des projets.



1A

Les initiatives des Gestionnaires d'Infrastructures autour du Jumeau Numérique.

Classé parmi les dix grandes tendances technologiques stratégiques selon le cabinet Gartner (2017), le Jumeau Numérique s'installe progressivement dans le paysage industriel mondial. L'industrie l'utilise pour concevoir, surveiller, maintenir et optimiser ses machines et ses produits. Ce concept de Jumeau Numérique est émergent et la plupart des industries l'appréhendent pas à pas par les cas d'usages. Il n'existe pas à ce jour de Jumeau Numérique complet d'un système industriel mais plutôt des briques technologiques qui font la part belle à la simulation.

C'est une démarche nouvelle chez les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires, en-

clenchée depuis peu sur leurs périmètres respectifs, en s'appuyant notamment, sur le programme européen Shift2Rail* pour avancer ensemble sur le Jumeau Numérique de leur réseau.

Concrètement nos partenaires européens ont tous les mêmes problématiques :

- **La mise en qualité et le partage de la Data,**
- **Le silotage de leurs organisations,**
- **La nécessité de convaincre au plus haut niveau** de la valeur du Jumeau Numérique et des gains qu'il apporte,
- **Le besoin d'une standardisation** à minima sur l'architecture du socle technologique.



Les travaux récents du programme collaboratif européen de recherche Shift2Rail ont déjà tracé le chemin pour le Jumeau Numérique.

Programme Européen Rail Strategic Research and Innovation, 2020

Deutsche Bahn et Network Rail font actuellement un gros travail de collecte et de mise en qualité de la donnée issue de leur réseau.

Infrabel a fait le choix de démarrer sa démarche Jumeau Numérique en se concentrant sur des services de simulations pour améliorer la capacité de ses lignes et la robustesse de ses plans de transport.

Trafikverket a une approche plus globale (systémique) qui est assez proche de la démarche Jumeau Numérique de SNCF Réseau.

Infraestruturas de Portugal démarre juste ses réflexions et travaux. Elle est en attente forte de collaboration au niveau Européen, notamment dans le cadre du programme Shift2Rail.

Dans le cadre de ce programme, SNCF Réseau est leader de deux "Work Packages" dont les objectifs sont de définir un cadre commun autour du Jumeau Numérique avec les gestionnaires d'infrastructures européens et de délivrer un prototype de Jumeau Numérique après travaux de régénération par suites rapides.

Découvrez dans les deux pages suivantes ce que quatre autres acteurs ferroviaires européens pensent et mettent en oeuvre autour du Jumeau Numérique :



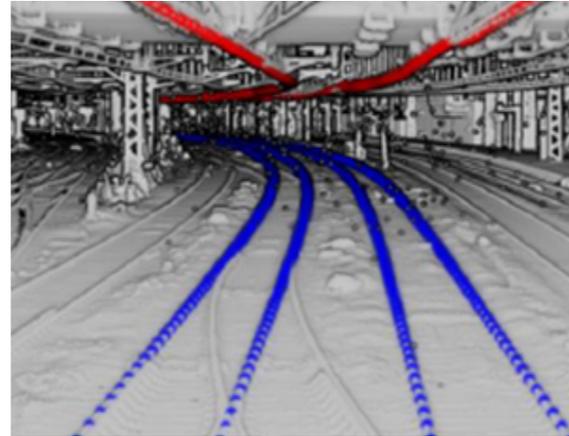
Et pour aller plus loin, consultez le dossier Jumeau Numérique de [Global Railway Review](#) de mars 2021.



Pour Network Rail, le gestionnaire d'infrastructures ferroviaires de Grande-Bretagne, les Jumeaux Numériques sont des représentations logicielles d'actifs, de systèmes ou de processus. Ils sont utilisés partout dans l'industrie ferroviaire pour améliorer la conception, le fonctionnement ou la planification d'une large gamme d'opérations. Pour eux, le Jumeau Numérique est une des technologies clés d'aujourd'hui et demain, dans le monde des transports.

Ils citent en exemple de leurs réalisations, un projet mis en œuvre sur les lignes Wales et Western Region, en partenariat avec Bentley Systems. Ils ont utilisé la technologie Jumeau Numérique pour développer de nouvelles signalisations dans la station de Londres Paddington et dans la gare d'Exeter.

Sur les lignes de la région Great Anglia, Network Rail s'appuie sur l'expérience japonaise dans la création d'horaires de service robustes afin de réduire les retards au minimum, à partir d'un outil digital de simulation. Ceci rend le système plus efficace et robuste que les processus manuels pré-existants dans le monde pré-digital, avant la mise en place de modèles fonctionnant dans un Jumeau Numérique.



L'opérateur de la ligne à grande vitesse HS1 envisage en 2021 d'introduire un Jumeau Numérique de surveillance afin de piloter et maintenir ses infrastructures de manière plus efficace et durable.

Pour Network Rail, les outils Jumeau Numérique devraient devenir des standards communs dans le monde du rail. Ils représentent une opportunité de planifier et construire de nouveaux projets de manière plus efficace qu'avec les méthodes traditionnelles, tout en permettant d'augmenter la performance et la sécurité des systèmes existants. Il prédisent un futur rayonnant aux Jumeaux Numériques dans le rail.



FOCUS SNCF RÉSEAU

SNCF Réseau a mis en œuvre ses technologies Jumeau Numérique en 2020 pour des calculs de gabarit sur la Western Line pour le compte de Network Rail.

ProRail est une filiale du gestionnaire d'infrastructures ferroviaires des Pays-Bas. Afin de répondre à la hausse croissante du trafic et à sa programmation, mais aussi pour répondre à l'usure proportionnelle à ce trafic, ProRail privilégie une approche pilotée par la donnée. Le pilotage s'oriente vers la prévision avec une utilisation accrue de la prédiction et de la recherche d'informations-clés.

La problématique qu'ils expriment est «
Pouvons-nous prévoir les dysfonctionnements et les actions correctives nécessaires afin d'agir en 'juste à temps' ? »

À partir notamment d'une couche de capteurs superposée aux anciennes infrastructures, ProRail souhaite de plus en plus se concentrer sur ce qui va pouvoir se passer plutôt que d'analyser seulement ce qui s'est passé. Pour ce faire ils essayent de transformer la grande quantité de données des différents systèmes d'information, qui sont tous basés sur des modèles de données différents dans des informations utiles aux opérations.

Pour ProRail, le Jumeau Numérique est le moyen idéal de fournir à ses employés l'ensemble des informations-clés des actifs du réseau, dans un format 3D attractif, avec de la cartographie, avec une vue schématique, ou juste sous la forme de listes d'infrastructures spécifiques.

De l'informatique décisionnelle avancée permet d'obtenir des informations utiles et de déterminer la date limite de remplacement de chaque voie des Pays-Bas.

Cette analyse permet de disposer des meilleurs informations sur le cycle de vie, les risques, les budgets, et la performance attendue pour le réseau. Pour réussir ce défi, ProRail insiste sur la nécessité d'apporter une attention particulière à la qualité de la donnée.

Comme SNCF Réseau, ProRail élimine, pour les applications industrielles, l'utilisation d'algorithmes de type 'boîte noire' afin que tout programme soit auditable et traçable, même si l'objectif est de disposer d'algorithmes capables de d'apprendre et pourquoi pas de prendre des décisions par eux-mêmes. Pour ProRail, l'utilisation de l'intelligence artificielle dans le rail est un mouvement qui ne pourra s'arrêter, et qui aidera le système à toujours mieux performer dans le futur.



FOCUS SNCF RÉSEAU

Comme ProRail, SNCF Réseau est très actif sur les capteurs et l'IOT. De plus notre entreprise, investit dans la création d'un modèle de données spécifique – ARIANE – permettant d'envisager une meilleure cohérence de ses systèmes d'information compatible avec les futurs développement de type Jumeau Numérique. De nombreux développements pour l'automatisation de la mise en qualité de la donnée sont aussi mis en place.





Le développement de Jumeaux Numériques est une des priorités pour RZD, le gestionnaire du réseau ferroviaire russe. Pour RZD, le Jumeau Numérique est une copie dans le monde digital d'un objet physique ou d'un processus, qui est utilisé pour optimiser ses performances. Un système Jumeau Numérique inclut un modèle électronique qui réagit aux stimuli internes et externes.

La technologie Jumeau Numérique permet à RZD d'utiliser ses ressources au mieux afin de maintenir son infrastructure ferroviaire. Elle permet aussi, avant de faire des changements structurels ou techniques dans un système physique, de les étudier dans un Jumeau Numérique afin de déterminer leur bien-fondé.

En effet, bon nombre d'erreurs ou de problèmes peuvent être détectés dans l'étude poussée d'objets numériques, et les corriger avant l'implémentation réelle est bien moins coûteux financièrement et en délais que de le faire pendant leur déploiement ou en phase de travaux.

Les Jumeaux Numériques de sous-ensembles industriels permettent de simuler les opérations à partir des données remon-

tées par les systèmes réels et leurs systèmes d'information. Pour cela, RZD est engagé dans la création de modèles 3D ou digitaux de ses voies, infrastructures, processus et automatismes industriels. Cette digitalisation se fait sur la base des plans et documentations existants dans les référentiels. RZD travaille sur plusieurs niveaux de modélisation digitale en fonction des objets et technologies concernées.

Pour RZD, la simulation est devenue une partie intégrante de la mise en œuvre de tout objet métier, permettant à chacun d'augmenter de manière significative la performance du produit, de réduire les coûts de développement et de mettre le produit en fonction plus rapidement. Une étude de faisabilité du Jumeau Numérique a notamment été menée sur la gare de Moscou.

La technologie Jumeau Numérique va fondamentalement changer la manière dont RZD va planifier, maintenir et opérer ses infrastructures, mais aussi mesurer l'impact des changements et des prérequis, de disposer de scénarios d'utilisation, en tenant compte des conditions météo ou d'autres variables pouvant affecter les indicateurs de performance clés des infrastructures ferroviaires du réseau Russe.

Pour UNIFE, les Jumeaux Numériques sont en ce moment au cœur des préoccupations des acteurs du transport, car ils portent en eux un fort potentiel d'innovation pour améliorer la conception, enrichir visuellement les outils de collaboration, et augmenter aussi bien la robustesse des actifs que leur performance.

Les possibilités offertes par les Jumeaux Numériques ne seront pas seulement de comprendre l'historique d'usage et l'état actuel des actifs, mais aussi de simuler des scénarios de maintien dans la situation actuelle et de prévision d'alternatives d'usage, de maintenance, d'évolution ou de changement.

Au niveau européen, la commission européenne a explicitement mis en avant l'importance de Jumeaux Numériques dans le cadre du Green Deal européen. Les entreprises du marché du rail voient dans les Jumeaux Numériques comme un levier facilitateur de progrès technologique pour le transport ferroviaire, par une interaction avec de grandes quantités de données aussi bien qu'avec de l'intelligence artificielle et de la blockchain, afin de tracer l'usage et les modifications.

Un des avantages réels de la technologie du Jumeau Numérique réside dans sa capacité à anticiper les développements essentiels sur le système et les sous-systèmes ferroviaires, en délivrant des informations-clés sur la performance future des actifs physiques, et éventuellement en permettant des solutions d'essai avant de prendre en charge les applications réelles.

Un des axes à fort potentiel est la maintenance prédictive du matériel roulant et des infrastructures, en prédisant et en identifiant les composants des voies et des véhicules qui présentent des risques de panne. Dans ces conditions, il est possible d'optimiser le retour sur investissement réalisé, notamment en évitant les dépassements budgétaires et la réduction des délais.

D'autre part il est à noter que les Jumeaux Numériques portent en eux la possibilité de se connecter ou d'être intégrés dans des écosystèmes plus larges, notamment vers la construction ou le génie civil, mais aussi pour la gestion des emprises ou la planification. Enfin, il est important de noter que la technologie Jumeau Numérique permet au rail de mieux répondre aux nécessités d'une économie circulaire, posée comme base du Green Deal européen.



FOCUS SNCF RÉSEAU

SNCF Réseau a investi dans le BIM pour utiliser des modèles numériques collaboratifs afin d'optimiser la conception de projets dans un univers digital afin de réduire les risques de reprise en cours de travaux.



FOCUS SNCF RÉSEAU

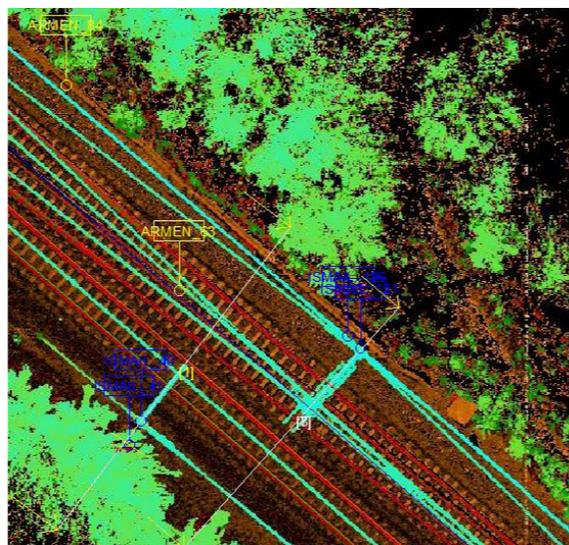
SNCF Réseau est un acteur majeur du programme Shift2Rail à travers notamment l'axe Jumeau Numérique du programme In2Smart2 autour de suites rapides. Les technologies mobilisées sur les serveurs de traitement du nuage de points sont très orientées « faible consommation d'énergie » et la question de la consommation électrique des systèmes d'information est un axe majeur de notre recherche et développement.

1B

Une politique d'innovation digitale volontariste chez SNCF Réseau.

L'innovation dans le cadre d'un système industriel faisant circuler 15 000 trains par jour en sécurité est souvent faite d'une somme d'améliorations incrémentales à tous les niveaux de la chaîne de valeur. Chacun des agents travaille chaque jour pour améliorer ce qui peut l'être, souvent dans le cadre de programmes d'innovation qui permettent d'orienter ressources et énergie vers des buts identifiés et prioritaires.

Il existe aussi des innovations qui nécessitent une mise en œuvre différente car elles portent en elles un potentiel de rupture.



Boitier ERTMS

Si elles émergent et arrivent à maturité, elles transformeront fondamentalement les modes de fonctionnement jusque-là partagés par tous. Par exemple, l'idée que la signalisation pourrait être affichée dans la cabine du conducteur plutôt que sur les bords des voies (ERTMS) porte la potentialité de modifications à tous les niveaux de la circulation : cantons virtuels, gestion de la fréquence de circulation en temps réel, augmentation de la densité de circulation, compatibilité inter-réseaux internationaux, mais aussi modification des outils de conduite et des installations physiques sur le réseau.



La transformation digitale de SNCF Réseau s'appuie sur de nouvelles technologies, dont les services Jumeau Numérique font partie. Ils portent en eux un potentiel majeur de résultats concrets pour la performance industrielle.

Hugues GIGLEUX, Chef de division Matrice / TTD Transformation Technologies digitales



Dans une même logique d'innovation digitale, SNCF Réseau a démarré dès 2017 le déploiement d'une solution de scan des voies et abords permettant de disposer d'une base de données de représentation 3D d'une grande partie du réseau. Elle a aussi investi dans une infrastructure de traitement qui représente aujourd'hui le plus gros centre de calcul de l'entreprise, adaptée à l'analyse de ces données 3D afin de pouvoir créer des applications dégagant des gains concrets.

En parallèle, des travaux de modélisation et de conceptualisation ont été menés sur ce que peuvent représenter des Jumeaux Numériques pour tous nos métiers.

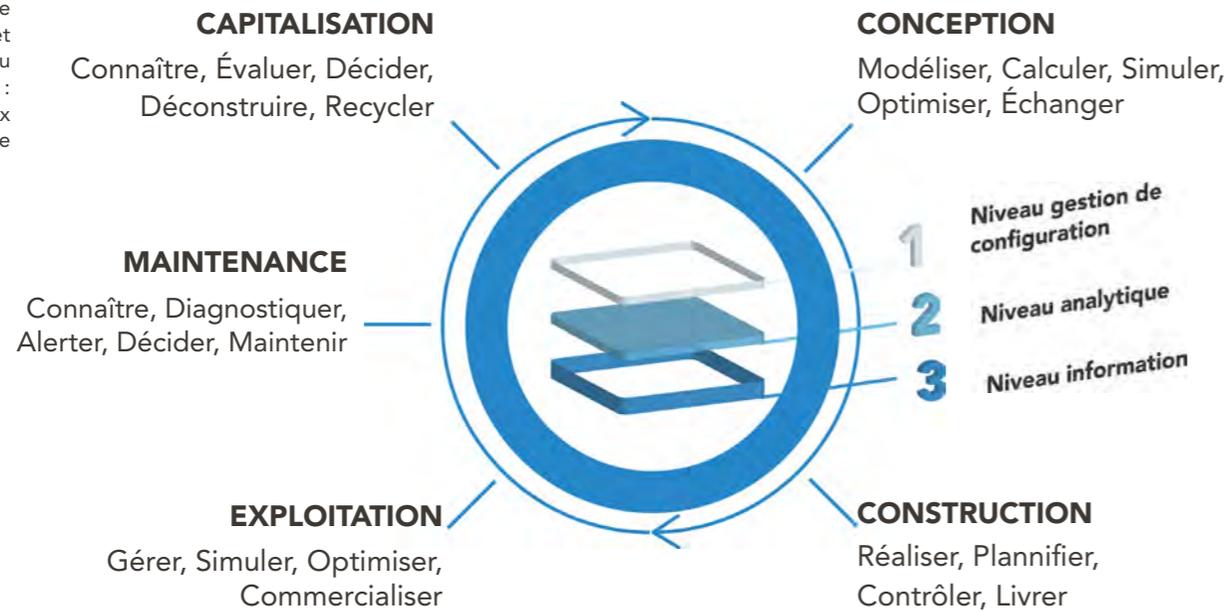
Cette politique volontariste d'innovation permet aujourd'hui de disposer d'un socle technique, théorique, organisationnel, et d'un flux de données à forte valeur d'usage, qui permet de passer à l'action en trouvant de nouveaux usages en rupture, créant de nouveaux gisements de performance.



1C

Les avancées du Jumeau Numérique SNCF Réseau, tout au long du cycle de vie des projets.

Système ferroviaire et Jumeau Numérique : les niveaux de service



Déployer une stratégie de type Jumeau Numérique, c'est chercher à disposer d'un ensemble de ressources disponibles et compatibles dans le temps tout au long du cycle de vie d'un projet industriel : conception, fabrication, utilisation, fin de vie.

À l'échelle d'un système ferroviaire, la durée d'un cycle se compte en plusieurs dizaines d'années. C'est un défi, et comme tout défi, il fait naître des opportunités.

Chaque jour, nous déployons des actions dans chacune de ces phases. Or grâce à la transformation digitale, et à la modélisation de données réalisée au sein des équipes Jumeau Numérique, et de la Direction Générale du Numérique, nous disposons de leviers d'actions concrets. Nous mettons en œuvre des actions de type Jumeau Numérique à chaque étape de la vie de nombreux projets, pour une création de valeur durable à l'échelle de temps des projets ferroviaires.



Messieurs, vous avez de très bons résultats, nous sommes impressionnés par votre technologie digitale et vos algorithmes.

James SWEENEY – Ingénieur gabarit Network Rail, message adressé aux équipes Jumeau Numérique SNCF Réseau



Voici quelques exemples d'initiatives concrètes où le Jumeau Numérique SNCF Réseau apporte de la valeur aujourd'hui, et pour demain.



En phase de conception :

La plateforme Atlas permet d'accéder aux levées de scan 3D, d'extraire des coupes dans les nuages de points et de prendre des mesures sans se déplacer sur le terrain. Ce service est en production depuis 2018 et fait gagner depuis 3 ans de la performance au quotidien.



En phase de construction :

Les chantiers de suites rapides ont besoin d'études notamment sur le profil de ballast pour que d'éventuelles interventions préalables aient lieu, afin de ne pas ralentir les travaux. L'étude algorithmique 3D de ces profils permet d'évaluer au plus juste, les volumes de ballast concernés.



En phase d'exploitation :

La détection de la géométrie caténaire précise au centimètre dans des scans 3D ainsi que la détection automatisée des poteaux, permet une surveillance régulière, qui pourra remplacer progressivement les engins de mesure dédiés sur rail.



En phase de fin de vie :

Notre premier service Jumeau Numérique, en test sur Paris Nord, permet notamment de centraliser des données sur la durée de vie des installations et d'envisager des remplacements de matériels en connaissance de cause en intégrant les remontées de données issues des acteurs de terrain.

QUELS SONT LES ENJEUX INDUSTRIELS ACTUELS AUTOUR DU JUMENTO NUMÉRIQUE ?



02

2A

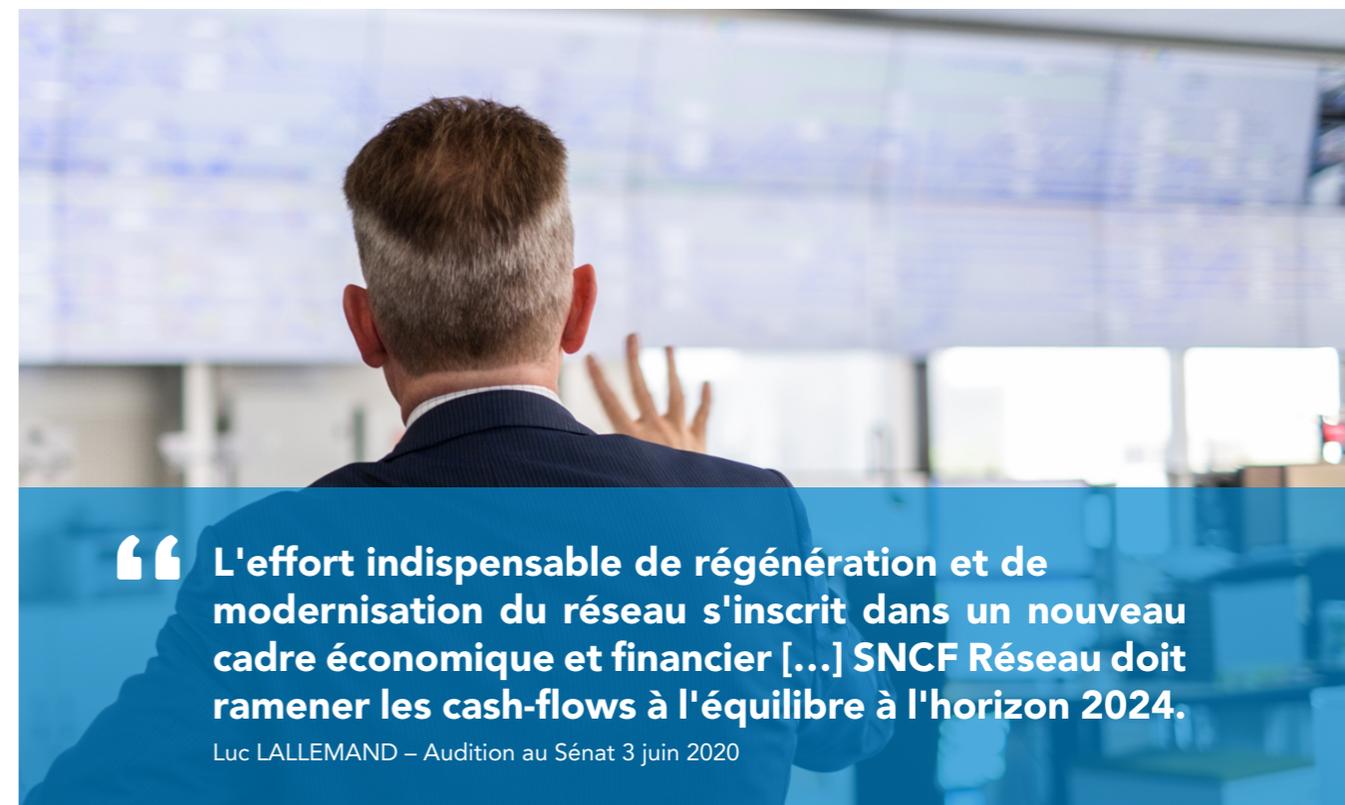
La nouvelle place de la data dans la culture et la performance des entreprises.

2B

Capter le réel et le transformer, IoT et industrie 4.0 ou 5.0.

2C

De la dématérialisation à la digitalisation grâce à l'intelligence.

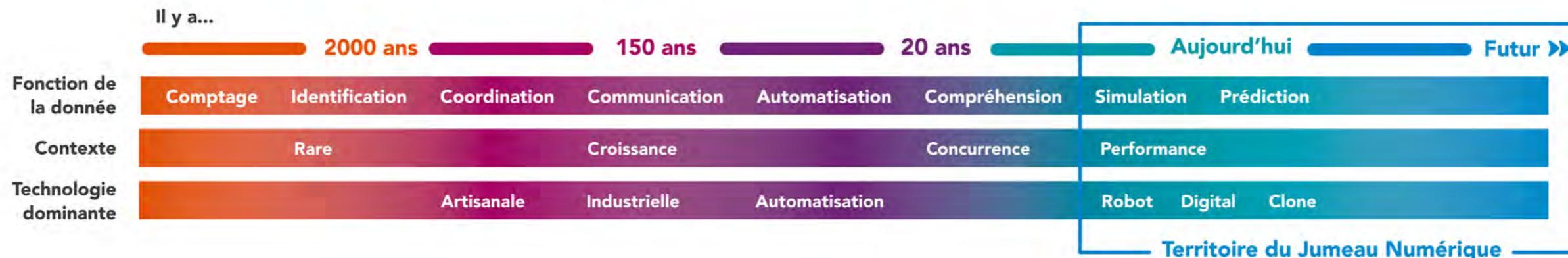


“ L'effort indispensable de régénération et de modernisation du réseau s'inscrit dans un nouveau cadre économique et financier [...] SNCF Réseau doit ramener les cash-flows à l'équilibre à l'horizon 2024.

Luc LALLEMAND – Audition au Sénat 3 juin 2020

2A

La nouvelle place de la data dans la culture et la performance des entreprises.



“ La donnée est indiscutablement le nouvel or noir quand il devient une ressource d’entreprise connectée, en temps-réel. ”

David ROBERTS – SAP Enterprise Transformation lead

Certains systèmes industriels comme le réseau ferroviaire français se sont construits comme des mille-feuilles de nouveaux projets et de régénération, et ce sur une période de 150 ans. Dans ce contexte, et au vu des niveaux de maturité qu’on atteint dans les systèmes digitaux aujourd’hui, le principe de Jumeau Numérique prend tout son sens et sa valeur.

En effet, il permet de traduire la réalité du fonctionnement du système réel sous une forme que l’ordinateur peut comprendre et traiter. Les infrastructures et leurs liens systémiques deviennent alors compatibles avec toutes les opportunités de performance offertes par l’accroissement des fonctionnalités d’analyse, de simulation, de prédiction ou de collaboration dans un Jumeau Numérique.

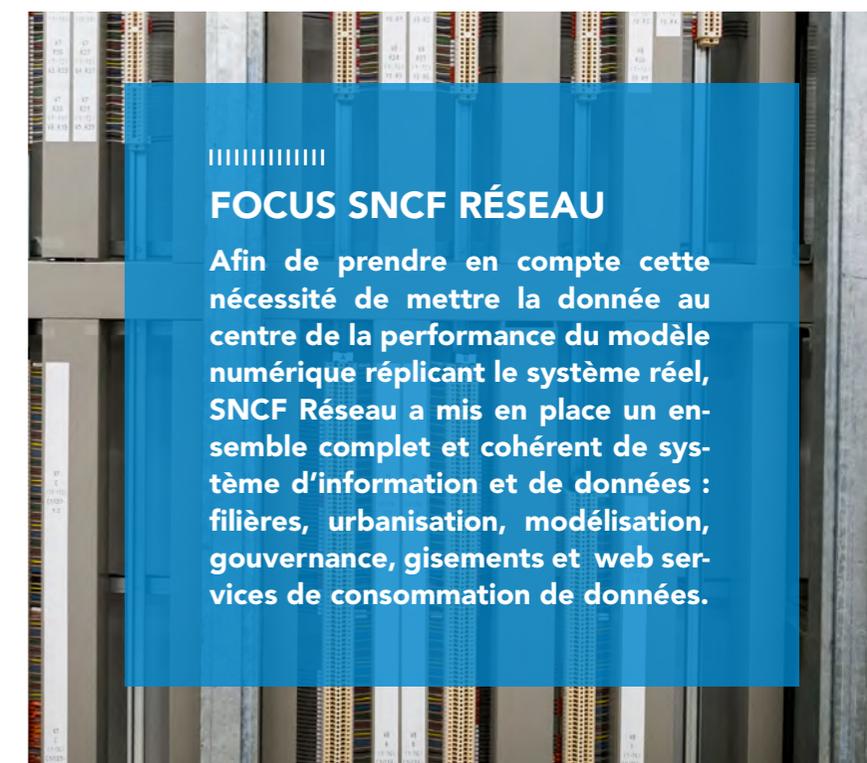
Au cœur de ce système digital, la donnée circule comme un fluide vital, et a donc une place critique pour l’exploitation. Elle représente aussi, et surtout, une source d’améliorations de tout ordre qui semble inépuisable : par la rationalisation des traitements, par la compréhension des processus, et par la détection de signaux faibles qui, une fois pris en compte permettent des correctifs à forts effets de levier.

L’industrie a existé sans le digital pendant très longtemps, la donnée était souvent cantonnée à une fonction de coordination des tâches ou à des fonctions logistiques. Dans le monde transformé par le numérique, le système digital et ses dynamiques structurent le système industriel, le transforment et surtout initient de nouvelles méthodes de production ou d’exploitation.

SNCF Réseau, à travers son SI* et ses initiatives Jumeau Numérique exploite ce potentiel particulier d’innovation issu d’un contexte technologique qui, à force de croissance exponentielle, libère de nouveaux types de traitements impossibles auparavant. Les coûts de stockage d’information diminuent, La puissance de traitement devient accessible, alors beaucoup de modèles numériques innovants deviennent exploitables et déployables au sein des métiers.

Le Jumeau Numérique est notamment là pour prendre en compte une rupture : l’accroissement très rapide des quantités de données qui peuvent circuler et être traitées ne peut être exploité pleinement avec les seuls outils et modèles qui sont issus du monde industriel automatisé. Il est

donc nécessaire de disposer de nouveaux outils et modèles systémiques, c’est ce que Jumeau Numérique initie et intègre.



FOCUS SNCF RÉSEAU

Afin de prendre en compte cette nécessité de mettre la donnée au centre de la performance du modèle numérique répliquant le système réel, SNCF Réseau a mis en place un ensemble complet et cohérent de système d’information et de données : filières, urbanisation, modélisation, gouvernance, gisements et web services de consommation de données.

2B

Capter le réel et le transformer, IoT et industrie 4.0 ou 5.0.

Capteurs
surveillance
voie installés sur
notre réseau



Un des défis majeurs de l'industrie intelligente (smart), est de pouvoir connecter ses espace-temps physiques et virtuels, dans les deux sens, avec la plus grande fluidité, et une précision de concordance adaptée aux différents usages.

Le double virtuel doit être connecté à l'état instantané du système réel qu'il réplique, et pouvoir réinjecter des informations qui pourront modifier le système réel à travers un ensemble d'interactions digitales.

Mais au-delà de cet aspect essentiellement technologique de connexion et de rapidité d'accès à l'information instantanée de description d'état (fortement lié à la notion d'industrie 4.0), il est aujourd'hui nécessaire

d'avancer vers plus de coopération et d'interactions entre agents et machines intelligentes.

Dans le futur proche des outils digitaux industriels, il s'agit de donner aux acteurs de l'entreprise des accès à des systèmes automatisés qui aident à travailler mieux et plus vite en tirant parti de technologies avancées comme l'Internet des objets (IoT) et le Big data. L'industrie 5.0 est à suivre, car elle ajoute une dimension humaine importante aux piliers de l'automatisation et de l'efficacité de l'industrie 4.0. Ce rapprochement de la prise en compte du service rendu à l'utilisateur est un des piliers de la valeur offerte par un Jumeau Numérique Métier.



Le Jumeau Numérique est l'une des technologies les plus prometteuses pour aboutir à l'intelligence industrielle et l'industrie 4.0.

Fei TAO et al. – in Digital Twin in Industry State-of-the-Art



Le Jumeau Numérique prend toute sa valeur, grâce notamment à la couche de services et d'outils de collaboration qu'il rend disponible aux utilisateurs, pour délivrer une valeur concrète, évolutive et rapidement accessible.

Remettre l'humain au centre du système industriel automatisé va dans le sens du développement des capacités des acteurs métiers grâce au digital. C'est le principe d'«Homme augmenté». Les capacités de connexion aux capteurs rendant compte du système, traités grâce notamment à l'intelligence artificielle, permettent d'automatiser la détection ou la prédiction. Reste à mettre à disposition ces nouvelles possibilités de création de valeur au service de chacune des parties prenantes de la chaîne de performance du réseau ferroviaire, jusque sur le terrain.

Penser Jumeau Numérique pour l'entreprise ou pour un métier, c'est créer les conditions de disposer d'environnement d'analyse et d'automatisation de l'optimisation des performances de différents champs d'activité tout en garantissant la compatibilité et l'interopérabilité des données, aujourd'hui et pour les futurs usages.



De la dématérialisation à la digitalisation grâce à l'intelligence.

LA DÉMATÉRIALISATION est le processus appelé aussi numérisation, qui transforme une forme analogique en son équivalent digital. Dit autrement, la dématérialisation prend un processus et le convertit dans une forme digitale, sans générer aucune différence de nature du processus en question.

LA DIGITALISATION est l'usage de technologies digitales pour transformer un modèle économique, créer de nouveaux revenus et de nouvelles opportunités de création de valeur. C'est le processus de transformation vers une entreprise digitale.

Un ordinateur peut réaliser des calculs ou des opérations à grande valeur ajoutée, encore faut-il le nourrir avec les deux éléments clés qui lui permettent de travailler : des données numériques, et une suite d'instructions de traitement.

Or le monde réel est analogique, celui des calculateurs est numérique. La facilité de passage d'un espace à l'autre avec un minimum de déperdition d'information est un enjeu technique qui s'est considérablement amélioré depuis 30 ans.

Pour ce qui est de l'acquisition de données, SNCF Réseau avec ses engins de mesures équipés de scanners laser sait reproduire avec précision l'environnement réel des voies en 3 dimensions, sur de grands li-

néaires même si cela génère des volumes de données importants.

Pour décrire l'état ou le fonctionnement du système ferroviaire, nous déployons également toute une série de capteurs pour monitorer et surveiller nos installations. Cela permet la remontée en temps réel sur leur état. Ceci est rendu possible notamment grâce à l'internet des objets (IoT) et plus généralement la simplification de la connexion de capteurs dans tous les processus. Ce flux devient alors une source majeure d'informations dynamiques enrichissant les modèles descriptifs, ou nourrissant les modèles mathématiques de fonctionnement, de prédiction d'incident ou de vieillissement, et est un pilier majeur de tout Jumeau Numérique «Métier».



Modéliser le réel par le digital, c'est créer modèle systémique pour organiser les flux de données et intégrer la digitalisation des processus métier.

Gilles DESSAGNE – Architecte IT à l'origine du modèle Ariane



UN ALGORITHME est une suite finie et non ambiguë d'opérations ou d'instructions permettant de résoudre une classe de problèmes.

UN PROGRAMME INFORMATIQUE est un ensemble d'opérations destinées à être exécutées par un ordinateur.

Source Wikipedia & glossaire IT Gartner

Il faut ensuite permettre à l'ordinateur et plus généralement aux systèmes d'information de prendre en compte les procédures ou les règles de gestion fixées par le métier. Elles s'apparentent à des filtrages par tests logiques, des séquences de si / alors / sinon, ou des arbres de décision. Ce travail de contextualisation de la programmation est facilité par un modèle de données qui prend en compte les enjeux et les contraintes des différentes données.

Pour SNCF Réseau, ce modèle est appelé ARIANE et permet de décrire le réel dans sa version digitale avec une logique de description évolutive et systémique qui crée les conditions pour pouvoir rendre compte dans le monde digital de tous processus métiers, existants ou à venir.

Quand les données remontent du système réel, que la description physique du système est disponible dans un format numérique, que les processus et les règles de gestion ont été converties en programmes et en paramètres de calcul, il est alors possible de faire intervenir des algorithmes de traitement, à fort potentiel de création de valeur, notamment par la détection de similarités ou d'anomalies dans de grandes quantités de données.

On peut alors parler de digitalisation de l'entreprise, issue de sa transformation digitale, et dont le Jumeau Numérique est le support de conception et de déploiement pour les futurs usages.

COMMENT LE JUMEAU NUMÉRIQUE S'INSCRIRAIT-IL DANS LA DIGITALISATION DE SNCF RÉSEAU ?



03

3A

Le Digital, la Data et le Jumeau Numérique dans TOUS SNCF AMBITION RÉSEAU.

3B

Le Jumeau Numérique et les grands Programmes SNCF Réseau.

3C

Le Jumeau Numérique, connectant potentiellement tout le groupe SNCF.



3A

Le Digital, la Data et le Jumeau Numérique dans TOUS SNCF AMBITION RÉSEAU.

Le projet d'entreprise Tous SNCF Ambition Réseau décrit les axes stratégiques et les actions à horizon 2030, et plus spécifiquement l'étape 2021-2026. SNCF Réseau vend à ses clients des sillons qui sont aujourd'hui entièrement conçus, exploités, gérés, historisés dans un univers numérique. Cet exemple concret de digitalisation correspond tout à fait à ce qu'un Jumeau Numérique permet de produire.

En miroir de la gestion des sillons, et afin de projeter l'entreprise dans plus de performance, le projet d'entreprise montre combien il est essentiel aujourd'hui de passer de la simple dématérialisation de l'information à la création de valeur par la digitalisation des processus et l'usage ambitieux de la donnée. Il nous invite à travailler notamment sur le développement des leviers suivants :

- **Chiffrer les gains concrets** offerts par la digitalisation;
- **Permettre un asset management efficace** à différents niveaux d'échelle ou de consolidation, en identifiant ce qui doit être changé en priorité.
- **Être une brique essentielle** de la bascule vers une nouvelle relation client par un positionnement service, en proposant une offre de services digitaux évolutifs et innovants, dont la valeur d'usage est modélisée et évaluée.

- **Induire une plus grande transversalité** du système d'information, un dialogue renforcé entre applications industrielles et une vision élargie de la chaîne digitale de production de valeur.

- **Avoir un impact concret** sur la sécurité des infrastructures par la production de données plus précises, par la détection de probabilité d'incidents, et surtout par la mesure automatisée à distance permettant de réduire considérablement l'exposition des personnels sur le terrain;

- **Mettre à disposition des plateformes de formation et de développement de compétences** pour les agents, autour de visites des voies et abords en 3D, ou de simulations de processus métier digitalisés;

- **Contribuer à l'attractivité de la marque** employeur SNCF par l'usage d'outils innovants et attractifs pour de nouvelles générations d'ingénieurs et de techniciens;

- **Permettre de comprendre et de piloter à tous les niveaux d'échelle**, de processus ou de données.

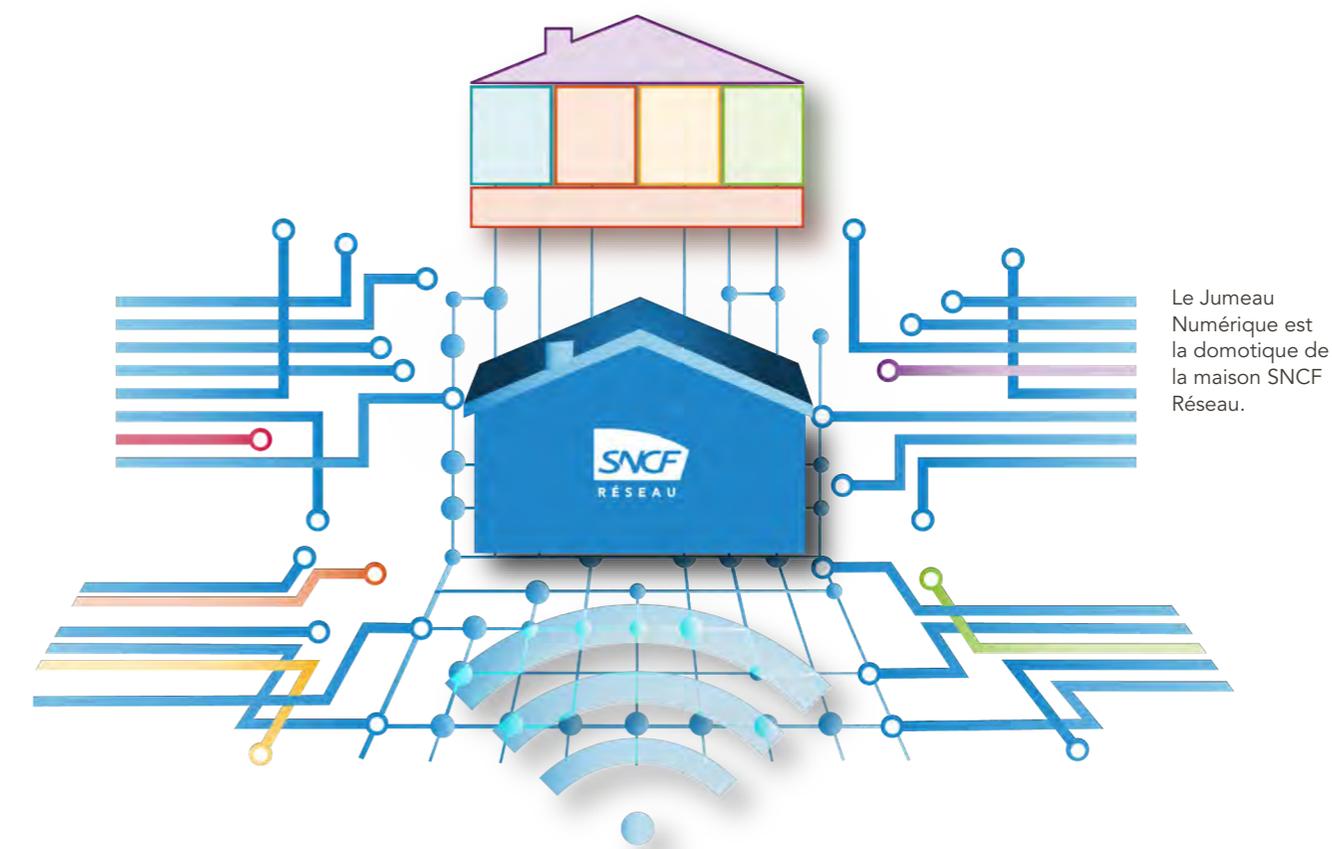
Le Jumeau Numérique couvre l'ensemble de ce spectre et se positionne donc comme un des principes sous-jacents des opportunités que ce plan nous invite à saisir.



Je souhaite véritablement intégrer un certain nombre de nouvelles dimensions qui correspondent aussi à de nouvelles opportunités. C'est d'abord la transformation humaine et culturelle. Et aussi de nouveaux défis qui sont pour moi absolument fondamentaux : le digital, les territoires, l'écologie, bref, des dimensions supplémentaires et la plus importante de toutes, probablement, s'intégrer à TOUS SNCF.



Luc LALLEMAND – Président Directeur Général SNCF Réseau (citation extraite du plan 2030)



3B

Le Jumeau Numérique et les grands Programmes SNCF Réseau.



Depuis quelques années SNCF Réseau a engagé une politique de transformation profonde pour répondre aux défis de demain. Cette transformation s'appuie sur de grands programmes industriels tels que les programmes Surveillance & Supervision, SPOT, MGOC ou encore SI Travaux pour n'en citer que quelques-uns.

Ces grands programmes permettent d'améliorer durablement la productivité dans son ensemble, mais aussi la sécurité, le niveau de performance nominale du réseau et la qualité du service, pour concourir à la satisfaction du client final.

Le Jumeau Numérique est un des piliers de cette dynamique et contribue à créer les conditions de la mise en réseau de ces grands programmes, qui gèrent très bien un cycle métier dédié sans pour autant être nécessairement connectés entre eux. Le Jumeau Numérique n'a donc pas vocation à se substituer à ces derniers mais plutôt à apporter une dimension systémique et fédératrice des initiatives digitales de l'entreprise. De fait, le Jumeau Numérique créé des passerelles entre les grands programmes et joue le rôle d'accélérateur des projets à fort potentiel et participe à la mise à l'échelle lors de l'industrialisation.



Les services proposés par le Jumeau Numérique sont de bons outils d'aides à la décision. Il faut nous inspirer de la méthodologie de conception et de l'approche expérience utilisateur déclinées pour les prototypes Jumeau Numérique.

Jean Luc MANGIN – Direction programme SPOT



Outre cet aspect, le Jumeau Numérique s'appuie sur une plateforme technologique qui délivre un catalogue complet de services nominaux appelés micro-services, qui peuvent se chaîner et se compléter : détection, prédiction, mise en qualité de données. Ces micro-services peuvent être appelés par les outils développés par ces grands programmes.

C'est notamment ce qui a été fait en collaboration avec le programme SPOT, dans le cadre d'un prototype opérationnel en cours de test à l'infirapôle Paris Nord.

Un autre exemple est le développement en cours d'un micro-service, qui s'appuie sur la donnée LiDAR, pour permettre à la GAÏA Fab de récupérer des localisations précises et à jour des actifs sur l'infrastructure, détectés automatiquement et localisés dans le nuage de point des données 3D et ainsi, d'alimenter GAÏA.

De par sa nature, le Jumeau Numérique permet de connecter ces grands programmes très opérationnels et dédiés au gérant d'infrastructure à une dimension beaucoup plus système qui intègre les circulations, la stratégie d'axe et les investissements pour préparer demain.

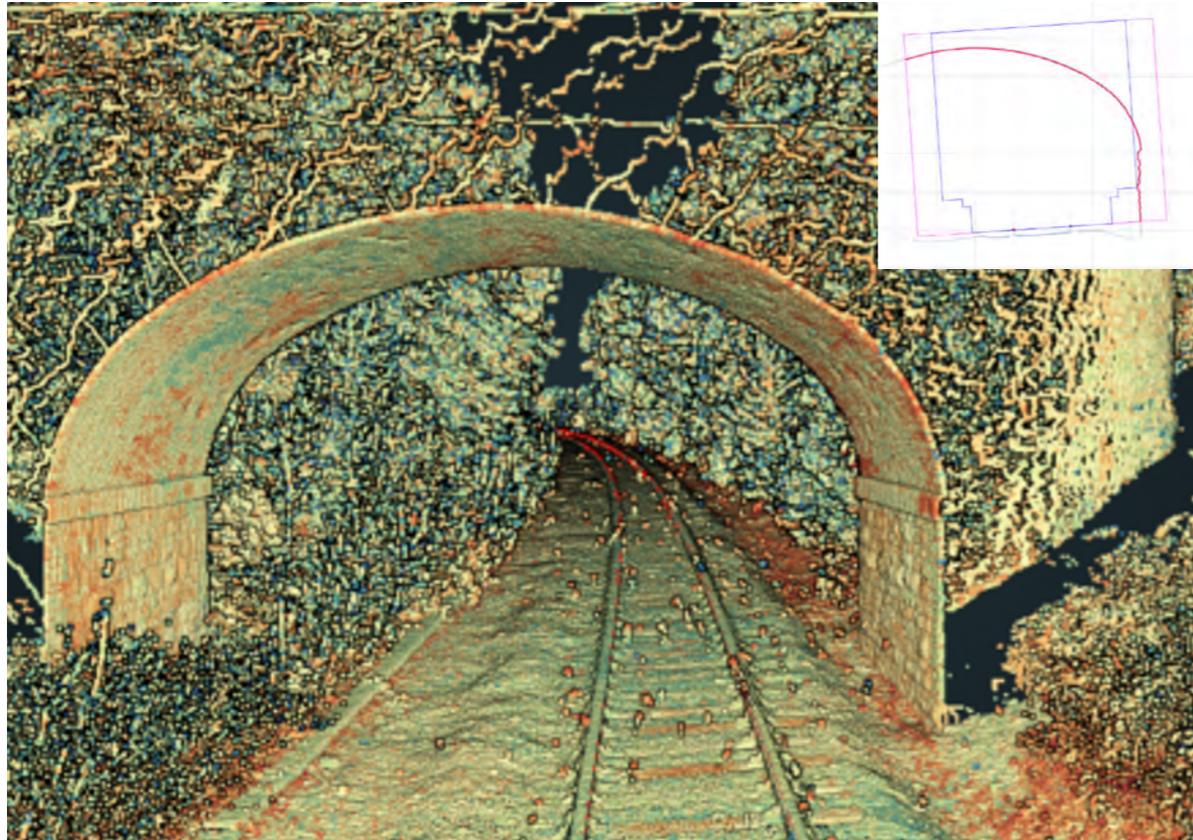
L'ambition est bien de « faire du chemin de fer le chemin de demain », en connectant toutes initiatives autour de la transformation digitale de l'entreprise.



3C

Le Jumeau Numérique, connectant potentiellement tout le groupe SNCF.

Exemple d'extraction automatique de gabarit à partir de nuage de points réalisée par SNCF Réseau pour le compte de Network Rail



La démarche autour du Jumeau Numérique est profondément collective et au service du groupe SNCF. Elle permet de répondre à la vocation de l'entreprise de simplifier les déplacements, de fluidifier le transport des personnes et des marchandises, et de développer la mobilité de demain.

Par sa dimension systémique (connaissance et compréhension d'un système dans son ensemble), le Jumeau Numérique est au service de tous et nous sommes tous à la fois producteurs et consommateurs de celui-ci. Nous en faisons une dynamique qui intègre l'humain, les systèmes physiques, leur état et leur utilisation pour créer un tout au service de chacun.

Il y a un enjeu très fort d'alignement transverse des acteurs du ferroviaire. Le Jumeau Numérique propose un modèle fonctionnel sur lequel s'appuyer pour définir la stratégie de performance ferroviaire.

François TAINURIER – DGST - Directeur Stratégie du Réseau

La dynamique Jumeau Numérique est une réalité au sein du groupe SNCF :

Nos filiales Altamétris et Eurailscout réalisent les études de gabarit ferroviaire en s'appuyant sur un clone 3D de l'infrastructure. Gares & Connexions s'appuie sur ses modèles BIM pour proposer des services de maintenance prédictive aux exploitants des gares. ITnovem, notre filiale technologique facilite l'émergence et le déploiement de solutions digitales innovantes grâce à son expertise technique. La gestion du cycle de vie du sillon est maintenant conçue, maintenue et opérée dans un monde digital.

Grâce au Jumeau Numérique, nous pouvons penser nos investissements dans une logique systémique qui intègre le plan de transport, les travaux de maintenance, de régénération ou de modernisation et l'ambition de développement du transport ferroviaire.

C'est également une dynamique qui permet de répondre de manière innovante aux enjeux et exigences de l'ouverture à la concurrence du réseau, notamment du point de vue des informations à transmettre aux nouveaux entrants tels que des données de simulation ou de fonctionnement du système. Dans ce nouveau contexte, le Jumeau Numérique constitue un élément important de différenciation par rapport à

nos concurrents et il démontre aux autorités organisatrices, à nos clients, aux investisseurs, notre capacité à accélérer notre transformation digitale pour construire le chemin de fer de demain.



Dossier de Global Railway Review en Mars 2021 sur les projets Jumeaux Numériques chez différents gestionnaires d'infrastructures

QUELLES SONT LES 6 NOTIONS CLÉS POUR COMPRENDRE LE JUMEAU NUMÉRIQUE SNCF RÉSEAU ?



04

4A

Enjeux

4B

Définitions

4C

Acteurs

4D

**Quelles méthodes d'analyse
d'opportunité ?**

4E

Jalons

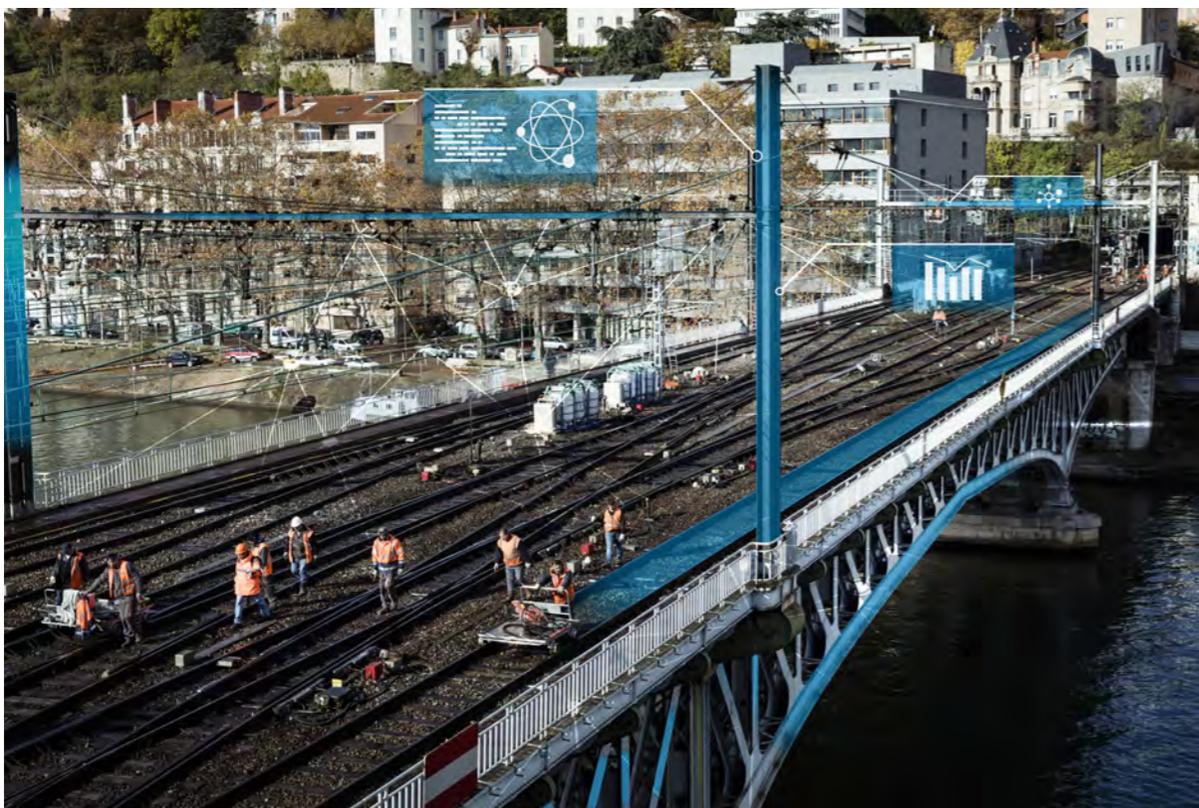
4F

Chiffres-clés

4A Enjeux

Le constat actuel est que nous sommes confrontés à de plus en plus de données, silotées, difficilement accessibles et donc difficilement exploitables. De même, la continuité de l'information sur le cycle de vie de nos assets est bien trop partielle et donc insuffisante pour répondre aux exigences de performance attendues dans les années à venir.

L'enjeu principal du Jumeau Numérique est de permettre de passer d'une simple dématérialisation de l'information à la création de valeur par la digitalisation des processus et l'usage ambitieux de la donnée. Toutes nos actions collectives autour du Jumeau Numérique vont permettre de valoriser encore plus notre patrimoine historique et mettre en avant la valeur de notre patrimoine humain.



Les enjeux sont de plusieurs ordres :



Des enjeux technologiques et de mise en qualité de la

Data : Il est indispensable d'intégrer la démarche Jumeau Numérique dans la refonte en cours de notre Système d'Information. Il nous faut instaurer une vraie culture de la Data, en cohérence avec ses principes de gouvernance. Les principes structurants de la stratégie technologique sont : simplicité, modularité, transparence pour l'utilisateur, ouverture et évolutivité.



Des enjeux d'usage :

Les services du Jumeau Numérique sont construits à partir des cas d'usages remontés par le terrain. Nous développons, par exemple, des services d'aide à la programmation et à l'organisation des chantiers en collaboration avec les équipes du programme SPOT, l'Infrapôle Paris Nord et le programme SI Travaux. Les premiers services seront industrialisés dès 2021.



Des enjeux de création de valeur :

Il est essentiel de piloter par la valeur le déploiement du Jumeau Numérique, en intégrant les contraintes budgétaires et en apportant de la valeur à court terme (projets opportunistes) sans abandonner l'investissement long terme (Ariane, gisement de donnée, lois de vieillissement, recherche).



Des enjeux de déploiement et d'acceptation :

Il est indispensable de mettre l'humain au centre de la démarche, c'est une des clés de succès.

4B

Définitions



■■■■■■■■■■

FOCUS SNCF RÉSEAU

Pour SNCF Réseau, le Jumeau Numérique d'un gestionnaire d'infrastructure de transport est **la représentation numérique du système ferroviaire dans toutes ses dimensions**. Il rend disponible toutes les informations relatives à la description, l'état, l'usage, les travaux, les opérations ainsi que les ressources et le financement.

Le Jumeau Numérique couvre la totalité du cycle de vie du système, dans le passé, le présent, et le futur. Le Jumeau Numérique offre notamment un ensemble de services associés, de fonctions d'analyse, de simulation, de supports de décision.

À retenir :

- un ensemble de sous-systèmes fait de doubles digitaux d'un système réel, conçus dans un ou plusieurs formats compatibles entre sous-ensembles ou dans le temps,
- connectés à l'état instantané du système en temps réel,
- ayant un impact fonctionnel direct ou accessible sous la forme de services permettant d'agir sur un double virtuel tout au long des cycles de vie des sous-systèmes répliqués sous une forme de Jumeau Numérique.

“ Les Jumeaux Numériques sont caractérisés par une intégration sans couture entre les espaces physiques et digitaux de l'entreprise. Fei TAO et al. – in Digital Twin in Industry State-of-the-Art ”

Il circule de nombreuses définitions du Jumeau Numérique. Il est important de s'appuyer sur leurs évolutions afin de mesurer ce que SNCF Réseau a souhaité intégrer et l'ensemble du périmètre d'enjeux et de performances potentielles adressés par ce concept industriel majeur.

En 1973, le programme Apollo 13 présentait un double physique et calculatoire de la capsule lunaire en opération à 300 000 kilomètres de là.

En 2002, le concept de Jumeau Numérique a été présenté par le Dr Grieves une première fois lors d'un séminaire sur la gestion des cycles de vie de produits. Il se résumait à ce moment-là de manière simple à un modèle d'espaces en miroir (physique et simulateur physique, physique et informatique, physique et modèle mathématique...)

Le terme Jumeau Numérique étant suffisamment parlant, il a été utilisé comme tel. C'est seulement en 2016 que Grieves en propose une définition formelle :

Le Jumeau Numérique est un système de sous-ensembles d'informations virtuelles qui décrit de manière complète un produit manufacturé physique existant ou à venir, depuis le niveau microscopique jusqu'au niveau macro géométrique. A son optimum, toute information qui pourrait être obtenue

à partir de l'inspection d'un produit physique pourrait être obtenue à partir de son Jumeau Numérique.

Voici aussi l'entrée Jumeau numérique dans le glossaire IT du cabinet Gartner :

Un Jumeau Numérique est une représentation d'un système ou d'une entité du monde réel. L'implémentation d'un Jumeau Numérique est un objet logiciel ou un modèle synthétique qui reproduit un objet physique, un processus, une organisation, une personne ou tout autre abstraction. La donnée provenant de différents Jumeaux Numériques peut être agrégée pour avoir une transversale à travers un certain nombre d'entités réelles, comme une centrale électrique ou une ville, et leurs processus spécifiques.

De plus en plus, les définitions font apparaître la technologie Jumeau Numérique comme un couplage digital en temps réel d'un modèle virtuel et de l'état d'un actif physique ou d'un processus, avec un impact fonctionnel sur le système réel. Une sorte de retour du virtuel vers le réel, générateur de performance opérationnelle potentielle. (Eyre)

4C

Acteurs

Les spécialistes de la donnée, les experts métier et SI, lors du datathon SNCF Réseau en février 2020



Le Jumeau Numérique est une dynamique qui rassemble tous les acteurs de l'entreprise. Il s'appuie sur une équipe projet au sein de DGII TTD (Transformation, Technologie et Digital), qui porte l'Incubateur du Jumeau Numérique où sont développés les premiers projets concrets, ainsi que des compétences spécifiques liées à la manipulation des nuages de point 3D, et à la Data Science et l'Intelligence Artificielle. Cette équipe s'appuie sur l'ensemble de la Direc-

tion Générale du Numérique, et en particulier les départements EMI, CSI et DGA, qui ont eux aussi lancé des démarches vers le Jumeau Numérique.

En tant que projet intimement lié à la gouvernance de la donnée, le Jumeau Numérique cultive des liens très forts avec les acteurs de la Data Gouvernance de l'entreprise, notamment le Data Office et les différentes Filières de données.



Rendre tous les salariés acteurs de la co-construction des actions pour répondre aux attentes clients... traiter les problèmes et regarder les sujets en prenant en compte la diversité des points de vue et des intelligences.

Projet stratégique Tous SNCF Ambition Réseau



Alors concrètement, qui fait quoi à SNCF Réseau :

Les équipes projet définissent la stratégie, développent le socle scientifique, et coordonnent les initiatives. Ils assemblent également un portefeuille de cas d'usages, visant à développer de la performance pour l'entreprise, en lien avec la DGST.

L'équipe Innovation Data Science est une des équipes qui réalise des travaux d'implémentation de nouveaux projets ou services, en lien avec la Direction du Numérique.

Les filières de données, coordonnées par le Data Office, gèrent et fournissent les données qui sont nécessaires à l'alimentation du Jumeau.

La Direction du Numérique développe et industrialise les briques technologiques au service des métiers de l'entreprise.

Les Directions Métier de l'entreprise expriment leurs besoins, et définissent les processus industriels qu'ils souhaitent mettre en œuvre.

Les Métiers opérationnels expriment leurs besoins, challengent les propositions, testent en conditions opérationnelles et valident les solutions proposées.



Il ne faut pas oublier les acteurs externes à l'entreprise avec qui l'équipe Jumeau Numérique a noué des contacts pour échanger et partager leurs avancées sur le Jumeau Numérique. Il s'agit d'industriels français comme GRTGaz, RATP, ENEDIS, EDF, ... et également de gérants d'infrastructure au niveau européen avec qui des travaux de construction d'un cadre commun technologique sont en cours dans le cadre du programme Shift2Rail.

4D

Quelles méthodes d'analyse d'opportunité ?

Mesurer le potentiel et la maturité digitale de mon projet :

Tout projet digital porte en lui des éléments de type Jumeau Numérique. Afin d'en évaluer le potentiel de développement, SNCF Réseau a mis au point une grille d'analyse sur 6 axes. Elle permet de décrire à la fois le niveau de maturité actuel, mais aussi le potentiel de développement d'outils de type Jumeau Numérique.

Vous pouvez pour votre métier ou un projet, par exemple, évaluer pour aujourd'hui et à horizon d'évolution digitale aboutie, de manière continue ces six critères de 0 à 5 :

- 0 Non pas du tout, peu de potentiel dans notre périmètre métier;
- 5 Pilier de notre projet, déjà en production avec une acceptation forte des utilisateurs



Potentiel de votre projet Jumeau Numérique en terme de :

Voir grille page suivante.

Captation : ... se connecter à des flux de données issus du réel.

Clone : ...utiliser des modèles transposant le réel dans le monde digital : cartographie, modèle 3D, lois de fonctionnement...

Calculs : ...utiliser des algorithmes de calcul permettant de tirer parti de toutes les possibilités de traitement de la donnée : simulation, classification, prédiction, détection...

Commandes : ...renvoyer des informations vers le système physique, sous la forme d'informations décisionnelles ou de commandes directes vers les infrastructures pilotées.

Continuité : ...permettre la continuité de l'information tout au long des phases du Cycle de Vie d'un système ferroviaire : conception, production, exploitation, recyclage.

Collaboration : ...offrir des services permettant à toutes les parties prenantes de disposer d'une représentation partagée du système et de ses objets.



Dans chaque champ métier, une approche de type Jumeau Numérique, même partielle permet des effets de levier de 10 fois moins ou 10 fois plus sans investissement considérable.

Jean-Christophe MICHELIN – Responsable Data Science et Jumeau Numérique DGII



À l'issue de cette analyse, vous pourrez aussi évaluer les gains potentiels :

SNCF Réseau dispose d'une méthode de modélisation du retour sur investissement que vous pouvez attendre d'un projet Jumeau Numérique. Vous pourrez identifier et chiffrer les gains, en performance opérationnelle, en réduction de coûts externes, ou sur des éléments intangibles mais essentiels, comme par exemple la connaissance du patrimoine, ou l'amélioration de la satisfaction de vos clients, internes ou externes.



Captation



Clone



Calculs



Commandes



Continuité



Collaboration



4E

Jalons



La démarche Jumeau Numérique a démarré en 2018 dans le cadre d'un défi d'innovation interne SNCF Réseau.

L'année 2019 nous a permis de construire la vision du Jumeau Numérique SNCF Réseau et de démarrer l'incubation de 5 projets issus du Défi Innovation.

La création en 2020 de l'incubateur Numérique au sein du département TTD a permis d'accélérer la création de premiers prototypes de services qui contribuent à une meilleure connaissance du patrimoine, en s'appuyant sur la donnée "nuages de points 3D". C'est également en 2020 que s'est engagée une collaboration forte avec SPOT, SI Travaux et la Direction de la Stra-

tégie pour préparer l'industrialisation des premiers services Jumeau Numérique et construire une feuille de route séquencée sur le court, moyen et long terme.

2021 est dès à présent marquée par la fourniture des premiers micro-services pour le mainteneur en apportant en temps réel une vision géolocalisée des interventions (par spécialité), anomalies, assets ; en mettant à disposition des managers opérationnels en UP des éléments visuels pour faciliter l'aide à la décision (gestion des aléas) et en facilitant les interventions de maintenance corrective en opérationnel (ZEP, SEL nécessaires selon la localisation de l'opérateur...).

Un jalon important pour la réussite du déploiement des services du Jumeau Numérique est l'acculturation, la formation et l'accompagnement du changement. **L'ambition est de mettre en place les actions nécessaires d'ici 2022.**

Notre objectif pour 2024 est que la dynamique Jumeau Numérique soit inscrite dans l'"ADN" de chacun, qu'elle contribue fortement à revenir à l'équilibre économique et que le Jumeau Numérique soit le "bras armé" de la construction des plans de performance.

Pour réussir, la construction de la feuille de route du Jumeau Numérique doit intégrer des enjeux d'équilibre entre les différents temps d'apprentissage et de déploiement. Il faut savoir donner confiance et démontrer la valeur à court terme, c'est-ce que nous appelons les opportunités à court terme.

Il faut savoir apprendre à haute fréquence sur les potentiels usages du Jumeau Numérique : Les premiers coups pour apprendre.

Enfin, il faut collecter et capitaliser sur les cas d'usage à fort potentiel pour l'avenir : Les incontournables à explorer.

4F

Chiffres-clés



Dans le monde :

13 Milliards de Dollars

Chiffre d'affaire mondial que le Jumeau Numérique devrait atteindre en 2023, (Juniper Research)

47%

Proportion des entreprises qui augmenteront leurs investissements dans les capteurs connectés en 2021,

20 à 30%

Augmentation de la performance d'investissements industriels grâce au Jumeau Numérique et à la simulation.

Amélioration de la précision budgétaire

Jusqu'à **40%** de diminution des changements non préalablement budgétés



Opportunité financière pour la digitalisation de l'ingénierie, de la construction et des opérations

Dans un intervalle de **10 - 20 %** du montant total d'investissement



Une livraison de projet accélérée

Jusqu'à **7%** de réduction globale de durée



Optimisation des coûts de cycle de vie

Jusqu'à **9%** de réduction des coûts d'opérations



Les Membres de COMEX ne parlent pas suffisamment des Jumeaux Numériques dans leurs réunions ou leurs lettres aux actionnaires. Ils le devraient.

Forbes



Au sein de SNCF Réseau :

Les ressources humaines au cœur du Jumeau Numérique au sein de SNCF Réseau :

3 Pilotes de programme

7 Docteurs

12 Ingénieurs

8 Data Scientists

10 Nationalités

35 Personnes impliquées au quotidien

L'infrastructure informatique pour le traitement des nuages de points :

10 000

Tera Octets de données

1 000

Processeurs physiques

8

Clusters GPU 100 Tera Flops

Le centre de calcul de plus puissant de l'entreprises

Une journée d'enregistrement d'un ESV en données laser produit un ensemble de fichiers d'une taille totale approximative de 700Go.

Le projet Omega2N : à des fins d'exploitation gabarit, l'objectif est de traiter environ 20.000 km de voie par an afin de garantir l'exhaustivité de la connaissance du patrimoine sur une période de 2 ou 4 ans selon qu'il y ait ou non circulation de transport exceptionnel.

QUELS SONT LES ENVIRONNEMENTS ET LES TECHNOLOGIES CONNEXES AU JUMEAU NUMÉRIQUE SNCF RÉSEAU ?



05

5A

Le BIM et le Jumeau Numérique, qui fait quoi ?

5B

Intelligence artificielle, science de la donnée, et Jumeau Numérique.

5C

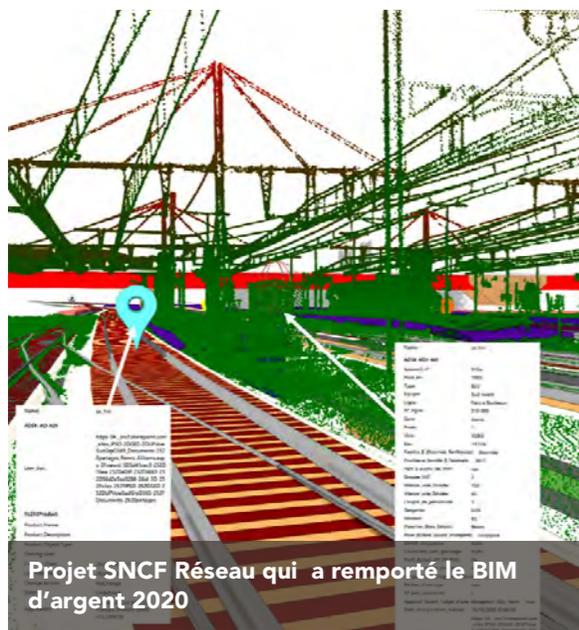
**Savez-vous modéliser ?
Il est temps de parler d'Ariane.**



5A Le BIM et le Jumeau Numérique, qui fait quoi ?

Le concept du BIM se profile dès le début de l'ère informatique en 1962 dans les articles d'un ingénieur informaticien Douglas C. Le BIM est alors défini comme une conception architecturale basée sur la manipulation d'un modèle informatique réunissant des représentations géométriques et une base de données d'un projet. La réflexion sur ce processus a donc plus de cinquante ans.

Outre la puissance des ordinateurs déclinée ces dernières années, ce sont aussi des raisons économiques, techniques et écologiques qui expliquent le déploiement du BIM depuis une dizaine d'années.



En 2020, une centaine de projets ont été conçus en BIM à la Direction Générale Ingénierie et Industrielle de SNCF Réseau, ce qui représente une part croissante de l'ensemble des études nécessaires à la modernisation et au renouvellement du réseau.

C'est aujourd'hui une méthode de travail collaborative pour organiser et structurer, autour d'un modèle numérique, les informations relatives à un ouvrage à concevoir, construire, gérer. Il prend toute sa valeur dans les phases Conception et Construction de l'infrastructure ferroviaire.

Le Jumeau Numérique permet d'aller plus loin. En s'appuyant sur les maquettes numériques préparées dès la phase de conception et consolidées tout au long des phases de production, il permet d'y adjoindre les données de fonctionnement, et de projeter le dispositif dans le futur, pour comprendre ses dysfonctionnements et les prévoir, ou pour créer des simulations permettant d'en optimiser son exploitation ou sa maintenance.

Le Jumeau Numérique est donc un enrichissement opérationnel du BIM en offrant des mises à jour des maquettes physiques en fonction de leur état instantané ou à venir, permettant de déclencher des actions correctives.

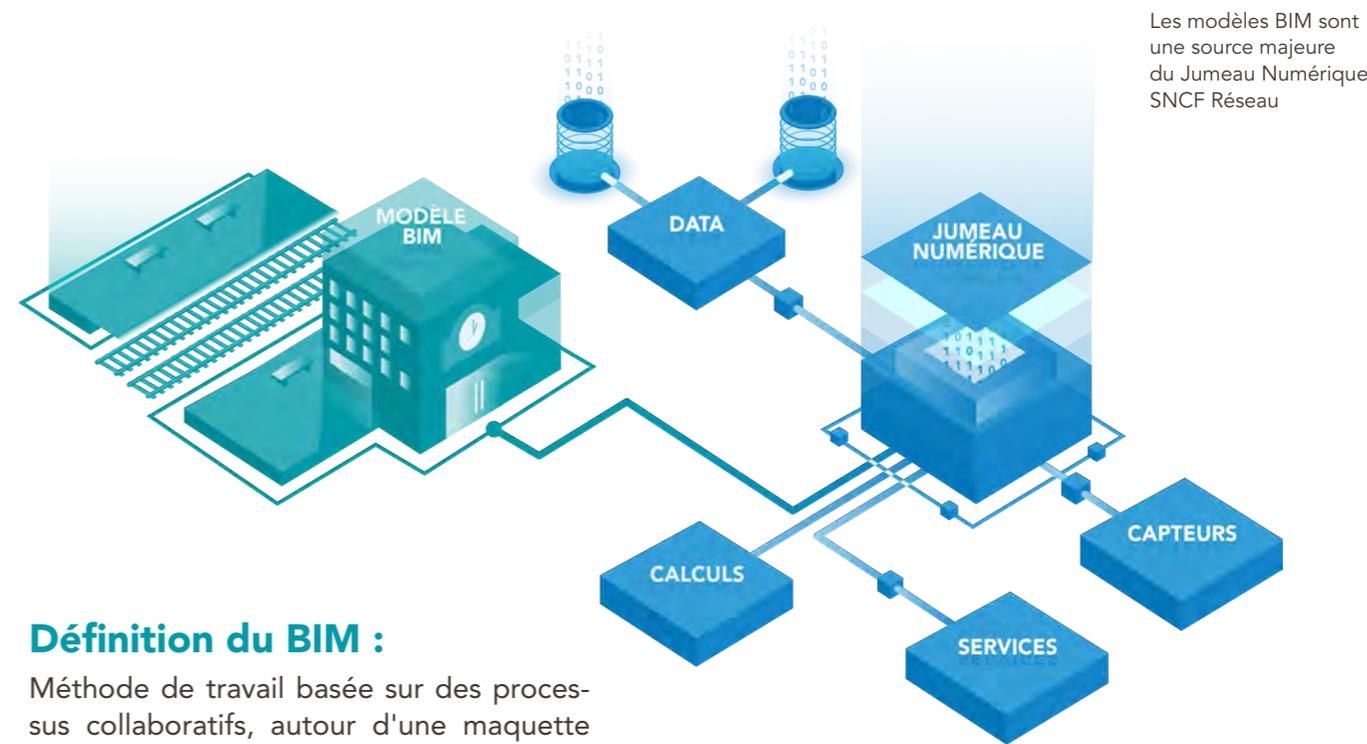
Le BIM apporte notamment au Jumeau Numérique la digitalisation des processus de conception/réalisation de nos infrastructures, point de départ essentiel de leur vie dans le double digital.

Judicael DEHOTIN - Directeur Adjoint du programme BIM et Continuité Numérique chez SNCF Réseau

Le Jumeau Numérique crée les conditions d'une intégration opérationnelle des différents modèles BIM dans le système ferroviaire global. Il permet notamment une connexion à des données de fonctionnement issues des systèmes d'information de l'entreprise.

À ce titre, il apparaît comme la réalisation ultime de l'objectif d'origine du BIM.

BIM et Jumeau Numérique sont donc complémentaires. Le BIM est le point de départ digital et collaboratif du cycle de vie d'une infrastructure. Il a vocation à s'intégrer dans un Jumeau Numérique Métier ou plus globalement dans l'ensemble des ressources permettant à SNCF Réseau de disposer de modèles numériques de ses infrastructures mises en dynamique avec leurs données de fonctionnement.



Les modèles BIM sont une source majeure du Jumeau Numérique SNCF Réseau

Définition du BIM :

Méthode de travail basée sur des processus collaboratifs, autour d'une maquette numérique, construite avec des objets enrichis d'un ensemble d'informations.

5B

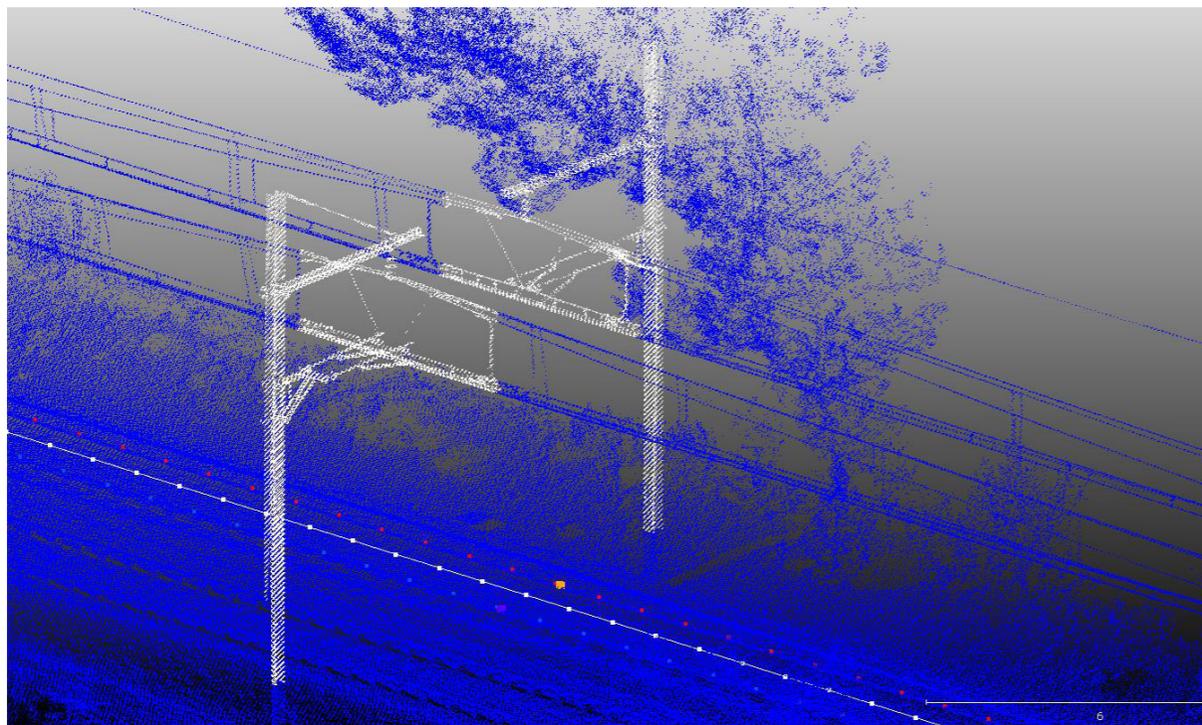
Intelligence artificielle, science de la donnée, et Jumeau Numérique.

Le développement du Jumeau Numérique est aujourd'hui rendu possible par les possibilités informatiques offertes par le calcul intensif et des volumes de stockage très importants inenvisageables jusqu'à ce jour.

Le Jumeau Numérique exploite de manière opérationnelle et pour des environnements industriels les possibilités offertes par les technologies Big Data, en permettant de traiter rapidement de gros volumes de données de natures variées, avec une précision

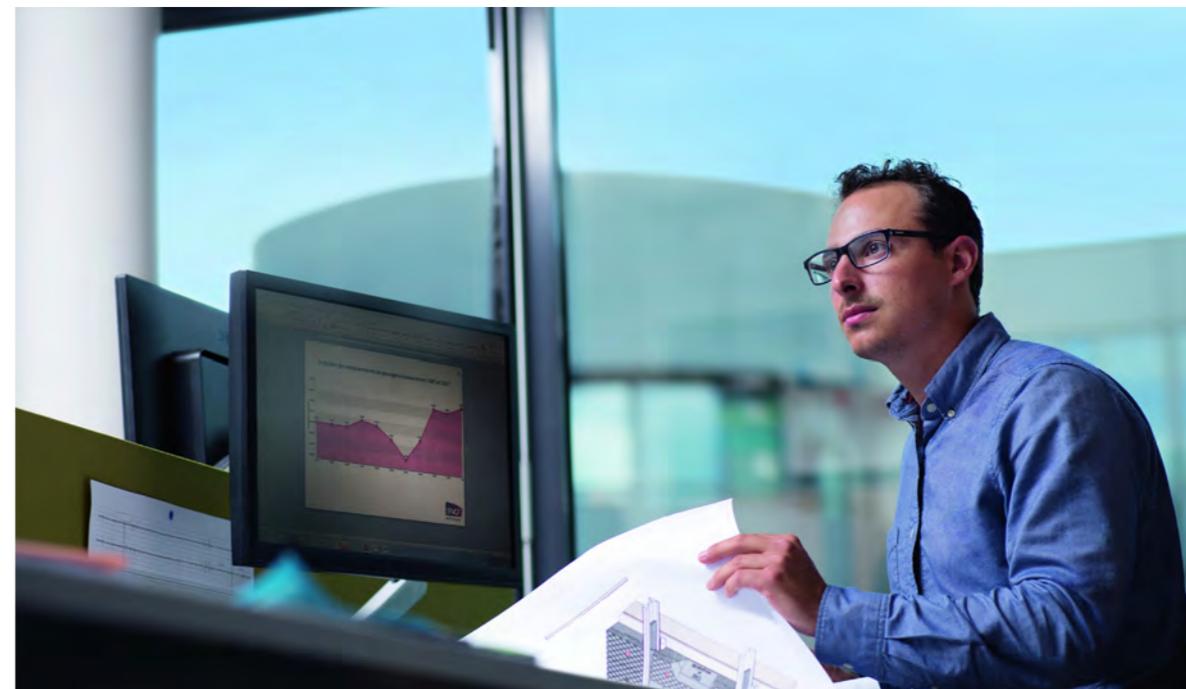
permettant la prise de décision, et allant souvent au-delà de ce que l'humain sait détecter aussi vite sur de tels périmètres.

Pour cela, les outils s'appuient sur de l'intelligence dite artificielle, mais qui n'a d'artificiel que le nom, car il faut beaucoup d'intelligence humaine, notamment celle des métiers pour générer des programmes qui savent analyser le réel dans les dysfonctionnements qu'il peut présenter.



Bientôt, la maintenance sera prédictive : grâce aux capteurs, nous pourrions agir juste avant la panne. L'immobilisation durera moins longtemps, coûtera bien moins cher et sera bien plus efficace.

Jean-Pierre FARANDOU, président-directeur général de la SNCF



SNCF Réseau, à travers ses experts, ses data scientists, ses programmeurs, des spécialistes de la transformation digitale dispose des meilleurs spécialistes pour déployer ses savoir-faire au service des métiers pour qu'ils puissent disposer d'outils novateurs pour toujours mieux piloter leur périmètre à partir d'outils digitaux inédits, pouvant structurellement intégrer la totalité d'un périmètre global, tout en intégrant tous les niveaux d'échelle présents dans les données.

Aujourd'hui, grâce à l'accès facilité à toutes les données de l'entreprise, notamment dans les différents puits et gisements, le Jumeau Numérique permet d'ouvrir de nouvelles perspectives dans l'aide à la décision pour les acteurs de l'entreprise : la visualisation de données, et l'apport de possibilités de simulation donne à l'humain beaucoup plus de leviers pour objectiver ses prises de décision.

5C

Savez-vous modéliser ? Il est temps de parler d'Ariane.



L'alphabet latin est un alphabet comportant vingt-six lettres de base, principalement utilisé pour écrire les langues d'Europe de l'Ouest, d'Europe du Nord et d'Europe centrale, ainsi que les langues de nombreux pays qui ont été exposés à une forte influence européenne. Le français, à partir de ces 26 lettres compte environ 32 000 mots qui servent à décrire au quotidien le monde et ses échanges.

Les données utilisées par une entreprise répondent à la même problématique; rendre compte du réel et de ses échanges. Comme les briques de Lego permettent de créer des univers réels à partir de plans ou d'idées.

Longtemps, chaque application, à partir d'un alphabet plus ou moins commun développait un système de représentation qui lui permettait de fonctionner en créant une application. Ces applications n'étaient pas faites pour échanger entre elles, ou avec l'aide d'un traducteur, souvent difficile à mettre en œuvre.

Mais aujourd'hui, le contexte a changé. L'entreprise a besoin d'une langue de travail commune à l'ensemble de ses processus. À ce titre, elle doit construire un vocabulaire commun permettant à chacun de décrire son périmètre avec des éléments compatibles entre eux dans un modèle commun, pour que tous les usages de la donnée soient compatibles et que les échanges en soient fluides et facilités.



Nous avons voulu créer un modèle de données permettant de décrire de manière efficace tous les objets métiers existant ou à venir du Système Ferroviaire, et permettant d'accéder à toute sa dynamique.

Gilles DESSAGNE – Concepteur du modèle ARIANE

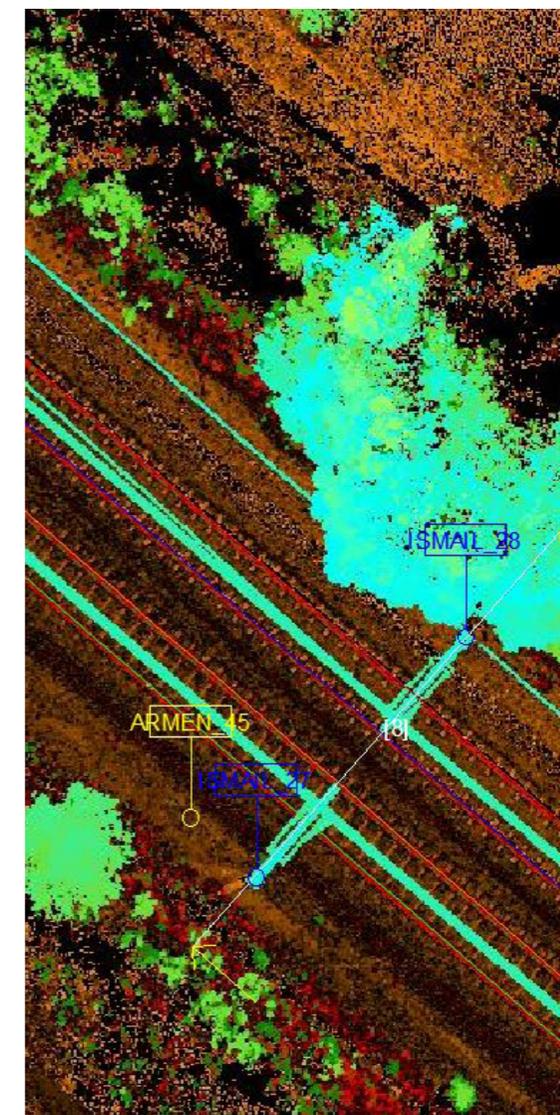


C'est l'enjeu de la modélisation. Ce travail est mené chez SNCF Réseau depuis 2012 sous le nom d'ARIANE et a vu la conception d'un modèle qui compte aujourd'hui plus de 2500 objets métiers modélisés et interopérables.

Le système d'information dispose donc d'une langue commune permettant de décrire un événement, une infrastructure, train, un élément de processus de manière commune à tous.

Ce travail a pris forme dans la mise en œuvre des gisements de données BASIC et Gaïa qui s'appuient sur la modélisation Ariane pour que les données exposées soient bien organisées de manière à rester interopérables et compréhensibles pour tous.

Ariane décrit ce qui existe mais les principes systémiques qui le sous-tendent permettent d'y intégrer ce qui n'existe pas encore, tout en restant compréhensibles de tous, comme un nouveau mot qui apparaîtrait dans une langue et qui entrerait dans le dictionnaire. C'est un outil puissant de transversalité et d'usage de la donnée à tous les niveaux de l'entreprise. On parle alors de continuité numérique ou de continuité de l'information.



QUELLES SONT LES INITIATIVES QUI FAVORISENT LE DÉPLOIEMENT DU JUMEAU NUMÉRIQUE ?



06

6A

Les filières de données au service du développement des nouveaux usages digitaux métier.

6B

Les projets digitaux qui nourrissent le Jumeau Numérique.

6C

La place de l'accompagnement à la transformation digitale dans la réussite du Jumeau Numérique.



6A

Les filières de données au service du développement des nouveaux usages digitaux métier.

Les filières de données animées et gouvernée par la Data Gouv'



Un Jumeau Numérique sert un cas d'usage métier spécifique, mais pour mieux répondre à ce besoin, il s'alimente de données de toutes les filières de l'entreprise, et les gisements de données constituent un levier fondamental de sa performance.

En structurant les données pour ce qu'elles sont et non plus pour ce qu'on en fait, ces gisements sont un catalyseur d'usages digitaux car ils favorisent naturellement leur réutilisation dans des cas d'usage très variés.

Ainsi, c'est le même poteau caténaire, géré tout au long de son cycle de vie par la filière Description du Réseau, qui sera défini dans un document d'étude numérique, mesuré

dans un nuage de points 3D, inséré dans GAÏA, surveillé dans Osteocat, et maintenu dans SPOT.

C'est le même défaut de géométrie, géré par la filière Etat du Réseau, qui sera mesuré grâce aux engins de surveillance, qui sera suivi dans les applications de reporting budgétaire et sécurité, et qui sera corrigé dans TOTEM ou SPOT.

C'est la même circulation, gérée par la filière Usage du Réseau, qui sera utilisée en gestion opérationnelle des circulations, et en maintenance pour analyser les plats de ses roues.

Le réseau ferroviaire français c'est 50 000 kilomètres de voies, 25 000 appareils de voies, près de 32 000 ponts ferroviaires, 10 500 ponts routiers, 15 500 passages à niveau, 1 570 tunnels, 1 200 passerelles... 15 000 circulations par jour, 1,2 milliard de passagers par an, 5 autoroutes ferroviaires de fret, 6,5 mds d'euros de chiffre d'affaires, 54 000 collaborateurs...

Chiffres clés SNCF Réseau

Le rôle des filières est de veiller à permettre l'ensemble des usages identifiés pour les données dont elles sont responsables. En s'appuyant sur des Référents Métiers, qui sont des experts de leurs cas d'usage, les Responsables de Données modélisent les données avec l'Urbanisme de la Direction Générale du Numérique avec cet objectif.

Sont ainsi construits des services de mise à disposition et d'interaction avec les données, sur lesquels le Jumeau Numérique s'appuie et permet d'aller au-delà en les assemblant, pour définir de nouveaux objets et de nouveaux services à plus forte valeur ajoutée.

Liste des gisements en production et en développement dans notre système d'information.

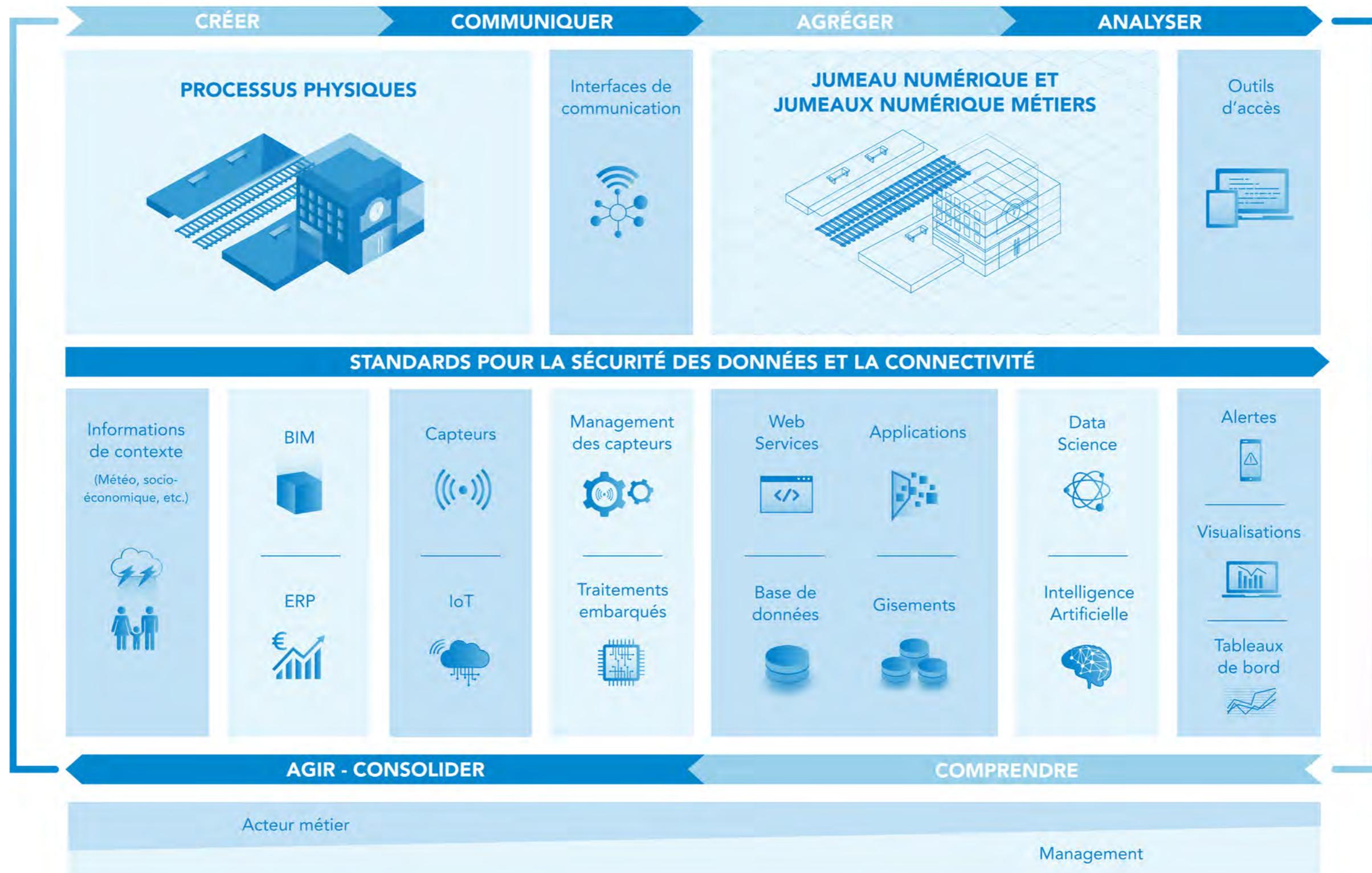
(mars 2021)

7 Gisements en production :

- Capacité BASIC 2.0
- Circulation BASIC 2.0
- Matériel Roulant
- Projets, Travaux et Entretien
- SITERE Télécom
- GAÏA INFRA
- Référentiel Clients et Service

11 Gisements prévus :

- Grands projets
 - 3 gisements, règles d'exploitation quais et gares, enchainements, BASIC 2.0
- DSSR Evènements de sécurité
- DG Numérique / Data Studio Décisionnel
- DG Numérique / Data gouv' Méta gisement
- OSMOZE Basic REAL
- DGST GAIA Objets Techniques (GOT)
- DSI Décisionnel et accédant au SI
- Data Gouv' AGO

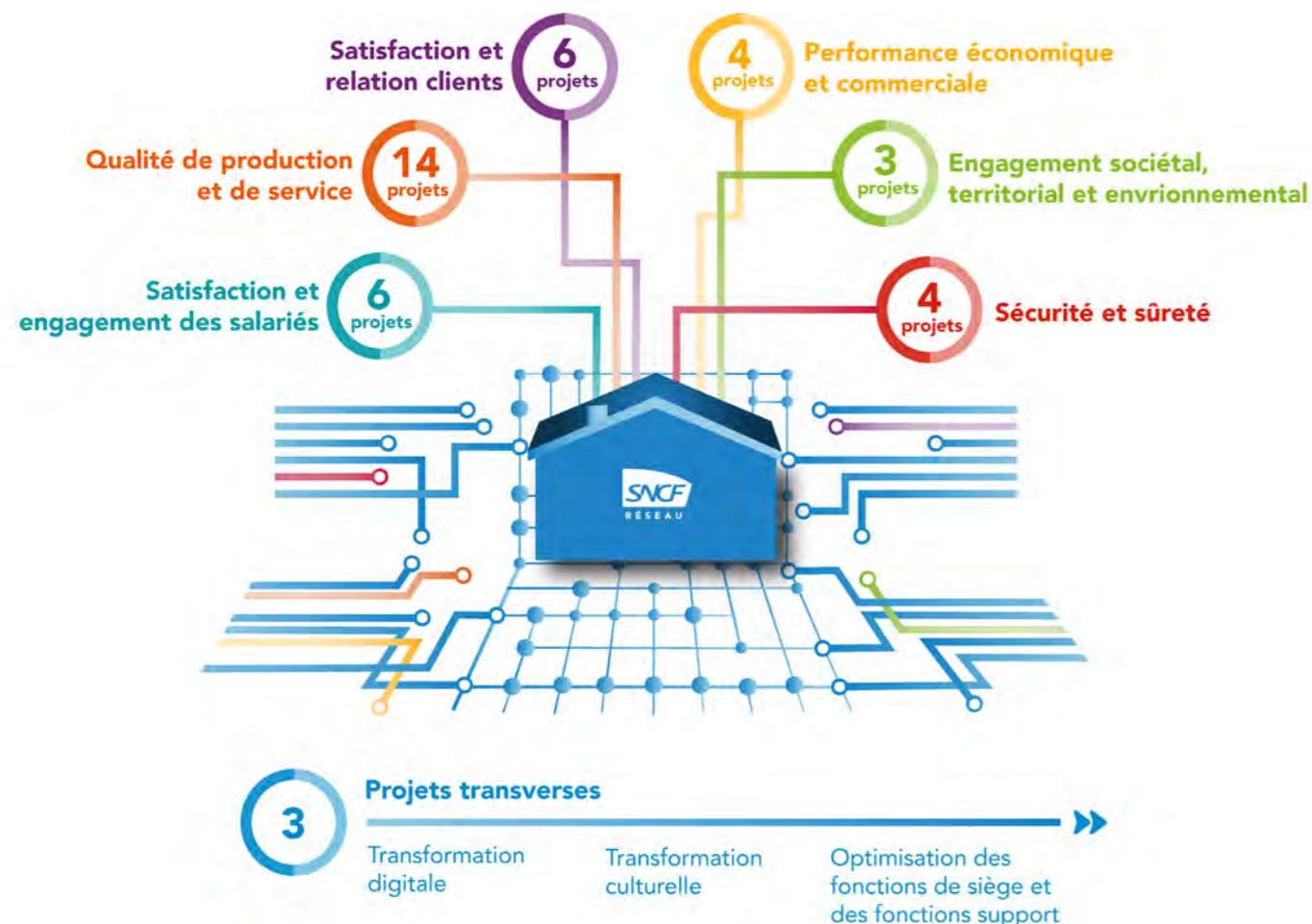


6B

Les projets digitaux qui nourrissent le Jumeau Numérique.

De nombreuses initiatives digitales qui ont une "signature" Jumeau Numérique existent dans l'entreprise, ce qui nous fait dire que de nombreux projets digitaux participent à la démarche Jumeau Numérique sans forcément le revendiquer. Cela est vrai au niveau de toutes les strates de l'organisation. Il serait trop long de citer toutes ces applications qui participent à construire des briques opérationnelles potentiellement intégrables dans un Jumeau Numérique orienté « besoin métier », ou un écosystème digital de modélisation et de simulation.

40 projets stratégiques sur tout les axes de la maison SNCF Réseau :



Transformer SNCF Réseau en entreprise encore plus performante, plus efficace et plus attractive, en étant fiers de ce que nous sommes et qui fait notre force.

Luc LALLEMAND - Président-directeur général de SNCF Réseau

Quelques exemples :

Les initiatives autour de l'alimentation électrique du réseau, qui concourent à la prévision, l'optimisation, la surveillance et à l'aide à la décision en cas de panne d'une sous-station s'intègrent et contribuent à la construction itérative d'un Jumeau Numérique dédié à la traction électrique.



Les initiatives appuyées par la démarche Citizen Dev, les micro-services proposés par DGEX Solutions, par Data Géographique Analytique (DGA), la captation digitale des données des agents en mobilité, la digitalisation de bout en bout de la production de sillon proposée par SIPH, le développement du Train Autonome participent tous à la production de Jumeaux Numériques utiles à de nombreux métiers, et qui sauront se nourrir les uns des autres.

On peut également citer ATLAS, le service de valorisation et d'exploitation de nuages de points issus des acquisitions LiDAR. ATLAS propose d'accéder à un clone 3D de l'infrastructure, ainsi qu'à des outils de mesure et de visualisation en streaming de cette donnée.

Les développements algorithmiques engagés depuis 2020 autour de la donnée LiDAR vont délivrer en 2021 les premiers micro-services utiles à de nombreux acteurs des études et de la production industrielle. On parle de détection automatique d'éléments d'infrastructure comme les poteaux caténaires, de calcul automatique de volumes de ballast, de vérification automatique du gabarit ferroviaire, de détection automatique de dépôts d'objets au bord des voies...

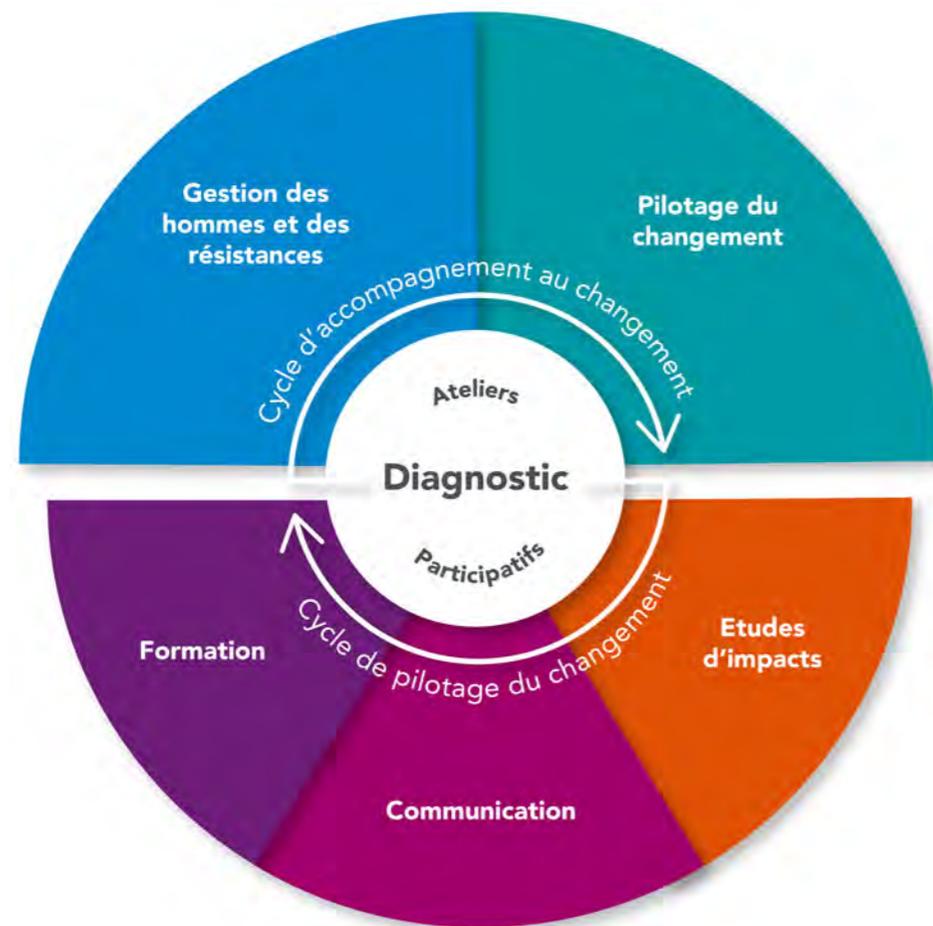
Autant d'éléments qui concourent à une meilleure connaissance du patrimoine, à une optimisation des coûts d'achat de matière et à des circulations en toute sécurité.



Le train FRET Autonome

6C

La place de l'accompagnement à la transformation digitale dans la réussite du Jumeau Numérique.



La transformation digitale désigne l'utilisation que l'humain et plus généralement une organisation peut faire des technologies numériques. Le Jumeau Numérique porte en lui une transformation des pratiques en proposant de nouveaux outils, en faisant oublier la dimension technologique sous-jacente à son fonctionnement.

Mais de nouveaux outils engagent des changements potentiels de pratiques professionnelles qui nécessitent un accompagnement spécifique pour que les opportunités prennent le pas sur les freins, et que ces nouveaux usages émergent et s'ancrent dans le quotidien des utilisateurs.



Déterminer ce qu'on doit changer, puis vers quoi changer, et enfin comment animer ce changement...

Eliyahu M. GOLDRATT – Le But, éditions AFNOR



Le besoin d'un soutien des organes de direction :

Une transformation des pratiques, même si elle représente un potentiel majeur de nouvelle performance, doit s'inscrire dans la trajectoire voulue par les dirigeants, quels que soient leurs niveaux. Il est donc essentiel d'inscrire toute opportunité technologique dans un plan stratégique métier.

Pour ce faire, les équipes du Jumeau Numérique SNCF Réseau rencontrent très régulièrement les organes de direction pour décliner leurs objectifs stratégiques en tactiques digitales, en s'appuyant sur les nouveaux outils pouvant émerger des possibilités offertes par la création d'un double digital et des processus métier utilisant l'automatisation et la simulation comme leviers. La volonté des dirigeants transparait alors dans les solutions et facilite le management et l'engagement de toutes les parties prenantes.

L'accompagnement du changement :

Un changement est toujours un saut vers l'inconnu. Il est plus facile de découvrir un territoire avec un guide expérimenté. C'est le rôle des experts de l'équipe Jumeau Numérique qui accompagnent les utilisateurs et leur hiérarchie à l'intégration de ces nouvelles solutions digitales dans les pratiques du quotidien.



Séance de coaching terrain de la démarche managériale Sécurité : "Savoir voir - Savoir dire"

Le pilotage du changement :

La prise en compte du facteur humain passe par une prise en compte de la réalité des pratiques de chacun pour que le changement représente toujours des opportunités, et ne puisse pas être perçu comme une menace face à des pratiques existantes et bien ancrées. Piloter le changement, c'est créer les conditions pour que chacun se dise « c'est mieux maintenant », à chaque étape de la mise en place de nouveaux outils changeant concrètement l'environnement professionnel de chacun, toujours vers le mieux. Cette démarche est menée par les chefs de projet Jumeau Numérique qui mettent les usagers au centre des outils en développant des expériences utilisateurs positives et performantes.

PUIS-JE VOIR DE PREMIERS RÉSULTATS CONCRETS AVEC LE JUMEAU NUMÉRIQUE FERROVIAIRE ?



07

7A

**Le Jumeau Numérique au service
du mainteneur.**

7B

**Le Jumeau Numérique au service
de la continuité numérique.**

7C

**Exemple de service digital de prévision
dans une approche Jumeau Numériques.**



7A

Le Jumeau Numérique au service du mainteneur.

Les différents ateliers menés avec les acteurs de la maintenance opérationnelle ont permis d'identifier un besoin important de simplification de l'accès aux informations de description et d'état de l'infrastructure.

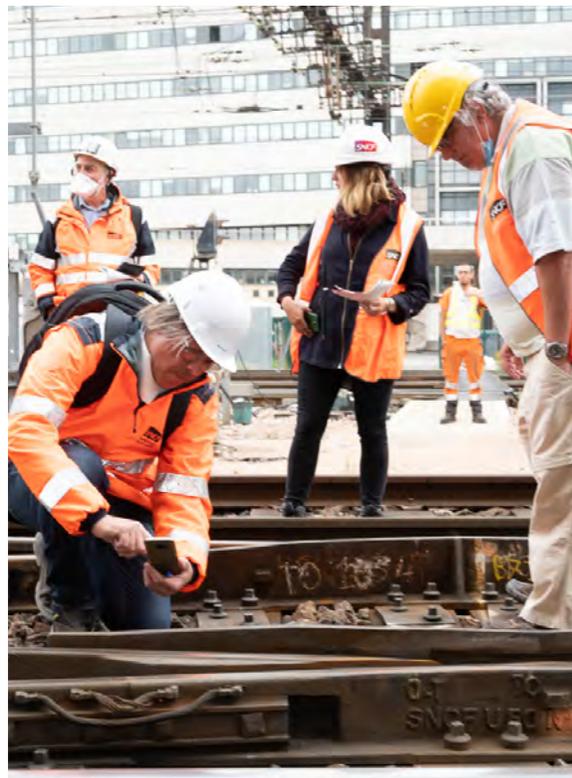
Ceci dans l'objectif d'optimiser l'organisation des interventions de maintenance et d'améliorer la performance tant du point de vue de l'organisation des interventions que de la sécurité technique.



Les services Jumeau Numérique en cours de test opérationnel à l'Infrapôle Paris Nord permettent :

- **d'apporter en temps réel une vision géolocalisée** des assets et des anomalies sur un secteur donné,
- **de mettre à disposition des managers opérationnels** en UP des éléments visuels pour faciliter l'aide à la décision et mieux planifier les opérations de maintenance (gestion des aléas),
- **de faciliter les interventions de maintenance corrective en opérationnel** (ZEP, SEL nécessaires selon la localisation de l'opérateur...).

Dans un même temps des développements complémentaires sont en cours pour aider à la préparation des interventions et fournir le reporting des travaux réalisés immédiatement après intervention.



Test grandeur nature terrain du projet TKOI à la gare de Lyon en bord de voie avec des mainteneurs



Grace au Jumeau Numérique, nous souhaitons fournir à l'ensemble des agents et partenaires ferroviaires sur le terrain l'accès permanent à toutes les données, informations, documentations des installations sur lesquelles ils doivent intervenir.

Sara PALLOT (Responsable de section voie - IDF), Nicolas CHATIN (Responsable de section Tracé 1 - IDF), Jean-Pierre Lhomme, Tkoï



Le jumeau Numérique :

Avant

15 applications métier pour organiser les travaux,
Aucune mise en contexte géolocalisée,
Pas d'accès transversal à l'information.

Après

1 interface unique qui remonte les données de toutes les sources utiles,
Un outil disponible sur le terrain et au bureau,
Une connexion aux sources de données les plus fiables.

7B

Le Jumeau Numérique au service de la continuité numérique.

Dans le cadre du projet Européen In2Smart2, SNCF Réseau va délivrer en 2022 un prototype de Jumeau Numérique après travaux de régénération de l'infrastructure par Suites Rapides voies et caténaires.

La transmission au mainteneur des informations relatives aux travaux réalisés n'est actuellement pas satisfaisante car elle se fait par fourniture d'une série de documents numérisés qui constituent le Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE). Outre la livraison tardive de dossier (quelques semaines, voire mois après réalisation des travaux), il est difficile pour le mainteneur d'en extraire le juste nécessaire pour ses interventions futures sur l'infrastructure.

L'objectif du projet est de créer des jumeaux numériques de nouvelles sections de voie et de système caténaire de l'infrastructure ferroviaire, et de développer des processus pour enregistrer et numériser les modifications apportées à l'existant lors des travaux de régénération.

Le livrable est un DOE "augmenté" qui va fournir au mainteneur l'ensemble des informations nécessaires à l'entrée en périmètre de maintenance. Pour chaque constituant de l'infrastructure renouvelée, il disposera des informations de description, de localisation, de géométrie et de fonction.



Véritable usine roulante, une suite rapide est composée d'une succession d'engins qui interviennent de façon simultanée pour renouveler l'ensemble des composants d'une voie ferrée : les rails, les traverses et le ballast. Cette technique permet de remettre à neuf près d'1 km de voie par jour contre 200 m si l'on utilise des moyens classiques.

Avant

Un DOE dématérialisé
livré plusieurs semaines ou mois
après les travaux,

**Un DOE sous forme de
documents scannés,**

Pas d'accès transversal
à l'historique des travaux.

Après

Un DOE digital
livré dès l'entrée en périmètre
de maintenance,

Un accès facilité
à l'information utile pour le mainteneur,

**Une connexion aux sources
de données** les plus fiables.

7C

Exemple de service digital de prévision dans une approche Jumeau Numériques.

Voici un exemple dans lequel l'intelligence artificielle délivre une valeur concrète aux opérationnels en charge de la gestion des circulations : le service PHRIT (Prévision de l'Heure de Rétablissement suite à Incident Technique). Ce projet fournit une évaluation plus précise de l'Heure de Retour Estimée (HRE) que les forfaits techniques utilisés aujourd'hui dans les applications de pilotage et de gestion des circulations, en prenant en compte les particularités remontées par les acteurs de terrain.

Afin de construire un outil répondant à la problématique métier, une hypothèse de travail a été validée par les acteurs du développement de ce projet : l'analyse a posteriori de données variées permettant de caractériser les délais de rétablissement suite à un incident technique permet de créer les données d'apprentissage d'un modèle prédictif. Il devient alors possible de prédire rapidement un délai en fonction :

- des paramètres de description de l'incident,
- de la circulation concernée,
- et de descripteurs de contexte.

Pour rappel, le machine learning ou l'apprentissage automatique est généralement décrit comme un champ d'étude de l'intelligence artificielle qui se fonde sur des approches mathématiques et statistiques

pour donner aux ordinateurs la capacité d'« apprendre » à partir de données. Les algorithmes de machine learning peuvent ainsi résoudre convenablement des tâches sans être explicitement programmés pour chacune.

Pour ce faire, la mise en œuvre se fait en deux phases majeures :

Une phase d'apprentissage, lors de laquelle des données de référence dont on connaît la valeur à prédire sont traitées afin de générer un modèle : des règles et des déterminants qui permettent de créer des relations entre la donnée à prédire (ici l'heure de retour à l'équilibre) et les paramètres descripteurs disponibles.

Une phase de prédiction, pendant laquelle le modèle est appliqué sur de nouvelles données. Il est à noter que la valeur effectivement constatée de l'heure de retour à l'équilibre viendra ensuite automatiquement nourrir la base de référence et pourra renforcer le modèle a posteriori : soit en augmentant sa précision, soit son champ d'application.

En plus de ces deux phases types, une troisième phase est nécessaire : l'évaluation en situation des performances du modèle, afin de mesurer sa précision, et ses zones d'amélioration.



Déterminer de manière plus précise que dans les méthodes actuelles ce qui crée de la performance opérationnelle et en faire un cas concret de digitalisation réussie.

Arnaud ROBIN – Chef de projet PHRIT



Dans cet exemple d'usage, ces trois phases ont permis de disposer d'une première version opérationnelle d'un outil. Son usage et sa confrontation à la réalité, grâce à l'avis

de professionnels spécialistes de la gestion des incidents a permis la validation de la précision du dispositif prédictif et sa valeur opérationnelle.

Avant ce service	Avec une approche Jumeau Numérique
Une évaluation de l'Heure de Retour Estimée (HRE) sur la base de moyennes peu différenciées	Une prévision de l'Heure de Retour Estimée (HRE) sur la base d'une analyse de l'historique des HRE effectives
Une faible utilisation du croisement des données disponibles	Un service utilisable pour de nombreuses applications
Un niveau d'information des parties prenantes perfectible	À la suite d'un incident, une information horaire efficace délivrée à toute la chaîne rationnelle, aux clients et potentiellement aux usagers

4 ambitions pour ce nouveau service :

- Rapide** Fournir une HRE réaliste en 2min après saisie Bréhat
- Accessible** Interfaces homme-machine facilement utilisable par les opérationnel
- Fiable** Meilleure prédiction que les forfaits Durandal2
- Adapter** Correspondre aux besoins du terrain

Et en vue de son industrialisation :

- Déploiement API de service** Fournir un service en ligne utilisable par toutes les applications intéressées
- Indice de confiance** Fournir un indice de confiance sur les prédictions pour laisser la main aux opérateurs

QUELS SERONT LES USAGES FUTURS DU JUMEAU NUMÉRIQUE DE SNCF RÉSEAU ?



08

8A

Accélérer vers la maintenance prédictive.

8B

Stratégie, Finance et Asset Management.

8C

**Interopérabilité du réseau ferroviaire
Européen.**



8A

Accélérer vers la maintenance prédictive.



La maintenance prédictive est emblématique de la transformation en cours au sein de SNCF Réseau. La gestion des infrastructures, au cœur de notre métier, offre un terrain de déploiement extraordinaire pour les technologies numériques, et les usages que l'on peut en faire.

Dans sa conception courante la maintenance prédictive englobe tout ce qui permet d'optimiser la planification et l'exécution des opérations de maintenance.

Aujourd'hui, plusieurs solutions sont déjà à l'œuvre chez SNCF Réseau sur le terrain, pour exploiter ses opportunités et répondre aux besoins clients de sécurité, de régulari-

té, et de coûts d'accès minimisés. Nos solutions de surveillance à distance et en temps réel permettent aujourd'hui d'anticiper les pannes et de s'assurer du bon fonctionnement des infrastructures afin de limiter les incidents.

Citons les systèmes de mesure par laser qui sont déployés et qui vont nous permettre de détecter les changements sur l'infrastructure pour prévenir les incidents. Le déploiement de drones de surveillance des parois rocheuses environnantes des voies ou bien tous les travaux en cours sur les lois de vieillissement de nos installations élémentaires (rail, traverses, ...).



La Maintenance prédictive est une source de performance majeure.

Luc LALLEMAND – Président Directeur Général SNCF Réseau



De l'usure du rail aux caténaires, nos solutions permettent de surveiller l'usure de notre patrimoine et ajuster leur maintenance afin d'en étendre la durée de vie.

Pour réussir une maintenance prédictive efficace, plusieurs conditions sont à réunir :

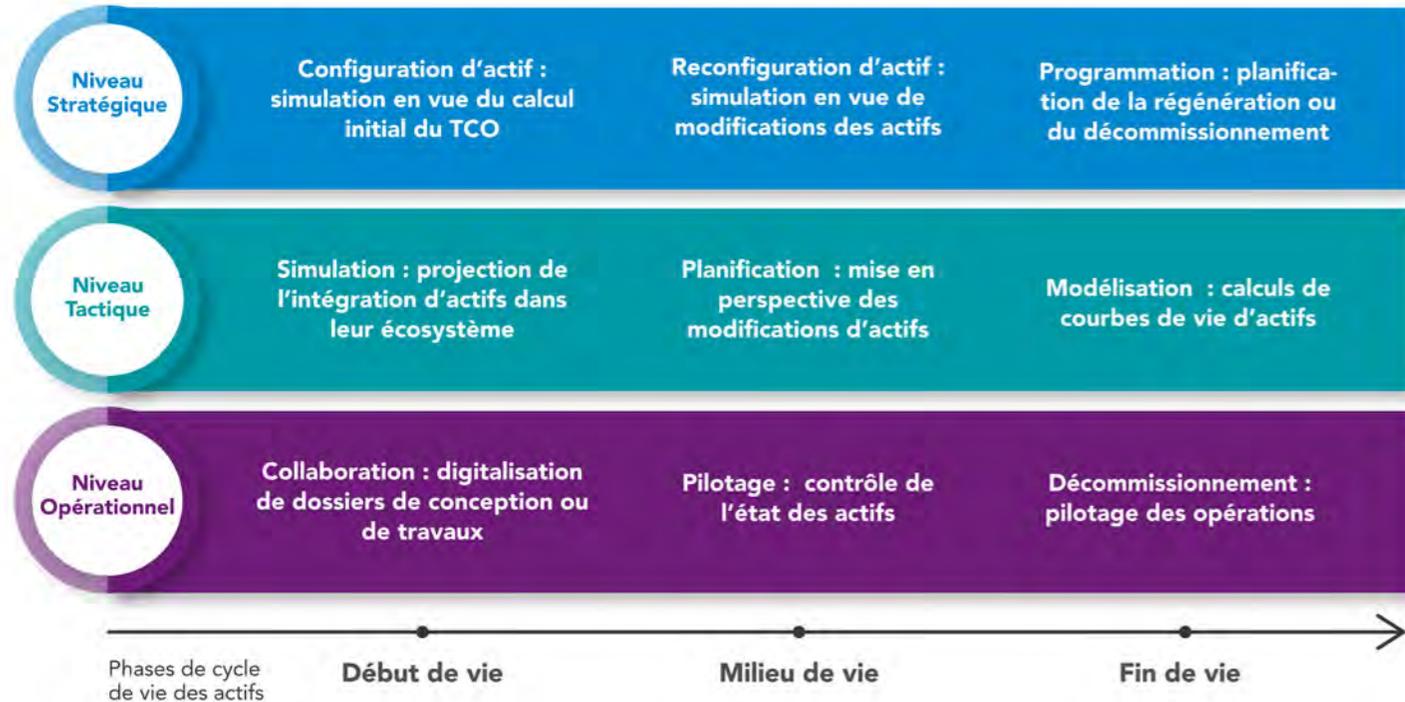
- **Construire une vision globale, de bout en bout** : de la donnée (de sa captation à son exploitation) jusqu'au processus de maintenance imaginé et reconçu avec le déploiement des technologies,
- **Combiner la data science avec la physique**, pour que l'exploitation de la data ne devienne pas une boîte noire mais bien un support de développement de l'expertise,
- **Imaginer le modèle économique des solutions technologiques** dans le cadre d'une mise en place à grande échelle,
- **Favoriser une approche multi-échelle**, partant de l'opérateur pour aller au territoire puis à l'entreprise.

L'objectif du Jumeau Numérique est de permettre une accélération franche vers la maintenance prédictive, en s'appuyant sur nos data scientists et sur les technologies existantes ou émergentes.



8B Stratégie, Finance et Asset Management.

Niveau de contrôle des actifs



Management vient du mot ménagement : être responsable que de quelque chose dont on n'est pas propriétaire. Voilà une définition qui s'applique bien à un service public d'infrastructures de transport. Mais quelle est donc la nature de cette responsabilité, et en quoi ce mot du moyen-âge trouverait-il un levier dans une technologie digitale particulièrement innovante ?

L'asset management ou la gestion d'actifs est d'abord affaire d'allocations de ressources à des actifs en fonction d'une stratégie, de déploiement, de sécurité, de service rendu, de performance. Mais dans un monde aux ressources finies, toute allocation implique des choix, des arbitrages qui doivent être réalisés de manière rationnelle, selon des clés de répartition dont on espère qu'elles maximiseront le rendement des ressources investies dans les actifs, dans les infrastructures pour SNCF Réseau.

Il n'y pas encore aujourd'hui de système complet d'asset management, gérant la donnée et les informations en lien avec la gestion du cycle de vie des actifs industriels. Cela mène à des décisions partant d'éléments partiels. Les années à venir devront faire naître de meilleurs outils de décision... Les modèles de type Jumeaux Numériques peuvent être considérés comme un concept pertinent pour atteindre ces objectifs.

Macchi et al. In Exploring the role of Digital Twin for Asset Lifecycle Management IFAC 2018

Afin de prendre les justes décisions en ce qui concerne la gestion d'actifs avec un système d'asset management, Machi et Al. identifient les facteurs clés suivants :

- **prise en compte du cycle de vie**, en incluant des objectifs de performance à long terme afin d'orienter les décisions ;
- **une orientation système afin de prendre en compte le système d'actifs dans sa globalité**, et pas seulement une somme de composants ;
- **une approche statistique par la quantification et le management du risque** ;
- **une vision centrée sur les actifs** afin de se concentrer sur leurs données et leurs informations, à transformer en informations menant à des décisions d'ordre financier ou stratégique.

Les principes structurant tout Jumeau Numérique sont donc cohérents avec les prérequis d'un système d'asset management performant. Mais pour réussir à disposer d'un outil d'aide à la décision permettant la gestion d'actifs industriels, il faut combiner la description de la globalité des actifs concernés, mais aussi la description de leurs lois de fonctionnement au quotidien, et leurs lois de vieillissement sur un temps

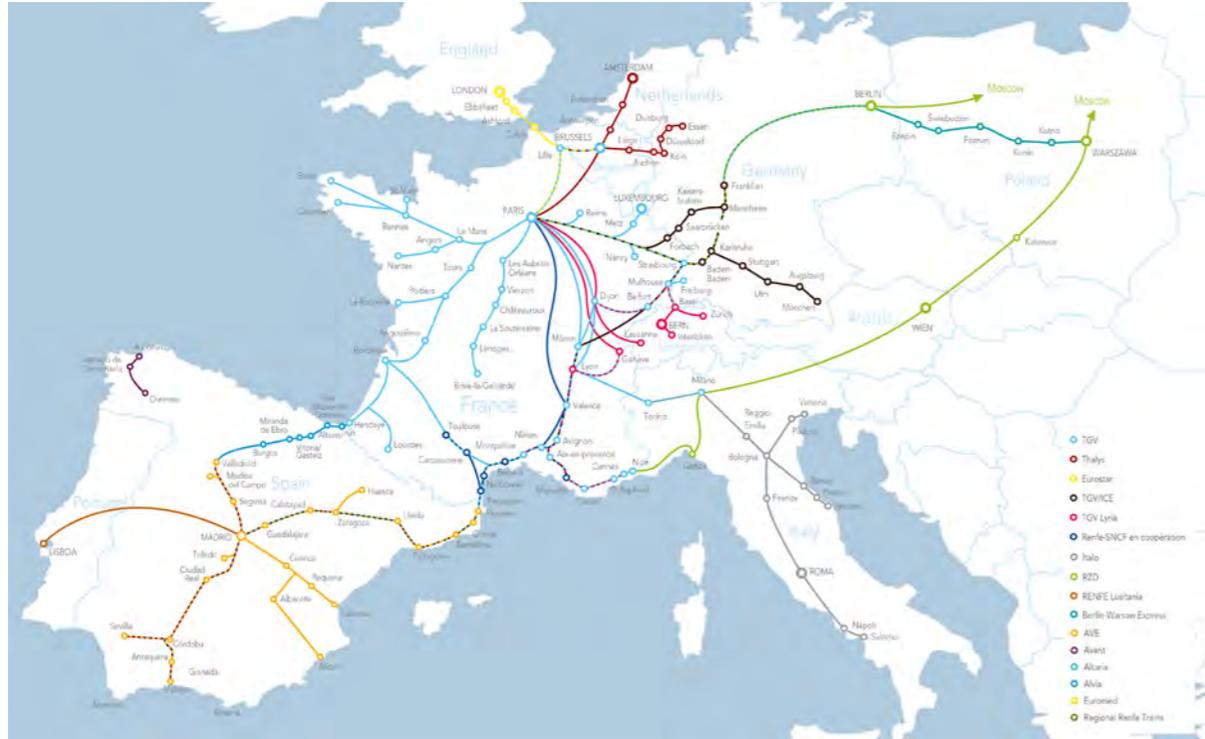
long. C'est là que les data scientists spécialistes du ferroviaire rentrent en jeu pour créer des modèles numériques permettant de projeter chaque actif dans son futur type en fonction des contraintes auxquelles il peut être soumis. C'est la combinaison de l'accès à la description exhaustive des infrastructures par un système d'information cohérent et unifié, combiné à un ensemble de lois de vieillissement propres à chaque actif qui permet de disposer d'un modèle global permettant de générer des études impacts en fonction de différents scénarios d'investissement et donc de permettre des décisions rationnelles d'allocations de ressources et de ventilation budgétaire.

La digitalisation est un processus de transformation qui ouvre de nombreuses opportunités en introduisant de nouvelles technologies dans l'ingénierie ou la gestion. En ce qui concerne les applications spécifiques de l'asset management industriel, Macchi et Al. concluent à la convergence du support de décision nécessaire à la décision stratégique et aux bénéfices offerts par les fonctionnalités des Jumeaux Numériques tout au long du cycle de vie d'un actif et du système dont il fait partie.

8C

Interopérabilité du réseau ferroviaire Européen.

Interopérabilité des lignes à grande vitesse en Europe



L'interopérabilité ferroviaire désigne la possibilité de faire circuler sans entrave des trains sur des réseaux ferroviaires différents, notamment des réseaux situés dans des États différents.

Ce principe est notamment mise en œuvre dans le fret à travers la création de corridors européens facilitant le transport de marchandises sur de très grandes distances, mais aussi pour les lignes à grande vitesse afin de « permettre la circulation sûre et

sans rupture de trains à grande vitesse en accomplissant les performances spécifiées» (UIC).

À l'échelle européenne, l'interopérabilité s'appuie sur de nouveaux outils essentiellement digitaux qui ont vocation à permettre aux parties prenantes au niveau continental (et européen) de faire converger technologies et développement de l'activité ferroviaire dans un flux intégré.

“ Les travaux entrepris dans le cadre de la directive européenne sur l'interopérabilité des réseaux ferroviaires doivent favoriser le cohérence et la compatibilité du réseau ferroviaire européen et garantir ainsi une mobilité durable. ”

P. POURCIN – UIC Centre de documentation

Les technologies impliquées sont les suivantes :

L'European Rail Traffic Management System (ERTMS) et l'European Train Control System (ETCS) permettent notamment de créer un système de cantonnement virtuel dépendant de la vitesse des trains et de leurs capacités de freinage afin de faire circuler plus de train sur le même tronçon de ligne. Il est envisagé, par exemple, grâce à cette technologie, de faire circuler 16 TGV à l'heure au lieu de 13 actuellement entre Lyon et Paris.

L'information conducteur en cabine fournit des informations aux conducteurs en cabine au bon moment afin d'augmenter la performance et la sécurité.

La gestion de trafic qui permet de maximiser les performances pendant que les trains circulent le long du réseau, en maximisant le flux qu'une voie peut supporter en adaptant la circulation en temps réel en fonction des changements de conditions et d'incidents.

Les télécoms et la donnée, à travers le FTN (Fixed Telecommunications Network) et le GSM-R vont permettre la connexion de tous les systèmes.



Le Jumeau Numérique a un impact direct sur ces technologies, qui notamment pour l'ERTMS nécessitent des décisions d'investissements complexes et lourdes qu'il est utile d'appuyer par des simulations et des scénarios. D'autre part, la modélisation de données système, portée par le Jumeau Numérique, favorise structurellement cohérence, compatibilité et ouverture vers d'autres systèmes digitaux, d'autres gestionnaires d'infrastructures accessibles en lecture ou en écriture via des web services. L'interopérabilité s'appuie sur une vision d'un système digital de pilotage qui sera un réseau des Jumeaux Numériques de chacun des réseaux interconnectés.

COMMENT TIRER PARTI, POUR VOS OUTILS MÉTIER, DES BRIQUES MISES EN ŒUVRE DANS LE JUMEAU NUMÉRIQUE ?



09

9A

Sous l'angle de l'importance de la continuité de l'information.

9B

Sous l'angle de l'accès à la donnée.

9C

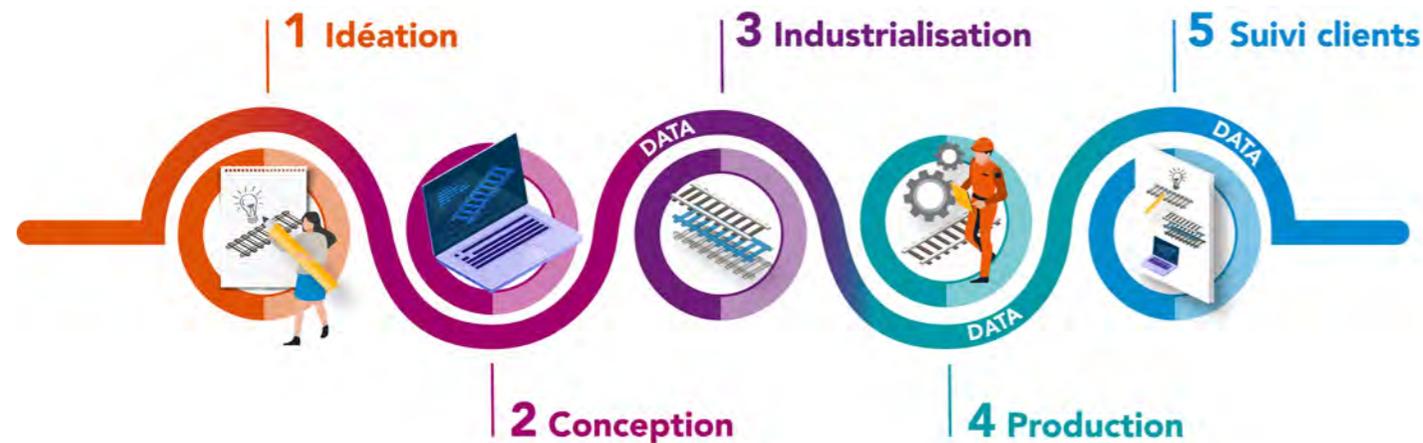
Sous l'angle de la création d'applications.



9A

Sous l'angle de l'importance de la continuité de l'information.

La continuité digitale et de l'information, c'est la possibilité d'utiliser une information de la manière dont vous avez besoin, aussi longtemps que vous le voulez.



La continuité de l'information désigne la capacité d'une organisation à disposer de l'ensemble des informations numériques sur un produit, un système ou ses sous-ensembles, tout au long de son cycle de vie. Tout le défi consiste dans le fait d'intégrer des données provenant de sources très diverses, et donc de formats fortement hétérogènes : fichiers de CAO en 3D, de GMAO, plans, documentations techniques, fichiers Excel, bases de données du patrimoine.

Mettre en œuvre cette continuité est une force qui rend l'entreprise plus agile et plus résiliente.

Le magazine en ligne Forbes.com, en Janvier 2021⁽¹⁾, au cœur de la pandémie mondiale, présente de manière claire combien il est utile de garantir la continuité de l'information pour mieux réagir quand l'entreprise est dans un contexte difficile :

- **Enregistrer une source unique de vérité,**
- **Faciliter la collaboration,**
- **S'intégrer avec les piliers centraux des opérations de l'entreprise,**
- **Créer un Jumeau Numérique,**
- **Piloter avec fluidité** les opérations tout au long du cycle de vie, de la conception aux opérations.



C'est aujourd'hui une évidence, les chaînes de production industrielles sont autant digitales que faites d'acier et d'engrenages, et dans un contexte ferroviaire, elles s'entremêlent dans tous nos métiers.

Samuel DESCROIX – Directeur de division Data Studio



La continuité numérique pour le réseau ferroviaire est donc un cycle vertueux qui facilite la communication et la collaboration dans le but de concevoir et d'exploiter de meilleures infrastructures plus rapidement, mais aussi de :

- **Gagner en efficacité,** pour tous les métiers,
- **Réutiliser au maximum l'existant** lors des nouveaux développements,
- **Faire les bons sous-systèmes du premier coup,**
- **Piloter la production de façon plus agile,**
- **Améliorer la réactivité** à l'évolution des demandes du marché et des clients,
- **Obtenir une meilleure qualité** à tous les niveaux de l'entreprise,
- **Développer plus rapidement** de nouveaux produits et fonctionnalités.



La fin des silos et l'accès à l'information exhaustive d'un sous-système apporte de nombreux avantages à l'ère de l'industrie 4.0, et bientôt 5.0.



Chacun à son niveau, notamment les pilotes d'applications, peut tirer parti de cette continuité et de son potentiel, mais ils ne doivent pas perdre de vue qu'ils sont aussi producteur de données qui ont vocation à s'intégrer dans le cercle vertueux de la continuité de l'information. Chacun a alors vocation à respecter les recommandations d'usage de la donnée pour qu'elle devienne un actif circulant dans la durée pour garantir la meilleure création de valeur pour l'organisation.

9B

Sous l'angle de l'accès à la donnée.

Exemple (non exhaustif) de données concernant un appareil de signalisation



Au quotidien, nous sommes tous utilisateurs de données (et des méta-données qui donnent leur contexte de production ou d'usage), et aussi producteurs, par nos métiers et par nos usages, des applications. En effet, quand nous cherchons quelque

chose dans un moteur de recherche, il nous propose des options, et par le choix que nous faisons, nous validons la pertinence d'une proposition et améliorons son fonctionnement futur (c'est le renforcement par l'usage).



Pour vos applications, pensez consommation des gisements, pensez modèle Ariane, pensez consommation et distribution de web services et vous serez dans la dynamique de solutions pérennes et transversales.

Mounir ACHIBA – Pilote SI du Jumeau Numérique SNCF Réseau



Dans le ferroviaire, avec l'usage de l'intelligence artificielle, la validation ou la modification d'une prévision produite par une application est une donnée qui présente une grande valeur d'amélioration pour les futures prévisions.

Nos systèmes d'informations sont aujourd'hui structurés en trois couches :

- **Une couche Données**, qui recouvre toutes les données de l'entreprise, à travers des gisements, qui ont vocation à être utilisés par tous.
- **Une couche de micro-services de connexion et de calcul au plus près de la source**, qui fait l'intermédiaire entre les deux autres, et permet à la fois d'obtenir, de combiner, d'ajouter et de modifier les données.
- **Une couche Applicative**, qui présente des résultats à l'utilisateur, et lui permet d'interagir avec les données via les services.

De cette manière, la donnée n'est pas transportée en masse ni dupliquée, ni emprisonnée dans une application. Elle est naturellement partagée, puisque les applications utilisent des services pour accéder aux données, services qui peuvent ensuite être réutilisés par d'autres applications lorsqu'ils sont bien documentés.

Cette approche nécessite de définir avec beaucoup de soins et de précisions les processus qui sont concernés par le développement d'une nouvelle solution, ainsi que les objets qui sont manipulés, de manière à s'accorder avec tous les autres utilisateurs de cette donnée. Les processus de Data Gouvernance mis en place par le Data Office ont vocation à offrir un accompagnement tout au long de ce processus. Ils évoluent et progressent car la mise en place de la continuité de l'information en sécurité pour tous (sécurité de l'accès et qualité de la donnée utilisée).

Les solutions fournies pour des besoins industriels reposeront naturellement sur les gisements mis en place par les différentes filières de données. Ces gisements sont accessibles via des API (Interfaces de Programmation pour les Applications), qui constituent une partie de la couche Services du Jumeau Numérique. Les gisements 2.0 évoluent vers une disponibilité accrue et une souplesse de connexion inédite. Ces services existent aussi bien pour de la récupération de données, que pour de l'insertion de nouvelles données, ou de la modification de l'état d'une donnée existante, avec des conditions d'accès adaptées aux nouveaux usages exigés ou attendus par les utilisateurs finaux.

9C

Sous l'angle de la création d'applications.

Le Jumeau Numérique n'est pas une fin en soi, mais une opportunité offerte par la convergence de nouvelles méthodes, technologies, ou outils digitaux. Chaque application de l'entreprise a vocation à nourrir le Jumeau Numérique global, à tirer parti des données, des nouvelles connexions offertes par une vision dynamique et globale du système industriel et des données qui le font fonctionner.

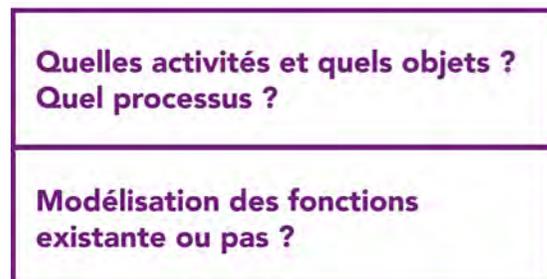
Quand on parle de création d'application, on parle de la création d'un outil complexe qui a vocation à réaliser une partie plus ou moins importante d'une chaîne de transformation de données afin de permettre une décision, humaine ou automatisée, qui agira sur l'étape suivante de la chaîne de valeur.

Les 8 piliers de la création d'applications :

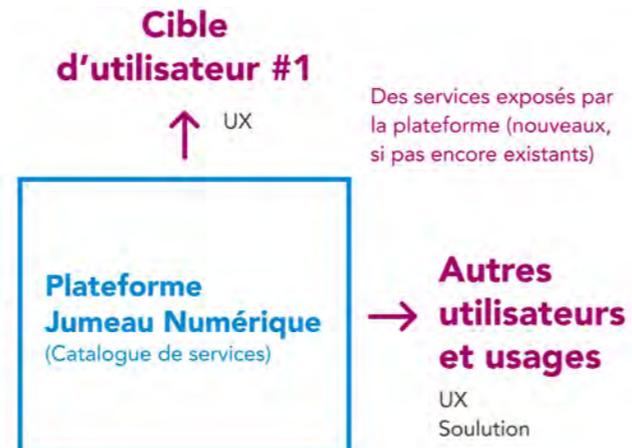


Métier #1

1 problématique
Une ou plusieurs activités



→ Expression Analyse d'un besoin pour réutilisation et/ou enrichissement



UX : User Expérience, Expérience utilisateur



C'est aujourd'hui une évidence, les chaînes de production industrielles sont autant digitales que faites d'acier et d'engrenages, et dans un contexte ferroviaire, elles s'entremêlent dans tous nos métiers.

Samuel DESCROIX – Directeur de la division DG Num / Data Studio



À travers les données / les fonctions / les interfaces, quelles sont ces briques qui peuvent être des accélérateurs de vos applications en permettant de leur ouvrir de nouvelles opportunités ?

Au niveau conceptuel : la vision système et les objets métier.

Trop longtemps une application a été pensée en silo, or elle a vocation à être autant consommatrice que productrice de données autour d'objets métiers, dans un système dynamique, comme les maillons d'une chaîne, ou des fonctions d'un système global.

Une question pour votre application : Quels objets métier manipulez vous et enrichissez-vous ? À qui d'autre peuvent-il servir ?

Au niveau de l'usage : modéliser les usages et les utilisateurs.

Un usage, c'est un processus et des utilisateurs. Intégrer l'humain dans la modélisation du processus, c'est intégrer l'expérience attendue par toutes les parties prenantes et c'est améliorer l'acceptance et la performance de l'intégration, clé de la réussite de la digitalisation de nos modes de fonctionnement.

Une question pour votre application : Quels sont les utilisateurs auxquels vous n'avez pas pensé, qui peuvent se servir de

ce que votre application produit ? Même hors de votre métier, ils sont des parties prenantes de la performance globale.

Au niveau de la consommation et la production d'information : la chaîne de valeur de la donnée.

La consommation ou la distribution de données via des web services ou micro-services intègre votre application dans un système global d'enrichissement de la donnée, qui permet à l'organisation de disposer d'une source sûre et permanente de son historique et de son fonctionnement.

Une question pour votre application : Quelle est la place de votre application dans une chaîne de valeur plus large d'enrichissement de la donnée ? Que consommez-vous ? Que produisez-vous ?

Au niveau du caractère industriel : la relation au système physique.

Travailler sur de la matière digitale ne doit pas nous faire oublier que tout part et que tout doit avoir un impact sur le réseau ferroviaire physique. C'est la finalité de tous nos métiers.

Une question pour votre application : Quel est le lien amont de captation d'information et quelles sont les modalités de retour vers le système physique ? Comment améliorer cette chaîne de contrôle et d'action ?

**QUI SONT LES ACTEURS
CLÉS QUI AGISSENT POUR LE
DÉPLOIEMENT DU JUMEAU
NUMÉRIQUE ET DE LA
DIGITALISATION DANS
L'ENTREPRISE ?**



10

10A | Notre équipe d'incubation de projet.

10B | Notre programme d'accélération.

10C | Un réseau de partenaires.



10A Notre équipe projet.

Le cercle vertueux de l'émergence à la mise en œuvre de nouvelles opportunités technologiques



Les développements technologiques propres au Jumeau Numérique ferroviaire font émerger des opportunités de nouveaux outils au sein de beaucoup de métiers de notre organisation. La rencontre d'un cas d'usage et d'une technologie inno-

vante devient fructueuse quand un certain nombre de conditions de développement sont réunies. C'est le rôle de notre structure d'incubation de projets utilisant des briques du Jumeau Numérique pour tout ou une partie de leur réalisation.

Grâce à la science de la donnée et à un travail collaboratif, nous sommes passés d'une information faite de forfaits-temps à très grosse maille, à une prédiction plus précise basée sur un historique d'interventions.

Arnaud ROBIN – Chef de projet PHRIT, Prévission de l'Heure de Rétablissement suite à Incident Technique

Cette structure a été créée en 2018 dans la foulée du défi Jumeau Numérique SNCF Réseau. Depuis sa création, sa vocation se réalise dans l'accompagnement des acteurs métiers qui souhaitent utiliser de nouvelles technologies pour apporter une valeur d'usage concrète sur le terrain : intégration de modèles BIM de travaux de digues dans des données 3D issues de scans de voies et abords ; mise à disposition de base de données transversales sur les installations, sur phablettes, en mobilité pour des agents de maintenance...

Aujourd'hui notre équipe projet peut vous conseiller et vous accompagner sur plusieurs axes :

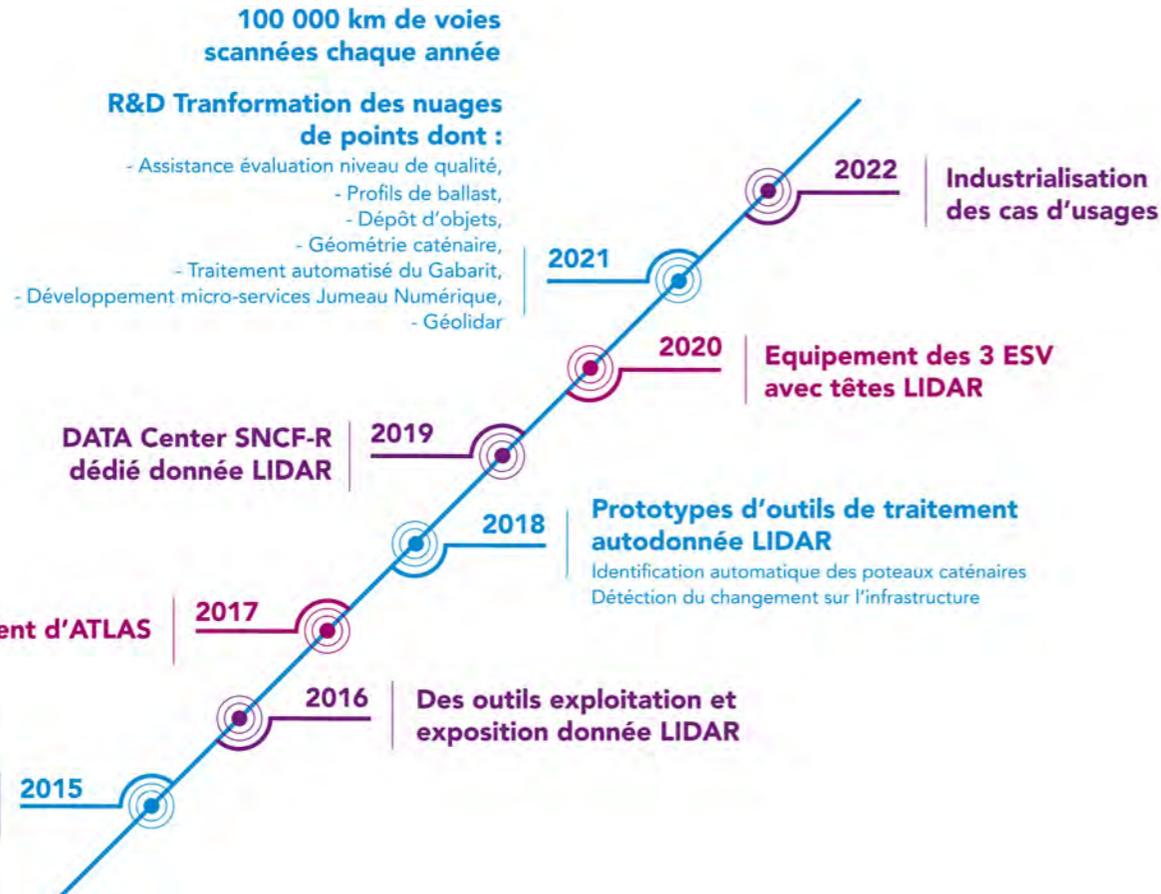
- **Identification des technologies innovantes** à intégrer dans vos métiers,
- **Accès transversal à des données enrichissant vos applications** et la valeur rendue à vos utilisateurs et vos clients,
- **Relation avec les partenaires clés** et co-développement,
- **Conception de modèles numériques** utilisant la science de la donnée pour intégrer le comportement des assets dans des programmes de simulation ou de prédiction,
- **Utilisation de la donnée LiDAR** issue des scans réguliers des voies et abords,
- **Modélisation économique et calcul du retour sur investissement** ou des gains di-

rects à obtenir par une mise en œuvre de processus digitaux à court terme,

- **Développement de démonstrateurs technologiques,**
- **Accompagnement** tout au long des étapes de la transformation digitale de vos métiers,
- **Communication et organisation** d'événements d'idéation, de déploiement ou de formation,
- **Plan de mise en œuvre d'une solution applicative industrielle** aux standards de l'entreprise, en partenariat avec les instances de pilotage de l'entreprise,

La digitalisation des métiers industriels est un processus complexe qui gagne à se faire dans une dynamique ouverte et collaborative. A ce titre, nous pouvons intervenir tout au long de la chaîne de production de vos projets, de l'émergence à la mise en œuvre dans l'écosystème SI et métier de SNCF Réseau. Cette double expertise de l'innovation digitale à forte intensité technologique, doublée d'une expertise ferroviaire offre un niveau de conseil inédit offert par une équipe d'agents expérimentés et dédiés à faire évoluer nos méthodes afin de tirer parti de ce que le numérique offre comme nouveaux leviers de performance.

10B Notre programme d'accompagnement.



L'étape d'accélération vient après la phase d'incubation qui a vu se cristalliser les premiers résultats de la mise en œuvre de nouvelles technologies digitales au cœur des processus métier.

Pourquoi accélérer ? Parce que la démonstration que le potentiel de performance est bien réel, que les gains attendus sont au

rendez-vous, et qu'il est maintenant essentiel de passer à l'échelle. Ce dernier point est clé dans la réussite d'un projet digital dans une organisation de grande taille, présente sur un territoire national, et structuré en de nombreux sous-ensembles qui peuvent chacun tirer profit d'une innovation qui a fait ses preuves sur un périmètre ciblé.

“ L'enjeu pour nous est autant de faire bénéficier les autres zones de production de nos innovations digitales que de tirer parti des réussites qu'elles ont su initier ou mettre en œuvre.

Vincent TETON – Directeur de la Zone de Production Sud-Est

Le passage à l'échelle est l'étape cruciale de la réelle création de performance à l'échelle de l'organisation. C'est bien là que la dynamique portée par le Jumeau Numérique SNCF Réseau prend tout son sens. Comme nous l'avons abordé tout au long de ces pages, le Jumeau Numérique porte en lui une vision système du système physique qu'il entend reproduire de manière dynamique dans un environnement digital. Il porte donc la notion d'échelle et de fonctionnement global dans son ADN.

Notre programme a pour vocation de vous offrir l'accompagnement vous permettant de faire de votre innovation un service servant le plus grand nombre d'applications clientes et d'utilisateurs potentiels. Pour ce faire, les pilotes du programme Jumeau Numérique, dans leurs différents champs d'expertise : technologique, ferroviaire, grands programmes, systèmes d'information, science de la donnée. Ils mobilisent leurs connaissances et leur réseau pour construire avec vous une feuille de route de déploiement de vos innovations à une plus grande échelle pour que toute l'entreprise puisse en bénéficier en s'intégrant au mieux dans l'écosystème digital et humain qui fait le fonctionnement de l'entreprise au quotidien.

Concrètement, votre innovation, votre démonstrateur, devient un élément clé de notre réflexion Jumeau Numérique et tous se mobilisent pour travailler avec vous pour trouver tous les leviers qui en feront une réussite industrielle, un outil reconnu, interfacé avec tous les clients potentiels qui peuvent en tirer bénéfice.

Ce programme d'accélération prend la forme d'ateliers, de rencontres et de productions de documents qui permettent d'ouvrir des portes et de créer les conditions de ce fameux passage à l'échelle qui fait de toute innovation digitale un nouvel outil performant pérenne et sûr dans un contexte d'exploitation ferroviaire.



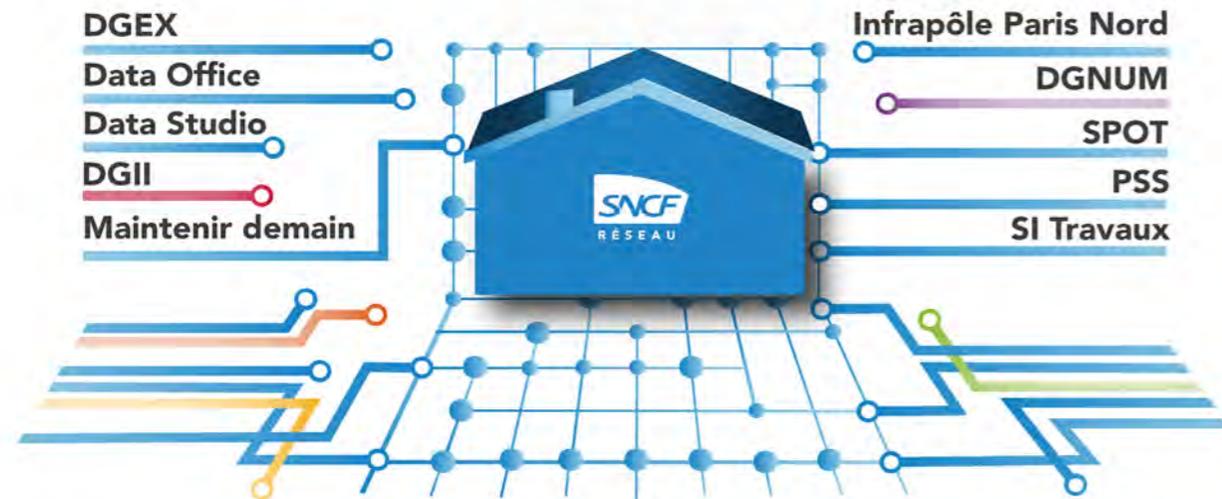
Accélérer, c'est vous aider à conduire vos projets.

10C Un réseau de partenaires.

Le Jumeau Numérique est à la fois une ambition et une réalité concrète ; une plateforme technique et un cadre méthodologique ; mais c'est surtout le cœur d'un écosystème de partenaires.

De nombreuses initiatives internes à SNCF Réseau sont engagées dans une démarche qui permet de faire évoluer les paradigmes applicatifs traditionnels, à savoir "un be-

soin, une application, un modèle de données". Le développement de services qui permettent de sortir de cette vision génératrice de frustrations et d'applications qui ne se parlent pas, qui ne sont pas connectées et interopérables est en train de se mettre en place grâce notamment aux travaux d'urbanisation menés au sein de la Direction du Numérique.



Et tous les autres partenaires qui accélèrent à la digitalisation au quotidien.

“ La nouvelle Direction du Numérique est résolument tournée vers la consolidation des programmes existants, tout en s'appuyant sur les nouvelles opportunités offertes par les technologies émergentes, toujours en soutien de vos initiatives et de vos besoins.

Thien THAN-TRONG – Directeur Général du Numérique



D'autre part, SNCF Réseau a mis en place une politique de structuration et de gouvernance de la donnée que nos partenaires gérants d'infrastructures européens regardent de près. Le Data Office peut donc vous offrir des outils pour inscrire vos développements dans les principes d'utilisation et de partage de la donnée de SNCF Réseau qui nous garantissent un usage pérenne et en sécurité du potentiel de l'information digitale.

La nouvelle Direction Générale du Numérique est le partenaire essentiel qui porte les moyens de la transformation digitale, moteur de la performance et de la modernisation de SNCF Réseau.

Elle travaille avec les directions métiers autour de 5 lignes directrices :

- **Une posture Business Partner,**
- **Un leadership technologique** et un delivery plus flexible,

- **Une animation transverse** des usines logicielles,
- **Une empreinte territoriale** et une écoute utilisateurs renforcées,
- **Le maintien de la cohérence** de nos systèmes d'information et des données qu'ils portent,
- **La Direction du Numérique** est présente pour appuyer et faire évoluer le Système d'Information pour que celui-ci devienne nativement le support du Jumeau Numérique.

Et bien sûr, les équipes d'incubation de projet et d'accélération du programme BIM et du Jumeau Numérique de la DGII sont à vos côtés pour vous offrir le conseil, le socle technique, l'accompagnement, et le catalogue de représentations digitales qui permettent à chacun d'enrichir les applications existantes et de construire des outils inédits accélérant pour chaque métier, la transformation industrielle par le digital.

LES AUTEURS



**Mounir
ACHIBA**

Directeur
Information &
Technologie
programme BIM

**Hugues
GIGLEUX**

Pilote déploiement
Jumeau Numérique
Responsable de la
division MATRICE

**Jean-Philippe
RIANT**

Responsable
des offres Data
Science et Jumeau
Numérique chez
SNCF Réseau

**Bruno
LANDES**

Pilote déploiement
Jumeau Numérique
Responsable de la
Division Assistance
Travaux &
Topographie

**Jean-Christophe
MICHELIN**

Responsable de
la section Data
Science et Jumeau
Numérique

© Crédit photos

JFLHOLCOMBE - stock.adobe.com / 4X - image / Arnaud Février - SNCF Réseau / chesky - stock.adobe.com / jamesteohart - Shutterstock / EPStudio20 - Shutterstock / Jean-Philippe Riant - SNCF Réseau / Aleksandar Malivuk - Shutterstock / Global Railway Review - Article SNCF Réseau / Omega 2N - SNCF Réseau / SNCF Réseau - CAPA Pictures - Julien Lutt / RFF - CAPA - Christel Sasso (TOMA) / SNCF Réseau - DZIA / Frédéric Clémen / RFF - McCann - Claire Lise HAVET / Label Factory / SNCF Réseau - CAPA Pictures - Thomas Campagne / SNCF Réseau - ATLAS / SNCF Réseau - Suites Rapides / Aurore Baron - SNCF Réseau / Theotime Fragnol - SNCF Réseau / Leitzia Lef / Alexandre Sargos - SNCF / RFF - CAPA - Christel Sasso (TOMA) / Mélanie Bekda - SNCF Réseau / Yann Audic - SNCF / Matthieu Raffard - SNCF / Augustin Detienne - Capa - SNCF / Thomas Pajot - Shutterstock / Sergey Bobok - stock.adobe.com / Train Autonome - Label Factory / Geoffrey Clauzier - SNCF Réseau / Matthieu Raffard / Augustin Detienne - SNCF Réseau / Emilia Freydier - SNCF Réseau