

Les technologies de l'usine du futur au service de la maintenance industrielle

Par Benjamin GODREUIL
et Emmanuelle SAUDEAU
SNCF

Les enjeux de la maintenance ferroviaire en France peuvent se résumer en trois points :

- Garantir en permanence un très haut niveau de sécurité et de qualité des opérations pour les voyageurs et l'activité Fret.
- Assurer la meilleure disponibilité du matériel en exploitation commerciale.
- Rechercher en permanence la productivité, particulièrement dans le cadre d'une industrie soumise à des coûts de production fixes intrinsèquement élevés.

Les technologies de l'internet industriel, avec le déploiement de capteurs sur les trains et l'analyse intelligente de leurs données, apportent une première réponse, stratégique, celle de l'anticipation des pannes pour accentuer la maintenance préventive.

La diversité de ses infrastructures industrielles, de ses savoir-faire font de la Maintenance et de l'Ingénierie SNCF une référence internationale. Aujourd'hui, l'agilité et l'accessibilité des technologies de l'industrie du futur lui apportent un nouveau levier stratégique pour accélérer la transformation d'installations industrielles parfois centenaires.



Photo © Jean-Jacques d'Angelo / SNCF

Un dispositif de production complexe et en pleine mutation

Par définition le parc du matériel roulant à maintenir est mobile et sa répartition sur le territoire national est très variable, au gré des adaptations des plans de transport aux besoins de déplacement.

Pour faire face à cette complexité, SNCF s'est historiquement doté d'un appareil de production important. Avec ses 22 000 agents de maintenance répartis dans 38 Technicentres et plus de 70 lieux d'interventions, SNCF est ainsi le premier acteur de la filière industrielle ferroviaire et représente la moitié des effectifs de cette filière.

SNCF segmente son dispositif industriel en deux types d'établissements :

- Les Technicentres de maintenance assurant la maintenance courante du matériel ferroviaire.
- Les Technicentres industriels qui assurent la maintenance lourde du matériel roulant telles que la rénovation et la modernisation complète des rames et locomotives ainsi que la maintenance des pièces de rechanges (par ex : climatisation, système information voyageur, électronique, ...). Ceux-ci, véritables usines de maintenance, sont au nombre de dix, répartis partout en France. Ils emploient 7 000 personnes et hébergent des pôles d'ingénierie. Ces centres d'expertise conçoivent et développent les opérations de modernisation des matériels, les programmes de maintenance et de rechange, et travaillent à la perspective de trains toujours plus connectés et communicants. Enfin, pour compléter ce portrait, des unités de production de pièces de rechange y assurent la réparation de pièces telles que les essieux, les moteurs, les freins, l'électronique... Répartis sur le territoire et spécialisés sur des familles de pièces, ils développent des savoir-faire uniques, fruit de bientôt 80 ans d'expérience.



Nos technicentres sont des centres dont l'excellence industrielle est reconnue, tant pour leurs méthodes que pour leurs équipements de pointe. Néanmoins, ils doivent aujourd'hui faire face à une mutation profonde, celle de

l'évolution du parc. L'enjeu majeur est de saisir les nouvelles opportunités de rénovation ou réparation de matériels externes, notamment dans le domaine des transports urbains, dans un cadre d'ouverture progressive du secteur ferroviaire à la concurrence.

Dans ce contexte, les technologies de l'Usine du Futur offrent l'opportunité d'adapter notre dispositif de production de manière très rapide, en plus des modernisations structurelles déjà lancées (nouvelle usine pour le Technicentre de Rennes début 2015 et repositionnement des sites d'Oullins et de Romilly dans de nouvelles usines d'ici à 2019).

La vision de l'industrie du futur par SNCF : des technologies ...

Quel que soit le nom qu'on lui donne : industrie 4.0, industrie du futur ou smart factory, cette révolution consiste à mobiliser des technologies multiples et devenues économiquement accessibles pour rendre agile et rapide ce qui, par nature, est lent et difficilement évolutif : l'usine.

La fabrication additive est une promesse de rendre les Supply Chain plus flexibles et réactives et favorisera la customisation de masse et surtout d'apporter une réponse face à l'obsolescence des pièces, structurante dans le ferroviaire compte tenu des durées de vie des matériels.

L'IoT (Internet of Things) permet une vision plus rapide des dérives machines et permet l'anticipation de la maintenance.

La cobotique permet d'introduire l'automatisation pour des tâches où la complexité et la variété du processus ou des produits ne le permettraient pas auparavant en évitant de figer la configuration de l'usine.

Les nouvelles technologies sont autant d'opportunités de performance pour les différents processus de la maintenance ferroviaire.

DIGIMR et DIGI PRM ou la révolution des méthodes et du pilotage de la production par le digital

Dans une activité de production, telle que la maintenance industrielle de matériel ferroviaire qui reste très largement une activité de main d'œuvre faiblement automatisée, le premier apport de la digitalisation de l'atelier vient de la mise en œuvre de capteurs sur les machines et de tablettes pour les opérateurs. Un apport précieux qui permet de créer le jumeau numérique de l'usine et le suivi en temps réel d'une production complexe (la rénovation d'une rame nécessite 10 000 à 50 000 heures de travail pour une quinzaine de corps de métier sur une période de 2 à 3 mois).

L'apport de ce « jumeau numérique » est double.

Le premier est d'améliorer l'expérience utilisateur de l'usine :

- Les chefs d'équipes et les équipes de planification et d'ordonnancement connaissent en permanence l'avancement de la production.
- Les opérateurs disposent sur leur tablette de la docu-

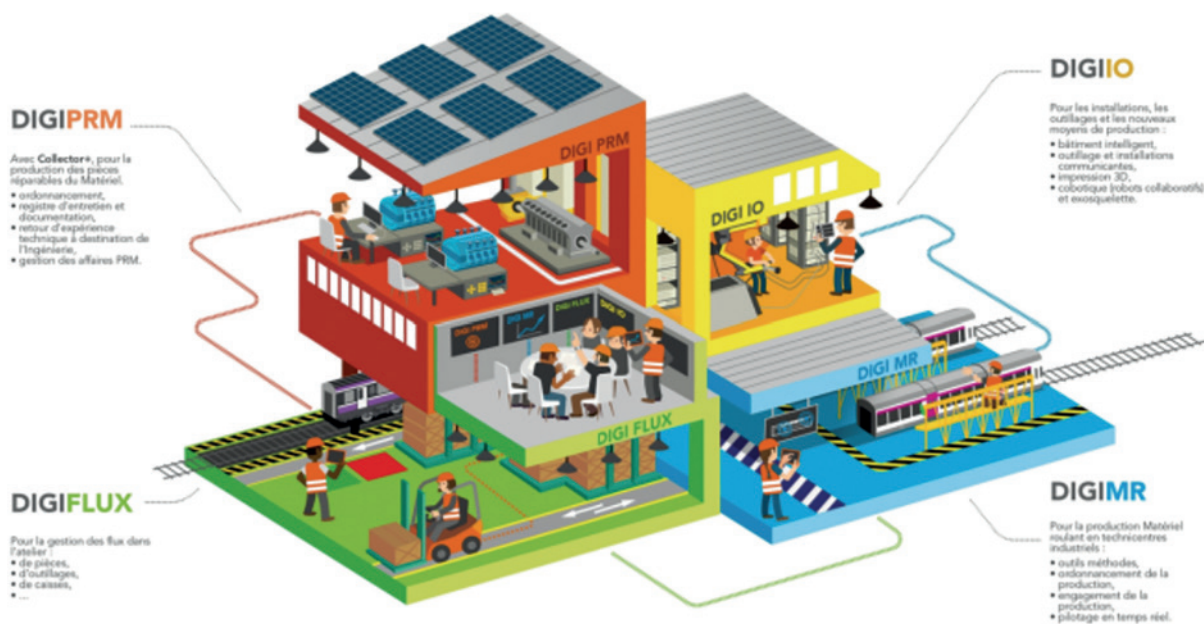


Photo © La Cabane Créative/SNCF

L'Usine du Futur chez SNCF : 4 projets intégrés pour améliorer productivité et qualité de travail dans les technicentres.

mentation technique nécessaire à la réalisation de leur tâche (2 000 tablettes sont prévues en déploiement d'ici fin 2016 dans les 10 technicentres industriels).

- Ils peuvent, à partir de leur tablette, alerter les autres pôles en cas d'aléas (approvisionnement, qualité, ...).
- Le service Installations-Outillages est alerté immédiatement grâce à des capteurs et peut intervenir plus vite.
- Les outillages mobiles sont géolocalisés dans l'atelier.

Le deuxième bénéfice de ce jumeau numérique est de fournir, au travers de la superposition des images numériques de l'usine, les données nécessaires à l'amélioration des processus aux services Méthodes, Ingénierie et Qualité Industrielle. Ces données étant exploitées dans un premier temps par des systèmes décisionnels et de business intelligence classiques, et dans un second temps, selon le volume et la maturité des technologies informatiques par des techniques de Big Data.

L'évolution de l'expérience utilisateur usine et l'apport d'un usage massif de l'analytique transforment les métiers et les processus de l'usine.

Le projet DIGIFLUX ou la gestion des flux dans l'atelier

Dans des processus de production complexes - la gamme de rénovation d'un matériel roulant est découpée entre 1 000 à 1 500 tâches différentes - localiser en temps réel est la clef de l'optimisation de l'ordonnancement des tâches de production.

Les solutions actuelles RFID ou optique (code à barres ou QR code) nécessitent un acquittement volontaire par un opérateur par un PDA, ce qui est souvent vécu comme une contrainte et génère un nombre d'erreurs ou de non-réalisations conséquent.

Aujourd'hui, des technologies émergentes, comme les beacons ou le RTLS (Real Time Localisation System) per-

mettent déjà d'envisager un déploiement de systèmes de géolocalisation précise à 30 cm ou de geofencing avec des tags à faible consommation d'énergie. SNCF réalise actuellement plusieurs POC avec des start-up et des PME innovantes pour qualifier le niveau de service de chacune de ces solutions et valider le modèle économique des cas d'usage propres à SNCF, ces solutions restant pour la plupart relativement onéreuses.

Le projet DIGIIO ou la transformation digitale des moyens de production

L'internet industriel est l'un des premiers leviers de transformation de la production des technicentres. Les capteurs électroniques de nouvelle génération, miniaturisés, embarquant de plus en plus d'intelligence logicielle et plus autonomes en énergie, voient leur champ d'application se développer, en particulier dans le domaine de la supervision d'équipements industriels. Les possibilités de mesure sont très diversifiées, quasi illimitées - capteurs de pression, accéléromètres, mesure de tension électrique, capteurs de température - et permettent de monitorer en temps réel les machines-outils utilisées pour assurer la maintenance des rames. Les informations analysées en permanence facilitent la détection de dysfonctionnements et l'anticipation de pannes qui pourraient se révéler bloquantes pour l'exploitation ferroviaire. Le déploiement de ces capteurs, couplé aux solutions de télécommunications adaptées en fonction du contexte (GSM, réseaux basse consommation et bas débit du type SIGFOX et LORA), s'accélère.

Plusieurs dizaines de nouveaux capteurs ont ainsi été installés au sein du Technicentre pilote d'Oullins (69) en quelques mois seulement, renforçant considérablement les moyens de détection des défaillances et sécurisant les équipes de maintenance.

La deuxième opportunité de cette transformation réside dans la cobotique.

Les conditions de réalisation de beaucoup d'opérations de maintenance sont physiquement contraignantes (travail en fosse, travail bras en l'air, travail dans des environnements exigus, charges lourdes ...). Par ailleurs, la maintenance est une activité industrielle faiblement mécanisée et mécanisable.

Ainsi des outils cobotiques adaptés aux usages de la maintenance sont expérimentés dans le cadre d'une démarche pilotée par la direction du matériel SNCF en lien avec un ergonome et la médecine du travail. SNCF a également lancé une démarche de partenariat d'innovation pour la création d'un exosquelette adapté au cas d'usage de la maintenance de matériel ferroviaire.

Enfin, la fabrication additive (FA) représente une opportunité importante pour la maintenance, bien au-delà des cas d'usage de prototypage rapide. La durée de vie des matériels roulants (souvent plus de trente ans) rend parfois difficile la fourniture de pièces sur des technologies en obsolescence. La FA serait par ailleurs économiquement viable dès maintenant compte-tenu du faible volume de pièces obsolètes. Aujourd'hui, SNCF référence les partenaires possibles pour la fourniture de pièces ferroviaires dans l'objectif de qualifier ces technologies en service avec l'aide de l'AEF (Agence d'Essai Ferroviaire). La réparation de pièces par recharge de matière en FA est également explorée.

...et la mobilisation des hommes : condition ultime de réussite du programme

En plus des transformations physiques et digitales des technocentres de SNCF, le programme Usine du futur est également un levier de transformation managériale. Il s'agit d'une part de piloter cette démarche en co-construisant les solutions avec les opérationnels et en confrontant rapidement les idées et leur mise à l'épreuve sur le terrain. D'autre part, l'enjeu est de déployer le programme Usine du futur avec les méthodes du digital.

Ces méthodes, inspirées de l'agile, jouent un rôle clé dans le programme de transformation digitale : l'écoute du terrain, l'intégration des besoins opérationnels dans la chaîne de conception comme facteurs d'adoption et d'efficacité, le fonctionnement en circuit court, *scalable*, favorisant l'expérimentation rapide, les démarches itératives, incrémentales et *scale fast* en favorisant une mise à l'échelle rapide. L'ouverture auprès de l'écosystème, pour bénéficier d'autres expertises et méthodes et ainsi accélérer, est également une conviction forte de SNCF.

Les méthodes dites agiles, clés d'accélération

À l'inverse des besoins exprimés ou des besoins « créés par le marché », le *design thinking* va, grâce à un échange constant avec l'utilisateur final, permettre de créer un livrable au plus près des besoins. Composée de trois phases principales centrées sur l'utilisateur (inspiration,



Photo © Yann Audic/SNCF

idéation, implémentation), elle amène SNCF à répondre aux trois valeurs qui lui sont essentielles : faisabilité, désirabilité, fiabilité, en apportant la même attention aux outils métiers que celle apportée aux outils grands publics, dans une logique de juste réponse aux besoins opérationnels.

Par ailleurs, pour les projets physiques ou technologiques, SNCF a fait sien la démarche Lean startup avec des boucles d'actions courtes : construire, mesurer, apprendre. Construire en confrontant très vite les solutions à l'épreuve de l'expérimentation et éventuellement dégager rapidement les premiers gains, mesurer les résultats et apprendre de l'expérimentation. Ces démarches se déploient selon une double logique de « *quick win* » et de « *fail fast* ».

Dans une entreprise obsédée par la culture de la perfection, sécurité oblige, les cycles longs dits en V se sont progressivement installés, avec leur risque inhérent de décrochage des besoins utilisateurs ou des évolutions technologiques.

La mise au cœur des process des règles du digital est un des leitmotivs de la transformation. Elle s'appuie sur deux convictions : celle que ces méthodes assurent l'implémentation de manière transverse et à l'échelle industrielle mais aussi celle qu'elles garantissent l'adoption des projets, puisque pensés au plus près du terrain.

Au-delà de ce changement de méthode en interne, nous croyons que la transformation digitale s'appuie sur un écosystème. C'est particulièrement le cas avec le programme Usine du Futur, que ce soit avec des start-ups ou des entreprises innovantes dans le domaine du big data et plus précisément des algorithmes de maintenance. Pour exemple, SNCF déploie avec Five la surveillance de deux groupes froids (utilisés dans un des processus industriel du site d'Oullins), le tracking de flux dans les ateliers avec la société Hub One et Editag ou encore avec d'autres le co-développement d'un exosquelette passif polyvalent adapté aux cas d'usage de la maintenance ferroviaire.

La transformation managériale au cœur de la réussite du programme

Mais l'implémentation de n'importe quelle technologie n'est pas suffisante pour faire d'une usine un outil rapide

et flexible, une usine du futur. Tout projet Usine du futur qui ne prend pas en considération la transformation managériale et des processus est incomplet. Les collaborateurs restent le premier actif de l'entreprise, l'homme est plus que jamais au cœur de l'usine de demain.

La mise à jour en temps réel de l'image numérique de l'usine accessible à tous tend à transformer les lieux de production en maison de verre là où, auparavant, celles-ci étaient plutôt pilotées comme des boîtes noires où chaque équipe, chaque unité de production, chaque usine était responsable de sa seule performance.

L'application de standards portés par les démarches d'excellence opérationnelle et de lean management sous-tend aussi une logique de coopération en réseaux transverses qu'il faut cultiver particulièrement dans une entreprise jusqu'à présent historiquement ancrée sur des logiques « en silos ».

La technologie n'est pas seulement un moyen formidable de simplifier et optimiser les process mais c'est aussi un facilitateur d'échanges, et parmi lesquels autant de retours des utilisateurs.

Ouvrir la prise de parole, grâce au réseau social d'entreprise, induit un fonctionnement fortement décentralisé où les réseaux sont moins pyramidaux et plus transverses, réunissant des acteurs opérationnels ou fonctionnels, autour de métiers et/ou d'expertises. Déployé depuis quelques mois, Yammer réunit déjà 24 000 membres avec un taux d'engagement remarquable et de premiers fruits sur l'innovation opérationnelle dans certains technicentres. Cela n'est pas sans poser de questions car il s'agit là d'un changement culturel dans lequel les managers intermédiaires et les directions d'usine changent de rôle et deviennent passeurs plutôt que sachants, porteurs de sens et d'engagement. C'est un enjeu crucial de la transformation industrielle, peut-être le plus important.