



Libérer tout
**le potentiel du
métro automatique**

Regards croisés des acteurs mondiaux

**GROUPE
RATP**



Sommaire

Edito	3
Synthèse	4
Partie I : Le métro automatique, nouveau standard de la mobilité urbaine	8
Partie II : Construire les conditions du succès	16
Partie III : Transformer les réseaux de métro existants	24
Partie IV : Atteindre l'excellence opérationnelle	32
Conclusion	40

Édito

Chère lectrice, cher lecteur,

Nous sommes heureux de vous présenter cette étude, « Libérer tout le potentiel du métro automatique – Regards croisés des acteurs mondiaux ».

Le métro automatique a désormais atteint un haut niveau de maturité et s'impose comme une solution reconnue. Ses performances sont le fruit de l'engagement de longue date des autorités organisatrices de la mobilité, des opérateurs, des industriels, des bureaux d'études, des entreprises de génie civil, des financeurs et des partenaires qui étudient, conçoivent, fournissent, financent, exploitent et modernisent ces systèmes dans le cadre de nouvelles lignes ou d'automatisation de lignes existantes, dans des contextes urbains très variés.

Aujourd'hui, la question n'est plus de savoir si le métro automatique est performant. Elle est de savoir comment tirer pleinement parti de son potentiel et garantir son succès dans la durée.

Cette étude s'appuie sur ce retour d'expérience collectif. Elle repose sur plus de 30 entretiens menés auprès d'acteurs clés de l'écosystème du métro automatique, enrichis des contributions des experts du groupe RATP. Ensemble, ces regards permettent d'identifier les facteurs clés de succès qui font la différence pour concevoir, mettre en service et exploiter des systèmes de métro automatique robustes, performants et durables.

Nous espérons que ce travail collectif contribuera au succès et aux évolutions futures du métro automatique dans le monde, et aidera les autorités organisatrices de mobilités à répondre aux défis d'aujourd'hui et de demain.

Nous vous souhaitons une excellente lecture.

Edgar Sée

RATP Dev
Directeur Adjoint, Business
Unit Internationale

Fabien Genvois

RATP Dev
Directeur Métro Automatique

Synthèse

Les systèmes de métro automatique s'imposent désormais comme des solutions éprouvées pour répondre aux besoins de transport à grande capacité. À grande échelle, ils démontrent une combinaison unique d'avantages : des performances accrues, une fiabilité renforcée et une meilleure efficacité énergétique.

S'appuyant sur les enseignements tirés de plus de 30 entretiens menés auprès des acteurs de l'écosystème du métro automatique, enrichis par l'expertise du groupe RATP, ce rapport met en lumière les principaux facteurs de succès permettant de libérer durablement le potentiel des métros automatiques, qu'il s'agisse de nouveaux métros ou de l'automatisation de lignes existantes.

01



Mettre en place une gouvernance intégrée et des modèles contractuels collaboratifs

Enjeu : Les projets de métro automatique mobilisent une multiplicité d'acteurs publics et privés. Lorsque la gouvernance est fragmentée ou que les priorités divergent, les processus décisionnels se complexifient, au risque de ralentir l'exécution du projet et d'affaiblir la performance collective.

Facteur clé de succès : Les métros automatiques à haute performance reposent sur un alignement clair des objectifs entre l'autorité organisatrice, l'opérateur et les partenaires industriels. Les modèles contractuels collaboratifs, notamment les contrats d'alliance, favorisent le partage des risques, fluidifient la résolution des difficultés et encouragent une logique de « réussite collective du projet ». Si leur mise en œuvre varie selon les cadres réglementaires locaux, la transparence, la confiance et le partage d'objectifs communs apparaissent systématiquement comme des leviers de performance.

02



Associer l'opérateur dès la phase de conception pour garantir l'exploitabilité du système et la performance sur le long terme

Enjeu : Dans les projets de nouveaux métros, certaines contre-performances trouvent leur origine dans des spécifications initiales ne reflétant pas pleinement les besoins et les conditions réelles d'exploitation au moment de la mise en service, ni l'évolution de ces besoins tout au long du cycle de vie du système.

Facteur clé de succès : L'implication anticipée d'opérateurs expérimentés permet de sécuriser les exigences fonctionnelles, d'orienter les choix de conception et de mieux maîtriser les interfaces entre exploitation et maintenance. Leur capacité de projection favorise une vision durable de la performance et de l'évolutivité du système : croissance du trafic, évolutions du système ou prolongements. Cette association dès les premières phases du projet apparaît aujourd'hui comme une condition de réussite largement reconnue par l'ensemble des acteurs du secteur.

03



Faire de l'automatisation une transformation centrée sur l'humain, tout en maîtrisant la complexité technique

Enjeu : Dans les projets de modernisation et d'automatisation de lignes existantes, la maturité technologique ne réduit pas la complexité opérationnelle. Déployer de nouveaux systèmes tout en maintenant la continuité de service constitue un défi majeur, à la fois technique, humain et organisationnel. L'automatisation transforme profondément les métiers et les modes de travail et, sans engagement fort des équipes, les gains de performance restent fragiles.

Facteur clé de succès : Les projets les plus réussis mobilisent les équipes dès les premières étapes, donnent de la visibilité sur les évolutions des métiers et accompagnent chaque phase de transition. La combinaison d'une conduite du changement structurée, d'une gouvernance de projet robuste et d'expertises techniques de haut niveau est essentielle pour automatiser une ligne existante sans compromettre la qualité de l'exploitation.

04



Anticiper l'obsolescence et concevoir des systèmes évolutifs

Enjeu : L'obsolescence technologique constitue l'un des risques majeurs du secteur. Les technologies évoluent plus rapidement que les cycles de vie des infrastructures de métro, créant des tensions croissantes sur les coûts, la fiabilité, la maintenabilité et les compétences nécessaires à l'exploitation des systèmes dans la durée.

Facteur clé de succès : Le recours à des standards ouverts, à des architectures modulaires et à des dispositifs de support de long terme permet de mieux maîtriser ces risques. Des échanges anticipés avec les fournisseurs contribuent également à sécuriser les trajectoires d'évolution technologique. Concevoir les systèmes dans une logique d'adaptabilité continue est désormais aussi important que leur performance au moment de la mise en service.



06



Exploiter la donnée, l'IA et l'innovation pour améliorer la performance et optimiser les coûts sur le cycle de vie

Enjeu : L'automatisation ouvre des perspectives majeures en matière de performance et d'optimisation des coûts, à condition de disposer de données fiables, structurées et exploitables. Sans outils prédictifs ni capacités avancées d'analyse, les systèmes ne peuvent atteindre leur plein potentiel. Parallèlement, l'augmentation de la connectivité accroît les risques cyber.

Facteur clé de succès : Maintenance prédictive, supervision assistée par l'IA, robotique ou innovations opérationnelles ciblées permettent d'améliorer la fiabilité du système tout en réduisant les coûts sur l'ensemble du cycle de vie. Ces leviers doivent toutefois s'inscrire dans un cadre robuste de cybersécurité. Au-delà des technologies elles-mêmes, les réseaux les plus performants se distinguent par une culture durable de pilotage par la donnée et d'amélioration continue.

05



Améliorer en continu l'expérience voyageurs

Enjeu : L'automatisation ne garantit pas, à elle seule, la satisfaction des voyageurs. Les attentes évoluent continuellement et portent sur l'ensemble de l'expérience de mobilité : accessibilité, confort, qualité de l'information, sécurité perçue et régularité du service.

Facteur clé de succès : Un service fiable, une information voyageurs lisible et en temps réel, une présence humaine visible et rassurante ainsi que des espaces voyageurs bien conçus renforcent durablement la confiance dans le système. L'amélioration continue de l'expérience voyageurs repose sur une capacité d'innovation permanente et sur une adaptation fine aux usages et aux besoins locaux.

07



Faire du métro automatique un levier de transformation urbaine durable et résiliente

Enjeu : Les systèmes de métro automatique dépassent désormais leur seule fonction de transport. Ils constituent des infrastructures structurantes au service du développement urbain, de la transition environnementale et de la durabilité et de la résilience des villes.

Facteur clé de succès : Exploiter pleinement des fonctionnalités permises par l'automatisation, telles que l'allure économique et l'adaptation dynamique de l'offre à la demande, contribue à générer des bénéfices environnementaux concrets et à améliorer la résilience des villes. L'intégration des projets de métro automatique avec les stratégies de développement urbain orienté vers les transports publics (*Transit-Oriented Development*), ainsi que la valorisation des infrastructures pour des services complémentaires telles que la fibre optique ou la récupération de chaleur, permettent d'amplifier durablement la création de valeur pour les territoires.



Introduction

Cette étude repose sur une conviction forte : le métro automatique s'imposera comme l'un des piliers de la mobilité urbaine des prochaines décennies. Mais pour concrétiser cette ambition, la technologie seule ne suffit pas.

Les systèmes de métro automatique disposent désormais d'un retour d'expérience mature et largement éprouvé. Qu'il s'agisse de nouvelles lignes ou d'automatisation de lignes existantes, ils démontrent leur capacité à garantir un haut niveau de sécurité tout en améliorant durablement la performance, la fiabilité et l'efficacité de l'exploitation à grande échelle.

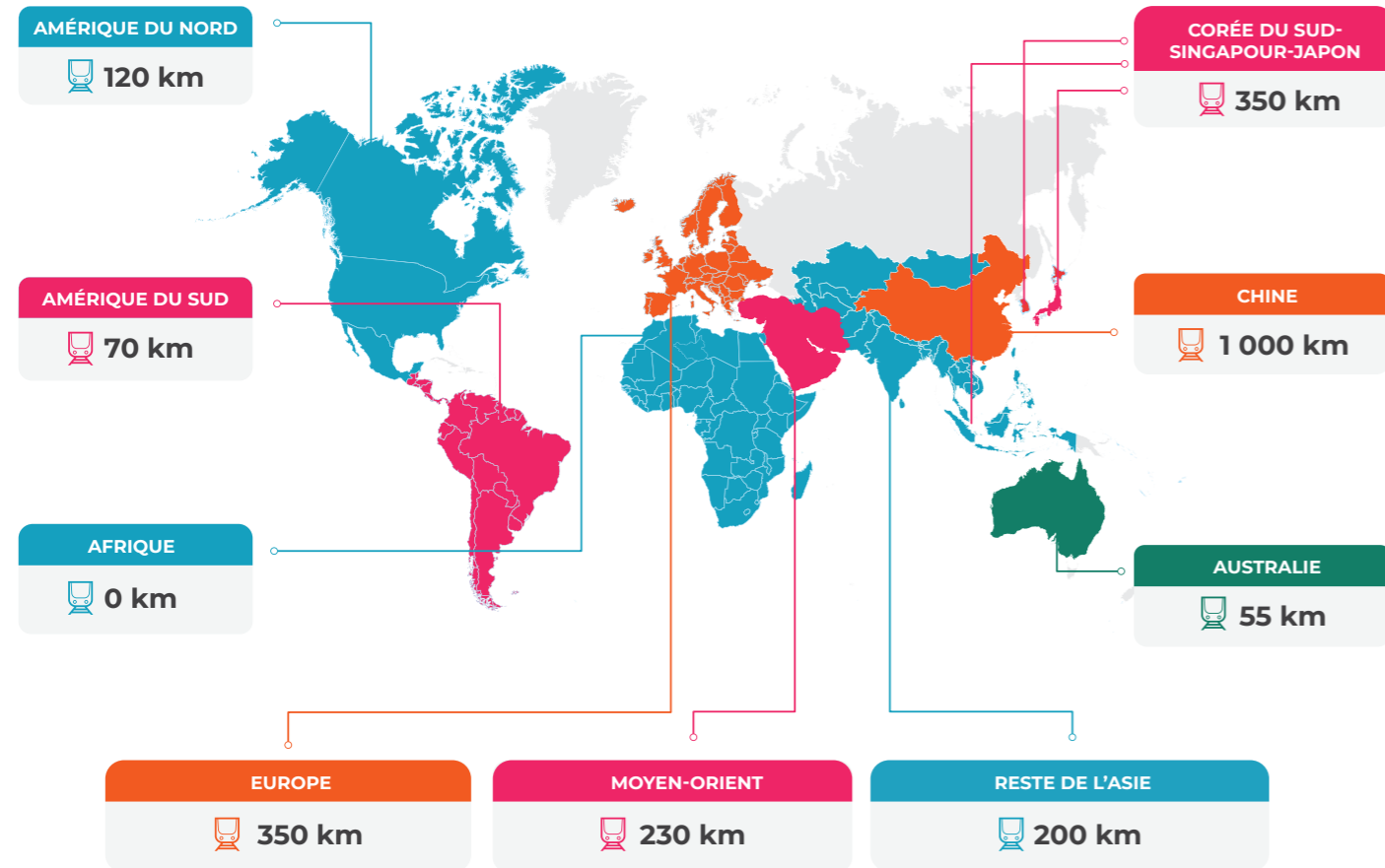
L'avenir du métro automatique sera façonné par l'expansion des réseaux à l'échelle mondiale, à la fois avec la conversion de lignes existantes et avec le développement de nouvelles infrastructures dans les villes en forte croissance. La prochaine étape ne consiste plus uniquement à déployer des systèmes automatiques, mais à exploiter pleinement

le potentiel de ces systèmes : maîtriser une complexité croissante, renforcer la résilience des réseaux et approfondir la coopération entre l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur.

Le défi des prochaines années sera également d'adapter les modèles de métro automatique à des environnements urbains, économiques et opérationnels toujours plus variés, tout en répondant à des exigences croissantes en matière de qualité de service, de durabilité et de performance.

Le réseau mondial GoA4 dépasse aujourd'hui 2 300 kilomètres et pourrait doubler d'ici à 2030¹. Cette dynamique de croissance reposera toutefois sur la capacité des acteurs du secteur à maîtriser une complexité technique croissante, à faire évoluer les modèles de financement et à renforcer la coopération entre l'ensemble des parties prenantes.

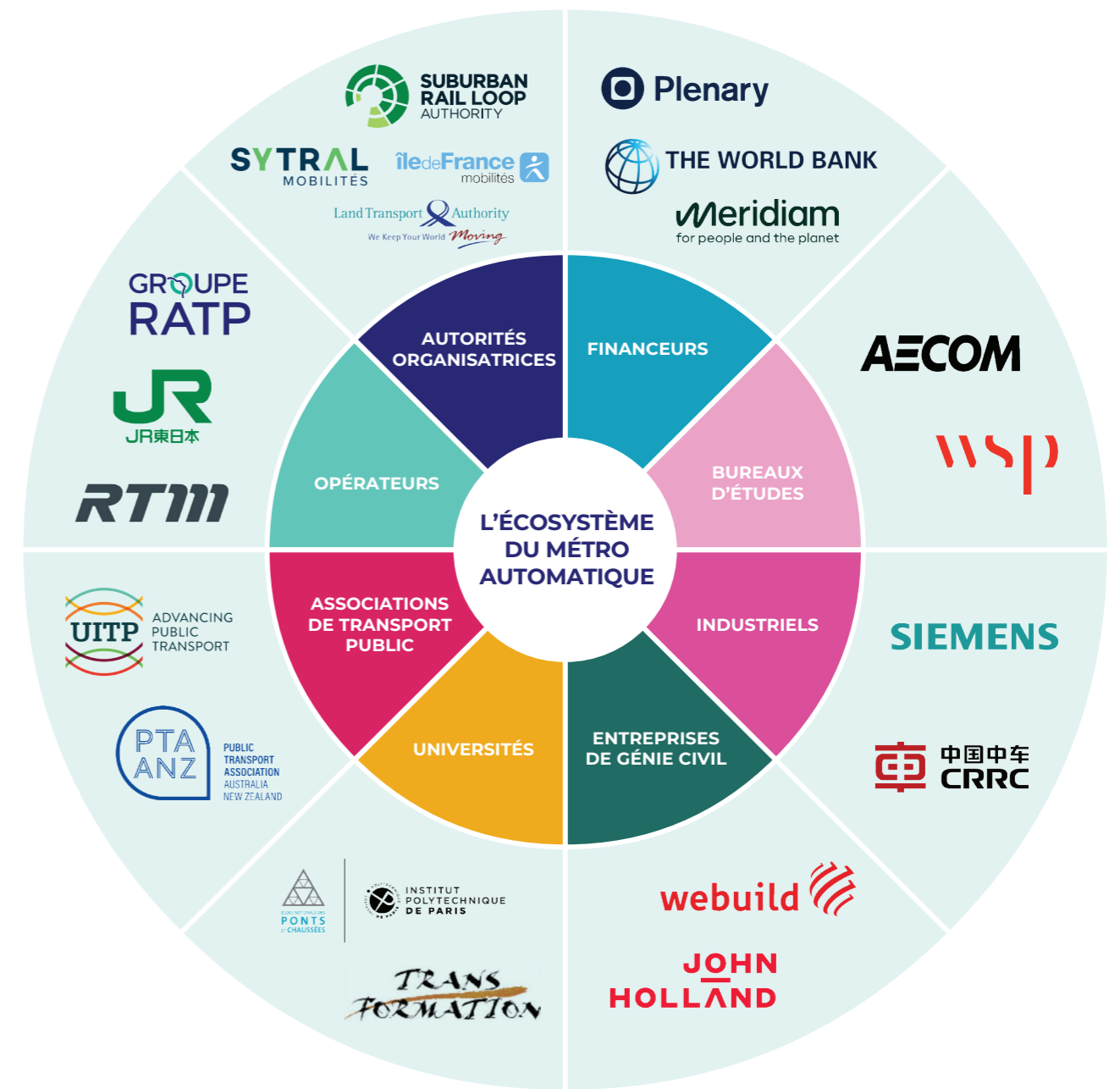
Le métro automatique dans le monde en 2025



¹Railway Gazette International, Automated Metro Market Analysis, Février 2024

Méthodologie

Réalisée par RATP Dev en 2026, cette étude s'appuie sur une trentaine d'entretiens menés auprès d'acteurs de l'écosystème du métro automatique, issus de différentes régions du monde et représentant une grande diversité de perspectives sectorielles. Elle mobilise également l'expertise plus large du groupe RATP, notamment à travers la contribution des experts du Club Métro Automatique. Ces enseignements offrent une vision d'ensemble des grandes dynamiques qui façonnent aujourd'hui le développement des systèmes de métro automatique à l'échelle mondiale.



Partie I

Le métro automatique, nouveau standard de la mobilité urbaine

Du tournant technologique au nouveau standard du transport urbain de masse

Le métro automatique, réponse naturelle aux besoins croissants de capacité

Dans l'ensemble de l'écosystème, un consensus clair a émergé : les autorités organisatrices de la mobilité, les opérateurs, les bureaux d'études, les entreprises de génie civil et les industriels partagent de plus en plus le même constat. Les systèmes de métro automatique sont devenus la référence du transport de masse. Cette évolution s'explique autant par la fiabilité désormais éprouvée des technologies que par la capitalisation des multiples retours d'expérience. Ensemble, elles ont fait passer le métro automatique du statut d'innovation différenciante à celui de modèle établi.

Au-delà de ce constat, l'écosystème converge aussi sur la manière de mener ces projets. La performance repose sur une coopération rigoureuse entre tous les acteurs, afin de maîtriser les interfaces et de garantir la cohérence du système de bout en bout. Le métro automatique n'est plus expérimental, mais en tirer toute sa valeur reste exigeant. La réussite dépend de la capacité à inscrire la technologie dans une gouvernance adaptée et à préparer l'exploitation : définition du modèle opérationnel, préparation des équipes, pilotage de la performance dans la durée, puis accompagnement des cycles de modernisation et d'innovation.

Un modèle éprouvé et évolutif, porté par des décennies d'exploitation

Cette évolution a été rendue possible par la maturité atteinte par les technologies clés, en particulier le CBTC (*Communication-Based Train Control*), dont les générations successives ont progressivement consolidé la fiabilité et les performances. Désormais déployé à grande échelle dans le monde entier, sur des réseaux aux configurations très diverses, le CBTC constitue aujourd'hui un socle technologique éprouvé.

Parallèlement, les capacités de modernisation et de migration progressive des systèmes se renforcent. Ces opérations demeurent néanmoins particulièrement complexes et nécessitent une expertise approfondie afin de garantir la continuité de service et la sécurité des opérations.

Cette maturité a également rapproché les points de vue au sein de l'écosystème. Fournisseurs, bureaux d'études, entreprises de génie civil et opérateurs ont changé d'échelle : les capacités de test et de validation se sont renforcées, tandis que les opérateurs ont accumulé une expérience solide de l'exploitation sans personnel à bord.

Cette efficacité repose sur une combinaison d'atouts désormais largement reconnus. Les systèmes automatiques permettent d'abord d'accroître la capacité des réseaux grâce à des intervalles plus courts entre les trains et à une exploitation plus régulière. Ils offrent également une fiabilité renforcée, moins dépendante des aléas liés à la disponibilité des conducteurs.

À ces bénéfices s'ajoutent une plus grande souplesse d'exploitation, avec des niveaux d'offre plus facilement ajustables à la demande, ainsi qu'un niveau de sécurité accru grâce au contrôle continu de la vitesse et aux dispositifs de protection des quais. Enfin, l'optimisation coordonnée de l'ensemble du système contribue à améliorer significativement les performances énergétiques.



Toutes les lignes de métro finiront par devenir entièrement automatiques, ce n'est qu'une question de temps.

Eric Peissel

WSP

Directeur mondial Transport & Infrastructure



Le retour sur investissement du passage en automatique ne fait pas débat : les gains opérationnels et financiers sont significatifs, avec notamment des économies d'énergie de l'ordre de 15 à 20 %.

Sophie Espié

Siemens Mobility France

Directrice stratégie, ventes et appels d'offres

Pressions urbaines : le métro automatique comme réponse structurelle

Les villes sont aujourd'hui confrontées à des pressions convergentes : accélération de l'urbanisation, concentration des populations, saturation croissante des infrastructures routières et durcissement des contraintes climatiques. Dans ce contexte, les attentes envers les systèmes de transport collectif de masse se renforcent, ils doivent désormais absorber une demande en croissance continue tout en garantissant un haut niveau de fiabilité, d'attractivité et de durabilité sur le long terme.

Dans les villes à forte croissance démographique, le métro automatique s'impose progressivement comme l'une des réponses les plus efficaces à l'engorgement des réseaux routiers. Au-delà de la capacité de transport, il joue un rôle clé dans l'évolution des usages de mobilité, en encourageant le report de la voiture individuelle vers les transports publics. Cette transition ne peut toutefois s'opérer qu'à condition d'offrir un niveau de service irréprochable. Fréquence élevée, régularité et stabilité de l'exploitation deviennent essentielles pour concurrencer la facilité d'usage associée à l'automobile. Ces dynamiques s'inscrivent souvent dans des projets de création de nouveaux réseaux, conçus pour structurer le développement urbain.

Dans les réseaux historiques, le défi est désormais moins celui de l'extension que celui de l'optimisation. Les infrastructures existantes atteignent souvent leurs limites, tandis que les projets d'extension restent longs à développer, coûteux et difficiles à intégrer dans des tissus urbains déjà très denses. Dans ce contexte, des niveaux d'automatisation plus élevés apportent davantage de robustesse aux lignes existantes. Ils permettent une exploitation à haute fréquence plus stable et offrent davantage de souplesse pour revenir rapidement à la normale après un incident, sans dépendre exclusivement de nouvelles infrastructures coûteuses.

Les contraintes climatiques accentuent encore cette dynamique. Les métropoles doivent accélérer leur transition vers des mobilités bas carbone,



faisant des réseaux de métro à forte capacité un pilier essentiel de leurs stratégies de décarbonation. Elles doivent aussi s'adapter à des phénomènes extrêmes plus fréquents comme des vagues de chaleur, tempêtes, inondations, en améliorant les conditions de transport des voyageurs et en garantissant la fiabilité des infrastructures.

Une technologie désormais mieux comprise, acceptée et attendue

Les systèmes de métro automatique sont de plus en plus perçus par les villes et les habitants comme un standard urbain légitime et souhaitable. Le professeur Jean-François Révah (Trans/Formation) souligne le niveau remarquable d'acceptabilité atteint par le métro automatique en région parisienne, un résultat qui ne va pas de soi dans les grandes transformations de service public. Cette acceptabilité repose sur la confiance accordée à des systèmes conçus pour offrir un haut niveau de sécurité et de fiabilité.

L'acceptation est devenue une attente. Dans de nombreuses régions du monde, l'absence de conducteur n'est plus le sujet central : les voyageurs attendent avant tout une expérience concrète et de haute qualité. Au-delà de la performance du système, ils jugent les réseaux sur ce qu'ils vivent au quotidien : des intervalles courts et fiables, une information claire, un parcours fluide et un haut niveau de service. Le métro automatique répond à ces attentes. Il garantit la continuité du service et apporte une véritable souplesse d'exploitation, avec des horaires étendus et une offre adaptable à la demande. Il renforce ainsi la valeur d'un métro qui fonctionne, au quotidien.

Maintenir cette acceptabilité dans la durée suppose de préserver la confiance des voyageurs bien au-delà de la mise en service. En situation perturbée, cette confiance dépend notamment de la capacité du réseau à rétablir rapidement un fonctionnement normal, à fournir une information claire et réactive aux voyageurs et à garantir une présence humaine visible et rassurante sur le terrain. Ces exigences nécessitent un exploitant capable d'intégrer durablement ces pratiques dans le pilotage opérationnel quotidien et dans la gouvernance globale du réseau.



Notre mission est de transporter le plus grand nombre de voyageurs, le plus efficacement possible. Pour y parvenir, le métro automatique est aujourd'hui la meilleure réponse. Il doit jouer le rôle de colonne vertébrale de la ville, en aidant les habitants à se connecter et à s'épanouir dans un environnement urbain en pleine évolution.

Marco Assorati

WeBuild

Vice-président exécutif senior, Opérations



Le métro automatique s'est imposé comme un choix évident. Il offre des avantages majeurs : une très forte capacité, avec un PPHPD (passagers par heure par direction) élevé, une souplesse pour adapter le niveau de service, et la capacité à favoriser le report modal.

Federico Antoniazzi

Ecole des Ponts

Directeur du Mastère Spécialisé Systèmes de transports ferroviaires et urbains



Le choix de déployer un métro automatique est avant tout guidé par la complexité d'exploitation d'une ligne et les enjeux de capacité.

Stéphane Maillet

Île-de-France Mobilités

Chef du département Systèmes de Transport, Direction ferroviaire



Aux États-Unis, l'absence de présence humaine à bord peut susciter un sentiment d'insécurité chez certains voyageurs lorsqu'ils empruntent des systèmes de métro automatique. Nous avons besoin de valoriser davantage les réalisations emblématiques pour démontrer les bénéfices de l'automatique et rassurer sur la sécurité des voyageurs.

Veronica Vanterpool

AECOM

Vice-présidente senior, Responsable transport public pour les Amériques

Transformer les villes

Le métro automatique, catalyseur d'attractivité et de dynamisme urbains

Les réseaux de métro automatique participent à la transformation des métropoles en constituant des infrastructures de transport à haute capacité développant l'accès à la mobilité et fluidifiant les déplacements urbains. En offrant un service dense, régulier et prévisible, ils contribuent à réduire la congestion routière ainsi que les coûts économiques associés au temps perdu dans les trajets quotidiens, au bénéfice direct des voyageurs et de l'attractivité des territoires.

Le métro automatique renforce également les connexions au sein des territoires. Il relie efficacement les principales destinations, aéroports, zones d'emploi, établissements hospitaliers, campus universitaires ou sites événementiels, aux centres-villes et aux grands pôles métropolitains. Cette meilleure accessibilité favorise une croissance urbaine plus inclusive, en particulier là où les difficultés de déplacement peuvent accentuer les inégalités territoriales et sociales.

Le métro automatique contribue également à l'attractivité des villes. Il incarne une mobilité moderne, avec une forte ambition de service, et renforce le rayonnement des métropoles à l'international. Cette valeur est particulièrement visible lors des grands événements : l'automatisation permet d'étendre les horaires de service et d'ajuster rapidement la capacité en cas de pic de fréquentation, ce qui reste plus difficile dans une exploitation classique, contrainte par l'organisation des équipes et le modèle d'exploitation.

Au-delà de leur fonction de transport, les réseaux de métro automatique participent à la transformation des quartiers et aux dynamiques de développement urbain et immobilier. Les nouvelles stations, ou les stations rénovées, contribuent à renforcer l'accessibilité, soutenir la régénération urbaine, attirer les investissements et accélérer le développement urbain orienté transport (TOD - *Transit-Oriented Development*). En Île-de-France, le Grand Paris Express a précisément vocation à transformer les quartiers autour de 68 nouvelles gares, en accompagnant des projets d'aménagement de grande ampleur. La ligne Sydney Metro – Western Sydney Airport répond à la même logique : relier les zones résidentielles, le nouvel aéroport et les pôles d'emploi au cœur de l'Aerotropolis de Bradfield.

L'impact économique des systèmes de métro automatique se manifeste également à travers l'emploi et le développement des compétences. L'automatisation ne supprime pas les agents, elle transforme les métiers et renforce la part des activités à forte valeur ajoutée. Les besoins se déplacent progressivement vers des fonctions plus qualifiées, notamment dans l'ingénierie de maintenance, l'intégration et la qualification des systèmes, la cybersécurité ou encore la supervision des opérations depuis les centres de contrôle. Dans le même temps, les fonctions de terrain demeurent essentielles pour accompagner les voyageurs et assurer l'exploitation quotidienne des stations. Cette évolution génère des besoins durables en recrutement, en formation et en montée en compétences des filières locales.



Des parcours voyageurs plus fluides, sûrs et fiables

Pour les voyageurs, la valeur du métro automatique se mesure avant tout à la qualité de l'expérience quotidienne. L'automatisation permet d'assurer un service fréquent, régulier et prévisible, offrant ainsi une expérience de déplacement fluide et fiable sur laquelle les voyageurs peuvent durablement compter.

Dans de nombreux projets, les programmes d'automatisation s'accompagnent également du déploiement de matériel roulant de nouvelle génération, de la modernisation des équipements en station et du renforcement des systèmes d'information voyageurs. Ces évolutions contribuent à améliorer le confort, à réduire les nuisances sonores, à maintenir des espaces mieux entretenus et à proposer une information voyageurs plus performante et plus réactive.

La sécurité constitue un autre bénéfice majeur. Grâce à une supervision et à un contrôle continu de l'exploitation, les systèmes automatiques renforcent la sécurité globale des réseaux. Les portes palières jouent à cet égard un rôle central en sécurisant les quais tout en améliorant la fluidité des échanges voyageurs et la régularité du service sur les lignes les plus fréquentées. Plus largement, l'automatisation contribue à une exploitation plus robuste et plus sûre, dans une logique globale d'amélioration de la performance et de la qualité de service.

Au-delà des dimensions techniques, le sentiment de sécurité et de confort joue un rôle déterminant dans la confiance accordée par les voyageurs au système. Les réseaux de métro automatique sont ainsi de plus en plus attendus sur leur capacité à offrir des espaces accueillants, une information voyageurs claire et utile, y compris en situation perturbée, ainsi qu'une présence humaine visible et rassurante lorsque les contextes d'exploitation le nécessitent, notamment lors de la mise en service de nouvelles lignes.

Ensemble, fiabilité du service, sécurité et confort installent la confiance, encouragent l'usage régulier du métro automatique et renforcent l'adhésion au réseau de transport dans son ensemble.



Le métro automatique et le rail représentent une opportunité majeure pour nous. Face au vieillissement de la population, notre objectif est de concentrer davantage les équipes sur le service client, et moins sur l'exploitation, afin de proposer des services plus centrés sur l'humain.

Kenji Murasaki
JR East
Division Senior Manager



Ligne 14 de Paris - Transformer la mobilité, diversifier les profils de voyageurs

La ligne 14 du métro parisien démontre comment un axe structurant de métro automatique peut transformer les mobilités et diversifier les profils de voyageurs. Après un programme de prolongements sans précédent engagé en 2015, elle relie désormais Saint-Denis – Pleyel au nord à l'aéroport d'Orly au sud. La ligne a ainsi changé de dimension et de rôle dans le réseau. En reliant le centre de Paris à l'un des principaux aéroports français en une vingtaine de minutes, elle attire de nouveaux profils de voyageurs au-delà des voyageurs du quotidien : touristes, voyageurs d'affaires et occasionnels, tout en maintenant une expérience de qualité pour les voyageurs réguliers.

Cette évolution répond aussi à des objectifs sociaux plus larges : une meilleure accessibilité grâce à des stations adaptées aux personnes à mobilité réduite, un accès plus équitable aux ressources de la ville, hôpitaux, établissements d'enseignement, équipements et services, et une contribution à la transition énergétique grâce à un système de transport de masse fiable et à haute fréquence. Le projet intègre également des dispositifs d'insertion par l'emploi : pour le seul prolongement sud, 460 000 heures d'insertion ont été prévues afin de favoriser l'embauche de personnes faisant face à des barrières à l'emploi.

En résumé : La ligne 14 montre comment l'automatisation et les prolongements peuvent, ensemble, améliorer la performance, diversifier les usages et renforcer l'impact social du métro automatique.



Avec le développement de Melbourne, des trains rapides, réguliers et fiables vont créer de formidables opportunités : rendre accessible à pied, depuis les nouvelles stations, davantage de logements, d'emplois et de services.

Jamie Burn
Suburban Rail Loop Authority
Directeur du package Linewidth & Operations

L'automatisation, levier de sobriété énergétique et de décarbonation

Le métro automatique accompagne les stratégies de décarbonation des villes. L'automatisation permet de réduire la consommation d'énergie du système ferroviaire. Elle permet notamment le recours au freinage régénératif, qui peut récupérer environ 30 % de l'énergie de freinage par rapport à un freinage mécanique. La consommation peut aussi être optimisée en tirant parti du profil de la ligne et du roulage en inertie (coasting), ainsi que par des vitesses plus économes en heures creuses. La fréquence peut également être adaptée à l'affluence, afin d'améliorer l'efficacité du système tout en maintenant la qualité de service.

Des résultats concrets sont déjà mesurés dans la durée. À Paris, la ligne 4 du métro a enregistré une réduction de 15 % de sa consommation d'énergie depuis son automatisation. Sur la ligne 14, les rames MP14 de dernière génération permettent de réaliser des économies d'électricité grâce à la récupération d'énergie au freinage et à une conception optimisée. La consommation électrique globale reste ainsi maîtrisée, alors même que la longueur de la ligne a doublé.

L'impact environnemental ne se limite pas à l'énergie de traction. Comme tout nouveau réseau de transport, les programmes de métro automatique intègrent de plus en plus les enjeux de qualité de l'air dans les espaces du métro, en réduisant les émissions de particules, par exemple grâce à l'optimisation du freinage électrique, et en renforçant les pratiques de ventilation et de maintenance. Ils visent aussi à réduire la consommation énergétique des stations, avec des solutions comme la géothermie ou des systèmes de chauffage et de refroidissement plus efficaces.

Plus largement, les projets de métro automatique permettent d'intégrer les exigences environnementales dès la conception et la construction. Les ouvrages de génie civil et les matériaux peuvent en effet représenter une part importante du bilan carbone sur l'ensemble du cycle de vie. Cette évolution traduit les engagements croissants des autorités organisatrices, qui cherchent à mieux maîtriser l'impact carbone des projets dans la durée. Elle renforce l'intérêt d'une approche globale, capable d'aligner les choix de conception bas carbone, les méthodes de construction et la performance d'exploitation sur le long terme.

Métro de Riyad – Accompagner une transformation à l'échelle nationale

Le métro de Riyad montre comment un nouveau réseau de métro automatique peut transformer les habitudes de mobilité à l'échelle d'une capitale. Réalisé en une seule phase, il compte six lignes automatiques, totalisant 176 km et 85 stations. Entre décembre 2024 et mars 2026, il a transporté plus de 200 millions de voyageurs, preuve d'une adoption rapide dans une ville longtemps dominée par la voiture individuelle. Au-delà de la fréquentation, son principal bénéfice est le temps gagné. En proposant des trajets rapides, fréquents et prévisibles, il peut rivaliser avec la voiture aux heures de pointe et transformer ce temps gagné en valeur économique et en qualité de vie.

Le projet accompagne aussi une évolution visible en matière d'inclusion sociale. Le métro offre une plus grande autonomie à de nombreuses femmes et aux jeunes, en facilitant l'accès à l'emploi, à l'éducation, aux services et aux grands pôles urbains, comme le King Abdullah Financial District, sans dépendre d'un chauffeur, d'un taxi ou de solutions informelles. Dans les stations et à bord des trains, il crée aussi de nouveaux espaces publics partagés, où différentes populations cohabitent. Il inscrit ainsi les transports en commun dans le quotidien d'une société où elle était auparavant limitée. Complété par un réseau de bus de 89 lignes, dans une ville étendue et marquée par de fortes chaleurs, le métro transforme progressivement le quotidien à Riyad.

Enfin, le métro de Riyad contribue à l'émergence d'une véritable filière du transport public dans le pays. Il crée de nouveaux métiers et accompagne le développement des compétences, grâce à la formation et à la montée en compétences des équipes locales.

En résumé : En transformant les habitudes de mobilité du quotidien et en accélérant l'inclusion, le métro automatique de Riyad marque un changement d'échelle dans un pays où la mobilité a longtemps été dominée par la voiture individuelle.



Les projets de métro automatique sont des actifs attractifs. Ils transforment les villes en offrant des services durables et de haute qualité.

Patrick Lauren

Plenary
Directeur des investissements

Enseignements clés

01

Le métro automatique est accepté et de plus en plus attendu

Dans les villes et auprès des habitants, le métro automatique est aujourd'hui perçu comme un standard urbain légitime. Pour les voyageurs, l'acceptation est devenue une attente : l'absence de conducteur n'est plus le sujet principal. Ce qui compte, c'est l'expérience au quotidien : des intervalles courts et fiables, une régularité stable, du confort et une information claire, utile et exploitable. Maintenir cette confiance dans la durée suppose une exploitation rigoureuse et une capacité à rassurer les voyageurs en cas d'incident.

02

Quarante ans d'exploitation ont fait leurs preuves à grande échelle

Avec plus de quarante ans de retour d'expérience en exploitation, le métro automatique a démontré, à grande échelle, une combinaison forte d'atouts : davantage de capacité et de performance, une fiabilité renforcée et une meilleure efficacité énergétique. L'automatisation accompagne aussi les stratégies de décarbonation des villes, en favorisant un report modal depuis la voiture individuelle, en réduisant les émissions et la pollution locale. Au-delà de son impact climatique, le métro automatique crée une valeur économique et sociale plus large : il réduit le coût des embouteillages et accompagne une croissance urbaine plus inclusive.

03

Un écosystème aligné : le prochain défi est de tirer pleinement parti du métro automatique grâce à une exploitation maîtrisée

Sur l'ensemble de la chaîne de valeur, les acteurs convergent de plus en plus vers un même constat : le métro automatique est devenu le nouveau standard. Cette convergence s'appuie sur un écosystème mature, construit sur des décennies de réalisation et d'exploitation, et sur une vision plus claire des facteurs de réussite. L'un des grands enseignements est que la performance repose sur la coopération entre tous les acteurs et sur une maîtrise rigoureuse des interfaces, de la conception jusqu'à l'exploitation. Le prochain défi consiste désormais à tirer pleinement parti du potentiel de l'automatique.

Partie II

Construire les conditions du succès

Sécuriser la réalisation des projets et la préparation à l'exploitation

Définir une trajectoire claire, de la vision à la mise en œuvre

Tout projet de métro automatique commence par une projection à long terme articulant planification des investissements, stratégie de matériel roulant, choix technologiques et préparation des infrastructures dans une trajectoire réaliste. Pour les autorités organisatrices de la mobilité, la première étape consiste à définir les objectifs cibles, intégrant à la fois la croissance de la demande et les évolutions technologiques, de manière à déployer un système capable de s'adapter à ces transformations. Il convient ensuite de traduire ces ambitions en étapes de décision structurées et en prérequis techniques, organisationnels et financiers. Cette feuille de route doit être alignée sur les capacités de l'autorité organisatrice de la mobilité et conduire à un modèle de réalisation robuste, reposant sur une gouvernance claire et des interfaces précisément définies.

Pour les nouvelles lignes, la planification s'inscrit dans des stratégies plus larges de développement urbain. La trajectoire doit intégrer l'usage du foncier, l'implantation des stations, les autorisations administratives, les enjeux environnementaux, les interfaces avec les réseaux techniques et, le cas échéant, les acquisitions foncières. La réflexion amont combine ainsi planification de la mobilité, insertion urbaine et stratégie de réalisation, afin de choisir le montage contractuel le plus adapté.

Pour les projets d'automatisation de lignes existantes, le renouvellement du matériel roulant ou l'obsolescence du système de signalisation constituent souvent le point de départ de la démarche. La recherche d'une meilleure performance d'exploitation, lorsque les limites du système existant sont atteintes, peut également accélérer la décision d'automatisation. Cette trajectoire doit s'appuyer dès l'origine sur une analyse approfondie des infrastructures et de la faisabilité des travaux, afin de vérifier que les travaux de génie civil existants et la configuration des stations sont compatibles avec l'intégration d'un métro automatique et de ses interfaces, notamment les portes palières. Dans de nombreux cas, le passage direct à une exploitation 100 % automatique apparaît comme l'option la plus pertinente. Cette approche permet d'éviter la mise en place de solutions intermédiaires qui nécessiteraient par la suite des transformations lourdes pour atteindre des niveaux d'automatisation plus élevés. Lorsqu'une approche progressive est privilégiée par l'autorité organisatrice de la mobilité, la trajectoire peut néanmoins débuter par des évolutions préparatoires, telles que l'installation de portes palières, avant une transition graduelle du GOA2 vers des niveaux d'automatisation plus avancés.

Anticiper et gérer les risques

L'automatisation ne fait pas disparaître les risques : elle transforme leur nature et les modalités de leur maîtrise. Pour les autorités organisatrices de la mobilité, l'enjeu n'est donc pas d'« éliminer le risque », mais de conserver la maîtrise globale du système grâce à une gouvernance robuste, une répartition claire des responsabilités sur l'ensemble de la chaîne de valeur et un modèle d'exploitation capable de répondre de manière fiable aux situations du quotidien. Les acteurs du secteur identifient ainsi quatre grandes catégories de risques à anticiper dès les phases amont des projets : la cybersécurité, la sécurité en situation perturbée, l'obsolescence, et l'adéquation du système avec les besoins d'exploitation-maintenance et des voyageurs.

La cybersécurité constitue désormais une condition essentielle de la performance et de la résilience des métros automatiques. Ces systèmes reposent sur des architectures ouvertes et connectées, des accès à distance et, dans certains cas, des composants hébergés dans le cloud. Cette connectivité accrue élargit mécaniquement la surface d'exposition aux risques et fait de la cybersécurité un enjeu central de conception, d'exploitation et de maintenance. L'un des principaux défis consiste à concilier deux logiques parfois contradictoires : d'un côté, les systèmes informatiques nécessitent des mises à jour rapides pour maintenir leur niveau de protection ; de l'autre, les environnements critiques pour la sécurité privilégient des configurations stables et validées afin de limiter les changements. La maîtrise de cet équilibre repose sur une définition claire des responsabilités, un contrôle strict des accès, une gestion rigoureuse des configurations et des procédures exigeantes de test et de validation des évolutions.



Le principal facteur de réussite de tout grand projet, c'est de définir une vision partagée. Les autorités, les opérateurs et les industriels doivent être alignés sur l'objectif final : créer des solutions efficaces et agréables à vivre pour les habitants.

Lauren Streifen

Public Transport Association Australia and New Zealand
Directrice générale

L'automatisation renforce aussi la sécurité grâce à une supervision continue du système et, lorsque les lignes en sont équipées, aux portes palières. Mais l'exploitation sans personnel à bord change la manière de gérer les incidents. En l'absence d'agent dans les rames, une situation peut se dégrader plus vite si les voyageurs se sentent livrés à eux-mêmes. Maintenir la confiance suppose donc de détecter et traiter rapidement les incidents, de mobiliser sans délai les équipes en station et sur le terrain, et de garantir une information voyageurs disponible et fiable, y compris en situation perturbée.

L'obsolescence constitue un enjeu de plus en plus stratégique à mesure que les systèmes de métro intègrent davantage de logiciels, de données et de composants numériques. Les équipements digitaux, tels que les télécommunications ou les systèmes d'information voyageurs, évoluent selon des cycles beaucoup plus rapides que les actifs ferroviaires traditionnels, sous l'effet de l'innovation technologique et de l'évolution continue des usages et des attentes des voyageurs.

Avec le temps, certains composants peuvent aussi ne plus être produits, ce qui complexifie le maintien en condition opérationnelle des métros lorsque les pièces de rechange n'ont pas été suffisamment stockées ou sécurisées. La performance à long terme dépend donc de la capacité à intégrer les évolutions technologiques, les mises à jour, les correctifs et les renouvellements dans une gestion maîtrisée des cycles de vie.

Cette approche implique une répartition claire des responsabilités entre les différents fournisseurs, une stratégie d'évolution explicitement définie ainsi que des mécanismes contractuels permettant d'inscrire l'amélioration continue du système dans une logique anticipée et structurée. Certaines autorités organisatrices vont plus loin en contractualisant des engagements de support et de maintenance sur plusieurs décennies pour les composants critiques, afin de sécuriser la continuité du service et de mieux maîtriser les coûts dans la durée.

Enfin, les acteurs du secteur soulignent le risque de déployer des systèmes techniquement conformes aux spécifications, mais insuffisamment adaptés aux réalités de l'exploitation et aux attentes des voyageurs. Un système mal calibré peut générer des surcoûts d'exploitation significatifs, dégrader la qualité de service et multiplier les difficultés opérationnelles dans la durée.

Cybersécurité : un impératif pour une exploitation automatique fiable

La cybersécurité fait désormais partie intégrante du fonctionnement des métros automatiques. Les réseaux modernes s'appuient sur des composants numériques pour la signalisation, la supervision, les systèmes en station et les services aux voyageurs. La protection cyber ne peut donc plus être traitée comme un sujet informatique à part. Elle poursuit le même objectif que le reste du programme : garantir dans la durée la sécurité, la fiabilité de l'exploitation et la confiance des voyageurs.

Les approches les plus efficaces se construisent dès l'amont, avec des exigences de cybersécurité clairement intégrées aux spécifications et aux critères de réception, puis portées par une gouvernance rigoureuse sur toute la chaîne de valeur. Ces exigences s'appuient de plus en plus sur des standards reconnus du secteur, ce qui facilite leur définition et leur démonstration lors de la réception. Autorité organisatrice de la mobilité, opérateurs et fournisseurs doivent chacun assumer clairement leurs responsabilités et leurs interfaces.

Concrètement, cela suppose d'identifier les actifs critiques et de mettre en place des mesures éprouvées pour garantir la continuité d'activité : architecture sécurisée et segmentée, accès à distance contrôlés pour la maintenance, authentification renforcée, gestion rigoureuse des droits d'accès, procédures solides d'exploitation et de maintenance, et supervision continue adaptée aux contraintes ferroviaires.

La cybersécurité se maintient aussi dans le temps grâce aux routines d'exploitation, ainsi qu'à des choix d'organisation et de conception qui rendent le système capable de tenir en situation de crise. Des tests réguliers, des formations actualisées et une préparation structurée aux incidents permettent de préserver la robustesse du système au quotidien, à mesure que les technologies évoluent. Cela suppose également des responsabilités de maintenance clairement établies, ainsi qu'un cadre juridique et réglementaire maîtrisé, pour garantir une prise de décision fiable lorsqu'un événement survient.

En résumé : La cybersécurité est une dimension maîtrisable des projets de métro automatique, à condition d'être traitée comme une discipline de bout en bout, intégrée à la conception, à la gouvernance, à l'exploitation et à la maintenance.



La performance du métro automatique est la rançon de son succès. En habituant le voyageur à une fiabilité exceptionnelle, l'incident, même rare, est d'autant plus inacceptable. Le véritable enjeu n'est donc plus la seule fiabilité, mais la préservation de la confiance lorsque l'imprévu survient.

Jean-François Révah

TRANS/FORMATION
Psychosociologue et Président



Alors que l'investissement privé reste encore largement sous-exploité, la sécurisation des financements demeure toujours le principal défi.

Veronica Vanterpool

AECOM
Vice-présidente senior, Responsable transport public pour les Amériques



L'obsolescence des systèmes constitue un risque majeur, qui doit être mieux pris en compte et intégré dans les contrats de long terme de type maintien en condition opérationnelle (MCO) et maintien en condition de sécurité (MCS).

Jean-Christophe Lebretton

Siemens Mobility France
Directeur technique



Métro de Belgrade : Intégrer le regard de l'exploitant en amont pour sécuriser la réalisation du projet

Belgrade développe actuellement son premier réseau de métro 100 % automatique à travers un programme structuré autour de trois lignes et d'un calendrier de réalisation s'inscrivant sur plusieurs années. Ce projet constitue aujourd'hui la plus importante infrastructure en développement en République de Serbie. Dans un tel contexte, la valeur se crée lorsque la collaboration s'organise très tôt, avant que les choix de conception et de construction ne deviennent difficiles à faire évoluer.

La Ville de Belgrade a attribué, puis renouvelé, un contrat d'assistance opérateur amont à RATP Dev, afin de bénéficier de son regard sur la conception fonctionnelle et les spécifications. Cette mission porte en particulier sur l'expérience voyageurs, la sécurité, les principes d'exploitation et de maintenance, ainsi que l'optimisation des coûts sur l'ensemble du cycle de vie.

En résumé : Associer l'opérateur dès les phases amont permet de transformer les choix de conception en solutions réellement exploitables et maintenables, tout en limitant les risques d'interface entre les différents lots du projet. Cette approche contribue également à sécuriser la préparation à l'exploitation et la mise en service du réseau.



Dans ce type de projets, les délais sont longs. Ce que l'on spécifie au départ n'est souvent plus valable au moment de la mise en service du métro.

Russell Jackson

AECOM
Directeur Général, Global Transportation



Les enjeux d'obsolescence doivent être anticipés le plus en amont possible, notamment à travers les contrats avec les industriels

Stéphane Maillet

Île-de-France Mobilités
Chef du département Systèmes de Transport,
Direction ferroviaire

Structurer des financements et modèles contractuels garantissant la performance sur le long terme

Trouver le juste équilibre entre CAPEX et OPEX pour garantir la rentabilité sur l'ensemble du cycle de vie

L'automatisation peut améliorer l'équilibre économique d'un réseau de métro, à condition d'être pensée dès le départ dans une logique d'efficacité, de la conception à l'exploitation.

Par rapport aux lignes conventionnelles, l'UITP² estime que les métros 100 % automatiques peuvent générer jusqu'à 15 % d'économies d'énergie et réduire les OPEX (charges d'exploitation) de 15 % à 30 %, grâce à une meilleure efficacité énergétique, à l'optimisation de l'organisation des équipes et à une disponibilité accrue du système. Ces gains se traduisent par une baisse de 25 % à 35 % des coûts d'exploitation par train-kilomètre. Ils reflètent une amélioration globale de la productivité, plutôt que des économies additionnelles ou cumulables.

En matière de CAPEX (dépenses d'investissement), l'écart de coûts entre systèmes automatiques et systèmes conventionnels tend progressivement à se réduire. Les équipements de signalisation nécessaires à l'automatisation intégrale demeurent un poste d'investissement significatif, mais le prix du matériel roulant se rapproche des configurations conventionnelles. Les dispositifs de protection des quais et des voies représentent encore un investissement important; toutefois, leur déploiement s'étend désormais au-delà des seuls projets automatiques, favorisant des effets d'échelle. Par ailleurs, les gains de productivité permettent d'assurer une capacité équivalente avec un nombre réduit de rames, avec des diminutions de parc estimées entre 5 % et 10 %, contribuant à limiter l'exposition en capital sur le long terme.

Le retour sur investissement d'un métro automatique dépend ainsi des choix d'investissements permettant de réduire durablement les points de friction liés à l'exploitation, à la maintenance et aux futurs renouvellements des systèmes. Pour les autorités organisatrices, l'analyse économique ne peut donc pas se limiter au coût initial du projet. Elle doit intégrer la performance globale du système dans le temps, en tenant compte des coûts d'exploitation, de maintenance, des besoins de renouvellement ainsi que de la qualité de service offerte aux voyageurs.

Structurer des contrats qui alignent gouvernance et partage des risques tout au long de la conception et de la réalisation

Il n'existe pas de modèle contractuel ou de financement universel garantissant à lui seul le succès d'un programme de métro automatique. Contrats de service public, concessions, financements publics, partenariats

public-privé (PPP) ou modèles plus collaboratifs, tels que les alliances, peuvent tous constituer des solutions pertinentes selon le contexte du projet. Le choix du montage dépend notamment de la nature du programme, qu'il s'agisse d'une nouvelle ligne ou de l'automatisation d'une ligne existante, des capacités financières et techniques de l'autorité organisatrice de la mobilité, du niveau d'innovation recherché ainsi que de la clarté des responsabilités et des interfaces définies dès les phases amont.

Dans un modèle de financement public, l'autorité organisatrice de la mobilité conserve généralement une maîtrise forte du périmètre, du calendrier et des décisions structurantes du projet. Cette configuration permet de préserver un pilotage public étroit, mais elle suppose également une coordination particulièrement rigoureuse des interfaces et des processus de décision, notamment lorsque plusieurs contrats impliquent des fournisseurs de systèmes, des entreprises de génie civil et des opérateurs.

Les concessions et les PPP peuvent être efficaces lorsque les objectifs de long terme sont stabilisés et les responsabilités clairement établies. En alignant conception, construction, exploitation et maintenance sur une période plus longue, ils favorisent la performance sur l'ensemble du cycle de vie et la maintenabilité du système, au-delà de la mise en service. Ils nécessitent toutefois un juste équilibre dans la répartition des risques et les mécanismes d'incitation, afin que les engagements restent soutenables dans la durée.

Quel que soit le modèle retenu, la réussite repose sur la gouvernance et la gestion des risques intégrées au contrat. Génie civil, systèmes, matériel roulant, signalisation, supervision, stations et exploitation doivent former une solution cohérente. Cette convergence est plus facile à maîtriser lorsque le montage retenu intègre très tôt le regard de l'exploitant. Les besoins d'exploitation peuvent ainsi être traduits en choix de conception avant que les modifications ne deviennent coûteuses.

Le contrat devient alors un cadre de réalisation : il définit les responsabilités de décision, la gestion des interfaces, les circuits d'escalade autant que la discipline quotidienne de pilotage contractuel.

Enfin, la répartition des risques doit favoriser l'alignement entre les parties. Si le risque est trop fortement transféré à un seul acteur, les marges de sécurité et les réclamations se durcissent, ce qui augmente les coûts et ralentit la résolution des problèmes. À l'inverse, lorsque les risques restent flous ou sans responsable clairement identifié, les sujets d'interface peuvent dériver et n'apparaître que tardivement, au moment où leur correction devient la plus difficile.



La gouvernance entre autorité organisatrice, délégataire et maîtrise d'œuvre est essentielle pour garantir le bon déroulé du projet.

Pierre Geneste

SYTRAL Mobilités

Directeur opérationnel métro et Chef du service Métro à la Direction des Expertises Techniques et du Patrimoine



Dans les projets qui comportent de nombreuses interfaces ou des zones d'incertitude, les modèles collaboratifs sont un levier puissant. Ils alignent toutes les parties autour d'un même objectif : résoudre les problèmes au fur et à mesure qu'ils apparaissent, plutôt que chercher à attribuer les responsabilités. L'enjeu est de passer d'une culture de la recherche de faute à une culture de la résolution.

Ian Pitcher

AECOM

Directeur Global Alternative Delivery



Le modèle d'alliance crée un véritable résultat partagé, on gagne ensemble ou on perd ensemble, ce qui encourage les bons comportements de l'ensemble des parties prenantes.

Jamie Burn

Suburban Rail Loop Authority

Directeur du package Linewide & Operations



La réussite n'est possible que si industriels, fournisseurs, opérateurs, mainteneurs et décideurs politiques travaillent ensemble, en assurant coordination technique et planification.

Michel Obadia

Siemens Mobility APAC

Directeur Général



Contrat d'alliance : une équipe intégrée pour les réalisations complexes

Le contrat d'alliance demeure encore relativement innovant dans le transport public. Il est toutefois de plus en plus envisagé lorsque les grands projets comportent de fortes incertitudes, des contraintes évolutives ou un périmètre qui n'est pas encore totalement stabilisé par l'autorité organisatrice. Dans le métro automatique, l'intérêt du modèle d'alliance tient notamment au risque d'intégration technologique : il s'agit moins de maîtriser chaque composant pris isolément que de prendre rapidement des décisions collectives pour gérer des interfaces complexes. Dans ce cadre, l'alliance réunit le génie civil, les systèmes, le matériel roulant, les stations et l'exploitation au sein d'une même équipe de réalisation intégrée.

Ce modèle repose sur la transparence et des incitations partagées. Il s'appuie généralement sur une base de coûts transparente, un coût cible défini d'un commun accord et des mécanismes de partage des gains comme des dépassements. La performance et les dérives éventuelles sont ainsi gérées collectivement, plutôt que transférées à une seule partie. Le coût cible, par exemple, est le plus souvent construit collectivement pendant une phase de développement, et non imposé dès le départ.

Dans les faits, les alliances ont déjà fait leurs preuves dans de grandes infrastructures de transport, comme les aéroports, ainsi que dans des secteurs complexes, comme la défense. Elles sont désormais utilisées dans certains programmes de métro automatique, notamment en Australie. Elles prennent tout leur sens lorsque le maître d'ouvrage public accepte de porter le risque de coût, que les partenaires adhèrent à une logique de transparence des coûts et que les comportements collaboratifs sont réellement portés par la gouvernance, les compétences et le pilotage du projet. Des montages hybrides sont également possibles, avec certains lots en alliance et d'autres sous d'autres formes contractuelles, à condition que les interfaces soient clairement gouvernées.

En résumé : Une alliance vise moins à « transférer » le risque qu'à choisir des partenaires engagés dans une même logique d'intérêt du projet. L'équipe peut ainsi prendre rapidement des décisions collectives et maintenir la cohérence de la réalisation, même dans un contexte incertain.



Il est fondamental d'avoir, dès la phase de conception, soit le futur exploitant-mainteneur, soit un opérateur de type 'shadow operator', pour garantir la bonne exploitation du métro et sa maintenabilité.

Thomas Paireau

Meridiam

Directeur Investissements Senior

²UITP, The benefits of full metro automation (2019)

Concevoir des contrats d'exploitation au service de la flexibilité opérationnelle

Les contrats d'exploitation doivent être pensés pour garantir la performance sur l'ensemble du cycle de vie. Ils doivent préserver, dans la durée, la disponibilité du système, sa maintenabilité et sa capacité à être renouvelé, grâce aux bons choix d'exploitation et de renouvellement. C'est particulièrement vrai pour les contrats d'exploitation-maintenance de long terme, dans lesquels les évolutions progressives et la gestion de l'obsolescence font partie du quotidien et doivent être clairement encadrés. Dans de nombreux contrats de longue durée, les mécanismes de performance ajustent les paiements lorsque la disponibilité ou la qualité de service ne sont pas au rendez-vous. Les résultats dépendent donc à la fois des coûts d'exploitation et de l'exposition à d'éventuelles pénalités liées à la performance.

L'automatisation crée aussi de la valeur par la souplesse d'exploitation. Elle permet d'adapter l'offre à la demande en temps réel, qu'il s'agisse d'un événement connu ou d'une situation imprévue. Cette souplesse peut réduire les coûts d'énergie et de maintenance en évitant des trains-kilomètres inutiles. Pourtant, de nombreux contrats d'exploitation reposent encore sur des indicateurs fixes, comme la fréquence théorique ou les kilomètres commerciaux. Ces indicateurs permettent de suivre les engagements, mais ils peuvent aussi enfermer le système dans des plans de service rigides : les ajustements de

capacité deviennent alors des négociations contractuelles, au lieu d'être de véritables leviers d'exploitation.

Le modèle de rémunération joue également un rôle important : il détermine la manière dont la souplesse est valorisée et la répartition du risque lié aux recettes. Dans les contrats à coût brut (*gross cost*), les recettes voyageurs restent généralement perçues par l'autorité organisatrice, tandis que l'exploitant est rémunéré au forfait, éventuellement complété par des incitations. Dans les contrats à coût net (*net cost*), l'exploitant s'engage sur la performance des recettes, avec une subvention d'équilibre versée par l'autorité organisatrice. Dans les contrats au coût majoré (*cost plus fees*), l'exploitant est remboursé de ses coûts avec une marge. Ce modèle peut accompagner une phase de lancement ou une transformation majeure, mais il exige une gouvernance stricte pour préserver l'efficacité économique.

Pour tirer pleinement parti de l'automatisation, les modèles contractuels doivent combiner des attentes claires en matière de performance et des mécanismes de flexibilité opérationnelle. Les engagements de service peuvent être définis sous forme de plages et de règles de réponse, plutôt qu'à travers un horaire unique et figé. Ils peuvent être complétés par des incitations valorisant la capacité à adapter l'offre à la demande : gestion de l'affluence, régularité des intervalles, retour rapide à la normale après incident. Cela suppose aussi un cadre solide de gestion des évolutions de service, avec des prix unitaires convenus et une gouvernance claire, afin d'ajuster rapidement la capacité tout en gardant de la transparence sur les coûts et les risques.



Je suis convaincu que, dans tout modèle d'alliance, l'exploitant et le mainteneur doivent être associés dès le départ. Ils doivent comprendre le système pour garantir une exploitation efficace et maîtrisée sur le plan des coûts. Associer l'opérateur en amont, c'est inscrire le projet dans une vision de long terme.

Steve Butcher

John Holland
Directeur Général et Directeur Exécutif, division Rail & Transport



Les projets de ce type se prêtent particulièrement bien au modèle de partenariat public-privé (PPP), dont ils représentent l'une des formes les plus abouties. Ils sont très complexes : ils associent génie civil, fourniture du système automatique et du matériel roulant, avec un opérateur agissant pour le compte du client afin de garantir la maintenance et de porter la vision de long terme du projet.

Patrick Lauren

Plenary
Directeur des investissements

Enseignements clés

01

Construire une feuille de route de long terme, pour répondre aux besoins d'aujourd'hui et préparer les évolutions de demain

La valeur de l'automatique se joue dès l'amont. Pour les autorités organisatrices de la mobilité, la première étape consiste à définir l'objectif cible, puis à le traduire dans une feuille de route réaliste, articulant planification des investissements, stratégie de matériel roulant, choix technologiques et préparation des infrastructures.

Une trajectoire bien conçue permet de maîtriser les coûts dans la durée. Elle aligne le bon niveau d'investissement avec l'efficacité et la performance attendues en exploitation, tout en préservant la capacité d'évolution du système.

02

Aligner contrats, rémunération et gouvernance pour agir comme une seule équipe

Les projets de métro automatique concentrent de nombreuses interfaces : génie civil, systèmes, matériel roulant, stations, supervision et exploitation. La performance repose sur des mécanismes de coordination solides, capables d'aligner les décisions, de traiter les interfaces dans une logique commune et de résoudre les difficultés avant la mise en service.

Cette discipline suppose de choisir des modèles contractuels adaptés au profil de risque du projet, au niveau de maturité du périmètre et aux capacités des parties prenantes.

03

Intégrer dès l'amont la vision d'un exploitant-mainteneur expérimenté

Intégrer très tôt la vision d'un exploitant-mainteneur expérimenté, qu'elle soit portée par le futur exploitant ou par un « shadow operator » crédible, conforte les choix stratégiques du projet, les arbitrages de conception, les décisions d'achat et la gouvernance. Cela permet d'intégrer dès le départ les contraintes d'exploitation, les conditions de préparation à la mise en service et la performance sur l'ensemble du cycle de vie, plutôt que de devoir les corriger après coup.

Partie III

Transformer les réseaux de métro existants

Moderniser les réseaux sans interrompre l'exploitation

Comprendre le point de départ : évaluer la complexité d'un réseau existant

Les projets de modernisation de lignes existantes recouvrent des réalités très diverses : transformation d'un métro conventionnel en ligne 100 % automatique, montée progressive vers des niveaux d'automatisation plus élevés ou modernisation de systèmes GOA4 déjà en exploitation. Ce dernier cas devient de plus en plus fréquent, alors que les premières générations de métros automatiques entrent aujourd'hui dans leur propre cycle de renouvellement.

Ces points de départ diffèrent fortement par leurs contraintes, leurs risques et leurs interdépendances opérationnelles. Ils répondent pourtant aux mêmes exigences : maintenir autant que possible la continuité de service, limiter les impacts pour les voyageurs et maîtriser les risques pour les équipes de l'exploitant.

Maîtriser cette complexité suppose une approche adaptée à chaque configuration. Celle-ci doit débuter par un diagnostic approfondi de l'existant : architecture du système, interfaces, état des actifs, obsolescence, règles d'exploitation et contraintes de service. Ce diagnostic permet ensuite de définir une trajectoire réaliste, un séquençage clair des travaux et une gouvernance adaptée aux contraintes du projet.

Plusieurs choix deviennent alors structurants, en particulier ceux relatifs à l'architecture de signalisation et d'enclenchement, la stratégie de matériel roulant et la coordination des systèmes critiques adjacents, qui peuvent suivre des cycles d'évolution différents, mais impacter fortement la trajectoire globale. Le diagnostic doit également intégrer pleinement la dimension humaine, notamment les impacts sur les équipes, afin de favoriser l'adhésion des parties prenantes engagées dans la transition.

Planifier une migration progressive et maîtrisée

Une fois le diagnostic de l'existant réalisé, l'enjeu consiste à définir une trajectoire de transition permettant de transformer le système tout en maintenant la continuité du service.

Les phases d'intégration, de qualification et de mise en service reposent sur un équilibre particulièrement sensible. Les possibilités d'essais hors site étant limitées, une part importante des validations

doit être menée directement sur le réseau en exploitation. Chaque essai doit donc répondre à un double impératif : éprouver suffisamment le système, tout en limitant son impact sur le service.

Dans ce contexte, une stratégie d'intégration progressive apparaît souvent comme l'approche la plus adaptée. Cette approche permet d'introduire le nouveau système par étapes au sein de l'exploitation existante, tout en limitant les perturbations opérationnelles. Elle suppose toutefois un plan de migration finement séquencé et rigoureusement piloté. Cette trajectoire combine généralement le déploiement progressif des sous-systèmes, une stratégie clairement définie pour le matériel roulant ainsi qu'un schéma d'intégration permettant d'introduire le nouveau système avant d'en étendre progressivement le périmètre opérationnel.

Dans de nombreux projets, cette transition est mise en œuvre rame par rame : les trains sont progressivement équipés du nouveau système avant d'être intégrés à l'exploitation commerciale. Cette méthode permet de stabiliser progressivement la performance du système tout en préservant la continuité du service au quotidien.



Dans un projet sur ligne existante, le passage à un système GOA3 peut constituer une étape intéressante : il offre un bon retour sur investissement, sans supporter le coût élevé des portes palières.

Eric Peissel

WSP

Directeur mondial Transport & Infrastructure



Les projets sur lignes existantes sont les plus complexes : ils impliquent davantage d'interfaces et de parties prenantes à gérer.

Manco Assonati

WeBuild

Vice-Président Exécutif Senior, Opérations

Une bascule globale peut néanmoins être envisagée dans certains contextes : l'ensemble des rames migre alors simultanément vers le nouveau système, comme l'illustre le cas de la ligne 14 du métro parisien.

À ce stade, plusieurs choix deviennent structurants. La signalisation, y compris les enclenchements, conditionne la complexité de l'intégration et le niveau de démonstration de sécurité à apporter. La stratégie de matériel roulant détermine, elle, les conditions de coexistence entre les anciennes générations de rames et les rames modernisées, ainsi que la montée en charge du système sans fragiliser la stabilité de l'exploitation.

D'autres sous-systèmes peuvent devenir critiques lorsqu'ils n'évoluent pas au même rythme : alimentation électrique, commande et supervision, équipements en station, télécommunications, etc. Ces dépendances doivent être identifiées très tôt et pilotées dans un cadre unifié de gestion des interfaces, afin de traiter les risques d'intégration avant la mise en service.

Enfin, le plan de transition doit être construit comme un calendrier partagé entre l'exploitation et le projet. Il exige une gouvernance rigoureuse, des jalons de préparation clairement définis et une coordination étroite entre l'opérateur, l'autorité organisatrice et les partenaires industriels. Ce calendrier doit aussi intégrer la transformation des métiers et des équipes, afin que les effectifs, la formation et l'évolution des rôles restent alignés avec chaque étape de la transition.

Assurer la fiabilité en condition réelle d'exploitation

Dans les projets de modernisation de lignes existantes, la crédibilité se joue dès le premier jour. Après avoir vécu en parallèle la réalisation des travaux et l'exploitation courante, la ligne modernisée doit apporter une valeur visible immédiatement. La fiabilité ne peut pas être renvoyée à une phase de stabilisation ultérieure : elle doit être démontrée dès la mise en service du nouveau mode d'exploitation. Cette exigence fait des essais un volet central du projet. La fiabilité du système et la maturité de l'exploitation, au moment de la mise en service, dépendent largement de ce qui a été testé, corrigé et validé avant que les voyageurs ne soient confrontés au nouveau fonctionnement de la ligne.

Les essais doivent donc être intensifs et progressifs. Ils s'appuient sur les capacités des industriels à mettre en place des plateformes de test reproduisant au plus près les conditions réelles d'exploitation. Des volumes d'essais importants, pouvant représenter plusieurs milliers d'heures, sont nécessaires afin d'ajuster progressivement le système par itérations successives, plutôt que de découvrir les dysfonctionnements en exploitation commerciale. Au-delà de la validation technique, la préparation repose aussi sur la capacité à réagir vite. Les circuits d'escalade doivent être éprouvés, les scénarios de crise simulés et les exercices répétés, afin que les équipes du poste de commande centralisé (PCC) et les responsables sur le terrain acquièrent les bons réflexes dans un environnement sans conducteur, où les incidents peuvent rapidement s'amplifier.

Ces ambitions doivent toutefois composer avec la réalité de l'exploitation. De nombreux métros fonctionnent près de vingt heures par jour, ne laissant qu'une fenêtre nocturne réduite pour la maintenance. Les programmes d'essais doivent préserver cette fenêtre ; faute de quoi ils finissent par fragiliser la capacité de maintenance qui soutient la robustesse du système. C'est pourquoi il est essentiel de maximiser les essais en usine et sur sites dédiés, afin de limiter l'impact sur l'exploitation.



Le métro existant arrivant en fin de cycle de vie, devenant de plus en plus difficile à maintenir et affectant la qualité de service, la décision a été prise de passer à une solution de métro automatique plus moderne et plus flexible.

Patrick Fedele

Régie des Transports Métropolitains
(RTM – Marseille)
Chef de Centre METRO



À la World Bank, nous finançons différents types de projets : nouveaux métros, prolongements de lignes existantes ou programmes de modernisation. Dès lors qu'il s'agit de signalisation et de systèmes, les prolongements et les modernisations comptent parmi les projets les plus complexes.

Edpo Covalciuk Silva

The World Bank
Spécialiste Sénior des Transports

Ligne 14 de Paris – Une première mondiale : une modernisation GOA4 vers GOA4 menée en parallèle d'un prolongement majeur

La ligne 14 du métro parisien constitue un cas emblématique de modernisation GOA4 vers GOA4. Le projet a combiné le renouvellement complet du système de pilotage automatique avec un prolongement majeur de la ligne. Réalisé par le groupe RATP pour le compte d'Île-de-France Mobilités, son autorité organisatrice de la mobilité, il a été avancé de deux ans par rapport au calendrier initial afin d'être pleinement opérationnel pour les Jeux Olympiques de Paris 2024.

La réalisation s'est appuyée sur une transition par étapes, conçue pour maintenir la maîtrise du système, la sécurité et la continuité du service. Les rames ont été renouvelées progressivement, tandis que les deux flottes circulaient encore avec l'ancien système. Une fois ce renouvellement achevé, les nouvelles rames ont pu fonctionner à la fois avec l'ancien et le nouveau système, afin de permettre les essais. L'ensemble des rames a ensuite basculé de manière coordonnée vers le nouveau système, avant la mise en service du prolongement.

La réussite du projet s'est appuyée sur une planification rigoureuse, une exécution maîtrisée, un programme d'essais complet de 2 500 heures, une coordination étroite entre les parties prenantes et une collaboration quotidienne entre les équipes d'exploitation, de maintenance et de projet. Un dispositif complet de formation et d'accompagnement du changement a également permis aux équipes de s'approprier le nouveau système dans de bonnes conditions.

Pour les voyageurs, les perturbations sont restées limitées : les indicateurs de ponctualité et de régularité ont été maintenus à 100 %, tandis que les fermetures de ligne ont été réduites au minimum et accompagnées par un plan de communication dédié et à une information voyageurs proactive.

Depuis la fin du projet de modernisation, l'objectif contractuel de 99,5 % en heures de pointe a été dépassé chaque mois. La fréquentation quotidienne est passée de 750 000 voyageurs en 2023 à 820 000 début 2026. Enfin, malgré un quasi-doublement de la longueur de la ligne, la consommation d'énergie de traction est restée presque stable.

Orchestrer les interfaces pour que la ville reste en mouvement pendant les essais

Les modernisations de lignes existantes multiplient les interfaces : anciens et nouveaux équipements, nombreux intervenants, réseau en exploitation qui ne peut pas s'arrêter. Le défi est d'autant plus important que les systèmes de métro sont de plus en plus intégrés. Les réseaux modernes ne reposent plus sur une juxtaposition de sous-systèmes isolés : équipements en station, portes palières, ascenseurs et escaliers mécaniques, information voyageurs et technologies de pilotage sont désormais étroitement interconnectés.

Dans ce contexte, la coordination est essentielle pour moderniser la ligne tout en assurant la continuité du service. Elle suppose un opérateur capable d'aligner l'ensemble des acteurs du projet, de clarifier les responsabilités et de piloter les interfaces de bout en bout.

Les projets sur lignes existantes exigent également une collaboration étroite avec l'autorité organisatrice de la mobilité : piloter le calendrier des travaux, définir les fenêtres d'interruption acceptables, mettre en place des solutions de substitution et garantir une information voyageurs cohérente.

Cette capacité de coordination doit s'appuyer sur une organisation interne solide. Un projet sur ligne existante ne peut pas être mené « à côté » de l'exploitation : il suppose une coordination permanente entre exploitation, maintenance, sécurité, expérience voyageurs et équipe projet. Cette coordination devient particulièrement sensible pendant les phases de co-exploitation, lorsque l'ancien et le nouveau système fonctionnent en parallèle.

Les PCC doivent alors gérer des circulations mixtes et des procédures évolutives. Dans les dépôts, les règles de sécurité doivent également être ajustées en continu, à mesure que les rames automatiques y prennent progressivement leur place. Le déploiement de la flotte fait évoluer les zones de circulation du personnel : organisation, formation, signalétique et routines de supervision doivent donc être adaptées tout au long de la transition.

Lorsqu'elle est pensée comme une coordination rigoureuse, cette approche réduit les risques d'intégration et maintient la confiance des équipes, des voyageurs et des parties prenantes jusqu'à la fin de la transition.

Automatisation de la ligne 4 de Paris – Moderniser une infrastructure historique et accroître la capacité

La ligne 4 du métro parisien illustre comment une ligne plus que centenaire peut être modernisée, gagner en capacité et rester en service pendant toute la durée du projet.

Après l'automatisation de la ligne 1, les travaux d'automatisation de la ligne 4 ont débuté en 2016. Mené par le groupe RATP et financé à 100 % par Île-de-France Mobilités, le projet a permis de moderniser l'une des lignes les plus fréquentées du métro parisien, sans interruption majeure du service.

Le programme a fait passer la ligne de GOA2 à GOA4 et s'est accompagné d'un prolongement de deux nouvelles stations, mises en service en 2022. De septembre 2022 à décembre 2023, la ligne a connu une phase de transition, avec la circulation simultanée de rames sans conducteur et de rames avec conducteur, avant de devenir 100 % automatique. Cette période a permis de mener les essais, de stabiliser les routines d'exploitation en conditions réelles et de poursuivre le service au quotidien.

Les résultats sont au rendez-vous : le taux de réalisation de l'offre en heures de pointe est passé de 91 % à 102 %. Le système a ainsi démontré sa capacité à absorber les ajustements nécessaires en période de pointe sans dégrader la régularité, tout en dépassant les objectifs fixés. Côté sécurité, les intrusions sur les voies sont tombées à zéro en 2024, après l'installation des portes palières.

Le prolongement jusqu'à Bagneux a également renforcé l'accès à l'emploi et à l'éducation. Il a accompagné la transformation visible du quartier autour de la station, avec notamment la création d'une nouvelle place appelée à accueillir la future correspondance avec la ligne 15.

Assurer une acceptabilité à 360°

Maîtriser l'impact du projet sur le territoire et les voyageurs

Les projets d'automatisation de lignes existantes exigent un effort continu pour construire et maintenir leur acceptabilité. Les travaux, les phases d'essais et les contraintes temporaires de service interviennent sur un réseau déjà utilisé ; ils peuvent donc rapidement générer de l'insatisfaction chez les voyageurs. L'acceptabilité du projet repose également sur l'implication des parties prenantes locales, notamment les élus et les représentants des communautés concernées. La maîtrise des impacts suppose une coordination étroite avec les autorités locales, appuyée par une communication claire et cohérente sur le périmètre du projet, ses effets attendus et son calendrier de réalisation.

L'acceptabilité repose sur deux piliers complémentaires. Le premier consiste à accompagner les voyageurs pendant toute la période de perturbation. La communication doit expliquer les raisons du projet et ses bénéfices avec des mots centrés sur l'expérience voyageurs : fiabilité, capacité, confort, continuité de service. Elle doit aussi traiter la question de l'absence de conducteur avec des éléments concrets de réassurance opérationnelle. Le métro automatique ne doit pas donner le sentiment d'un service déshumanisé : une présence humaine aux endroits clés, des repères de sécurité lisibles et des messages rassurants contribuent à maintenir la confiance.

En parallèle, les perturbations doivent être pilotées de bout en bout : plan de communication à 360°, services de substitution crédibles, alternatives multimodales lorsque c'est possible, et accompagnement terrain visible dans les stations et les pôles de correspondance les plus sensibles.

Le second pilier consiste à garder la maîtrise du calendrier et de la perception publique dans la durée. La confiance se construit sur une information juste, claire et précise : les impacts doivent être annoncés

tôt, avec un périmètre et une durée clairement définis pour chaque étape.

Elle repose aussi sur des mesures d'accompagnement crédibles : services de remplacement correctement dimensionnés, alternatives multimodales cohérentes et informations pratiques pour aider les voyageurs à organiser leurs déplacements.

Cette information doit être répétée et relayée sur l'ensemble des canaux, plusieurs fois et suffisamment en amont des dates clés, afin que les voyageurs soient réellement informés et puissent s'organiser. Enfin, la crédibilité du projet dépend du respect des engagements : les jalons annoncés doivent être tenus.

Faire de l'acceptabilité sociale une condition de réussite

L'automatisation de lignes existantes est autant une transformation humaine qu'un projet technique. L'acceptabilité sociale devient donc une condition de réussite à part entière. Elle doit être pilotée comme un programme structuré d'accompagnement au changement, aligné sur les jalons du projet, à mesure que les métiers, les responsabilités et les environnements de travail évoluent sous de fortes contraintes d'exploitation.

Cette démarche commence dès l'amont, par l'implication des équipes. L'objectif est de passer d'une logique de personnels simplement « concernés » par le changement à une véritable appropriation du projet. Cela suppose d'expliquer le sens de la transformation, de donner une feuille de route lisible et de présenter, avant le lancement du projet, des perspectives concrètes d'évolution ou de redéploiement.

Ces perspectives peuvent prendre plusieurs formes : accès à des fonctions de supervision ou d'encadrement pour une partie des



La réussite de la transition vers le métro automatique repose également sur une anticipation du dialogue social et sur l'évolution des compétences ainsi que des métiers au sein des équipes.

Patrick Fedele

Régie des Transports Métropolitains (RTM - Marseille)
Chef de Centre METRO



L'accompagnement du changement auprès des équipes est déterminant pour la réussite d'un projet d'automatisation.

Pierre Geneste

SYTRAL Mobilités
Directeur opérationnel métro et Chef du service Métro à la Direction des Expertises Techniques et du Patrimoine



équipes, mobilité vers d'autres lignes dans les grands réseaux, évolution vers des métiers au contact des voyageurs ou vers la maintenance, ou encore parcours de fin de carrière tenant compte des horizons de départ à la retraite.

Pendant les phases d'exploitation mixte, lorsque l'ancien et le nouveau système coexistent, les règles d'exploitation et les responsabilités évoluent en continu. Elles doivent être appliquées de manière homogène pour garantir la maîtrise du système et la sécurité. Cette exigence repose, au bout du compte, sur l'adhésion des équipes. Un accompagnement dans la durée est donc indispensable pour assurer l'application des règles, maintenir la confiance et sécuriser la montée en charge.

La transition vers l'automatisation soulève aussi une question de stratégie RH, à la croisée des compétences, de la pyramide des âges et de la transmission des savoir-faire. La maîtrise de l'exploitation se construit dans le temps. Elle repose sur l'expérience de terrain et sur la mémoire opérationnelle, ce qui fait de la transmission un facteur clé dans les phases les plus exigeantes.

Différentes stratégies peuvent alors être mises en œuvre, avec chacune leurs équilibres en matière de compétences, d'organisation et d'acceptabilité : s'appuyer davantage sur de jeunes recrues, plus flexibles, pour faciliter la transition, ou mobiliser des profils plus expérimentés afin de sécuriser la continuité et d'accélérer la transmission des savoir-faire.

Ces choix dépendent aussi de l'état du dialogue social. Dans certains environnements, la réussite du projet repose sur un dialogue structuré avec les organisations syndicales et sur des accords négociés, à mesure que les métiers et les charges de travail évoluent. Dans d'autres, les contraintes peuvent être plus légères. Dans tous les cas, installer la confiance, partager la vision du projet et en expliquer les bénéfices aux équipes restent essentiels pour inscrire la transformation dans la durée.



Lorsqu'on introduit un système automatique, il est essentiel de traiter la dimension humaine avec attention. Il faut associer les équipes à chaque étape de la transformation et faire évoluer les métiers existants vers les métiers plus qualifiés de demain. Une communication de proximité et un parcours clair de montée en compétences sont indispensables.

Lauren Streifer

Public Transport Association Australia and New Zealand
Directrice Générale



L'expertise de bout en bout, levier de performance sur le long terme

Le groupe RATP s'appuie sur un modèle intégré, qui associe une expertise d'exploitant-mainteneur et des compétences d'ingénierie. Cette approche de bout en bout est particulièrement précieuse dans les programmes de métro automatique, où la performance dépend autant des choix de conception et de réalisation que de l'exploitation au quotidien.

Dans les projets d'automatisation de lignes existantes, cette expertise permet d'anticiper les risques dès l'amont, de construire des trajectoires de migration réalistes et de piloter les interfaces entre génie civil, systèmes, matériel roulant et stations. Elle renforce aussi la préparation à la mise en service, en alignant les essais, les jalons de préparation opérationnelle et les procédures de retour à la normale en cas d'incident avec les contraintes réelles d'exploitation.

Une fois le système en service, cette expertise intégrée soutient la gestion des actifs dans la durée. Les évolutions, les correctifs et les renouvellements s'inscrivent alors dans la gestion normale du cycle de vie, au lieu de devenir des opérations lourdes et perturbatrices.

Pour les autorités organisatrices de la mobilité, ce modèle clarifie la chaîne de responsabilité et crée une base plus solide pour garantir la performance sur le long terme.

En résumé : Tirer pleinement parti du métro automatique suppose une expertise intégrée, capable de relier les choix de conception, la gestion des actifs et la performance d'exploitation au sein d'une chaîne de responsabilité cohérente.



J'ai la conviction que l'automatisation est d'abord un projet de transformation sociale. Sa réussite ne repose pas que sur la technique, mais sur la capacité à faire de ce changement une véritable opportunité d'évolution pour les femmes et les hommes qui assurent le service.

Jean-François Révah

TRANS/FORMATION
Psychosociologue et Président

Enseignements clés

01

Se doter d'une capacité d'amélioration continue pour l'automatisation de lignes existantes

L'automatisation de lignes existantes exige un pilotage continu : diagnostic de l'existant, gouvernance des interfaces, jalons de préparation partagés entre sécurité, exploitation, maintenance, IT/cyber et information voyageurs. Les autorités organisatrices de la mobilité doivent définir une stratégie de séquençage adaptée à chaque projet, préserver les fenêtres de maintenance et structurer la montée en charge à travers des jalons clairement identifiés : essais, marche à blanc, augmentation progressive de la fréquence.

02

Faire de l'acceptabilité à 360° un volet à part entière du projet, et non un simple sujet de communication

L'automatisation d'une ligne existante se déploie dans une ville qui continue de vivre et sur un réseau qui reste en exploitation. Elle affecte les voyageurs, à travers les perturbations ; les équipes, à travers l'évolution des métiers et les phases de co-exploitation entre ancien et nouveau système ; les acteurs locaux, à travers les contraintes visibles en surface : autorisations, circulation, accès.

Garantir l'acceptabilité auprès de l'ensemble de ces parties prenantes est donc une condition indispensable pour maintenir la continuité de service et préserver la confiance. Les autorités organisatrices de la mobilité doivent construire, avec l'opérateur, un plan d'acceptabilité de bout en bout : information voyageurs claire, services de remplacement crédibles, alternatives multimodales et présence terrain aux points clés.

03

S'appuyer sur un intégrateur expérimenté, capable de piloter des intégrations complexes de bout en bout

L'automatisation de lignes existantes exige une coordination étroite entre ingénierie, exploitation, transformation des métiers, sécurité et expérience voyageurs, en particulier pendant les phases où l'ancien et le nouveau système coexistent.

Dans ce contexte, les autorités organisatrices doivent privilégier des opérateurs disposant d'une solide expérience sur des réseaux automatiques et des projets de transformation complexes. Ces opérateurs doivent être capables d'aligner les choix techniques avec les contraintes d'un réseau en exploitation, de piloter les interfaces entre parties prenantes et de garantir la performance dès le premier jour, tout en maintenant la confiance dans la durée.

Partie IV

Atteindre l'excellence opérationnelle

Libérer le potentiel de systèmes à haute performance

Faire de l'automatisation un moteur de performance

L'automatisation élève le niveau d'exigence. L'excellence se mesure à la régularité, à la capacité de revenir rapidement à la normale après une perturbation et à la stabilité du service au quotidien. Le pilotage de la performance par la donnée permet un réel changement d'échelle : indicateurs, signaux en temps réel, détection précoce des dérives et ajustements continus à mesure que le réseau évolue.

Les PCC deviennent alors le moteur de cette performance. Appuyés par des interfaces ergonomiques et des solutions d'IA, ils permettent de suivre en temps réel les flux voyageurs et l'environnement des stations, de détecter plus tôt les situations anormales et de mobiliser plus rapidement la réponse adaptée. Sur le terrain, les métiers évoluent vers des rôles plus polyvalents, combinant accompagnement des voyageurs, supervision des stations, maintenance légère et intervention rapide.

Pour les autorités organisatrices de la mobilité, les leviers sont concrets : la gouvernance, les rôles et les indicateurs doivent rester adaptés à la maturité du système, avec l'appui de modèles contractuels eux aussi capables d'évoluer.

IA et données : de nouveaux leviers de performance

L'automatisation ouvre une nouvelle dimension à l'exploitation, fondée sur l'IA et le partage des données. L'analyse en temps réel permet de détecter les signaux faibles, d'anticiper les incidents et d'accélérer la prise de décision, aussi bien au PCC que sur le terrain.

Grâce à des données multimodales centralisées, l'IA peut renforcer l'information voyageurs, suivre l'affluence, simuler la demande et contribuer à la planification de l'offre entre les différents modes. Elle permet aussi d'automatiser une partie de la réponse en cas d'incident, afin de mieux coordonner les exploitants lorsque les perturbations se propagent sur le réseau.

Le changement d'échelle intervient lorsque la donnée circule sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Exploitants, fournisseurs et mainteneurs peuvent alors s'appuyer sur des tableaux de bord communs, portant sur l'état des actifs, la qualité de service et le niveau de cybersécurité, avec des responsabilités et des règles d'accès clairement définies. Cette organisation permet d'accélérer les diagnostics, de faciliter les évolutions du système et d'améliorer la performance en continu, sans fragiliser le service.



L'avenir du métro automatique se jouera peut-être moins sur ce que voient les voyageurs, même si l'amélioration du service et du confort reste essentielle, que sur ce qui se passe en coulisses : dans les postes de commandes, dans les fonctions de back-office comme la billetterie, ou dans les systèmes de gestion de la maintenance.

Antoine Lenat

CRRC Hong Kong

Directeur Général Adjoint



Demain, mais déjà aujourd'hui, l'IA est intégrée au cœur : elle interagit avec le système, partage des données sur son fonctionnement et contribue à l'auto-évaluation des différentes composantes du métro automatique.

Michel Obadia

Siemens Mobility APAC

Directeur Général



L'adaptabilité, les standards ouverts et l'open data définissent une nouvelle ère. Le défi ne porte plus seulement sur les infrastructures, les systèmes ou le matériel roulant : il devient aussi logiciel et numérique.

Russell Jackson

AECOM

Directeur Général, Global Transportation

Gestion des actifs : de la maintenance au pilotage de la performance

Les métros automatiques reposent sur des actifs nombreux et intègrent une part croissante de logiciels. L'enjeu est donc de faire évoluer la maintenance : passer d'une logique principalement préventive ou corrective à une maintenance prédictive. Le suivi de l'état réel des équipements, les jumeaux numériques et la maintenance prédictive permettent de réduire les pannes, de préserver la disponibilité du système et de limiter les coûts liés aux perturbations.

À l'échelle du Groupe, la RATP fait état d'une réduction de 25 % des coûts de maintenance grâce à la maintenance prédictive. Ce programme a également permis de traiter et d'éviter 800 incidents sur les lignes 1 et 14 du métro parisien.

L'obsolescence devient, elle aussi, un enjeu central. Les composants numériques, en particulier les systèmes de communication, évoluent plus vite que les actifs ferroviaires traditionnels. Les évolutions, les correctifs et les renouvellements doivent devenir des actions récurrentes et maîtrisées. Pour les autorités organisatrices, la clé réside dans une gouvernance claire et des engagements contractuels explicites : responsabilités bien définies entre fournisseurs, engagements de maintenance et de fourniture de pièces de rechange sur le long terme, trajectoires d'évolution prévisibles et systèmes capables d'évoluer sans fragiliser le service.

Le métro automatique, terrain d'innovation à grande échelle

Libérer tout le potentiel du métro automatique, c'est aussi en faire un véritable laboratoire d'innovation en exploitation. De nouvelles solutions peuvent ainsi être testées en conditions réelles, dans un cadre sécurisé, avant d'être déployées à plus grande échelle.

À mesure que les systèmes intègrent davantage de logiciels, la valeur vient de plus en plus de l'amélioration continue, et non plus seulement de la mise en service initiale. Cela suppose des environnements d'expérimentation structurés, avec une gouvernance claire, des règles strictes en matière de sécurité et de cybersécurité, ainsi que des protocoles de test et de validation partagés.

Bien conçus, ces laboratoires d'innovation accélèrent l'apprentissage, réduisent les risques de déploiement et permettent aux autorités organisatrices de transformer l'innovation en gains de performance mesurables.

Repenser le 24/7 : la réalité derrière l'exploitation automatique

L'automatisation nourrit souvent la promesse d'un métro qui ne s'arrête jamais. Dans les faits, une exploitation 24h/24 et 7j/7 est possible, mais elle n'est pas la norme avec le GOA4. Elle suppose des systèmes conçus dès l'origine pour assurer un service continu, des modèles d'exploitation structurés autour de stratégies de maintenance exigeantes, et des équipes capables d'intervenir lorsque l'automatisation atteint ses limites.

Cette disponibilité continue se heurte toutefois à une contrainte structurelle : la maintenance. Les métros automatiques nécessitent des inspections fréquentes, des opérations de calibrage, des remplacements de composants et des mises à jour logicielles régulières. Lorsque les infrastructures et les modèles d'exploitation sont conçus dès l'origine pour faire coexister exploitation et maintenance, le service continu devient possible.

À défaut, proposer ponctuellement une exploitation 24h/24 et 7j/7 exige une maîtrise très fine de l'ensemble du système et de ses interfaces, aussi bien pour l'exploitation du transport que pour les services aux voyageurs. Cela implique des ajustements organisationnels importants et une anticipation précise des impacts sur la performance globale du système, y compris après l'événement. Au-delà de la faisabilité technique, l'exploitation continue reste avant tout une décision économique. Dans certaines villes, une demande nocturne soutenue et des objectifs de politique urbaine peuvent justifier un service toute la nuit. Dans d'autres, des prolongations ciblées en soirée, des dispositifs spécifiques le week-end ou des services adaptés à certains événements permettent de capter l'essentiel des bénéfices à moindre coût.

En résumé : L'automatisation peut permettre une exploitation 24h/24 et 7j/7, mais la maintenir dans la durée suppose des choix de conception réalisés dès l'amont et de solides capacités humaines. La vraie question pour l'autorité organisatrice, est donc de savoir si ce modèle est réellement pertinent sur son territoire.



L'automatisation permet d'améliorer les réseaux existants en intégrant des systèmes de signalisation à haute capacité au sein des infrastructures actuelles.

Ian Pitcher

AECOM

Directeur Global Alternative Delivery



L'avenir du métro automatique repose sur le suivi en temps réel de l'état des équipements et sur une maintenance de plus en plus automatisée : déploiement de solutions pilotées par la donnée, recours accru à la robotique dans les dépôts et création de véritables postes de commandes dédiés à la maintenance.

Boon Cheow Yee

Land Transport Authority (LTA) Singapour

Directeur Général Adjoint, Infrastructure & Développement



À mesure que les coûts d'investissement et d'exploitation augmentent, l'avenir du métro automatique fera sans doute émerger des tensions entre approches traditionnelles et innovation. En tant qu'industrie, nous devons nous inspirer davantage d'autres secteurs et oser expérimenter.

Russell Jackson

AECOM

Directeur Général, Global Transportation



Libérer toute la valeur pour les voyageurs et pour la ville

Une expérience voyageurs fluide et centrée sur l'humain

Dans un métro automatique, l'excellence de service se construit à chaque étape du parcours voyageur. L'information voyageurs en temps réel en constitue l'un des piliers essentiels : elle doit être cohérente, proactive, multicanale, multimodale et accessible à l'ensemble des publics. Les données d'affluence permettent également de mieux répartir les voyageurs sur les quais, contribuant ainsi à améliorer le confort, la fluidité des déplacements et le sentiment de sécurité. La signalétique en station joue également un rôle central en orientant les voyageurs vers les sorties les plus adaptées ou les cheminements accessibles, notamment pour faciliter l'accès aux ascenseurs et aux correspondances.

Au-delà du trajet lui-même, les stations façonnent une part essentielle de l'expérience voyageurs. Les programmes d'automatisation constituent souvent une opportunité pour transformer ces espaces en lieux plus accueillants, intégrant de nouveaux services et commerces. L'architecture, l'éclairage et la signalétique contribuent à renforcer la lisibilité des espaces et le sentiment de sécurité, offrant ainsi un parcours plus fluide, plus serein et mieux maîtrisé de bout en bout.

Les dimensions culturelles, qu'il s'agisse des œuvres d'art, du patrimoine ou des références locales, peuvent également renforcer l'identité des lieux et faciliter l'orientation des voyageurs, tout en créant un lien plus fort avec le territoire.



Développement urbain orienté transport et services urbains : de nouvelles sources de valeur

Le métro automatique crée de la valeur bien au-delà de la mobilité lorsqu'il s'intègre pleinement dans le tissu urbain. Le développement urbain orienté transport (*Transit-Oriented Development* – TOD) relie les stations aux logements, emplois et services urbains. Il peut également accélérer la régénération des quartiers situés autour des nouvelles stations ou des pôles d'échanges modernisés.

Cette intégration urbaine repose aussi sur une valorisation plus large des infrastructures du métro au service de la ville et des territoires. La récupération de chaleur peut contribuer à alimenter des réseaux de chauffage urbain, tandis que les tunnels peuvent accueillir des infrastructures de fibre optique. Les emprises des stations peuvent également favoriser le développement de logements sociaux ou de programmes immobiliers mixtes, autour des stations comme au-dessus des infrastructures existantes.

Ces synergies entre transport, énergie, numérique et aménagement urbain permettent d'inscrire la performance du métro dans une logique plus large de services urbains intégrés. Elles contribuent ainsi, dans la durée, à renforcer la création de valeur pour les territoires et à améliorer durablement la qualité urbaine.

La culture, puissant accélérateur d'ancrage urbain et d'appropriation par le public

En intégrant l'art, le patrimoine et les références locales dès la conception, les stations deviennent de véritables repères urbains. Elles renforcent l'identité des lieux, facilitent l'orientation et contribuent au confort des voyageurs.

À Paris, la station Louvre-Rivoli en offre un exemple emblématique, avec des reproductions d'œuvres exposées sur les quais, en écho au musée voisin. Au Caire, RATP Dev affirme également sa volonté de valoriser le patrimoine culturel et artistique égyptien dans les stations de la ligne 3 du métro.



Les lignes automatiques figurent souvent parmi les mieux classées en matière de satisfaction voyageurs. Mais cela ne tient pas à l'automatisation seule : stations modernisées, portes palières et forte fiabilité jouent également un rôle déterminant.

Fatima Annoy Annoy

The World Bank

Experte senior en transport & Co-responsable mondial de la mobilité urbaine



Les évolutions futures viendront de l'intégration du système de transport dans la ville, notamment via le transit-oriented development et le développement d'infrastructures adjacentes qui devrait se renforcer.

Thomas Paireau

Meridiam

Directeur d'investissement senior



De nombreux projets associent transport et développement immobilier. C'est essentiel lorsque les pouvoirs publics cherchent à renforcer l'attractivité du réseau et à améliorer les connexions entre les lieux de résidence et les zones d'emploi.

Patrick Lauren

Plenary

Directeur des investissements



L'avenir du métro automatique repose sur la capacité à tirer parti de la souplesse permise par l'automatisation, notamment pour adapter la fréquence du service à la demande.

Kenji Murasaki

JR East

Division Senior Manager

Conclusion

Libérer pleinement le potentiel du métro automatique supposera la capacité des acteurs à maîtriser une complexité technique croissante, à faire évoluer les modèles de financement et à renforcer la coopération entre l'ensemble des parties prenantes.

L'avenir du métro automatique dépendra moins de la seule innovation technologique que de la capacité des acteurs à coordonner leurs expertises, leurs responsabilités et leurs objectifs. La coopération ne relèvera plus uniquement d'une logique de bonne pratique : elle deviendra une condition essentielle de réussite, aussi bien pour les projets de nouveaux réseaux que pour l'automatisation des lignes existantes.



Remerciements

Nous adressons nos sincères remerciements à l'ensemble des contributeurs ayant participé à cette initiative et partagé leur expérience, leurs expertises et leurs perspectives.

Nous remercions également les experts du groupe RATP, en particulier les membres du Club Métro Automatique, ainsi que notre partenaire Eurogroup Consulting, pour leur contribution à la conception, à l'enrichissement et à la réalisation de ce livre blanc.

Contributeurs

Autorités organisatrices de la mobilité

- Stéphane Maillot, Chef du Département Systèmes de Transport, Direction Ferroviaire, Île-de-France Mobilités (Paris)
- Boon Cheow Yee, Directeur Général Adjoint, Infrastructure & Développement, Land Transport Authority (LTA - Singapour)
- Jamie Burn, Directeur du package Linewide & Operations, Suburban Rail Loop Authority (SRLA - Melbourne)
- Pierre Geneste, Directeur opérationnel métro et Chef du service Métro à la Direction des Expertises Techniques et du Patrimoine, SYTRAL Mobilités (Lyon)

Financeurs

- Thomas Paineau, Directeur Investissements Senior, Meridiam
- Patrick Lauren, Directeur des investissements, Plenary
- Arturo Ardila-Gomez, Lead Transport Economist, The World Bank
- Edpo Covalciuk Silva, Spécialiste Senior des Transports, The World Bank
- Fatima Arroyo-Arroyo, Experte senior en transport & Co-responsable mondial de la mobilité urbaine, The World Bank

Bureaux d'études

- Russell Jackson, Directeur Général, Global Transportation, AECOM
- Ian Pitcher, Directeur Global Alternative Delivery, AECOM
- Veronica Vanterpool, Vice-présidente senior, Responsable transport public pour les Amériques, AECOM
- Eric Peissel, Directeur mondial Transport & Infrastructure, WSP

Entreprises de génie civil

- Steve Butcher, Directeur Général et Directeur Exécutif, Division Rail & Transport, John Holland
- Marco Assorati, Vice-Président Exécutif Senior, Opérations, WeBuild

Industriels

- Michel Obadia, Directeur Général, Siemens Mobility APAC
- Sophie Espié, Directrice Stratégie, Ventes et Appels d'offres, Siemens Mobility France
- Jean-Christophe Lebreton, Directeur Technique, Siemens Mobility France
- Antoine Lerat, Directeur Général Adjoint CRRC Hong Kong
- Christophe Serge Glava, Directeur Technique, CRRC Hong Kong

Opérateurs

- Kenji Murasaki, Division Senior Manager, JR East
- Patrick Fedele, Chef de Centre METRO, Régie des Transports Métropolitains (RTM - Marseille)
- Experts du groupe RATP

Universitaires

- Federico Antoniazzi, Directeur du Mastère Spécialisé Systèmes de transports ferroviaires et urbains, École Nationale des Ponts et Chaussées
- Jean-François Révah, Psychosociologue et Président TRANS/FORMATION

Associations de transports publics

- Lauren Streifer, Directrice générale, Public Transport Association Australia and New Zealand (PTAANZ)
- Union Internationale des Transports Publics (UITP)

RATP Dev

Une expertise unique du métro automatique, adaptée à chaque contexte

RATP Dev est une filiale du groupe RATP, leader du métro automatique et troisième opérateur mondial de transports urbains. Le Groupe s'appuie sur plus d'un siècle d'expérience dans l'exploitation du réseau parisien, l'un des plus denses et des plus exigeants au monde, en constante modernisation.

RATP Dev apporte une expertise de référence mondiale, adaptée aux enjeux locaux, dans la gestion des réseaux de transport urbain à travers le monde, avec plus de 120 opérations dans 16 pays.

À l'écoute de nos clients, nous adaptons notre savoir-faire aux réalités locales pour développer des solutions sur mesure, alliant efficacité opérationnelle, performance économique et qualité de service.

Nous nous engageons pour le meilleur du transport public - chaque jour, partout, pour tous - pour qu'il soit le choix naturel des villes et des voyageurs.

Club Métro Automatique

Le groupe RATP a créé le Club Métro Automatique afin de partager, structurer et valoriser une expertise développée au fil de plusieurs décennies de projets menés en France et à l'international.

Le Club réunit une vingtaine d'experts mondialement reconnus dans le domaine du métro automatique. La diversité de leurs parcours, de leurs expertises et des projets conduits par le Groupe leur confère une vision transversale des enjeux liés à la conception, à l'exploitation, à la maintenance et à la modernisation des systèmes de métro automatique.

30
lignes de métro

dont **15 lignes de métro automatique** actuellement ou prochainement en exploitation



1,9
milliard

de voyages annuels sur nos lignes de métro, dont **720 millions** sur nos lignes de métro automatique

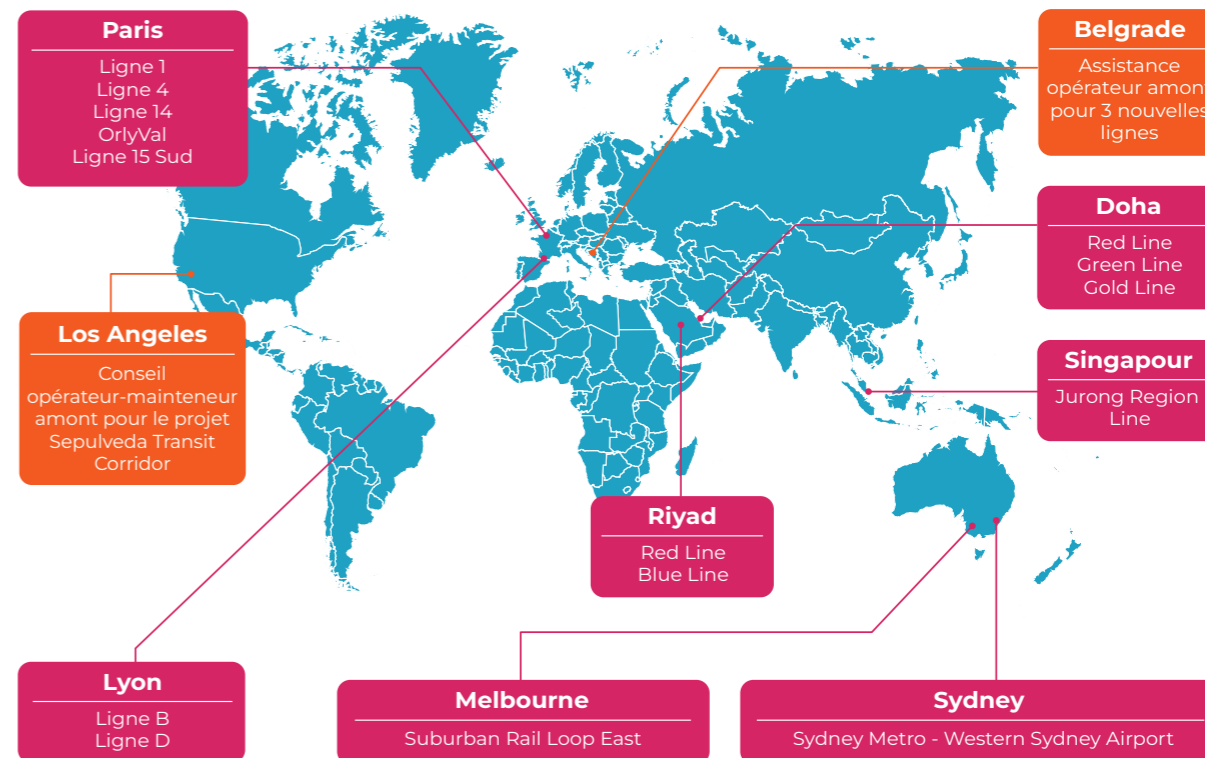


590
km

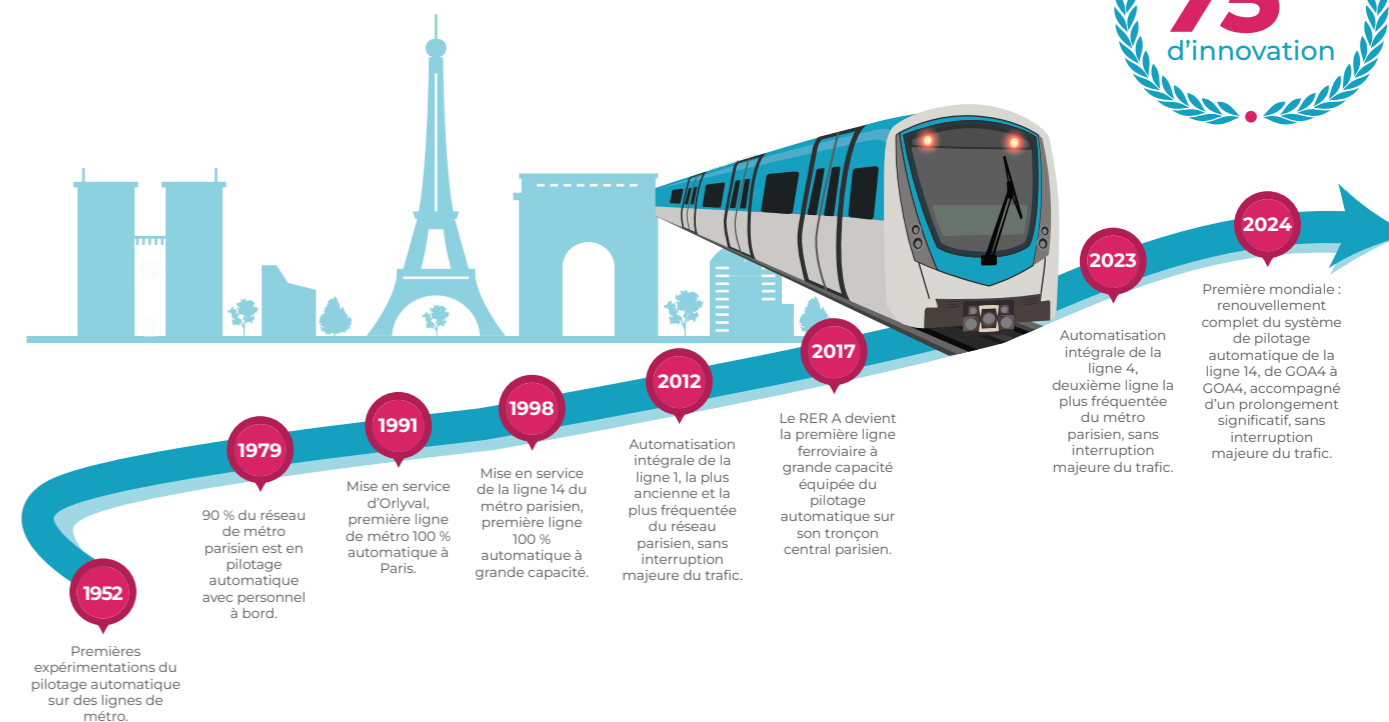
de lignes de métro dont plus de **330 km** de lignes de métro automatique



Groupe RATP Métro automatique : présence dans le monde



Groupe RATP Pionnier du métro automatique depuis 1952





Directrice de Publication

Cécile Tuil

Conception-Réalisation

Eurogroup Consulting

Crédits Photo

- Antoine Jallas / RATP
- Bruno Marguerite / RATP
- Cyrus Cornut / RATP
- Envato
- Eric Soudan / Alpaca Productions - SYTRAL Mobilités
- Estelle Revesche-Pucharski / RATP
- Frederic Prochasson / iStock
- Gérard Rollando / RATP
- Magnific
- RATP Dev
- RCRC
- Unsplash
- Xavier Chibout / RATP

Mai 2026

ffic interrompu les
nanches jusqu'à
h00 du 21/08/2022
06/11/2022 sur
te la ligne.

DIRECTION **M** 4 Pte de C



Libérer tout
le potentiel du
métro automatique

Regards croisés des acteurs mondiaux

ratpdev.com