



Des systèmes de transport ferroviaire numériques, intelligents et intégrés

De la réalisation de projet à l'exploitation

L'adoption tôt dans le projet d'une méthode de conception numérique intégrée fondée sur les données génère d'excellents résultats en matière d'exploitation et d'entretien.

Ce livre blanc a été élaboré par WSP en collaboration avec DB International Operations et Dassault Systèmes.

TABLE DES MATIÈRES

Équipe intégrée de réalisation de projet.....	1
Modèle d'information intégré.....	2
Un outil plus poussé que la classique modélisation BIM.....	2
Sécurité améliorée durant la construction.....	2
Cycle de vie.....	2
Une évolution bénéfique.....	3
Pratiques actuelles.....	3
Une approche collaborative pour des actifs faciles d'entretien.....	4
Jumeau virtuel.....	5
Avantages multiples.....	5
Principales recommandations.....	7
Conclusion.....	7

L'adoption d'une méthode de réalisation de projet numérique et intelligente, dès le début du mandat, est le fondement essentiel de la réussite à l'étape d'exploitation et d'entretien – que ce soit pour de nouveaux réseaux de transport collectif ou pour les réseaux existants devant être prolongés ou modernisés. Plusieurs technologies numériques sont utilisées aujourd'hui avec succès pour améliorer les étapes de réalisation de projet que sont la planification, la conception, la construction et la mise en service de réseaux de transport en commun nouvellement construits ou modernisés, ainsi que l'étape suivante d'exploitation et d'entretien. Ces outils numériques, cependant, servent d'ordinaire chacun à une étape particulière du processus ou à l'un ou l'autre des intervenants, pour améliorer la productivité et la qualité des livrables produits. La performance globale des projets de transport en commun peut s'exprimer en fonction de trois critères fondamentaux :

- Le coût requis pour livrer le système de transport collectif en état de fonctionnement.
- Le temps requis pour livrer le système de transport collectif en état de fonctionnement.
- Les données de performance détaillées¹ du système de transport collectif en état de fonctionnement.

Les étapes de la conception technique et de la construction bénéficient de la création d'un environnement de données commun (EDC) et d'un modèle d'information intégré, à l'aide de l'ingénierie des systèmes de systèmes basée sur les modèles (MBSoS).² Ces méthodes offrent une vision globale des exigences essentielles du projet, ainsi qu'une modélisation et des simulations permettant de s'assurer de la qualité de la conception initiale du point de vue de la construction, de l'exploitation et de l'entretien. L'immense intérêt qu'il y a à construire de manière progressive un modèle d'information intégré, au cours des étapes de conception et de construction, se manifeste pleinement au moment d'utiliser le jumeau virtuel du réseau de transport collectif en cours d'exploitation. Un jumeau virtuel est une reproduction numérique intelligente d'un actif corporel, y compris de ses processus et de ses systèmes, et est continuellement nourri des données de terrain. Ce jumeau, entretenu par plusieurs équipes, permet d'offrir des services ferroviaires fiables et sûrs, car il tire profit de méthodes de gestion numérique des actifs et de maintenance prédictive basées sur la modélisation et sur une prise de décision guidée par les données. La création d'un système de transport ferroviaire intelligent passe ainsi par la

combinaison de plusieurs processus : gestion numérique des actifs, capacités de simulation virtuelle et information issue de l'acquisition de données d'exploitation en temps réel.

Équipe intégrée de réalisation de projet

Pour parvenir aux décisions les plus judicieuses pour le projet, il est essentiel de mettre en place dès le départ, généralement à l'étape de conception, une équipe intégrée de réalisation de projet réunissant les acteurs clés de tout le cycle de vie de l'actif. On y retrouve notamment des ingénieurs, des planificateurs et des concepteurs, des partenaires du secteur de la construction et de l'exploitant qui effectuera l'exploitation et l'entretien du système; tous contribuent à optimiser la conception et les ouvrages finaux et tirent profit, à titre de collaborateur, des leçons apprises par l'intermédiaire du jumeau virtuel. Ce dernier rassemble des principes essentiels sur lesquels il sera possible de s'appuyer par la suite pour résoudre des questions relatives à la mise en service, à l'exploitation et à l'entretien des actifs ferroviaires.

L'approche SI:D3 de WSP permet de bien saisir ce que représente l'intégration des systèmes, un élément fondamental de la stratégie d'ensemble adoptée dans ces types de projets. Dans le but de produire une vision claire et de rendre plus efficace le processus décisionnel tout au long du cycle de vie des projets ferroviaires, l'approche SI:D3 encadre l'intégration harmonieuse de multiples sous-systèmes, technologies et données au sein d'un système unique qui, au bout du compte, améliore le déroulement des étapes de conception, de construction, d'exploitation et d'entretien..

La réalisation de projet numérique et intelligente fait ressortir à la fois l'importance des outils numériques modernes et de la collaboration entre concepteurs, ingénieurs, exploitants et responsables de l'entretien pour produire un jumeau virtuel conforme à la portée et aux objectifs définis à son égard dans un projet de transport ferroviaire. La création d'un environnement de données commun (EDC) simplifie la gestion, le partage et le stockage des données, de même que l'accès à cette information par une normalisation des formats de données. Un accès facile à une information exacte sur le projet encourage les échanges et élimine le travail en vase clos qui caractérisait par le passé les projets complexes d'infrastructures.

¹ Les « données détaillées de performance » d'un réseau de transport ferroviaire portent entre autres sur la disponibilité, les résultats financiers, l'expérience client, les répercussions environnementales et le développement durable, l'utilisation des actifs, le réaménagement, la conversion, la mise hors service et le recyclage.

² Les capacités de l'ingénierie des systèmes de systèmes basée sur les modèles (model-based system-of-systems ou MBSoS) servent généralement à la modélisation d'actifs corporels comme ceux des réseaux de transport en commun. Il est aussi possible d'utiliser ces capacités pour modéliser d'autres caractéristiques, ou d'autres « couches » du projet aux fins de construction et d'exploitation du réseau de transport, ce qui génère des gains additionnels notables.



Modèle d'information intégré

Au cours de l'étape de conception technique, le cadre entourant le modèle d'information intégré – qui comprend des modèles numériques multidisciplinaires, des simulations intégrées et des stratégies décisionnelles guidées par les données – optimise les résultats produits dans chaque discipline d'ingénierie. Cela se traduit par un meilleur soutien et un moins grand nombre de surprises et d'erreurs durant la construction, et par un démarrage réussi de l'étape d'exploitation et d'entretien au moment de la mise en service des nouveaux systèmes de transport ferroviaire. Une plateforme collaborative infonuagique, mise en place pour appuyer tout le cycle de vie du projet, ainsi que l'exploitation, l'entretien et la santé des actifs, présente de nombreux avantages : obtention plus rapide de données, alertes en cas de conditions anormales et amélioration de la sécurité et de la durabilité des activités d'exploitation et d'entretien. L'adoption d'une approche numérique et intelligente offre aux décideurs la possibilité d'évaluer plusieurs scénarios, ou d'en simuler de nouveaux, afin de déterminer et de vérifier quels paramètres produiront des résultats optimaux en matière de performance, de coût et de risque.

Un outil plus poussé que la classique modélisation BIM

La méthode du jumeau virtuel constitue un avancement par rapport à la modélisation des données du bâtiment (BIM). Elle facilite la validation de la conception (3D), la coordination de

projet et la planification du calendrier de réalisation (4D) tout en offrant une modélisation de plus haute fidélité, au-delà des questions d'échéancier et de budget, pour l'optimisation des ressources, l'établissement des coûts du cycle de vie et les facteurs environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG).

Sécurité améliorée durant la construction

À l'aide du jumeau virtuel, les équipes de construction peuvent simuler et évaluer divers scénarios pour déterminer le meilleur plan d'exécution et d'ordonnancement des travaux de construction et de mise en service, contribuant ainsi à une plus grande attention à la sécurité sur le chantier.

Cycle de vie

De manière générale, le cycle de vie d'une ligne ferroviaire s'étend sur 3 à 5 années de planification et de conception, plus 2 à 10 années de construction, suivies de l'exploitation et de l'entretien des actifs durant quelque 20 à 40 ans. La période du cycle de vie de l'actif où se déroulent l'exploitation et l'entretien influence donc grandement la viabilité financière globale de l'investissement, en conjonction avec les objectifs d'augmentation de l'achalandage, de fiabilité, de sécurité, de coûts du cycle de vie et de zéro émission nette. La prise de décisions plus judicieuses, plus tôt dans le cycle de vie, profite de nombreuses années aux propriétaires et exploitants et réduit le nombre de modifications devant être apportées au réseau après sa mise en service.

CYCLE DE VIE D'UN PROJET FERROVIAIRE TYPE

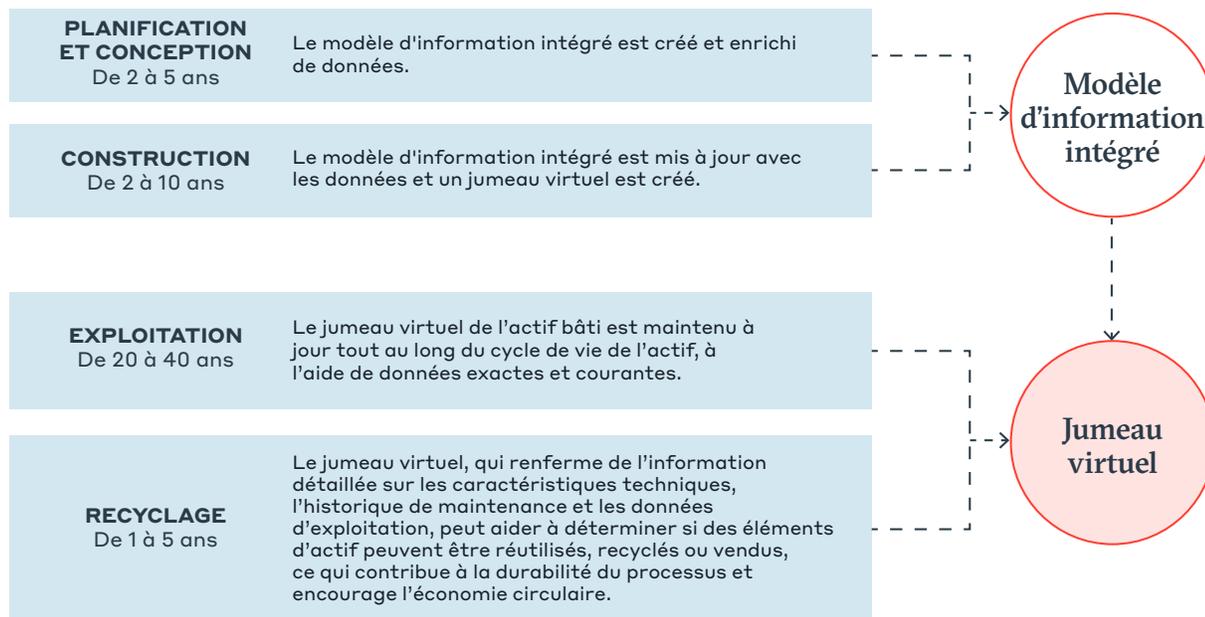


Figure 1 – Cycle de vie d'un projet ferroviaire type réalisé selon l'approche du modèle d'information intégré et du jumeau virtuel

L'étape d'exploitation et d'entretien du cycle de vie d'un projet ferroviaire est celle qui s'étend sur la plus longue période. Elle est aussi la plus critique. Les systèmes de transport ferroviaire gagnent en complexité, dépendant de plus en plus du numérique et de technologies de pointe. Cette transformation s'accompagne d'un besoin grandissant pour des services d'exploitation et d'entretien capables d'assurer le fonctionnement continu et efficace de l'équipement ferroviaire durant tout le cycle de vie du réseau, en gardant au minimum les durées d'indisponibilité et les interruptions de service. Pour répondre à la demande et offrir la capacité de transport attendue, les systèmes de transport ferroviaire doivent être exploités et entretenus de manière efficace, fiable et sûre. De plus, dans un souci d'optimiser l'abordabilité, la conception doit tenir compte des complexes exigences de la construction et en même temps intégrer des connaissances essentielles à l'exploitation et à l'entretien courants du réseau.

Les exploitants de réseaux de transport collectif d'aujourd'hui s'attendent à disposer d'une image claire de tous les actifs composant leur système de transport ferroviaire. La réalisation numérique leur offre une connaissance approfondie des points névralgiques où pourraient survenir des défaillances, des vulnérabilités du système et des mesures proactives à mettre en œuvre pour prévenir les interruptions de service.

Une évolution bénéfique

Pratiques actuelles

Dans le contexte moderne de réalisation de projets, la conception s'effectue en 3D, et comporte en outre des métadonnées en appui à l'ordonnancement de la construction (4D), à l'estimation des coûts (5D), à la gestion de l'information sur les actifs, à l'information sur les facteurs ESG et sur la santé et la sécurité – en plus des indicateurs de rendement clés associés. Le modèle d'information intégré regroupe l'énorme quantité de données relatives aux systèmes ferroviaires et incorpore cette information dans un environnement de données commun (EDC), afin que tous les membres de l'équipe intégrée de projet puissent visualiser les infrastructures ferroviaires avant leur construction. Dans la plupart des cas, le modèle d'information intégré en 3D est conservé en dossier et peut faire l'objet, ou non, d'une mise à jour par l'entrepreneur avec les données finales une fois la construction terminée, selon les exigences stipulées au contrat. Dans un projet classique d'infrastructures ferroviaires réalisé en partenariat public-privé, les participants aux premières étapes ne font généralement pas appel aux équipes d'exploitation et d'entretien (comme l'illustre la figure 2). Cela mène à d'importantes lacunes, puisque les exploitants sont absents du processus de détermination des exigences, des normes et des procédures à respecter dans la conception du système de transport ferroviaire et dans l'élaboration du modèle d'information intégré. Leur indispensable connaissance des contraintes opérationnelles se trouve donc occultée durant les étapes de conception et de construction.

Une approche collaborative pour des actifs faciles d'entretien

L'adoption d'une approche d'ingénierie de système de systèmes utilisant un jumeau virtuel favorise la conception d'actifs qui seront faciles à maintenir. Cela signifie que, même si leurs coûts d'acquisition initiaux sont plus élevés, ces actifs se révéleront plus économiques à long terme. Des étapes de planification et de conception jusqu'à celles de la construction et de l'exploitation, l'utilisation d'une plateforme collaborative infonuagique permet d'évaluer de multiples scénarios dans le but de déterminer les paramètres optimaux de performance, de coût, de sécurité, de facteurs ESG et de risque pour en arriver à offrir des services abordables.

Grâce à la formation d'une équipe de projet intégrée et à l'incorporation de données cruciales dans le jumeau virtuel, il devient possible de profiter des étapes de planification et de conception pour déjà effectuer des simulations de l'étape d'exploitation et d'entretien, dans le but d'aider les exploitants dans leur tâche future de maintenance du réseau. Les exploitants ont ainsi l'occasion d'énoncer leurs besoins et leurs préoccupations pour assurer l'efficacité future des activités d'exploitation et d'entretien. Ces besoins seront à la base de chaque décision et permettront une définition sur mesure des procédures, des méthodologies et des flux de travail les plus adéquats. L'intégration des exigences de l'exploitant dans le jumeau virtuel parvenu à maturité a pour effet de rendre ce jumeau intelligent lorsqu'il est alimenté par des données provenant directement du système de transport ferroviaire. Il peut donc être utile durant tout le cycle de vie du réseau ferroviaire. La participation de l'exploitant au cours de l'étape de préparation du projet, pour définir précisément ses exigences, maximise la capacité du jumeau virtuel à soutenir l'atteinte des objectifs fixés pour le projet.

L'équipe de projet intégrée a des objectifs communs avec chacun des intervenants en présence : le maître d'ouvrage, l'ingénieur, l'entrepreneur et l'équipe d'exploitation et d'entretien. À cause de cela, l'environnement d'exploitation du jumeau virtuel contribue au processus décisionnel guidé par les données tout au long du cycle de vie du système de transport ferroviaire.

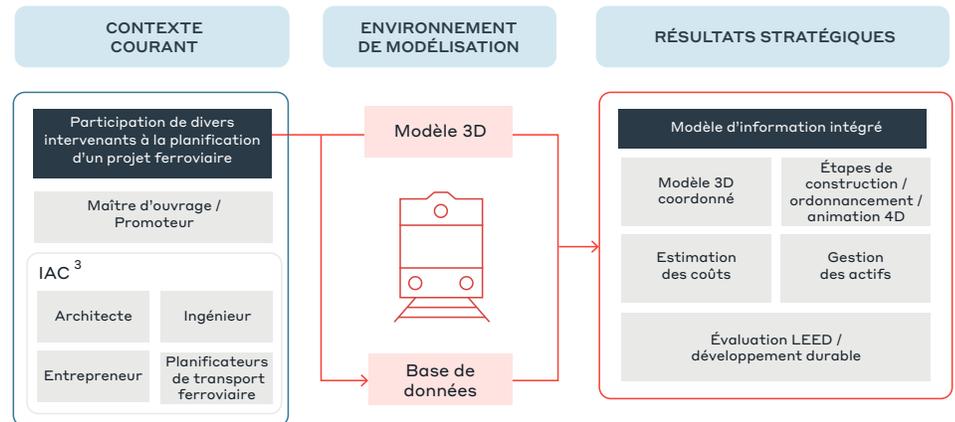


Figure 2 – Cadre de réalisation de projet type, avec participation d'un nombre minimum d'intervenants

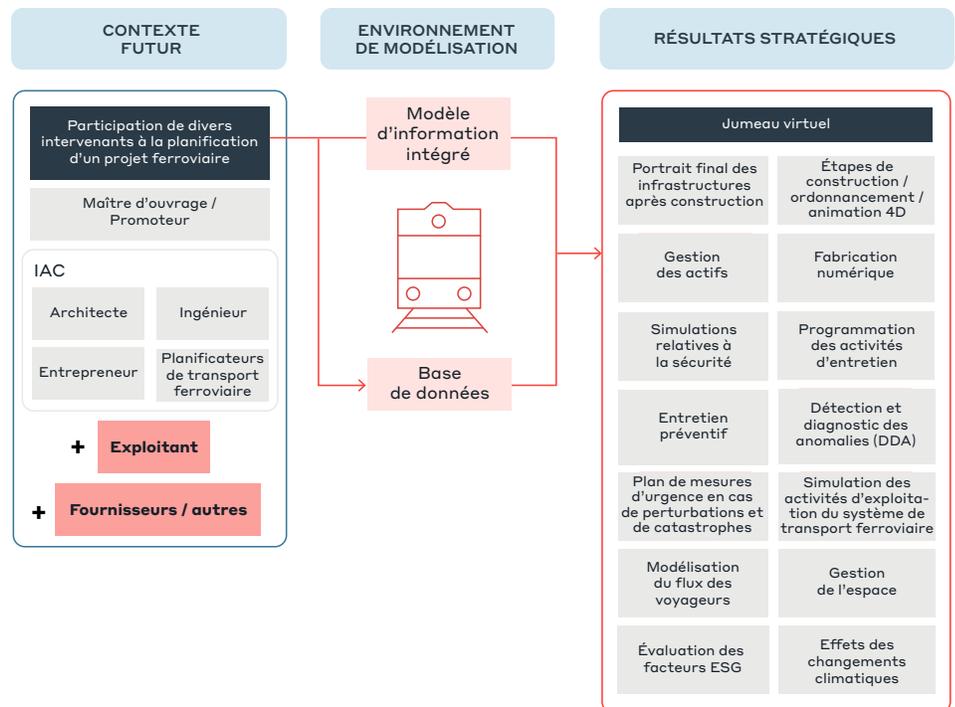


Figure 3 – Contexte futur, avec la participation de l'équipe d'exploitation et d'entretien de la société de transport ferroviaire et des fournisseurs

3 Les capacités de l'ingénierie des systèmes de systèmes basée sur les modèles (model-based system-of-systems ou MBSoS) servent généralement à la modélisation d'actifs corporels comme ceux des réseaux de transport en commun. Il est aussi possible d'utiliser ces capacités pour modéliser d'autres caractéristiques, ou d'autres « couches » du projet aux fins de construction et d'exploitation du réseau de transport, ce qui génère des gains additionnels notables.

Jumeau virtuel

L'un des principaux facteurs responsables de la valeur ajoutée d'un jumeau virtuel réside dans sa capacité à interagir avec le système physique en vue d'automatiser certaines tâches. Grâce à cette interaction, le jumeau virtuel peut devenir beaucoup plus qu'une simple copie ou qu'un outil de visualisation et participer activement à l'exploitation et à l'entretien du système de transport ferroviaire. Par exemple, dans une perspective de maintenance prédictive, le jumeau virtuel peut analyser les données en temps réel produites par des capteurs et des systèmes de contrôle pour estimer l'état d'éléments critiques, les possibilités de défaillance ou les besoins de maintenance. En automatisant le processus de détection et de prévision des besoins de maintenance, le jumeau virtuel accroît l'efficacité et l'efficacité des activités d'entretien, réduit les temps d'arrêt et optimise l'utilisation des ressources. L'intégration au jumeau virtuel de fonctions d'automatisation et de prévision contribue à l'amélioration de la fiabilité, de la performance et de la rentabilité globales du système de transport ferroviaire.

Avantages multiples

Les exploitants de systèmes de transport ferroviaire, entre autres intervenants, profitent particulièrement des avantages que procurent les jumeaux numériques tout au long du cycle de vie de leurs installations. Les jumeaux virtuels et la technologie associée – avec des données de grande précision – ont le pouvoir d'améliorer divers aspects des projets ferroviaires :

- Sécurité : Le jumeau virtuel peut servir à illustrer les plans des chantiers de construction et à démontrer d'une manière aisément compréhensible les procédures à suivre pour éviter les accidents, les blessures, les coûts imprévus et les retards en cours de construction. À l'aide de simulations virtuelles, les travailleurs peuvent se former avant de se rendre sur place. Ils sont ainsi en mesure de planifier leur travail en fonction des conditions de chantier et en meilleure connaissance de cause. Le jumeau virtuel aide aussi à la création de vidéos de gestion de la sécurité, utiles pour la formation du personnel peu importe son degré d'expérience.
- Constructibilité : L'application d'une connaissance profonde (deep knowledge) à la modélisation de conception et de construction est essentielle pour que le modèle d'information intégré puisse servir à la visualisation en 3D par les entrepreneurs. Il est alors possible de mieux planifier les travaux aux endroits où se trouvent des interfaces complexes et d'optimiser l'ordonnancement de la construction afin de limiter les manipulations superflues et terminer le projet plus rapidement. La structure de répartition des travaux de construction peut aussi être simulée et optimisée en procédant par itération, selon les commentaires fournis par les membres de l'équipe. Le modèle d'information intégré permet également de repérer des difficultés sur le plan de la constructibilité avant qu'elles ne se présentent sur le terrain, ce qui contribue à améliorer la rapidité, la sécurité et la rentabilité de la construction.
- Facilité de maintenance : Le jumeau virtuel peut servir à l'analyse des besoins d'entretien et à la modélisation de diverses options à l'aide de solutions de maintenance prédictive. Il permet d'exploiter le potentiel de l'analyse de données et de l'apprentissage automatique pour reconnaître les éventuels problèmes et élaborer des stratégies d'entretien ciblées en collaboration avec les exploitants pour améliorer la fiabilité du service.
- Abordabilité et accessibilité : Toutes les données de la nomenclature des matériaux et fournitures du projet sont entrées dans les jumeaux numériques : coûts, quantités, information sur la chaîne d'approvisionnement et spécifications. Il est ainsi possible d'analyser les options en procédant à plusieurs simulations successives selon les exigences définies en matière de vitesse d'exécution des travaux, de qualité, de fiabilité, de facilité d'entretien, de durabilité, de sécurité et de développement durable. La découverte des solutions offrant le meilleur rapport coût-efficacité pour l'exploitation et l'entretien courants passe ainsi par l'étape de conception et d'ingénierie, où l'on s'assure d'obtenir les meilleurs coûts et la meilleure fiabilité possibles pour tout le cycle de vie des actifs.
- Développement durable : Ce facteur est crucial pour améliorer le soutien du public envers l'industrie ferroviaire. L'électrification des réseaux peut jouer un rôle majeur dans la réduction des répercussions environnementales des systèmes de transport ferroviaire. Les méthodes numériques offrent la possibilité de simuler les émissions de CO₂ et les solutions de réduction des émissions, par la modélisation de divers scénarios comme l'utilisation de méthodes d'entretien écoénergétiques ou de sources d'énergie renouvelables.
- Fiabilité : Les outils modernes comme l'analyse de données, la maintenance prédictive pour réduire les temps d'arrêt, de même que l'apprentissage automatique en matière de détection et de diagnostic des anomalies aident à accroître la fiabilité de l'équipement en soutenant un processus de décision guidé par les données qui mène à des pratiques d'entretien plus efficaces et moins coûteuses. La fiabilité, la sécurité et l'expérience utilisateur s'améliorent également lorsque le jumeau numérique est mis en œuvre conjointement avec une plateforme de gestion des actifs. L'environnement bâti peut ainsi être maintenu à même le jumeau numérique à l'aide de mises

à jour continues, pour s'assurer que ce dernier demeure une copie fidèle des actifs physiques en exploitation.

- Technologie : Le jumeau virtuel peut aussi améliorer l'expérience utilisateur en ciblant de manière proactive les mesures à prendre pour répondre aux plaintes usuelles des voyageurs, par exemple en ce qui a trait au nombre d'unités de chauffage, ventilation et conditionnement d'air, aux toilettes, au WIFI, aux affichages « hors service » et aux wagons non fonctionnels.

Il est essentiel de procéder à une analyse coûts-avantages approfondie afin de déterminer la fidélité d'un jumeau numérique dans des cas précis, puisque son degré de maturité dépendra de la complexité du projet. Il importe d'adopter une vision globale et de reconnaître en quelles circonstances un jumeau virtuel offre une valeur ajoutée et si d'autres solutions peuvent s'avérer plus efficaces ou plus rentables. En évaluant avec soin les exigences spécifiques et le rapport coût-efficacité de diverses approches, les sociétés de transport ferroviaire sont en mesure de prendre des décisions éclairées au sujet de l'adoption de jumeaux virtuels ou d'autres solutions intelligentes pour parvenir aux résultats souhaités. Le jumeau numérique devrait être conçu et construit de façon à répondre aux besoins et aux défis des propriétaires, des exploitants et des responsables de l'entretien à différentes étapes du cycle de vie du système de transport ferroviaire. Cela veut dire inclure des données, des modèles et des capacités de simulation qui offrent de précieuses perspectives et soutiennent le processus

VALEURS AJOUTÉES DES JUMEAUX VIRTUELS

- Plusieurs équipes peuvent y travailler en parallèle.
 - Maturation accélérée du modèle.
 - Repérage des écarts et des dérogations.
 - Réduire le nombre d'ordres de modification.
 - Gestion des interfaces entre les intervenants.
 - Gestion des interfaces entre les éléments de conception.
 - Gestion des dépendances et de la traçabilité au fil des étapes : mandat, exigences, conception, construction, exploitation.
- Le jumeau virtuel, en tant que service, présente un état d'exécution de plus haute fidélité.
 - Modélisation de la sécurité des activités d'exploitation dans le but d'améliorer la sécurité et de limiter les pertes de temps.
 - Informatique et analytique : les tableaux de bord et la prise de décision guidée par les données contribuent à l'obtention de résultats optimaux

décisionnel en temps réel. En concevant le jumeau numérique sur mesure, en fonction des besoins précis des utilisateurs et de leurs cas d'usage, il devient un outil puissant d'amélioration de l'efficacité et de la performance globale tout au long du cycle de vie du système de transport ferroviaire.

S

Sûr et durable

Améliore la sécurité par le repérage des dangers potentiels et la mise à l'essai des mesures de sécurité, et optimise l'efficacité énergétique en vue de l'atteinte du zéro émission nette au sein du jumeau virtuel.

M

Maintenable

Tire profit du jumeau virtuel pour simuler les actifs ferroviaires et prévoir d'éventuelles défaillances, permettant aux exploitants de procéder à la maintenance de manière proactive.

A

Abordable et accessible

Utilise le jumeau virtuel pour simuler différents scénarios et déterminer les solutions offrant le meilleur rapport coût-efficacité, dans le but de réduire les dépenses et de rendre le transport ferroviaire plus abordable.

R

Rehaussement de la fiabilité

Reconnaît les exigences de l'exploitation du système de transport ferroviaire dans la planification et la coordination du projet pour améliorer la constructibilité et offrir des services plus fiables.

T

Technologique

Grâce au modèle d'information intégré, au jumeau virtuel et aux capteurs de données, les exploitants de systèmes de transport ferroviaire peuvent optimiser la performance des actifs, réduire les émissions de carbone d'exploitation et de carbone intrinsèque⁴, accroître la fiabilité et la sécurité et améliorer l'expérience des passagers.

Figure 4 - Exploitation intelligente (SMART) d'un système de transport ferroviaire

⁴ Le carbone intrinsèque, selon le Structural Engineering Institute, correspond à la somme des émissions de gaz à effet de serre produites durant les étapes suivantes du cycle de vie d'un produit ou d'un système : extraction des matières premières, transport, fabrication, construction, entretien, rénovation et fin de vie.

Principales recommandations

La réalisation de projet intégrée et le modèle de PPP progressif, lorsque combinés à l'approche du jumeau virtuel, sont en mesure de produire un système de transport ferroviaire intelligent (SMART), comme le montre la figure 4.

Conclusion

Plusieurs facteurs facilitants guident WSP dans son désir d'aider les décideurs du secteur de l'exploitation de systèmes de transport ferroviaire : la volonté d'exercer un leadership dans le domaine, les leviers du marché et l'investissement dans des projets-pilotes pour démontrer la viabilité des solutions.

Les propriétaires et exploitants de systèmes de transport collectif ont la possibilité de décider d'un mode de réalisation de projet qui passe par une collaboration entre tous les acteurs, comme la réalisation de projet intégrée ou les modèles de partenariats public-privé progressifs. Les collaborateurs, tirant parti de leur expertise spécialisée dans la conception et la construction de projets ferroviaires, apportent à l'équipe de projet des points de vue divers et les précieuses leçons de leur expérience pour trouver des solutions optimales en vue de l'exploitation et de l'entretien des systèmes. La demande croissante pour le transport ferroviaire, le besoin d'expertises spécialisées, l'importance de la sécurité, les possibilités d'économie et l'importance des facteurs environnementaux, sociaux et de gouvernance et des objectifs de zéro émission nette sont tous des arguments puissants en faveur de l'intégration des exigences d'exploitation et d'entretien dès le début des projets. La participation des exploitants, des concepteurs et des entrepreneurs tôt dans le processus est essentielle à la réalisation de projet numérique et intelligente, qui met en place de manière rentable les conditions de réussite des activités d'exploitation et d'entretien ferroviaire.

Selon Chris Harman, vice-président et directeur, Réalisation numérique et innovation chez WSP aux États-Unis « *Avant d'adopter l'approche du modèle d'information intégré, qui décloisonne l'ancienne façon de travailler, la nature chronologique du processus d'approvisionnement des consultants et des entrepreneurs en étapes de conception, de construction et d'exploitation faisait en sorte que nous n'avions pas accès à l'information et aux personnes pertinentes tant que leur étape de projet n'avait pas démarré, et une fois là, il était trop tard. En modernisant les méthodes d'approvisionnement et de passation des marchés par l'approche du modèle d'information*

intégré, nous sommes maintenant en mesure de comprendre en profondeur les exigences opérationnelles d'un projet avant sa mise en exploitation. De cette façon nous pouvons travailler de manière plus efficace et plus rentable dès le début et produire les résultats attendus.»

Nous assistons de plus en plus à des pénuries de main-d'œuvre et de compétences techniques dans le secteur de l'environnement bâti. Au cours des étapes de gestion du cycle de vie, le jumeau virtuel peut servir à la formation de personnel dans un environnement virtuel avant son travail sur le terrain en présence des équipements réels et pendant le déroulement des activités, ce qui améliore la sécurité des services ferroviaires au quotidien. Mis en œuvre dans une perspective stratégique à long terme, un système de transport ferroviaire axé sur les données et sur le numérique, capable de prévoir ses propres défaillances et d'éviter qu'elles se produisent, contribuera à la création d'une expérience utilisateur positive. De plus, l'électrification⁵ du réseau soutient sa viabilité et sa durabilité. En suscitant une collaboration efficace et un équilibre nécessaire entre les besoins des divers intervenants, un jumeau virtuel contribue à l'efficacité, à la fiabilité et à la rentabilité du système de transport ferroviaire tout au long de son cycle de vie.

Leadership

- Équipe de projet intégrée
- Plateforme de collaboration
- Stratégie
- Optimisation des ressources

Le modèle d'information intégré

- Modèle d'approvisionnement progressif
- Normes, méthodes et procédures
- Normes communes de gestion de l'information (ISO 19650)
- Réalisation numérique

Jumeau virtuel

- Exploitation et entretien
- Gestion de la performance des actifs (numérique)
- Optimisation du cycle de vie

Figure 5 – Facteurs facilitants d'un système de transport ferroviaire intelligent

Lecture connexe : [Gestion des actifs d'entreprise et numérisation des systèmes ferroviaires](#)

⁵ La conversion à l'électricité de systèmes au diesel contribue à la décarbonation, particulièrement lorsque l'électricité provient de sources renouvelables.

WSP



Jennifer Verellen

**Dirigeante mondiale,
Transport, et vice-présidente
principale,
Systèmes de transport,
WSP au Canada**

Jennifer.Verellen@wsp.com



Lucy Casacia

**Vice-présidente
Solutions numériques et WSP
Smart, WSP au Canada**

Lucy.Casacia@wsp.com



Sonam Khan

**Directrice technique
Réalisation numérique,
Transport ferroviaire et
transports collectifs,
WSP au Canada**

Sonam.Khan@wsp.com

Deutsche Bahn



Fabian Möhring

**Vice-président exécutif
Opérations mondiale, DB**

Fabian.Moehring@db-eco.com

www.db-eco.com



Marc Willich

**Directeur de la
stratégie numérique
Ingénierie et
services-conseils, DB**

Marc.Willich@deutschebahn.com

www.db-eco.com

Dassault Systèmes



Corinne Bulota

**Vice-présidente, Industrie
Infrastructures, énergie
et matériaux,
Dassault Systèmes**

Corinne.Bulota@3ds.com



Stéphane Aubert

**Consultant principal
en infrastructure,
valeur commerciale
Infrastructures, énergie
et matériaux,
Dassault Systèmes**

Stephane.Aubert@3ds.com



WSP est l'une des plus grandes entreprises de services professionnels au monde. Nous sommes engagés envers nos communautés locales et propulsés par notre savoir collectif international. Nous sommes des experts techniques et des conseillers stratégiques regroupant des ingénieurs, des techniciens, des scientifiques, des architectes, des urbanistes, des arpenteurs-géomètres et des spécialistes de l'environnement, ainsi que des spécialistes de la conception, de la gestion de programme et de projets de construction. Nous concevons des solutions durables pour de nombreux secteurs : transport et infrastructures, bâtiments, sciences de la Terre et environnement, énergie, ressources, ainsi qu'industrie. Nous offrons, en outre, des services-conseils stratégiques. Nos employés de talent travaillant dans des bureaux situés à travers le monde conçoivent des projets qui accompagneront la croissance des sociétés pour les générations à venir.



Groupe WSP Global Inc.
1600, boulevard René-Lévesque Ouest
11^e étage, Montréal, Québec
Canada H3H 1P9