

À noter...

RÉDACTION

190, avenue de Clichy
75017 Paris
Contact : stephanie.consigny@sncf.fr

RÉDACTEUR EN CHEF

Pascal Lupo

RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT

Samuel Schauss

COMITÉ DE RÉDACTION

Bernard Ciry, Christian Courtois, Pascal Mannevy,
Jean-François Paix, Christian Proux,
Pierre-Marie Verchère, Jean-Claude Zabée

SECRETAIRES DE RÉDACTION

Stéphanie Consigny

ASSISTANT DE RÉDACTION

Romain Muriel

COLLABORATEURS EXTÉRIEURS

Clive Lammings, Christophe Recoura

ABONNEMENTS ET VENTES

HC Éditions
Service abonnements RGCF
32, rue Lafaurie de Monbadon – 33000 Bordeaux
Tél. : 05-57-30-84-30
E-mail : rgcf@hc-editions.com

ABONNEMENTS SNCF (AGENTS RETRAITÉS)

Rédaction de la RGCF
RGCF - 190, avenue de Clichy – 75017 Paris
E-mail : stephanie.consigny@sncf.fr

PUBLICITÉ

Responsable de la publicité : Estelle Fromy
Tél. : 05-57-30-84-30
E-mail : e.fromy@hc-editions.com

ÉDITION

HC Éditions
32, rue Lafaurie de Monbadon
33000 Bordeaux
Tél. : 05-57-30-84-30
E-mail : rgcf@hc-editions.com

Directeur de la publication : Hervé Chopin
Responsable de l'édition : Olivia Karam

Les auteurs conservent la responsabilité
du contenu de leurs articles.

Tous droits réservés. En application de la loi
du 1^{er} juillet 1992, il est interdit de reproduire,
même partiellement, la présente publication sans
l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français
d'exploitation du droit de copie.

All rights reserved. No part of this publication
may be translated, reproduced, stored in a retrieval system
or transmitted in any form or by any other means,
electronic, mechanical, photocopying, recording
or otherwise, without prior permission of the publisher.

Imprimé chez Corlet
Z.I. Maximilien Vox
Condé-sur-Noireau
14110 Condé-en-Normandie

Commission paritaire : 0227T80183
Périodicité : 11 numéros/an
Dépôt légal : à parution

MANIFESTATIONS 2025

JANVIER 2025

ATEC ITS France

Rencontres de la mobilité intelligente
Les 21 et 22 janvier 2025
Befroi de Montrouge, Paris
www.congres.atec-its-france.com

MARS 2025

RAILTECH BELGIUM'25

Les 26 et 27 mars 2025
Bruxelles, Belgique
www.railtechbelgium.com

AVRIL 2025

SITL

Du 1^{er} au 3 avril 2025
Porte de Versailles, Pavillon 1, 75015 Paris
www.sitl.eu

MAI 2025

AFRICA RAIL

Les 13 et 14 mai 2025
Stanton Convention Center
Johannesburg, Afrique de Sud
www.terrapinn.com

JUIN 2025

13TH INTERNATIONAL RAILWAY SUMMIT – IRS13

Du 3 au 5 juin 2025
Vienne, Autriche
www.irits.org

VIVATECH 2025

Du 11 au 14 juin 2025
Porte de Versailles, Pavillons 1 et 2.2, 75015 Paris
vivatechnology.com

NUMÉRO SPÉCIAL

La régénération des voies du métro parisien

Introduction P. 5

JEAN-LOUIS HOUPERT

Une vision d'ensemble P. 6



An overall view

SYLVAIN CHANELET

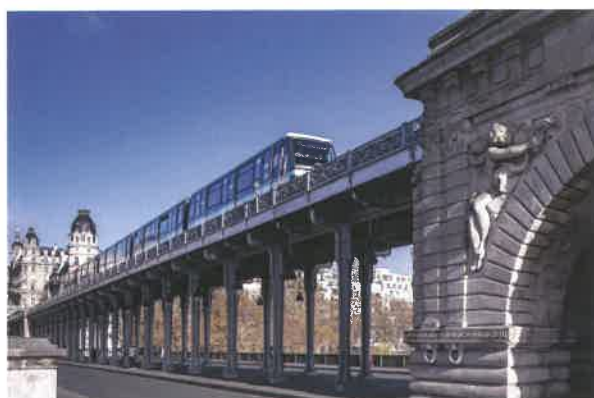
La gestion d'actifs de RATP Infrastructures P. 10



RATP Infrastructures' asset management

JEAN-CHRISTOPHE ALVINO

La gestion d'actifs du matériel roulant P. 20



Rolling stock-related asset management

CÔME BERBAIN, JEAN-SERGE FLEURET

La gestion des actifs Voie P. 32



Track-related asset management

VALENTIN DUFOUR, HERVÉ JUSTON

Planification et réalisation des chantiers métro P. 52



Planning and realising metro work sites

SYLVAIN CHANELET, THOMAS DESEMERIE, PAULINE VERMESCH, NATHALIE MELIN

Processus d'étude pour le renouvellement patrimonial des appareils de voie P. 64



*Study process for the heritage renewal of switches
and crossings*

THIERRY CHEVILLON

Le Projet I3M : industrialisation des moyens et méthodes de maintenance du métro P. 74



*Project I3M: industrialisation of the means and methods
of metro maintenance*

SYLVAIN CHANELET

Le renouvellement de la flotte de VMI métro P. 88



The renewal of the IMV Metro fleet

FRÉDÉRIC EVEQUOZ, CAROLINE ADAMY, VICKY SLAIBY, THIERRY TORTI

La mécanisation du renouvellement ballast et traverses du métro : un partenariat fort entre RATP et fournisseurs P. 110



The mechanisation of metro ballast and sleeper renewal: strong partnership between RATP and suppliers

JEAN CÄTTELIN, PIERRE CHAPUIS, EMMANUEL MANGE, GUILLAUME CHAINE, THIERRY TORTI, MARTIN BÜRGIN, MARC MIEVILLE, ADRIANO RAZZANO

Prévention des risques liés à l'utilisation des batteries au lithium P. 124



Risk prevention linked to the use of lithium batteries

PIERRE CHAPUIS

LES LECTURES... DE LA RGCF

> Le grand pari du métro P. 136



Éditorial



Pascal Lupo
Rédacteur en chef

Depuis plus d'un siècle, le métro parisien constitue l'épine dorsale de la mobilité urbaine dans la capitale. Pourtant, ce réseau historique, symbole d'ingéniosité et de modernité à sa création, doit aujourd'hui relever des défis techniques et stratégiques pour continuer à répondre aux besoins d'une métropole en constante évolution. La régénération des voies du métro est l'une des pierres angulaires de cet effort.

Ce numéro spécial de la *Revue générale des chemins de fer* offre une plongée unique au cœur des enjeux, des méthodes et des innovations liés à cette mission de grande ampleur. Au travers de contributions d'experts et de retours d'expérience concrets, il met en lumière l'ensemble des dimensions qui sous-tendent la régénération de ce réseau vital.

Nous débutons avec une vision d'ensemble qui contextualise les défis actuels et les ambitions futures du métro parisien. Les articles suivants explorent les diverses facettes de la gestion des actifs : infrastructures, matériel roulant et voie, illustrant ainsi une approche holistique

et systémique. La planification et la réalisation des chantiers font également l'objet d'un focus spécifique, permettant de mieux comprendre la coordination et l'ingénierie derrière chaque étape de ce processus complexe.

Le Projet I3M, qui vise à industrialiser les moyens et méthodes de maintenance, et le renouvellement de la flotte de VMI métro illustrent l'alliance entre tradition et innovation. Enfin, des éclairages techniques, tels que la mécanisation du renouvellement ballast et traverses et la prévention des risques liés aux batteries au lithium, montrent comment la technologie et le partenariat industriel contribuent à relever les défis de demain.

Nous espérons que ce numéro spécial inspirera les professionnels du secteur ferroviaire et au-delà, en mettant en avant la capacité du métro parisien à se réinventer pour construire l'avenir tout en préservant les fondations d'un passé riche et porteur de sens.

Bonne lecture!

PASCAL LUPO

Introduction

La gestion d'actifs est au cœur de l'activité industrielle de la RATP, qu'il s'agisse de celle des matériels roulants ou de celle des infrastructures. Elle s'accomplit aussi bien dans les gestes quotidiens de nos mainteneurs qu'à travers nos grands projets de modernisation ou de renouvellement.

Nos actifs ont la particularité d'avoir des durées de vie particulièrement longues, qui se comptent souvent en décennies. S'il serait tentant de profiter de bonnes performances qui mettraient du temps à se dégrader même sans effort de renouvellement des actifs, il est important pour nous de bien maîtriser en continu l'état de notre parc – et donc son âge –, car lorsque le mur d'investissements arrive, il ne prévient pas et il est alors trop tard pour bien faire.

Nous établissons des stratégies de gestion des actifs qui visent, au meilleur coût possible, à garantir sur le long terme les performances du réseau, au niveau que nous déterminons en concertation avec notre client, Île-de-France Mobilités. Tout l'enjeu consiste ensuite à renouveler et moderniser le réseau au bon rythme, ni trop ni trop peu. En l'occurrence, sur le réseau francilien, réussir à mener toutes les opérations prévues en maîtrisant leur impact pour les voyageurs est un défi quotidien pour les 4 000 personnes du collectif RATP Infrastructures, ainsi que pour leurs partenaires internes et externes. Il s'agit en effet d'investir chaque année plus de 600 M€ dans le renouvellement et la modernisation du réseau, mais sur un réseau exploité, avec des trafics sur nos lignes qui sont parmi les plus élevés du monde.

Le maintien d'une capacité de production suffisante est un enjeu permanent pour RATP Infrastructures. Les ressources humaines et matérielles sont, dans

certains métiers, en tension. L'industrialisation de notre activité est donc un moyen de réaliser l'ensemble de notre programme d'investissement, en augmentant nos rendements tout en réduisant la pénibilité de nos activités, et donc en augmentant l'attractivité de nos métiers. La reprise en gestion technique des infrastructures du Grand Paris Express, qui est imminente, nous projette dans une trajectoire de croissance inédite qui rend d'autant plus essentielle cette industrialisation.

La gestion d'actifs est donc une chaîne de valeur qui, partant du besoin de notre client et de l'état de notre parc d'actifs, traverse l'ensemble des métiers de notre entreprise et donne du sens au travail de chacune des équipes qui travaille, nuit et jour, à maintenir, renouveler et moderniser le réseau. Pensée sur le temps long, comme l'imposent les caractéristiques des actifs dont nous avons la charge, elle est un outil puissant de développement de notre performance, de notre attractivité.

Je suis très fier du chemin parcouru par les équipes sur la systémique de la gestion d'actifs qui fait de nous un acteur de référence où il fait bon travailler ensemble, au service d'une mission d'intérêt général qui nous tient à cœur. ▀



Jean-Louis HOUPERT
Directeur
RATP Infrastructures

Une vision d'ensemble



un dossier réalisé par



Sylvain CHANELET
Chef de projet
Industrialisation des Méthodes
de Maintenance Métro
RATP Infrastructures

Ce numéro spécial ambitionne de montrer la chaîne de valeur de la gestion des actifs de RATP Infrastructures. De la planification stratégique à la réalisation des chantiers, avec une description des nouveaux outillages envisagés, les différents aspects de cette gestion patrimoniale sont analysés au travers du projet d'industrialisation des méthodes de maintenance du métro parisien.

An overall view

This special edition aims to show RATP Infrastructures' asset management value chain. From strategic planning to the realisation of work sites, including a description of the new envisaged tools, the different aspects of this heritage management are analysed on the basis of the project of industrialisation of maintenance methods for the Paris Metro.

Ein Gesamtbild

Diese Sonderausgabe soll die Wertschöpfungskette des Asset-Managements von RATP Infrastructures aufzeigen. Von der strategischen Planung bis zur Ausführung der Baustellen, mit einer Beschreibung der geplanten neuen Werkzeuge, werden die verschiedenen Aspekte dieses Asset-Managements anhand des Projekts zur Industrialisierung der Instandhaltungsmethoden bei der Pariser Metro analysiert.

Le transport ferroviaire joue un rôle essentiel dans la mobilité urbaine, en particulier dans les grandes métropoles où la densité de population et les besoins de déplacement sont élevés. À Paris, la RATP, sous le contrôle d'Île-de-France Mobilités (IdFM), autorité organisatrice des transports pour la région Île-de-France, est l'un des principaux acteurs de la mobilité, offrant un réseau de transport ferroviaire complexe et intégré qui comprend des lignes de métro, de tramway, de RER ainsi qu'un réseau dense de bus. Le bon fonctionnement de ce réseau et des infrastructures associées est crucial non seulement pour la fluidité des déplacements quotidiens, mais aussi pour l'économie locale et la qualité de vie des résidents.

Avec plus de 3 milliards de voyages effectués chaque année, la RATP doit garantir un service fiable, sûr et efficace. Pour atteindre cet objectif, la gestion des actifs des infrastructures devient un élément stratégique. Il s'agit d'une discipline qui combine l'ingénierie, la gestion de projet et l'optimisation des ressources pour maximiser la valeur et la performance, en ce qui concerne la RATP, des infrastructures et du matériel roulant. La gestion d'actifs peut s'entendre simplement par l'établissement de politiques à long terme de renouvellement des équipements du parc. Mais cette vision, uniquement basée sur la durée de vie théorique des actifs, serait incomplète car elle ne tiendrait pas nécessairement compte des contraintes environnementales des actifs considérés, de la part de risque estimée ainsi que des capacités réelles de renouvellement dont sont dotés le gestionnaire d'infrastructures ou ses partenaires.

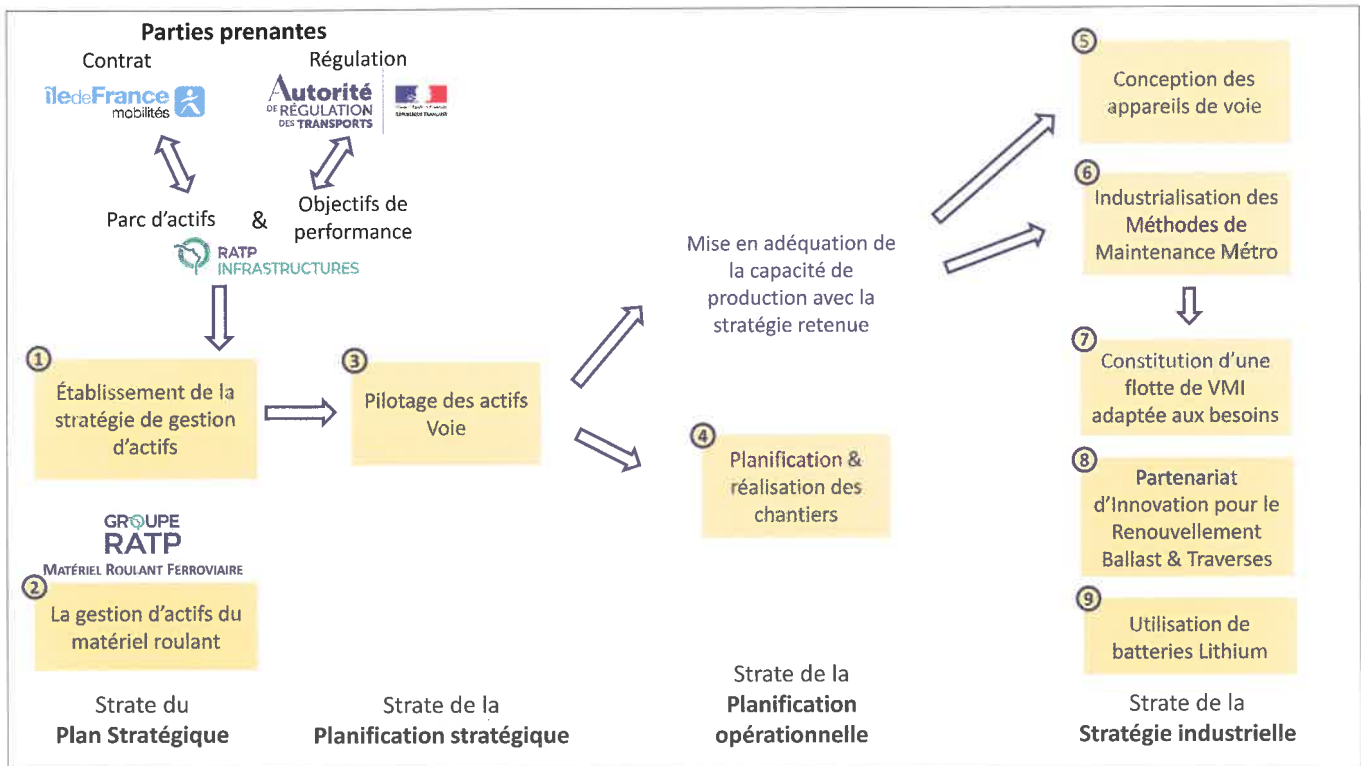
Cet ensemble d'articles montre comment, par une articulation cohérente des différents éléments de la chaîne de valeur de la gestion d'actifs, il semble possible d'atteindre la performance optimale : celle qui permet, avec l'effort le plus faible possible, d'assurer le niveau de performance requis. En l'occurrence, en ce qui concerne les actifs gérés par la RATP, il s'agit du niveau de performance établi par RATP Infrastructures dans le cadre de sa mission régulée de gestionnaire d'infrastructures (GI). Les objectifs de performance établis par RATP Infrastructures sont appuyés, d'une part, par le contrat pluriannuel passé avec Île-de-France Mobilités, autorité organisatrice des transports en Île-de-France et, d'autre part, par la régulation assurée par l'Autorité de régulation des transports qui valide notamment le modèle de rémunération du GI en le mettant en perspective avec les enjeux de pérennité du réseau de transport francilien.

L'établissement de la stratégie de gestion d'actifs est le point de départ de la chaîne de valeur de la gestion d'actifs. Il est en effet particulièrement important, pour un gestionnaire d'infrastructures ferroviaires, d'être capable de se projeter sur le long terme. C'est cette capacité à se projeter qui lui permet d'être le plus performant possible : à la fois en garantissant de façon pérenne le caractère sécuritaire des installations – ce qui peut être remis en cause dans le cas d'une gestion trop « court-termiste » des actifs – mais aussi en permettant un lissage des activités de renouvellement, ce qui permet de maximiser sa performance économique.



© RATP INFRA - Gilbert LASNE

↑ Métro aérien dans Paris.



↑ [1] La gestion d'actifs comme « chaîne de valeur » complète : de la stratégie long terme aux technologies déployées pour l'amélioration de la capacité de production.

Dans le présent numéro sera présenté un exemple de cette « chaîne de valeur », représenté sur la figure [1]. On décrira d'abord des considérations de plus haut niveau – strate du « plan stratégique » – appliquées aux actifs de l'infrastructure et à ceux du matériel roulant.

La démarche de gestion d'actifs de RATP Infrastructures, si elle s'appuie sur des principes généraux applicables à l'ensemble de la Business Unit, se décline néanmoins différemment selon les métiers. En effet, les politiques de renouvellement, et surtout les capacités industrielles, sont très différentes selon qu'il s'agit de gérer un parc d'ouvrages d'art, d'équipements électriques ou d'appareils de voie. Les actifs sont donc gérés par « familles », RATP Infrastructures ayant choisi d'en discerner dix-huit, détaillées dans l'article « La gestion d'actifs de RATP Infrastructures »¹. Un précédent article, publié dans le numéro de mars 2024 de la RGCF², a présenté ces différentes classes d'actifs.

Est ensuite décrite la gestion de la famille d'actifs « Voie », divisée en trois catégories : Rail, Ballast & Traverses et Appareils de Voie. C'est de la planification stratégique appliquée à ces équipements qu'il est question. À partir d'une planification stratégique métier, deux enjeux parallèles sont distingués :

- ▶ le premier consiste à passer d'une politique qui porte sur l'ensemble des actifs, à une planification soignée du renouvellement d'actifs choisis un par un. Il s'agit de tout un processus qui vise à renouveler, au juste nécessaire et au juste moment, chaque actif en fonction de son état réel ;
- ▶ le second consiste à mettre en adéquation de la stratégie retenue les moyens de production dont dispose le gestionnaire d'actifs pour réaliser les renouvellements requis.

Il n'est pas productif de traiter l'un des deux enjeux sans traiter l'autre en parallèle. En effet, l'entité en charge des opérations de renouvellement a besoin de savoir le plus précisément possible – parfois à la journée près – de quelles capacités industrielles elle pourra disposer, tandis que celle en charge de l'entretien ou de la modification de la capacité de production de l'entreprise ne peut piloter efficacement cette capacité de production que si elle connaît le plus précisément possible les besoins de production qu'elle aura à satisfaire, et ce, avec la plus longue visibilité possible.

Sont ensuite détaillées les transformations menées depuis plusieurs années par l'unité Voie au sein de RATP Infrastructures pour industrialiser la

¹ Voir article page 10.

² « Planification de la maintenance patrimoniale des voies du métro parisien », Mariette Luscan, Sylvain Chanelet, Maxime Guegin.

maintenance patrimoniale des équipements de la Voie, c'est-à-dire leur renouvellement, et ce selon les deux axes détaillés précédemment.

Pour illustrer les enjeux liés à la strate de la planification opérationnelle, il est présenté l'organisation qui a été progressivement mise en place pour les chantiers avec impact pour le voyageur sur le réseau métro.

Enfin, concernant la mise en adéquation de la capacité de production avec la stratégie de gestion d'actifs, cinq éléments sont présentés :

- ▶ L'exemple de la conception des appareils de voie métro illustre comment les activités de bureau d'études sont l'un des maillons de la chaîne de valeur de la gestion d'actifs en permettant une adéquation la meilleure possible entre l'actif et les performances attendues, tant du point de vue de la sécurité, ce qui est évident, que du point de vue de la production industrielle, avec une forte intrication entre le bureau d'études et le site de production – tout étant réalisé en interne par la RATP.
- ▶ L'industrialisation des méthodes de maintenance métro (I3M) servira d'exemple pour la description. Il est intéressant à observer car il démontre comment, malgré des investissements lourds dans une nouvelle capacité de production, on peut néanmoins en tirer un coût global de possession des actifs qui est allégé, et ce alors même que la part des projets de prolongement ou de modernisation patrimoniale est conséquente et que le trafic est important et en progression depuis plus de 30 ans.
- ▶ Découlant du projet I3M :

- > présentation de la future flotte de VMI (Véhicules de Maintenance des Infrastructures) qui sera déployée sur le réseau de métro parisien à partir de 2027, véritable outil de travail du gestionnaire d'actifs dimensionné en cohérence très forte avec les orientations stratégiques présentées dans les premiers articles ;
- > le partenariat d'innovation que la RATP a lancé en 2023 pour permettre l'émergence d'une solution audacieuse, innovante et économique pour renouveler de façon très mécanisée le ballast et les traverses du métro parisien fait l'objet d'un pénultième article. Là encore, il a été essentiel, dès le début, de rechercher une adéquation constante entre les objectifs donnés aux partenaires et ceux découlant du plan stratégique de gestion des actifs ;
- > enfin, le dernier article présente les actions mises en œuvre pour permettre l'utilisation de batteries au lithium dans un contexte urbain et souterrain, important défi à relever pour permettre l'exploitation des engins de chantier sans altérer la qualité de l'air pour les travailleurs et les voyageurs. Ce dernier point est directement relié à la capacité de production de RATP Infrastructures, car il permet de maximiser le temps de travail des VMI en nuit.

Chacun de ces articles représente une brique essentielle dans cette chaîne de valeur de la gestion d'actifs, donnant corps à une conception très large du rôle du gestionnaire d'actifs, mais surtout offrant une cohérence d'ensemble à toutes les actions qui sont menées par RATP Infrastructures pour pérenniser, dans les meilleures conditions techniques et économiques possibles, le réseau de transport d'Île-de-France. ▲