

MAINTENANCE 4.0

QUELLES NOUVEAUTÉS DANS LES CARRIÈRES ?



Ce dossier reprend les interventions à la journée maintenance organisée par le groupe Matériels de la Sim, le 7 novembre 2018 au Technicentre SNCF de Lyon (Gerland), et qui était intitulée :

"Maintenance 4.0. Les carrières prennent le train de l'avenir". Cet événement a donné l'occasion de faire le point sur les outils du prédictif et de voir comment ils ont évolué ces dernières années. Il a paru intéressant de constater l'émergence du numérique dans nos métiers, avec de nouvelles fonctionnalités qui sont apportées, des données en nombre à traiter, et l'obligation de bien cerner le besoin en informations essentielles et utilisables sous peine d'être noyé par un flux ininterrompu. La journée s'est déroulée dans un lieu où la

maintenance de niveau 2 et de niveau 3 est quotidienne sur les TGV en roulement, pour que les trains partent à la minute près. Quatre cents personnes sont affectées à des opérations d'entretien plus ou moins lourdes qui varient de 45 minutes à 1 600 heures, soit 2 x 5 jours. La visite de ce Technicentre a permis découvrir une organisation bien huilée, appliquant une stratégie où la satisfaction du client et la performance dans la durée sont obtenues par l'engagement du personnel. C'est aussi le message qu'a fait passer le groupe Matériels en rappelant que les éléments de base de la maintenance dans une usine connectée 4.0 demeurent les hommes, les compétences et les organisations.

- 41 Maintenance des TGV : le délai primordial
- 46 Organisation de la maintenance
- 50 Les formations et les métiers de la maintenance
- 54 Sécurité et évolutions réglementaires
- 60 Les outils du prédictif en temps réel : quoi de neuf ?
- 63 Les données en ligne : analyse et application

Entretenir les trains pour partir à l'heure

Maintenance des TGV : le délai primordial

Pour remettre à temps les TGV en circulation, le Technicentre de Lyon organise la maintenance classique (niveaux 2 et 3) entre le dernier train du soir et le premier train du matin. Ses dirigeants ont mis en place la méthode d'amélioration continue Kaisen, qui s'appuie sur la créativité des salariés.

Le Technicentre TGV de Lyon effectue la maintenance des TGV "en roulement". La SNCF dispose à cet effet de deux types de centres de maintenance, ceux qui effectuent la maintenance courante dans le roulement des trains d'une part, et d'autre part les Technicentres industriels qui démontent le train, et le rénovent au cours d'opérations lourdes qui peuvent durer plusieurs semaines ou plusieurs mois. Lors de ces opérations, qui ont lieu pour chaque TGV deux ou trois fois dans leur vie, le train est entièrement démonté, décablé, grenaillé, puis repeint, recablé, et tous ses aménagements rénovés. Ce sont des opérations patrimoniales, et il y a deux Technicentres industriels en France qui sont capables de le faire.

Les Technicentres de maintenance sont au nombre de cinq, dont quatre à Paris, et un à Lyon. Dans chacun de ces sites, les trains rentrent après avoir transporté les passagers et ressortent pour recommencer les mêmes voyages après une maintenance assez réactive.

Le Technicentre de Lyon est un site de taille moyenne, avec 400 salariés, puisque la taille des sites oscille entre 200 et 1 000 personnes. Le budget de ce site est de l'ordre de 70 M€, et le séjour d'un TGV peut varier de 45 mn à 2 x 5 jours. Une intervention dure de quelques heures de main-d'œuvre jusqu'à 1 600 heures. Le panel d'entretien est assez large, avec beaucoup de variabilité, et l'activité est partagée entre 60 % de préventif et 40 % de curatif. Mais lorsqu'une rame heurte un sanglier sur la ligne à grande vitesse ou quand survient un épisode de neige intense, la gestion inclut jusqu'à 98 % d'aléas. Tout le planning prévu est annulé et l'organisation passe en mode "gestion de crise".

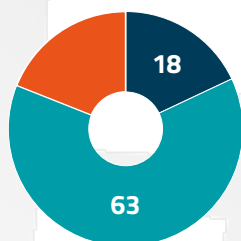
Les maintenances des niveaux 2 et 3

Le Technicentre effectue deux catégories de maintenance, celles de niveau 2 et de niveau 3. L'entretien de niveau 2 se fait en transparence par rapport à l'utilisation des trains : elle est réalisée quand le train n'est pas



Le Technicentre TGV de Lyon a été créé en 2009. Il est chargé de l'entretien des trains Ouigo et des TGV Paris-Lyon représentant un parc de 150 rames TGV. Quatre-cents personnes y travaillent pour assurer la maintenance des trains en roulement.

m&c



■ % tout à fait d'accord
■ % d'accord + plutôt d'accord
■ % pas d'accord
■ % ne se prononce pas

Baromètre d'engagement des personnel du Technicentre TGV de Lyon

XX % d'accord

XX écart / salariés français

XX écart / 2016

81

+8

→ Mon manager est **disponible** pour répondre à mes questions et préoccupations

+8 90 +14

Mon manager **me fait confiance**

86 =

Mon manager favorise une **ambiance positive** dans l'équipe

+9 81 +10

→ Mon manager **sait déléguer**

90 +11

→ Mon manager s'investit dans le **développement des compétences** de ses équipes

82 +16

→ Mon manager **reconnait les contributions de chacun** et les réussites des membres de son équipe

+13 74 +3

Mon manager **me communique régulièrement des appréciations** qui m'aident à améliorer ma performance

+4 70 +5

Les rencontres avec mon manager m'aident à **comprendre les objectifs de l'entreprise** ainsi que ma contribution

+3 72 +1

■ % d'accord ■ % pas d'accord ■ % ne se prononce pas

SNCF

utilisé par l'exploitation. Elle regroupe des opérations courtes et suffisamment ramassées pour que l'on puisse les réaliser entre deux départs de trains, la plupart du temps la nuit. En effet, les lignes à grande vitesse sont fermées la nuit et c'est sur ce créneau que les opérations sont effectuées. Le chantier du centre de Lyon est alors rempli de rames et les opérations durent de 45 mn à 8 heures, ce qui correspond au temps d'immobilisation d'un TGV entre le dernier train du soir et le premier train du matin.



« Etre performant dans la durée signifie pour le Technicentre que les départs doivent avoir lieu à l'heure et à la minute près. »

Boris Evesque, directeur du Technicentre TGV de Lyon

La maintenance de niveau 3, quant à elle, est plus lourde, avec un train qui doit être sorti de l'exploitation. Cette maintenance conduit à sortir les trains du roulement et, pour cela, il y a un peu plus de TGV que nécessaire pour transporter les passagers. Il s'agit d'opérations nécessitant jusqu'à 1 600 heures de main-d'œuvre, c'est-à-dire 2 x 5 jours : la première semaine, des essais sont réalisés sur les trains, et la deuxième semaine les travaux sont effectués.

Le Technicentre mesure la **fiabilité des trains** en nombre d'incidents par millions de kilomètres. Sur ce point, la fiabilité des trains a gagné 54 %.



Deux parcs à entretenir

Le Technicentre de Lyon a été créé en 2009. À son ouverture, aucun parc de TGV ne lui était attribué pour l'entretien, mais depuis 4 ans le Technicentre s'est vu octroyer deux parcs : les Ouigo et les TGV Paris-Lyon.

L'offre Ouigo est la partie dite low-cost des TGV. Ce sont des trains qui roulent deux fois plus que les TGV ordinaires : un TGV roule environ 45 000 km par mois, tandis qu'un Ouigo parcourt 90 000 km durant la même période. Sur les trains Ouigo, le nombre de rames pouvant être arrêtées hors roulement, pour des opérations lourdes, est très limité car chaque rame ne peut être immobilisée que 2 x 5 jours par an. Le reste de l'entretien doit s'effectuer dans les creux de l'utilisation. Pour y parvenir, il a fallu organiser l'industrialisation de l'entretien de ces Ouigo, et c'est le Technicentre de Lyon qui a conçu le programme d'entretien des quatre premières rames et qui l'a automatisé. Le résultat ayant été jugé satisfaisant, la SNCF a demandé au Technicentre d'utiliser les techniques mises en place dans un périmètre plus grand et plus stratégique, appelé "l'origine et destination Paris-Lyon". Il s'agit des TGV qui transportent des passagers entre Paris et Lyon, entre autres. Ils sont désormais tous entretenus à Lyon. Pour ce parc, le Technicentre a également fait un saut de performance en termes de rotation de capital.

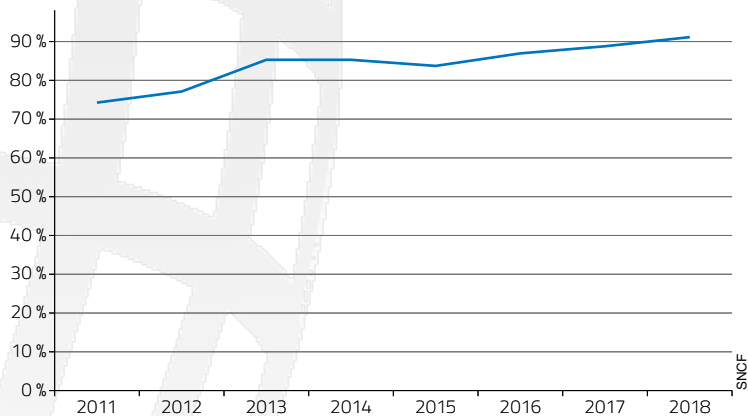
Actuellement, le Technicentre de Lyon entretient tous les TGV qui circulent sur l'axe Sud-Est, ce qui représente la moitié du chiffre d'affaires des TGV, c'est-à-dire 2 Mrd €. Il s'agit des trains qui vont de Paris à Nice ou à Barcelone, mais aussi de Paris à Marseille, de Paris vers la Suisse, et ceux à destination de la Bourgogne. Pour entretenir ce parc qui représente à peu près 150 rames TGV, le Technicentre travaille avec ses homologues de Paris pour réaliser un entretien de la rame là où elle se trouve, en fonction de son roulement commercial.

La stratégie de maintenance

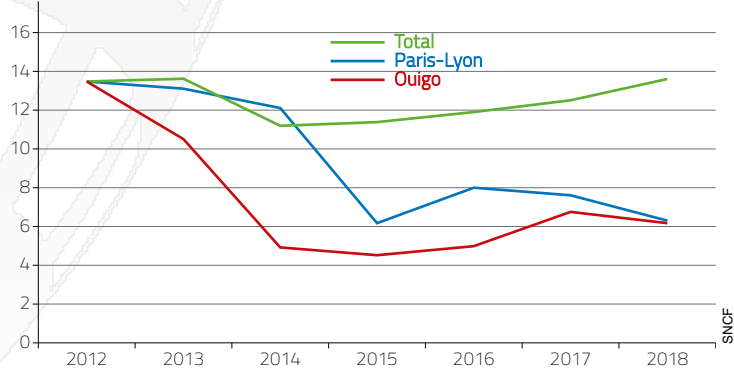
La stratégie et l'objectif poursuivi sont de concilier trois données : la satisfaction du client, la performance dans la durée, et la satisfaction des opérateurs. Il ne s'agit pas de concilier ces éléments dans n'importe quel ordre : la satisfaction du client et la performance dans la durée sont obtenues par l'engagement du personnel. Mais ce qui tire vers l'objectif visé, c'est l'engagement du personnel. Le reste en est la conséquence.

Comment satisfaire le client ? Pour la SNCF, cet objectif comprend deux conditions : partir à la minute (et pas seulement à l'heure), et ne pas avoir de panne à suivre. Quand ces conditions sont réunies, toutes les statistiques de satisfaction du client sont bonnes : la courbe de régularité des trains est parallèle à la courbe de satisfaction du client. Lorsqu'il y a des problèmes, comme une série de TGV en retard sur la navette Paris-Lyon, la satisfaction s'écroule ce jour-là. Tous les autres points, dont le confort, vont aussi jouer sur la satisfaction du client mais à un niveau inférieur. C'est pour cela que la maintenance est focalisée sur la ponctualité.

Être performant dans la durée signifie pour le Technicentre que les départs doivent avoir lieu à l'heure et à la minute près. Depuis 2011, la proportion de trains qui partent pile à la minute du site est passée de 75 % à 91,8 %, soit une progression de 17 points en 8 ans, ce qui est loin d'être anodin.



Evolutions des trains à l'heure.



L'objectif est d'atteindre le "zéro panne".

Il y a 5 ans, le Technicentre immobilisait hors du roulement 13 TGV pour effectuer la maintenance, alors qu'il n'en immobilise plus que 8 dorénavant pour une maintenance légèrement supérieure.



Concernant le nombre de pannes, le Technicentre mesure la fiabilité des trains en nombre d'incidents par millions de kilomètres. Sur ce point, la fiabilité des trains a gagné 54 %. Pour accélérer la rotation des TGV, ce système est stratégique parce qu'il est impossible de satisfaire les clients avec des trains à l'heure s'ils tombent ensuite en panne. Le modèle TGV a été en difficulté pendant une longue période, parce que la marge opérationnelle, comparée aux coûts, n'a pas dégagé assez de résultat pour renouveler le parc TGV. Mais il faut continuer de croître et de transporter plus de passagers avec moins de capital, en accélérant la rotation des TGV pour être capable d'être performant dans la durée.

La quantité de maintenances réalisées par journée d'immobilisation des trains indique quelle valeur le Technicentre apporte au train, comparée à l'emprunte sur la rotation du capital. Il est donc crucial d'être capable de mettre plus de maintenance sur un train en l'arrêtant moins. Une bonne comparaison est celle d'un stand de Formule 1 : exécuter le plus d'activités possible et chronométrer le train lorsqu'il entre et lorsqu'il sort. Ce qui représente une différence

énorme par rapport à un garagiste, dont le but est d'avoir le plus de voitures possible au garage pour occuper son personnel !

Sur la durée, l'amélioration est de 52 %, ce qui signifie qu'il y a 5 ans le Technicentre immobilisait hors du roulement 13 TGV pour effectuer la maintenance, alors qu'il n'en immobilise plus que 8 désormais pour une maintenance légèrement supérieure.

Un TGV coûte 28 M€ et l'engagement des personnels du Technicentre induit plus de confiance, plus de compétence, plus d'autonomie, plus de curiosité. Un baromètre d'engagement est donc mesuré, et c'est également un point qui a permis de passer de 52 % de taux d'engagement en 2013 à 67 % actuellement, soit 15 points de mieux. L'engagement est mesuré par des questions précises. Le baromètre comprend un score du management, avec des questions du type : « *mon manager est disponible pour répondre à mes questions et à mes préoccupations* », « *mon manager s'investit dans le développement des compétences* », « *mon manager reconnaît les contributions de chacun des membres de son équipe* ». Ces chiffres ont été comparés à ceux des salariés français dans le même périmètre d'activité (métallurgie) et ils ont confirmé que le Technicentre de Lyon était au-dessus de la moyenne française. C'est ce qui tire la performance vers le haut.

L'animation du centre

Le Technicentre a des pratiques d'animation qui sont déclinées sur des objectifs concrets : départ à l'heure, pas de panne pour que les trains tournent. L'engagement du personnel est encouragé par des visites mettant en valeur les résolutions de problèmes par les équipes, et le lancement de challenges sur les résolutions de pannes, l'amélioration des conditions de travail, et la fluidité du travail. Concrètement, les outils utilisés sont "digitaux" au sens premier du terme, c'est-à-dire "avec les doigts". Le Technicentre utilise principalement de grands tableaux blancs avec des mar-

Depuis 2011, la proportion de trains qui partent à la minute près est passée de 75 % à 91,8 %, soit une progression de 17 points en 8 ans.



queurs de couleur. Ces tableaux servent d'outils pour des "rituels" quotidiens de résolutions de problèmes. Il est important de prendre le temps d'écrire, de dresser des constats en écrivant ce qui s'est passé : c'est un management visuel.

Le Technicentre utilise aussi des outils numériques, notamment pour anticiper les pannes, avec des équations de codes défauts, afin de suivre la maintenance qui a été réalisée sur les trains, pour la planification, pour préparer le "petit train logistique" qui livre les pièces aux équipes. Toutes ces actions ont un but : faciliter les actions d'amélioration réalisées dans les équipes par les opérateurs, avec leur manager, pour améliorer la fluidité du travail. Ces améliorations sont prises en photo et chaque photo est porteuse de l'histoire d'une astuce trouvée par les équipes, pour faire en sorte que le travail soit facile à réaliser, plus rapide, et pour que la rame puisse sortir plus vite.

Un exemple est révélateur : il s'agit d'une bande en matière plastique souple destinée à l'attelage entre la motrice du TGV et la première voiture. Cet attelage est amorti par un empilage de disques en acier et en élastomère. Une des opérations de maintenance consiste à s'assurer que ces disques restent bien alignés et centrés, sans se décaler. Auparavant, les opérateurs utilisaient un outil avec lequel ils avaient des difficultés pour faire le tour de l'attelage, et ce dernier prenait du jeu assez vite. Or il s'agissait de l'outil préconisé dans les référentiels de maintenance. Lorsque les opérateurs n'étaient pas sûrs d'eux, ils déclaraient la pièce non conforme. Remplacer une telle pièce est assez long : il faut séparer les disques et les démonter, et ce genre de dépose devenait récurrent au fur et à mesure des entretiens. L'équipe qui a été engagée pour travailler sur le sujet a construit un simple disque qui est à mettre autour de l'empilage. Une languette passée dans un trou porte un indicateur : s'il est vert, c'est bon, s'il ne l'est pas, il faut recommencer. Ce système est à la fois rapide et fiable. Il a été validé pour faire partie des référentiels. Le taux de dépose de la pièce a chuté en conséquence. Il s'agit d'un exemple parmi tant d'autres qui sont relatifs du temps passé à résoudre une panne. Le travail du management consiste à intégrer de la dynamique et de l'énergie pour que les équipes aient la volonté de s'améliorer. La stratégie est de travailler avec ces rituels dans l'intention unique de faire réfléchir et de faire apprendre.

Ce travail est engagé depuis quelques années et, avec le retour d'expérience, les résultats montrent que le chemin est vertueux. Cependant, il reste encore beaucoup à apprendre, car qu'il y a encore des pannes avec des trains qui ne tournent pas.

Le Technicentre de Lyon est certifié ISO 9001, 14001, 18001. Son travail s'appuie sur les référentiels ISO pour l'amélioration continue. Lorsqu'ils viennent, les auditeurs sont parfois surpris par le travail noté sur un simple tableau blanc, mais quand ils voient ce qui est réalisé en atelier, ils approuvent. ■

*Avec Boris Evesque,
directeur du Technicentre TGV de Lyon*

Organisation de la maintenance

La révolution numérique se met en place dans l'industrie, y compris dans celle de la production de granulats. L'arrivée de la carrière 4.0 modifiera les habitudes. Cependant, les basiques de la maintenance restent les mêmes pour qu'elle soit organisée en vue de maintenir la performance.

La dernière révolution industrielle a été l'automatisation des usines dans les années 1970, et celle qui est en cours est le numérique. L'industrie 4.0 est en train d'arriver non seulement dans nos usines, mais également dans nos carrières. La particularité de la numérisation est qu'elle arrive également dans nos foyers, en même temps voire avant. La digitalisation, ou le numérique, forment une véritable révolution industrielle qui fera que nos métiers, qu'on le veuille ou pas, ne seront plus les mêmes demain. On parle de révolution numérique, d'intelligence artificielle, de big data, d'objets connectés, etc. Mais, malgré l'usine connectée 4.0, il faut rappeler que les éléments de base restent valables car il s'agit d'enjeux clés : les hommes, les compétences, les organisations et les basiques.



« L'équation de la performance reste identique : dans les domaines de la maintenance, la performance optimale est le produit de la compétence multipliée par la motivation de l'organisation. La compétence peut être améliorée par la formation, mais la motivation est propre à chaque entreprise. »

Frédéric Bonzi, directeur du matériel LafargeHolcim

L'enjeu de la maintenance

La maintenance fait partie des basiques, et elle doit maintenir un équilibre entre le point de vue du financier, qui pense que plus le coût d'entretien est bas, meilleure est la maintenance, et celui du technicien pour qui la maintenance évoque la disponibilité des engins et les soucis en regard. Cependant, la réalité est qu'une disponibilité maximale des équipements est l'essentiel. Dans les entreprises de la construction, le coût de la maintenance est primordial mais, quand ce coût est bas et que les installations ou les engins sont en panne un jour sur deux, cela aussi coûte cher. La maintenance est avant tout une question d'équilibre.



La maintenance repose sur de **grands principes** qui regroupent plusieurs activités : détecter les besoins par des rondes ou par des inspections, préparer, programmer avec un planning, réaliser la maintenance, suivre le dossier de la machine, et améliorer la maintenance par une analyse des historiques de pannes.

Il faut rappeler que la maintenance est segmentée en cinq niveaux, selon la norme FD-X-60-000, comme l'ont montré les précédentes journées techniques consacrées à ce sujet (cf. encadré). Ces cinq niveaux vont du niveau 1 relatif aux opérations simples, sans compétence requise et sans outil, jusqu'au niveau 5 où les compétences sont celles des constructeurs (tableau).

Niveau 1	Travaux simples sans outillage	Opérateurs de maintenance internes et exploitants
Niveau 2	Travaux simples avec outillages simples	Opérateurs de maintenance internes et exploitants
Niveau 3	Diagnostic, réparations et remplacements	Opérateurs de maintenance internes
Niveau 4	Travaux lourds de maintenance	Opérateurs de maintenance externes ou internes
Niveau 5	Reconstructions et rénovations	Opérateurs de maintenance externes

La maintenance repose sur de grands principes qui regroupent plusieurs activités : détecter les besoins par des rondes ou par des inspections (voire par des expertises), préparer (le bon de travail), programmer avec un planning, réaliser la maintenance (et générer un rapport d'intervention ou un rapport journalier), suivre le dossier de la machine, et améliorer la maintenance par une analyse des historiques de pannes. L'amélioration continue reste un principe de base, même pour l'industrie 4.0.

De plus, deux types de maintenance existent : préventive ou corrective. La maintenance corrective, effectuée après une panne, est curative (remise en état définitive) ou palliative (remise en service provisoire dans l'attente d'un remplacement). La maintenance préventive est réalisée soit de manière systématique, à intervalles de temps réguliers, soit de manière conditionnelle, en fonction de l'état du matériel.

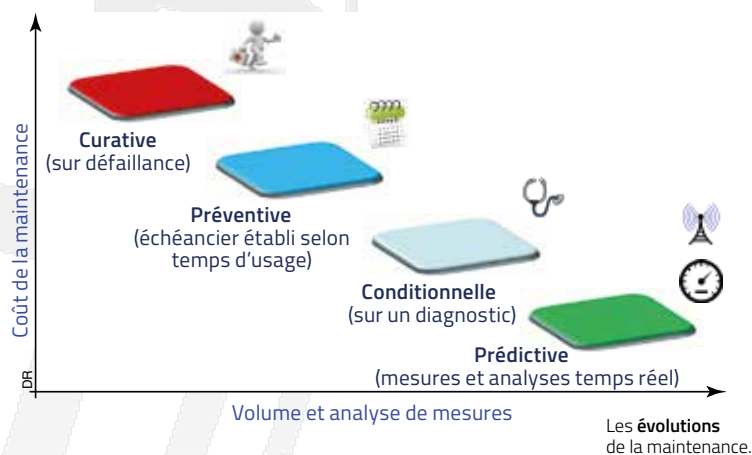
Évolution de la maintenance

Il est aussi possible de décrire l'évolution de la maintenance, et des coûts associés, en fonction des évolutions technologiques, comme par exemple la capacité à analyser un grand volume de données. Actuellement, l'évolution peut être suivie en temps réel grâce à l'intelligence artificielle. Mais la maintenance curative a toujours lieu suite à une défaillance, ce qui représente des coûts plus élevés que la maintenance préventive qui suit un échéancier programmé selon le temps d'usage. La maintenance conditionnelle a lieu sur diagnostic : l'intervention est décidée selon un dépassement de seuil. Enfin, la maintenance peut être prédictive, avec l'aide du numérique et de l'industrie 4.0, car elle permet de traiter un nombre important de données en temps réel et d'améliorer la maintenance prédictive en affinant le déclenchement des opérations suite à des mesures en temps réel.

Cependant, les organisations et les hommes restent un enjeu-clé de la maintenance, et le resteront même avec des ordinateurs, des machines, de la réalité virtuelle. L'équation de la performance reste identique : dans les domaines de la maintenance, la performance optimale est le produit de la compétence multipliée par la motivation de l'organisation. La compétence peut être améliorée par la formation, mais la motivation est propre à chaque entreprise. Celle-ci doit trouver les moyens pour mobiliser et faire œuvrer dans le même sens tous ses salariés.

Des choix importants à faire

L'organisation de la maintenance impose de réaliser un certain nombre de choix pour améliorer ou lancer une fonction maintenance. Les questions à se poser reposent sur un équilibre entre ce que l'on vise et ce que l'on peut faire, pour ne pas garder l'objectif unique d'un coût minimal. Il est important de savoir quel coût est envisagé, et en fonction de quelle fiabilité. Ensuite, il faut décider ce que l'on souhaite faire en interne ou pas : cela peut aller de tout à rien. En effet, un certain nombre de sociétés ou de carrières n'ont



plus de ressources pour réaliser la maintenance. Alors qu'il y a quelques temps, tout était fait sur place, à la carrière, y compris les travaux neufs. Si certains exploitants ont encore la capacité de réaliser des tâches en interne, il s'agit bien d'une stratégie.

Ensuite, dans les grandes entreprises, il est nécessaire de choisir le niveau de centralisation, avec une mutualisation des moyens entre sites, selon l'organisation de l'entreprise, ou avec un recours à la sous-traitance, ou au personnel de production pour aider à la maintenance. Par ailleurs, il est aussi possible d'étudier la mise en place d'une gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO). Mais une GMAO n'a de sens que si un certain nombre de préalables sont déjà en place, car elle ne gomme pas les imperfections des organisations. Par contre, quand l'entreprise est bien organisée (méthodes, documents...) avec des personnes compétentes, une GMAO peut améliorer les choses.

Par ailleurs, un certain nombre de critères doivent être pris en compte pour les choix de la maintenance : la diversification de l'entreprise (types de produits et d'activités, technologies utilisées, heures de production), la taille de l'entreprise (nombre d'employés, quantité d'équipements), la structure administrative en place, les implantations géographiques (mutualisation ou non des moyens), l'évaluation des risques de casse (flexibilité des autres équipements, différents scénarios à étudier).





Les précédentes journées techniques consacrées à la maintenance

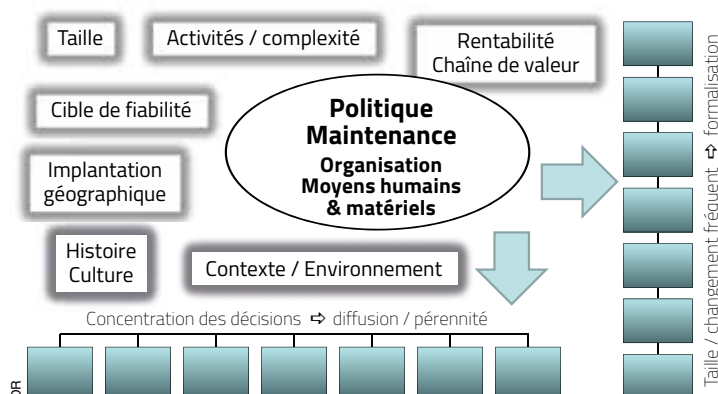
Les dernières journées techniques sur la maintenance, organisées par la Sim, ont été publiées par *mines & carrières* en 2012 et en 2014 :

- **La maintenance : pourquoi ? Comment ?**
(n° 227, juillet-août 2015)
 - les enjeux de la maintenance ;
 - organisation et politique maintenance ;
 - outils du préventif : analyse d'huile, analyse vibratoire, thermographie ;
 - réglementation et sécurité ;
 - indicateurs et coûts ;
 - nouvelles technologies.
- **Maintenance : le niveau 1 en pratique**
(n° 202, avril 2013)
 - entretien courant, maintenance de niveau 1 ;
 - stratégie et réparation ;
 - moteur Stage3B et Stage 4, dans la pratique ;
 - système de réduction de consommation de carburant.

La **maintenance curative** a toujours lieu suite à une défaillance, et représente des coûts plus élevés que la maintenance préventive.

La politique de maintenance

Les réponses à ces questions permettent de construire une politique ou une stratégie de la maintenance. Elle peut être formalisée ou non selon la taille des entreprises, mais c'est à partir de cette politique de maintenance que les différentes organisations peuvent se mettre en place. De manière extrêmement schématique, on peut définir une organisation verticale et une autre qui est horizontale. Une organisation verticale correspond plutôt à une entreprise familiale indépendante, avec une concentration forte des décisions, qui va faciliter la diffusion des pratiques et assurer leur pérennité. À l'inverse, un groupe industriel – par sa taille et par ses changements fréquents de personnes – a une obligation de formaliser des décisions pour pérenniser ses processus et faire en sorte que les salariés concernés se les approprient.



Importance de la politique de maintenance.

Évidemment, des mélanges entre ces deux types d'organisation existent, les entreprises essayant de bénéficier des avantages de l'un et de l'autre. Donc, qu'on le veuille ou non, que l'on soit pour ou contre, la maintenance est concernée par la révolution numérique. L'important est de faire en sorte que ce soit une amélioration. En effet, l'acquisition de données en ligne et le traitement en temps réel sont en train de se démocratiser et de venir à la portée de toutes les carrières, même des plus petites. Or il faut rester prudent face à ce raz-de-marée de données qui ne sont pas une fin en soi, et face auxquelles on peut se perdre. Il s'agit de ne pas se laisser déborder par ce big data, et d'aller plutôt vers les données "intelligentes" (le "smart Data"), dont on peut faire quelque chose pour améliorer les processus et les performances.

Les limites ne sont plus technologiques mais liées aux compétences des hommes. En effet, le profil des personnes chargées de la maintenance va changer : les nouvelles technologies embarquées sur les machines entraînent automatiquement des changements de modèle. Quand les machines seront massivement électriques, ce ne seront plus les mêmes profils de personnes qui pourront intervenir par rapport à ce que l'on connaît aujourd'hui en transmission mécanique. L'important, c'est de se poser les bonnes questions : quelle politique de maintenance ? Pour atteindre quels objectifs ? Que mesure-t-on ? Pour qui ? Pour quoi faire ?

Ces nouvelles technologies permettront probablement d'améliorer la sécurité des opérations de maintenance. Car les interventions sont génératrices d'accidents dans la profession et les nouvelles technologies devraient rendre leurs modes opératoires plus fluides. ■

Frédéric Bonzi, LafargeHolcim



Tout commence par la maîtrise des fondamentaux

Les formations et les métiers de la maintenance

Les sociétés qui s'adressent à Metso pour former leurs salariés à la maintenance des matériels de leurs installations de traitement demandent à ce qu'ils maîtrisent les fondamentaux, afin qu'ils soient opérationnels lors des rondes et des interventions. Si les formations en salle apportent beaucoup, l'essentiel des connaissances s'acquiert en entreprise. Il n'empêche que toute formation doit faire l'objet d'une mise en situation sitôt les salariés revenus à leur poste. L'arrivée des nouvelles technologies de l'information bouleverse le panorama des formations dont certaines sont dispensées sur Internet par des vidéos.

Chez Metso, le service des formations clients anime 250 à 300 jours de stage par an. Les formateurs reçoivent 700 à 800 salariés chaque année, allant de l'opérateur de production jusqu'au responsable du matériel, pour un panel de stages allant des bases de la technologie des broyeurs et des cribles jusqu'au calcul complet d'un schéma d'installation, en passant par la maintenance de ces matériels. Ce centre de formation travaille aussi pour le compte du Ceficem, le centre de formation de la branche carrières et matériaux de construction. Il intervient pour les stages traitant du matériel dans le cadre des CQP de pilote d'installation et de chef de carrière.

La demande des entreprises : maîtriser les fondamentaux

La demande des entreprises, en termes de maintenance, est complexe et inclut plusieurs volets. Des formations à la maintenance peuvent être sollicitées dans le contexte d'un recrutement de nouveaux embauchés. En effet, la rotation du personnel peut être importante et les entreprises sont parfois amenées à recruter des personnes qui viennent de domaines complètement différents de celui du secteur de l'industrie minière, et dont la formation ne se dispense qu'en entreprise.

Le service formation de Metso intervient également dans le cadre de transferts de compétences lors du départ à la retraite de personnes de la maintenance ou d'un responsable de maintenance. La formation est un moyen de mettre autour de la table les personnes qui partent et celles qui vont prendre le relais pour aborder différents thèmes et faire en sorte qu'il y ait une transmission du savoir.

La formation intervient aussi dans le cadre d'acquisition de nouveaux matériels, avec la formation à la maintenance qui s'y rattache, mais aussi lorsque des entreprises mettent en place des actions correctives pour pallier les dérives de maintenance.

Le cycle de la maintenance inclut différentes actions : détection, préparation des actions, programmation, réalisation, suivi et amélioration continue. Mais aujourd'hui, beaucoup d'entreprises souhaitent que leur personnel maîtrise les fondamentaux et qu'il utilise ses cinq sens. Ce qui inclut une formation à la détection, pour que les intervenants sachent, par exemple, détecter des fuites, vérifier que les vis de serrage de blindage soient bien en place, écouter les bruits, identifier un rouleau de convoyeur qui est en train de se coincer, mettre la main au bon endroit pour





vérifier la température des roulements. En un mot, repérer ce qui est inhabituel. La demande concerne des formations aux contrôles fréquents sur l'installation, de manière à détecter les dysfonctionnements. Il est aussi demandé de transmettre un état d'esprit : celui de "l'enquêteur" qui effectue des rondes sur le terrain, une personne à l'affût des dysfonctionnements, et qui a le réflexe d'aller rechercher les causes et qui est consciente des conséquences si les dysfonctionnements ne sont pas traités.

D'autres demandes concernent la préparation et la programmation des interventions. Il s'agit de la préparation des bons de travail et du planning, mais aussi de l'utilisation de l'outillage nécessaire aux interventions, la connaissance des procédures de travail décrites dans les notices des constructeurs, la réalisation des rapports journaliers et des rapports d'intervention.

Ensuite, la phase de réalisation d'intervention se focalise sur la sécurité et les bonnes pratiques, tandis que les formations concernent le terrain, avec le suivi des machines et l'amélioration continue, notamment par l'analyse des historiques et des pannes. Ces formations concernent la technologie et la bonne utilisation de la machine pour en tirer les meilleures performances.

Quels sont les moyens pour y répondre ?

La première réponse au besoin de formation est tout simplement l'auto-formation du personnel, avec un travail sur les notices et sur les modes opératoires en service dans l'entreprise. Cette formation peut inclure un exercice fictif sur un thème, comme la préparation d'un changement de pièce d'usure sur un broyeur. Il est important de se demander avant de commencer, de quoi a-t-on besoin comme matériel, combien de personnes doivent intervenir et avec quelles fournitures ? Pour cela, il faut constituer des binômes ou des trinômes à partir de personnes expérimentées et de nouveaux arrivants. Les stagiaires ont à leur disposition les notices et les procédures de l'entreprise, puis

elles partagent avec leurs pairs ce qu'elles pensent faire. C'est l'occasion d'échanger, de corriger et de compléter des pratiques. Ce stage permet aussi aux stagiaires de réaliser un audit de leur mode opératoire et de se remettre en question.

Un autre moyen à mettre en place concerne les apports théoriques classiques. Il s'agit des présentations qui servent à mettre tout le monde d'accord, de partager le même vocabulaire, de revoir les ordres de grandeur et les valeurs à respecter, ce qui permet d'ancrer des connaissances. Ces présentations sont des notices ou des modes opératoires visuels. Lors de ces stages, il est intéressant de réserver du temps aux exercices pratiques et de proposer, par exemple, d'établir un plan de graissage d'une installation. C'est un moyen de faire travailler sur l'élaboration de ce type de document en demandant aux stagiaires de se poser des questions et de vérifier leurs réponses dans les documentations du constructeur.

Pour certaines formations, les modes opératoires d'une intervention de maintenance peuvent être illustrés par des vidéos. Ces dernières ne sont pas épurées de toutes mauvaises pratiques de manière à ce qu'elles reflètent la réalité. C'est un moyen de questionner les stagiaires : « Est-ce que l'opérateur sur cette vidéo utilise le bon outil ? Utilise-t-il le bon mode opératoire ? Si ce n'est pas le cas, qu'aurait-il dû faire ? » Cette démarche se rapproche de la pratique où l'on procède progressivement.

Une autre formation s'appuie sur un support : les pièces abîmées suite à des défauts de maintenance et provenant d'exploitations de clients Metso. La discussion avec les stagiaires permet de trouver les causes de ces pannes. Le prix de ces pièces est aussi abordé, par ordre de grandeur, pour que les stagiaires mesurent la valeur des machines sur lesquels ils travaillent et



« On considère qu'un adulte acquiert 10 % de compétences grâce à la formation dite formelle, 70 % en situation de travail et 20 % par l'échange avec ses collègues. »

Guillaume Salvaudon, responsable des formations clients chez Metso



DR

Bergerat Monnoyeur propose des lunettes connectées pour ses techniciens envoyés sur un dépannage. Ils peuvent être assistés en visioconférence par un expert technique qui aide à distance au diagnostic. Un moyen d'éviter de déplacer un spécialiste.

connaissent les conséquences financières des problèmes liés à la maintenance.

Metso propose depuis cette année, en région, des formations en deux parties : l'une en salle centrée sur la technologie de la machine, et l'autre sur le terrain. L'objectif est de regrouper le contrat d'inspection du client avec la formation. Le technicien du service après-vente, qui voit des pannes tous les jours et qui connaît les points critiques à regarder, communique sur son expérience auprès des stagiaires. Les retours d'expérience sont extrêmement positifs.

Il est aussi possible d'effectuer un audit des pratiques suivi d'un complément de formation : un technicien assiste au changement des pièces d'usure dans l'entreprise. Les opérateurs sont prévenus et travaillent sans que le technicien intervienne. Il ne dit rien, regarde et prend des photos, filme éventuellement. Le lendemain, il procède à une restitution dans le cadre d'une formation adaptée pour signaler aux opérateurs ce qui a été bien fait et ce qu'il faut améliorer.

Enfin, la formation pratique sur site permet d'aborder un cas avec le formateur, comme le réglage d'une bande transporteuse. Cette formation se déroule sous le contrôle du formateur qui montre comment régler le convoyeur, effectuer le centrage de la bande et sa tension. Puis le convoyeur est déréglé et le stagiaire doit refaire le réglage sous le contrôle du formateur.

Les centres de formation et l'entreprise

Selon une théorie générale de l'apprentissage, on considère qu'un adulte acquiert 10 % de compétences grâce à la formation dite formelle, 70 % en situation de travail et 20 % par l'échange avec ses collègues. Une formation fait donc partie de ces 10 % de "formel" mais l'essentiel de l'apprentissage se fait par la pratique en entreprise.

Le centre de formation apporte des connaissances théoriques et pratiques, des dispositifs pour structurer le parcours de formation et accompagner le développement des compétences des collaborateurs. Il assure aussi la formation des tuteurs, la formalisation des compétences et des savoir-faire. Il dispense égale-

ment des formations diplômantes, certifiant que les connaissances ont été acquises. Il crée les savoirs par des systèmes de quiz et d'évaluations (CQP, blocs de compétences, habilitations, certificats...).

Cependant, une fois que le salarié revient de formation avec ses objectifs d'amélioration des compétences, il appartient à l'entreprise de provoquer les mises en situation, dans un délai raisonnable après le stage : il doit être associé à une opération avant d'avoir tout oublié.

Vers le numérique 4.0

Le Ceficem a mis en place une "digitalisation graduée", qui tient compte des personnes présentes en formation. En effet, quand des responsables pédagogiques s'adressent aux publics de la carrière, en parlant de "e-learning", il est nécessaire de leur rappeler qu'au cours des stages on entend parler de chasse, de mécanique mais jamais d'ordinateur...

La "digitalisation graduée" du Ceficem consiste en la création d'un groupe sur les réseaux sociaux, dans lequel les stagiaires peuvent échanger des informations, partager des vidéos, des supports de formation et renforcer la cohésion de leur groupe.

Le premier niveau concerne les personnes qui s'inscrivent en préparation à un CQP, et qui se voient remettre au début du stage une tablette à garder pendant la durée de la formation. Sur cette tablette, elles feront des exercices et recevront leurs supports de formation. Cette tablette permet également de distribuer du contenu (la chaîne Ceficem sur YouTube donne accès à des vidéos, à des publications et des liens vers d'autres chaînes, et distribue des articles du Ceficem) et de fournir des outils : documents pour la prise de notes, messagerie et envoi de questionnaires, quizz et autres outils pédagogiques, Drive pour enregistrer les supports pédagogiques. Il ne s'agit pas encore de "e-learning" formel.

Il faut noter la présence des MOOC (*Massive open online courses*), cours gratuits en ligne diffusés à grande échelle, mais qui ne concernent pas encore le domaine de la maintenance dans l'industrie minière.

L'audience peut être importante, avec 30 000 personnes qui suivent un cours. Actuellement, l'École des mines d'Alès propose plusieurs modules assez généraux. Il existe aussi les SPOC (*Small private online courses*) : ce sont des cours développés en ligne pour des entreprises. Il semble que la participation à ces cours en ligne soit prochainement éligible à des aides financières.

Dans le domaine de la carrière, le "e-learning" qui consiste à suivre un cours en ligne n'existe pas. Seuls sont proposés des cours sur téléphone portable, les "mobile-learning".

Concernant la réalité virtuelle, les formations en la matière sont très utilisées dans les domaines où il y a du danger, comme le travail en milieu confiné ou la formation de grutier. Elles permettent de réaliser des économies de matériel et d'entraîner les stagiaires grâce à une réalité virtuelle, avec un casque servant à se déplacer dans une installation numérisée.

La réalité augmentée consiste à passer une tablette ou un téléphone portable sur un matériel, et, par-dessus cette image, à obtenir, en surimpression, des informations comme le plan de maintenance, l'historique des pannes, les références des pièces, etc. Caterpillar propose une tablette de réalité augmentée avec laquelle l'opérateur peut interagir avec une assistance téléphonique en indiquant l'endroit où il voit une fuite. Liebherr propose également un système de diagnostic de panne à distance : l'opérateur qui recherche une



Metso

panne trouve sur sa tablette des instructions qui le guident dans les opérations à réaliser pour établir un diagnostic et les manipulations à effectuer pour résoudre le problème. Autre application : la société SKF propose à ses clients des lunettes connectées équipées d'une caméra pour entrer en contact avec l'assistance téléphonique, qui voit sur un écran ce que l'opérateur perçoit avec ses lunettes.

Des animations Metso en 3D sont disponibles sur Internet pour la maintenance de certains broyeurs. Il en existe pour le dernier arrivé, le concasseur à cône MX. ■

Guillaume Salvaudon, service formation de Metso

Manipulation de pièces abîmées suite à un défaut de maintenance.

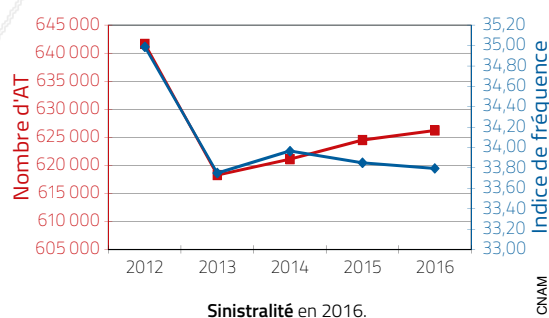
Sécurité et évolutions réglementaires

Cet article dresse un bilan de la sinistralité dans les carrières ainsi qu'un rappel des principales obligations réglementaires, avec un focus sur les activités de maintenance car les opérateurs qui en ont la charge sont plus fréquemment accidentés que leurs collègues de la production. Face à la diversité des tâches dans les activités de carrière, la prévention des risques nécessite d'agir le plus en amont possible sur l'ensemble des leviers disponibles à savoir les aspects techniques, organisationnels et humains du travail.

La branche accidents du travail et maladies professionnelles du régime général de la sécurité sociale (branche AT-MP de l'Assurance maladie) a pour vocation de contribuer à la préservation de la santé au travail et à la sécurité des salariés dans les entreprises de l'industrie, du BTP, du commerce, des transports et des services. La branche AT-MP est l'assureur unique des risques professionnels pour 18,6 millions de salariés du régime général (chiffres 2016).

La branche AT-MP recueille, par secteur d'activité, des informations sur les sinistres nouvellement indemnisés et, afin de proposer des actions de prévention pertinentes, suit l'évolution de la sinistralité par le biais de différents indicateurs et en particulier l'indice de fréquence (IF) qui correspond au nombre d'accidents avec arrêt pour 1 000 salariés. Tous les ans, la Caisse nationale d'Assurance maladie (Cnam) publie les statistiques de sinistralité par grand secteur d'activité. Ces données sont disponibles sur le site Internet : www.risquesprofessionnels.ameli.fr

Le secteur des carrières est identifié par le code NAF 0812Z¹ dont la dénomination est : « exploitation des gravières et sablières, extraction d'argiles et de kaolin ». En 2016, cette activité comptait 1 629 établissements occupant 13 930 salariés. On y dénombrait 408 accidents du travail, 30 nouvelles incapacités permanentes et 2 décès. L'indice de fréquence était de 29 accidents pour 1 000 salariés. L'évolution du nombre et de la fréquence des accidents du travail pour le secteur des carrières était plutôt favorable, car elle se caractérisait par une diminution de l'indice de fréquence au cours des dernières années.

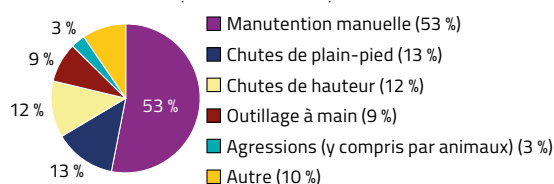


Sinistralité en 2016.

CNAM

Quelques chiffres sur la sinistralité

Le livret de sinistralité 2016 relatif au code NAF 0812Z fournit des informations sur les circonstances des accidents du travail. La répartition est la suivante : 48 % des AT sont liés aux manutentions manuelles, 18 % aux chutes de plain-pied et 15 % aux chutes de hauteur. Ces trois typologies d'accidents représentent 81 % des accidents avec arrêts.



Répartition des accidents du travail suivant le risque à l'origine de l'accident (ordre décroissant)

CNAM

Par ailleurs, 40 nouvelles maladies professionnelles ont été indemnisées en 2016. Il faut noter que 80 % d'entre elles concernent les TMS : 15 affections périarticulaires provoquées par certains gestes et postures de travail (tableau 57), 14 affections chroniques du rachis lombaire provoquées par des vibrations transmises à l'ensemble du corps (tableau 97), 2 affections chroniques du rachis lombaire provoquées par la manutention manuelle de charges lourdes.

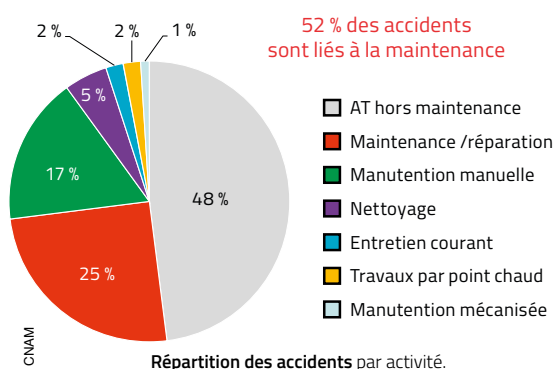
1. Code APE NAF : le code APE (activité principale exercée), ou code NAF, est attribué par l'Insee à chaque établissement en fonction de son activité économique. Il caractérise son activité principale par référence à la nomenclature d'activités française (NAF).



Dès lors qu'il y a **sous-traitance** avec une entreprise extérieure, un plan de prévention est nécessaire

(tableau 98). En dehors de ces TMS, sont recensées 5 atteintes auditives provoquées par les bruits lésionnels (tableau 42) et 4 affections consécutives à l'inhalation de poussières minérales (tableau 25).

Les indicateurs utilisés par la Cnam ne permettent pas d'identifier les accidents qui relèvent de la maintenance de ceux qui relèvent de la production. En revanche, l'organisme de prévention de la branche, Prevencem, mène dans le cadre de ses missions, des enquêtes consécutives à des accidents du travail qui sont ensuite transmises à la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Dreal). L'exploitation de ces enquêtes permet une analyse beaucoup plus fine de ces accidents ce qui permet d'affirmer que 52 % des accidents sont liés à la maintenance selon la répartition suivante : 25 % lors d'une opération de réparation, 17 % lors d'une manutention manuelle, 5 % lors d'une opération de nettoyage, 2 % lors de l'entretien courant, 2 % lors de travaux par point chaud et 1 % lors d'une manutention mécanisée.



Les enjeux de la maintenance vis-à-vis de la sécurité au travail

La maintenance a pour objectif d'assurer la pérennité de l'outil de travail, y compris en le faisant évoluer dans le temps. En s'appuyant sur la norme NF EN 13306, la stratégie de maintenance doit :

- assurer la disponibilité des machines au coût optimal ;
- tenir compte des exigences de santé et de sécurité ;
- tenir compte des répercussions sur l'environnement ;
- améliorer la durabilité des machines et la qualité des produits fournis.

Les pannes et les défaillances sur les machines ou les installations sont source de situations dangereuses, qui peuvent exposer les salariés à de nombreux risques susceptibles d'entraîner des accidents du travail parfois très graves. Ainsi, les risques liés à l'activité de maintenance sont ceux occasionnés par les énergies mises en œuvre, les contraintes temporelles, les produits utilisés, les accès aux postes de travail, les conditions d'intervention, la nature des opérations réalisées et, plus globalement, la variabilité des situations de travail.

Ainsi, parce qu'elle a pour objectif de conserver en bon état de fonctionnement l'outil de production, la maintenance des machines et des installations contribue à préserver la santé et la sécurité des salariés.



« En exploitation de carrières, la sinistralité est plutôt bonne, car elle est plus basse que la moyenne nationale. »

Alain Le Brech, INRS

L'article R.4323-55 du Code du travail stipule que la conduite des équipements de travail mobiles automoteurs et des équipements de travail servant au levage est réservée aux travailleurs qui ont reçu une formation adéquate.



Le contexte réglementaire de la maintenance

La réglementation en matière d'équipements de travail distingue deux dimensions : celle relevant de la conception et celle relevant de l'utilisation. La maintenance des équipements est à ce titre doublement concernée à la fois par la directive conception des machines 2006/42/CE (dite Directive machines) et par les directives utilisation 89/391/CE (directive-cadre) et 2009/104/CE (directive équipements de travail) dont les exigences sont, dans chaque cas, transposées dans le Code du travail français.

Impact de la réglementation machine en matière de maintenance pour les aspects liés à la conception

La phase de conception doit intégrer les exigences liées aux futures activités dont celles de la maintenance. Les fabricants de matériel doivent respecter les exigences essentielles de sécurité de la Directive machines. Ces exigences essentielles ont pour but de permettre la libre circulation des équipements de travail sur le territoire de l'Union européenne et de garantir un haut niveau de sécurité. Pour être conformes, les machines doivent être conçues dans le respect des règles techniques définies dans la Directive machines et figurant à l'annexe 1 de l'article R.4312-1 du Code du travail. La maintenance y est évoquée dans plusieurs paragraphes. Le responsable

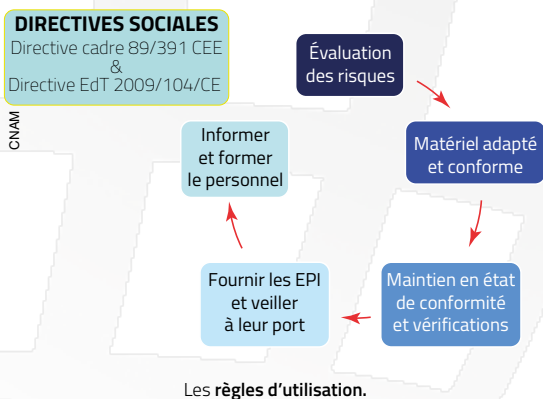
de la mise sur le marché s'engage au respect des règles techniques en apposant un marquage CE sur la machine et en délivrant une déclaration CE de conformité. Chaque machine doit, par ailleurs, être accompagnée d'une notice d'instructions rédigée en français qui précise les conditions d'utilisation et les limites d'emploi de la machine et dans laquelle figurent de nombreuses informations relatives à la maintenance. Enfin, la mise sur le marché d'une machine neuve est subordonnée à la constitution par le fabricant d'un dossier technique relatif aux moyens mis en œuvre pour assurer la conformité aux règles techniques applicables. Les autorités administratives (ministère chargé du travail, douanes...) peuvent demander communication de ce dossier technique, notamment dans le cadre de la surveillance du marché.

Impact de la réglementation machine en matière de maintenance pour les aspects liés à l'utilisation

Contrairement à la Directive machines, qui est une directive dite "économique", les règles d'utilisation des équipements de travail relèvent de directives dites "sociales". Il s'agit de la Directive-cadre 89/391 et de la Directive équipements de travail 2009/104/CE qui sont transposées dans le Code du travail français.

Les règles d'utilisation sont destinées à préserver la santé et la sécurité des salariés pendant les phases de production et les phases de maintenance. De façon très schématique, on peut regrouper les règles d'utili-

sation en cinq points essentiels : le premier concerne l'évaluation des risques, le deuxième concerne l'utilisation d'un matériel adapté à la tâche à réaliser et conforme à la réglementation, le troisième concerne le maintien en état de conformité des équipements et les vérifications associées, le quatrième est de fournir les EPI et de veiller à leur port, le cinquième concerne la formation et l'information des salariés.



Évaluation et gestion des risques

L'évaluation des risques professionnels consiste à identifier les risques auxquels sont soumis les salariés d'un établissement en vue de mettre en place des actions de prévention pertinentes couvrant les dimensions techniques, humaines et organisationnelles. Dans le cas général, les résultats de l'évaluation des

risques sont transcrits dans un dossier appelé document unique (DU). Pour les carrières, le RGIE donne une autre appellation : le document santé sécurité (DSS). Les opérations de maintenance et les risques professionnels associés doivent figurer dans ce document. Ne pas présenter le DU ou le DSS en cas d'accident du travail est une cause d'imputabilité de faute inexcusable de l'employeur. D'où l'importance de réaliser ce document.

Par ailleurs, en cas d'intervention d'une entreprise extérieure sur un site pour exécuter des travaux ou des prestations de service, un plan de prévention doit être établi entre l'entreprise d'accueil et l'entreprise intervenante afin d'identifier les risques liés à la coactivité et les mesures de prévention qui s'y rapportent. Dans ce cadre, on peut citer le travail réalisé conjointement par l'Unicem, la Carsat Aquitaine et de la Drire Aquitaine, qui a conduit à la publication d'une série de fiches pratiques sur ce sujet. Sur ce même thème, la Cnam a édité la recommandation R473, intitulée "organisation des opérations de maintenance et de dépannage sur site des engins mobiles de travaux publics et de carrière pour une entreprise extérieure" et qui constitue également un outil pratique pour les entreprises.



Recommandation R473

Guides de bonnes pratiques Unicem – Carsat – Dreal.



L'une des conséquences d'un accident du travail ou d'une maladie professionnelle, indépendamment de leur aspect humain, c'est leur coût.

Choix et conformité du matériel

Les équipements de travail mis à disposition des salariés par le chef d'entreprise doivent être appropriés au travail à effectuer et être installés, réglés et maintenus en état de manière à préserver leur santé et leur sécurité.

C'est pourquoi un certain nombre de vérifications périodiques sont rendues obligatoires par la réglementation. L'objectif des vérifications périodiques est de déceler toute défectuosité susceptible d'être à l'origine d'une situation dangereuse. Les vérifications périodiques ne se substituent pas à l'obligation d'effectuer les opérations de maintenance définies par le fabricant de la machine.

Concernant les vérifications réglementaires, il faut garder à l'esprit la finalité de ces opérations au travers de questions simples, telles que :

- à quels moments les machines ou les engins doivent-ils être vérifiés ?
- quels sont les textes réglementaires, les objectifs, et les périodicités de vérification ?
- qui peut les réaliser ?
- quelles en sont les conditions d'exécution ?
- comment traiter les observations des rapports ?
- quels sont les documents à produire ou à transmettre ?

Équipements de protection individuelle

Les EPI choisis doivent être appropriés au risque à prévenir, compatibles avec le travail à effectuer et conformes à la réglementation. Cette démarche relève de la responsabilité de l'employeur. De même, ce dernier doit assurer leur maintien en état et leur conformité, et organiser les vérifications réglementaires le cas échéant. Il est également nécessaire d'informer et de former les salariés à l'utilisation de ces EPI, notamment pour les plus complexes, tels que harnais antichute ou masques respiratoires. L'employeur doit aussi veiller à l'utilisation effective des EPI mis à disposition.

Formation et information du personnel

L'employeur a l'obligation d'assurer la formation à la sécurité des salariés. On distingue trois niveaux de formation : tout d'abord une formation générale à la sécurité, ensuite des formations spécifiques au poste de travail et, dans certains cas, des formations renforcées à la sécurité. La formation générale à la sécurité vise à instruire les opérateurs sur les précautions à prendre pour assurer leur propre sécurité, sur les mesures de prévention dans l'entreprise et sur la conduite à tenir en cas d'accident. Les formations spécifiques aux situations de travail ont un caractère plus technique et peuvent conduire à des autorisations ou à des habilitations. C'est le cas pour les conducteurs d'engins de chantier ou d'appareils de levage qui doivent être titulaires d'une autorisation de conduite. Les salariés affectés à la maintenance et à la modification des équipements doivent recevoir une formation spécifique relative aux obligations à respecter, aux conditions d'exécution des travaux et aux matériels et outillages à utiliser.

Le coût des accidents liés à la maintenance

En 2016, la branche AT-MP a versé 8,7 Mrd € de prestations aux victimes. L'une des conséquences d'un accident du travail ou d'une maladie professionnelle, indépendamment de leur aspect humain, c'est leur coût. Pour les entreprises du secteur des carrières, le taux net des cotisations AT-MP, à savoir ce que paye l'employeur, est de 3,9 % de la masse salariale.

Selon l'Association française des ingénieurs et responsables de maintenance (Afirm), l'indice de fréquence pour les métiers de la maintenance est 1,19 fois plus élevé que la moyenne nationale. L'occurrence d'accidents graves avec incapacité permanente pour 1 000 salariés est supérieure de 1,74 fois à la moyenne nationale, celle des maladies professionnelles pour 1 000 salariés est supérieure de 1,31 fois à la moyenne nationale et l'occurrence de mortalité pour 1 000 salariés est supérieure de plus de 3,35 fois à la moyenne nationale (source HST n° 247, juin 2017). Les métiers de la maintenance s'avèrent plus dangereux : ils représentent la majorité des accidents du travail, et ces accidents sont plus graves.

Pour compléter cet exposé, l'INRS propose un guide téléchargeable (ED6270) consacré à la prévention des

risques en maintenance. Il présente les critères à intégrer dès la conception des machines pour une maintenance plus sûre (www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-6270/ed6270.pdf).



Guide INRS sur la prévention des risques en maintenance. Il met en avant les critères à intégrer dans la conception des machines.

Ces critères sont détaillés en neuf fiches : l'accès et le traitement de l'information (l'interface homme-machine), l'accessibilité, l'aide au diagnostic, les ambiances physiques de travail, la consignation et déconsignation, le dossier technique et la notice d'instruction, le mode de fonctionnement spécifique de la maintenance, le positionnement des points de réglage et de maintenance, la prévention des phénomènes dangereux engendrés par les équipements hydrauliques et pneumatiques. ■

Alain Le Brech,
Institut national de recherche et de sécurité (INRS)



En cas d'accident,
l'employeur
doit démontrer
qu'il a respecté
les mesures
prévues
réglementairement.

Contrôler les paramètres de fonctionnement

Les outils du **prédictif** en temps réel : quoi de neuf ?

La maintenance prédictive s'appuie sur des outils qui incluent de nouveaux capteurs. Ceux-ci assurent un suivi en temps réel, avec une communication des données en ligne. Les mesures thermiques et vibratoires, mais aussi celles obtenues de capteurs de pression des pneumatiques peuvent être transmises directement par Wifi ou 3G. De son côté, Metso propose un outil de contrôle du fonctionnement des cribles, le ScreenCheck.

Les responsables de carrière cherchent à connaître l'état d'une machine pour réaliser sa maintenance conditionnelle ou prédictive. Leur objectif est d'anticiper les pannes, de changer les pièces avant qu'elles ne soient irrécupérables, et d'éviter les arrêts de production.

Le fait d'anticiper une panne présente un intérêt économique évident, qui se traduit aussi en termes de sécurité, puisqu'une panne nécessite d'intervenir en urgence dans le cadre d'un contexte qui n'est pas celui d'une opération programmée. Cette intervention est susceptible créer des occasions d'incidents que la maintenance préventive aux processus établis aurait éliminés.

L'évolution des capteurs

Les machines sont bardées de paramètres : un moteur peut en avoir jusqu'à 1 000, et une machine complète plus de 2 000. Dans une installation de carrière neuve, l'automate représente 5 000 entrées/sorties sur la

supervision. Ces quantités peuvent être difficiles à gérer, et il est important d'avoir un objectif clair et de savoir utiliser la donnée pour ne pas se noyer dans un flot continu d'informations.

Parmi les mesures existantes figurent celles qui sont liées au procédé : ce sont des vitesses, des distances, des hauteurs de chute, des tensions ou des intensités, qui peuvent également représenter des vitesses. Les mesures peuvent être directes ou indirectes, et inclure des débits.

D'autres mesures sont plus orientées sur la mécanique et la maintenance des machines. Il s'agit de mesures de température, de vibration, de pression, de débit mais aussi des mesures indirectes liées au procédé. Ainsi, des mesures de granulométrie en ligne peuvent être réalisées par une analyse d'images : une bande transporteuse est filmée, et un traitement d'images permet de caractériser la taille des matériaux présents sur cette

bande et de présenter leur courbe granulométrique. Cette mesure est utilisée pour suivre le procédé. Elle n'est pas précisément orientée vers la maintenance, mais elle est utilisable.

Il y a quelques années, il fallait de nombreux câbles pour une installation de carrière équipée, avec 5 000 entrées/sorties. Ce câblage présentait deux inconvénients : il était réservé aux installations fixes, et il était difficilement compatible avec des machines en mouvement comme les cribles. En effet, on pouvait craindre des problèmes de fiabilité, voire de maintenance et de sécurité.

Actuellement, les appareils utilisés fonctionnent avec les technologies Bluetooth comme la Wifi et la 3G. Les données peuvent être transportées de manière fiable sans câblage. Ces systèmes avec capteurs sans fil simplifient la prise de mesure en la rendant accessible et mobile. Ils permettent d'ajouter des précisions comme le positionnement. Ils sont aussi adaptés aux mesures ponctuelles.

L'exemple des pneumatiques

Prenons l'exemple des pneumatiques. Un pneu sous-gonflé pose des problèmes de sécurité, une usure accélérée, une consommation et un risque d'endommagement de la carcasse. Ce pneu sous-gonflé a une durée de vie moins élevée de 15 % par rapport à un pneu correc-



« Que veut-on mesurer ?
Et quel en est l'enjeu ? »

Grégoire Daviron, directeur
commercial des services Metso

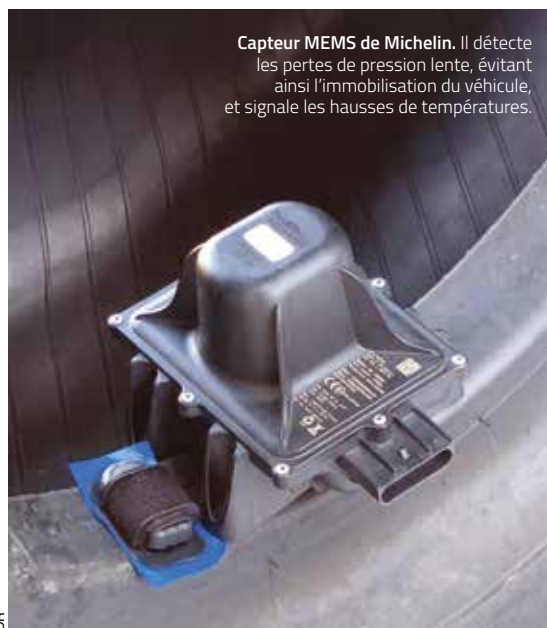


Michelin



Eero Hamalainen

tement gonflé. Le sous-gonflage comme le mauvais gonflage sont pourtant fréquents. Michelin a procédé à 24 000 mesures de pression sur des pneus de génie civil en France, en 2016, et a décelé 38 % de sous-gonflage. C'est dans l'objectif d'offrir une meilleure sécurité et de générer des économies que Michelin a mis au point le système MEMS. Ce dernier inclut des capteurs positionnés à l'intérieur des carcasses des pneumatiques, qui mesurent en permanence la température, la pression et aussi qui indiquent la position du pneu grâce à un GPS intégré. Les données mesurées donnent des alertes en temps réel qui peuvent être reçues sur une tablette, et des rapports qui permettent d'assurer un suivi du parc de pneus.



Capteur MEMS de Michelin. Il détecte les pertes de pression lente, évitant ainsi l'immobilisation du véhicule, et signale les hausses de températures.

DR

Ce système améliore la fiabilité des pneumatiques : il est simple à installer et les données sont faciles à collecter. Les données de ce capteur de pneu MEMS sont ensuite transmises, via une transmission (3G, Ethernet, Wifi) à l'engin (tombereau, chargeuse). Ces données sont ensuite analysées à travers des tableaux de bord afin de suivre une flotte, et permettent de savoir où sont les engins, et sur chacun des engins de connaître les températures, les pressions et leur position.

L'exemple des cribles

Un autre exemple concerne les cribles. Cette machine vibrante, à forte énergie (jusqu'à 7 G), porte en elle les gènes de son autodestruction lorsque son mouvement est contrarié. Si le mouvement est déséquilibré, quelle qu'en soit la raison, les matériaux en pâtiennent. Mais d'autres problèmes peuvent survenir : les appuis deviennent instables, des frottements sont perçus sur la ligne d'arbre, voire des déséquilibres et des mouvements contrariés. Il n'est plus possible de changer un roulement sur un crible si les dégâts sont devenus irréversibles avec des fissurations et des casses qui peuvent entraîner la destruction de la machine.

Différents outils s'avèrent nécessaires pour contrôler un crible en sortie d'usine, vérifier son bon fonctionnement à la mise en route et surtout s'assurer que les paramètres restent optimaux tout au long de la vie de la machine. C'est pour cela que Metso a développé le ScreenCheck, un outil permettant de contrôler rapidement les paramètres de fonctionnement d'un crible. L'objectif visé est d'améliorer la sécurité lors de l'utilisation de cet appareil mais aussi de réaliser des économies. Le ScreenCheck sert à la fois aux tests qui sont menés en usine, à la mise en route et lors des interven-

Anticiper une panne présente un intérêt économique évident, qui se traduit aussi en termes de sécurité, puisqu'il faut intervenir en urgence dans le cadre d'un contexte qui n'est pas celui d'une opération programmée.



Eero Hamalainen

tions du SAV. Cet appareil est fabriqué en France, à Mâcon.

Lorsqu'un crible neuf est mis sur le banc d'essais en sortie de production, différentes données sont mesurées en posant le capteur magnétique ScreenCheck sur la machine : la course, la forme et l'inclinaison de la trajectoire de vibration, les vibrations latérales, les fréquences propres du crible, et les vibrations de la charpente.

La fréquence propre d'un crible est souvent éloignée de la fréquence à laquelle il est utilisé.

À l'arrêt, à l'aide d'un marteau, un technicien relève les fréquences propres de vibration du crible. Connaissant la vitesse du moteur sur le site étudié, il vérifie si le crible ne risque pas d'entrer en résonance. De manière générale, en fonction de la plage de vitesse d'utilisation, il fait définir les paramètres de fonctionnement de manière à s'éloigner le plus possible des fréquences propres du crible.

L'intervalle de valeurs d'accélération est défini par le bureau d'études de Metso à partir d'abaques qui sont issues de milliers de retours d'expériences du terrain. L'accélération d'un crible ne doit donc pas sortir de cet intervalle de valeurs au risque de détériorer rapidement la machine.

Les données de sortie, qui contiennent des alertes si les données sont hors norme, apparaissent sur l'écran

d'une tablette. Ces résultats sont consignés, des rapports sont édités puis approuvés avant la livraison de la machine. Lors de la mise en route sur le site, les mêmes contrôles sont effectués, puis d'autres points sont vérifiés : les déplacements des pieds du crible, ceux de la structure qui supporte le crible, la fréquence propre du crible pour s'assurer que la fréquence propre de la structure ne pose pas de problème d'inadéquation.

Les résultats sont conservés pour être utilisés lors du service après-vente. En effet, lors de l'inspection d'un crible, les mêmes tests sont refaits pour vérifier que la machine reste bien dans ses paramètres d'origine.

L'analyse des données

Les questions qui se posent, avant de prendre des mesures, concernent en premier ce que l'on veut mesurer : il est important d'en connaître l'enjeu, et de savoir ce que l'on veut éviter. En effet, on ne peut pas économiquement tout mesurer, même si techniquement beaucoup de données peuvent être mesurées. Ensuite, la question de la fréquence est aussi importante : une mesure prise toutes les deux secondes ou une tous les ans ne donnent pas le même résultat.

Il faut parfois descendre jusqu'à la microseconde pour voir apparaître certains phénomènes. Enfin, la question de l'objectif est à prendre en compte : que veut-on faire avec les résultats de ces mesures ? Quelles sont les tolérances et les valeurs cibles vers lesquelles aller ? Pour savoir si les résultats sont conformes ou non, il faut se rapprocher du constructeur. Pour les cribles, les trajectoires doivent être revues avec le constructeur pour connaître et suivre les valeurs de référence.

Les outils ont été améliorés. Ils sont plus simples, moins chers et plus fiables. Le capteur sans fil ScreenCheck permet ainsi de prendre des mesures sur dix cribles dans une même journée, sans poser un câble. Mais ils nécessitent une expertise pour savoir quoi mesurer et quelles décisions en tirer. ■

Grégoire Daviron, Metso

Contrôle des paramètres de fonctionnement d'un crible avec le capteur sans fil ScreenCheck.



Comment sont traitées les données ?

Les données en ligne : analyse et application

Quelles données peuvent être récupérées des machines ? Comment et sous quelle forme ? Quelle analyse de ces données peut-elle être proposée aux utilisateurs ? Pour quel usage ? Que faire lorsque le parc est multimarque ? Ce sont autant de questions auxquelles les intervenants ont répondu durant cette dernière partie de la journée technique.

Ces dernières années, la technologie des engins mobiles utilisés en carrière a beaucoup évolué. Cette évolution est liée aux constructeurs qui ont dû mettre aux normes les moteurs équipant leurs machines et qui nécessitent de nombreux capteurs pour leur gestion.

Les informations embarquées sur ces engins sont récupérées pour être analysées. Les données se situent à deux niveaux : d'abord dans la cabine du chauffeur, puis auprès du technicien venant récupérer les informations. Concernant le chauffeur, ce dernier récupère les données sur son écran tactile, dans la cabine, pour surveiller les codes d'erreurs et les composants de la machine. Il reçoit les alertes, avec éventuellement des codes couleurs qui lui signifient les niveaux critiques. Il voit aussi le niveau de gazole dans le réservoir, les

jauges d'huile, le programme des maintenances à venir. Cet écran constitue un outil que le chauffeur peut utiliser à son niveau pour la maintenance de niveau 1, avec une surveillance et un pilotage par tableaux de bord interactifs et menus déroulants.

Le deuxième niveau de récupération des données de la machine est celui de la maintenance. Il concerne le technicien qui vient avec un ordinateur portable pour se brancher sur la prise "diagnostic" de l'engin afin de récupérer l'ensemble des données (parfois plusieurs mégaoctets). Il peut récupérer les événements qui se sont déroulés durant les dernières heures voire durant des centaines d'heures dans la machine, établir des connexions directes d'outils de diagnostic, de réglages et de relevé de mesures, et procéder à des mises à jour de logiciels.



Les données envoyées par les machines sont stockées sur le serveur du constructeur. Pour les récupérer, son propriétaire doit se connecter de manière sécurisée sur le site du constructeur.

Volvo CE



Volvo CE

Une antenne GPS permet de localiser la machine, avec deux canaux utilisables selon les choix techniques des constructeurs.

Les données en ligne

Concernant les données en ligne de la machine, leur récupération est effectuée sur site par le chef de carrière ou par la direction du matériel, voire au siège de l'entreprise. Ces données comprennent pour les principales d'entre elles les heures de ralenti, les consommations, les taux d'utilisation. Différents systèmes permettent de communiquer les données des engins. Une antenne GPS permet de localiser la machine, et deux canaux sont utilisables selon les choix techniques des constructeurs : soit le réseau GSM avec une carte Sim et le réseau téléphonique, soit le réseau satellite s'il n'y a pas de couverture GSM/GPRS. Une machine équipée de CareTrack transmet sa position GPS, ses informations en temps réel, et d'autres données toutes les 24 heures. Actuellement, les constructeurs utilisent de préférence la téléphonie GSM parce

que sa couverture est assez globale. L'autre intérêt du GSM est qu'il est configuré pour envoyer les données en quantité importante chez les constructeurs. L'avantage d'un outil capable de transférer des volumes élevés de données, est que les informations transiteront un jour dans l'autre sens : il s'agira cette fois d'installer une mise à jour de logiciels dans un engin.

Les données sur le serveur du constructeur

Une fois les données envoyées, elles sont stockées sur le serveur du constructeur. Le propriétaire de la machine doit alors se connecter sur le site Internet, avec son ordinateur et une liaison sécurisée par un code d'accès, pour les récupérer. Pour l'instant, chaque constructeur a sa propre plate-forme : quand une carrière détient des machines de plusieurs constructeurs dans son parc, chaque engin envoie ses données sur la plate-forme du constructeur d'origine. L'exploitant reçoit donc un code client de la machine auprès de chacun des constructeurs concernés, afin de récupérer les rapports sur les consommations de gazole, les taux d'utilisation de la machine, et un bilan complet en termes de SAV sur une période calendaire. Chaque constructeur a défini ses rapports en fonction des demandes de ses clients, et ces dernières évoluent suivant les engins. Ainsi, pour trois constructeurs, l'exploitant d'une carrière a besoin de trois codes (ou login), et reçoit par conséquent trois rapports différents. Cette collecte d'informations peut devenir fastidieuse en voulant faire correspondre ces rapports avec des valeurs qui ne sont pas toujours les mêmes. Les constructeurs travaillent sur ces transferts de données pour les clients qui ont des parcs mixtes, avec un système appelé Webservice, pour que les informations envoyées soient converties dans un format standardisé avec une interface serveur/serveur unifiant les informations et les envoyant sous un même format à l'utili-

Heures de travail par jour	Utilisation de la machine	Rapports machine	Production
17-03-27	17-04-03		
Hier	La semaine dernière	Le mois dernier	Régénérer
Favoris:			
Machine	Identification de châssis	Date	Moteur en marche (h)
L150H S275 DEMO FRAH...	L150H005275	17-03-27	1,7
L150H S275 DEMO FRAH...	L150H005275	17-03-28	5,5
L150H S275 DEMO FRAH...	L150H005275	17-03-29	8,2
L150H S275 DEMO FRAH...	L150H005275	17-03-27-17-04-03	16,4

Heures de travail par jour	Utilisation de la machine	Rapports machine	Production
17-03-27	17-04-03		
Hier	La semaine dernière	Le mois dernier	Régénérer
Favoris:			
Machine	Identification de châssis	h	Total (\$)
L150H S275 DEMO FRAH...	L150H005275	14,40	234,80

Heures de travail par jour	Utilisation de la machine	Rapports machine	Production
17-03-27	17-04-03		
Hier	La semaine dernière	Le mois dernier	Régénérer
Favoris:			
Machine	Identification de châssis	Heures de fonction (km/h)	Vitesse moyenne (km/h)
A40G 342921 DEMO Fra...	A40G342921	16,10	8,58

Informations disponibles pour les responsables d'exploitation, avec les données d'utilisation des machines et de production.

Alarmer	Codes d'erreur	Historique	Plan d'entretien	Test de diagnostic	Maintenance	MATRIEL
Priorité 1: Rouge						
Machine	Date	Type d'alarme	Priorité	Compt...		
A40G 342921 dans Car...	17-03-31 17:58	Niveau d'huile, moteur: Dots	1	1		

MID : 249, PSID : 28, FMI : 5 CDC + électrovanne
ECU : BBM, Module carrossier
Désignation : Courant anormalement bas ou coupure

Informations pour les chefs d'atelier et les mécaniciens : suivi des entretiens, suivi des heures, fonctionnement des machines, prévention des pannes, alerte de dysfonctionnement, aide au diagnostic, etc.

sateur final. L'idée est que cet utilisateur reçoive, pour différents types de machines, le même type de rapport avec des variables identiques pour les traiter le plus simplement possible. Le Webservice assure des échanges de données relativement simples, et a connu un premier standard, développé il y a quelques années aux États-Unis par l'AEMP (*Association of equipment management professionals*). Cette version 1.0 du système avait une interface de programmation normalisée (API, *Application programming interface*) qui définissait un certain nombre de données machine sous un format défini. Depuis trois ans, une nouvelle version est apparue, la 2.0. Cette interface de programmation normalisée transfère les données brutes, et donne un accès en ligne à un volume de données limité.

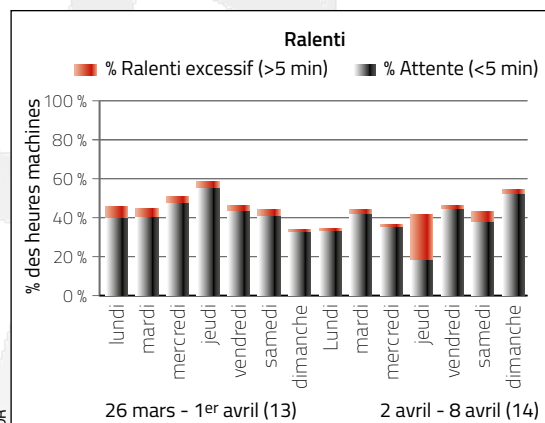
La norme ISO 15143-1

La nouvelle norme ISO 15143-1 (Engins de terrassement et machines mobiles de construction de routes - échange de données sur le chantier) définit de manière assez précise le format de ces fichiers. Elle facilite surtout l'intégration des fichiers chez les constructeurs en déterminant l'architecture du système pour l'échange des données. L'objectif de cette norme est de s'affranchir des formats des constructeurs, même si les deux formats vont continuer de cohabiter. En effet, l'interface de programmation spécifique du constructeur donne accès à un volume explicitant de données étendu, avec plus d'informations et plus de détails sur les codes erreurs de la machine. Cependant, l'interface normalisée de l'AEMP, avec un nombre de données plus réduit, permet déjà d'avoir une vision assez claire sur les paramètres importants de la machine.

Il faut noter que cette interface normalisée n'est pas axée précisément sur la maintenance. Elle est aussi orientée sur l'utilisation, en donnant des informations relatives à la consommation de gazole.

L'analyse des données

Il est possible d'obtenir une quantité importante de données, mais leur traitement et leur analyse sont nécessaires afin de les transformer en informations disponibles pour différentes catégories d'intervenants. Les informations disponibles peuvent être à destination des responsables d'exploitation, des responsables du matériel, des chefs de parc, des chefs d'atelier et des mécaniciens. Ainsi, le responsable d'exploitation est plutôt sensible aux données liées à l'utilisation des machines et à la production. Il recherche les temps de fonctionnement de la machine et ses temps d'arrêt sur une journée. Il s'intéresse aussi à la consommation de carburant, au travail effectif, à la durée des ralentis. D'autres données sont disponibles encore : la distance parcourue par la machine, l'utilisation des freins, le blocage du différentiel, etc. Ces données sur l'utilisation peuvent avoir une incidence sur la maintenance, comme les pourcentages de freinages, les pourcentages d'utilisation des ralentisseurs sur les machines.



Informations disponibles pour les responsables matériels et les chefs de parcs.
Elles présentent une vision globale du parc, avec la possibilité d'éditer un rapport de flotte.

Les responsables du matériel et les chefs de parc, de leur côté, souhaitent avoir une vision globale du parc d'engins, savoir où sont positionnées les machines, comment elles sont utilisées, connaître les pourcentages de ralenti, avec l'édition d'un rapport de la flotte.

Les chefs d'atelier veulent gérer le suivi des entretiens, le suivi des heures, le fonctionnement des machines, la prévention des pannes, et les alertes de dysfonctionnement. Ces données ont une incidence sur la maintenance. Quant aux mécaniciens, ils ont besoin d'informations pour l'aide au diagnostic comme, par exemple, un niveau insuffisant d'huile moteur sur une machine ou la température élevée du liquide de refroidissement.

L'action réactive

L'action réactive a lieu au déclenchement d'une alarme. Toutes les informations de la machine sont récupérables par l'utilisateur sur le site Web du constructeur, ou alors par réception d'une alerte paramétrée en fonction de son identifiant. Suivant la donnée reçue, l'utilisateur doit prendre les mesures nécessaires. Au moment où le défaut apparaît, la donnée reçue par l'utilisateur est un code erreur de la panne. Avec ce code, si le technicien est en capacité de résoudre le problème seul, il établit un pré-diagnostic, ce qui signifie que, avant de se déplacer sur le site pour voir la machine, il connaît l'origine de la panne et peut

Le chauffeur récupère les données sur son écran tactile pour surveiller les codes d'erreurs et les composants de la machine. Il reçoit aussi les alertes, avec éventuellement des codes couleurs qui lui signifient les niveaux critiques.



Volvo CE



éventuellement venir avec la pièce à remplacer. S'il ne peut pas résoudre le problème, il fait appel à un "expert" chez le constructeur ou chez le distributeur. Le constructeur, ou le concessionnaire de la marque, peut aussi réaliser un suivi depuis une plateforme de support. Dans ce cas, ce n'est pas le client qui s'occupe de gérer les alarmes mais le constructeur ou son distributeur. Celui-ci gère et pilote les alarmes, puis contacte l'utilisateur. Cette intervention est proche d'un mode proactif.

L'action proactive

L'action proactive consiste à avertir l'utilisateur avant qu'un dégât majeur ne survienne sur sa machine. Comment ? En raccourcissant les délais pour le diagnostic, en réduisant le nombre de déplacements et en facilitant une meilleure planification.

Cette action peut reposer sur la transmission de rapports réguliers qui contiennent l'état de santé des machines, et donnent une information sur un parc de machines, avec les alarmes les plus critiques, leur répétitivité, etc.

En effet, ces alarmes peuvent avoir des conséquences à court ou à moyen terme, et nécessitent une action cor-

rective. Les rapports sont scindés en deux pôles, avec d'un côté les alarmes techniques les plus critiques, comme la pression d'huile d'une boîte de vitesses, la pression de l'alimentation de carburant, etc. Ce genre d'informations, regroupées de manière synthétique dans un rapport, alertent le client. Le deuxième pôle concerne les alertes liées au comportement de conduite du chauffeur, dans l'objectif de mieux utiliser la machine : il s'agit de déplacements à vitesse élevée, de l'utilisation du ralentisseur vs l'engagement du frein, etc. Dans ces rapports sont indiquées les conséquences éventuelles pour chaque cas en termes de pannes ou de dégradation.

Une autre action proactive consiste, au lieu de transmettre un rapport, en un regroupement des informations sur la plateforme du constructeur. Le centre d'appels analyse les défauts et prend contact avec le concessionnaire qui, à son tour, contacte le client. Les données analysées sont celles qui sont le plus critiques, et en rapport avec un éventuel arrêt de la machine ou une mauvaise performance, un dommage sur des composants voire des problèmes en lien avec la sécurité.

L'utilisation des données sur site

Le constructeur reçoit un message concernant une machine en service. Exemple : la température du liquide de refroidissement est supérieure à la normale. La localisation et le nombre d'heures de la machine étant deux informations connues, une fiche avec un code erreur est transmise, avec les "symptômes" de la machine, les causes potentielles, éventuellement les composants concernés et l'intervention que le technicien devra réaliser sur place. En réponse, les éléments sont donnés pour réagir avec une action la plus juste possible, pour que le technicien ait ces informations avant de se déplacer. Autrement dit, l'action est déjà dans le prédictif et même dans le proactif.

La machine a transmis l'information au centre d'appels qui, à son tour, a contacté le concessionnaire. Ce dernier a appelé son client pour assurer un suivi, c'est-à-dire informer le centre d'appels que le problème a bien été résolu. Si cette action n'a pas été réalisée, le centre d'appels relance le concessionnaire.

Action proactive :
alerte de
comportement
de conduite
critique.



Trois exemples de suivis d'exploitation

La dernière partie de cette intervention a donné l'occasion de présenter Arkance Optimum, une société du groupe Arkance, filiale du groupe Monnoyeur, qui a pour mission d'optimiser la production en carrière afin de réaliser des gains d'exploitation, de coûts et en définitive de maintenance avec une meilleure utilisation des machines. Pour y parvenir, le moyen retenu est de suivre l'ensemble de la flotte de chargement-transport, peu importe la marque et la génération des machines. L'intérêt est que les exploitants analysent leurs données, les interprètent mais sans avoir à effectuer de traitement. Comment ? En récupérant leurs données sur la plateforme de la société Arkance Optimum où ils sont traités par des algorithmes. La finalité est d'optimiser le temps d'analyse de l'exploitant, pour lui éviter de remplir des tableaux et d'en devoir établir une synthèse.

Cette plateforme est un outil Internet, donc sans utilisation de logiciel, accessible depuis n'importe quel navigateur, et développé pour répondre à une problématique de l'exploitant. Il peut s'agir du temps de roulage sur les pistes qui est à améliorer, du temps d'attente trop long au déchargement à la trémie primaire ou encore du temps d'attente au chargement.

Les algorithmes sont donc "nourris" d'après les données transmises par l'exploitant pour orienter le travail des développeurs de la société afin de répondre au mieux à la sollicitation de l'exploitant.

Trois sites étudiés ont donc été présentés. Le premier travaille avec des relevés de drones, utilise des GPS de différents constructeurs et se sert de capteurs de pression et de température des pneumatiques. Le deuxième site utilise aussi des données récupérées de vols de drones, des données GPS et du pesage embarqué. Enfin, le troisième ne se sert que des données GPS.

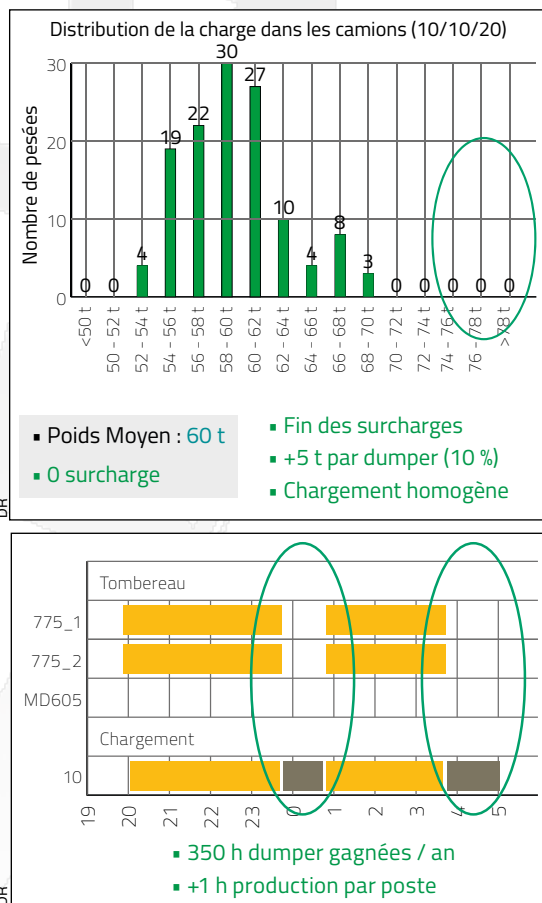
Chacun de ses sites a été confronté à une problématique bien particulière : le premier travaille sur deux fronts, avec un temps de transport moyen de 4 minutes 30 pour le premier front et une distance de 830 m, tandis que le temps de roulage est de 4 minutes 33 pour le deuxième front éloigné de 1 200 m de la trémie primaire. L'exploitant estime que le temps de cycle est trop long sur le premier front, et signale des chutes de matériaux sur la piste.

Dans le deuxième site, le pesage embarqué a mis en avant une distribution hétérogène des chargements, avec des surcharges et un poids moyen relativement faible (55 t) pour un tombereau rigide de 62 t de charge utile.

Le dernier site, quant à lui, voulait améliorer le ratio d'heures travaillées par rapport aux heures d'ouverture du poste.

Des résultats concrets

Après analyse des données par l'exploitant, conseillé par un ingénieur d'application d'Arkance Optimum, des mesures sont prises pour résoudre les problématiques rencontrées.



Sur le premier site, les pistes de roulage ont été analysées selon plusieurs critères (pentes, dévers, état, virages, signalétiques, croisements, etc.). Mais il s'est avéré qu'en modifiant un virage, il était possible de gagner une minute au roulage sur la piste menant au premier front (3 mn 30 et lieu de 4 minutes 30). Cette mesure a eu pour conséquences de réduire l'échauffement des pneumatiques et de faire baisser la consommation de gazole de 1 200 litres par mois. Avec un angle de virage moins serré, la perte de matériaux a disparu, évitant ainsi de recourir à une chargeuse pour nettoyer la piste.

Sur le deuxième site, l'analyse des chargements a pris en compte l'engin de chargement, le chauffeur et son travail, le front de taille et le tir. Pour éviter les surcharges, les consignes de chargement ont été rappelées par une formation, et un affichage a été ajouté pour que le chauffeur de la chargeuse connaisse bien la charge utile du tombereau. Conséquence : le poids moyen obtenu par tombereau est passé à 60 t, ce soit +10 % de mieux (5 t de plus), et sans aucune surcharge.

Sur le dernier site, l'analyse de l'organisation a donné l'occasion de revoir l'organisation des pauses, mais aussi le retour des engins, les temps d'échange avec les équipes, et l'utilisation du préstock. Ces mesures ont eu pour effet de réduire le temps d'attente des tombereaux. Actuellement, 350 heures de tombereaux ont été gagnées à l'année, ce qui représente environ 1 heure de production par poste. ■

Philippe Hoerner (Liebherr France), **Cyrille Freisse** (Volvo CE), **Kevin Franquin** (Arkance Optimum)