



QUALITÉ

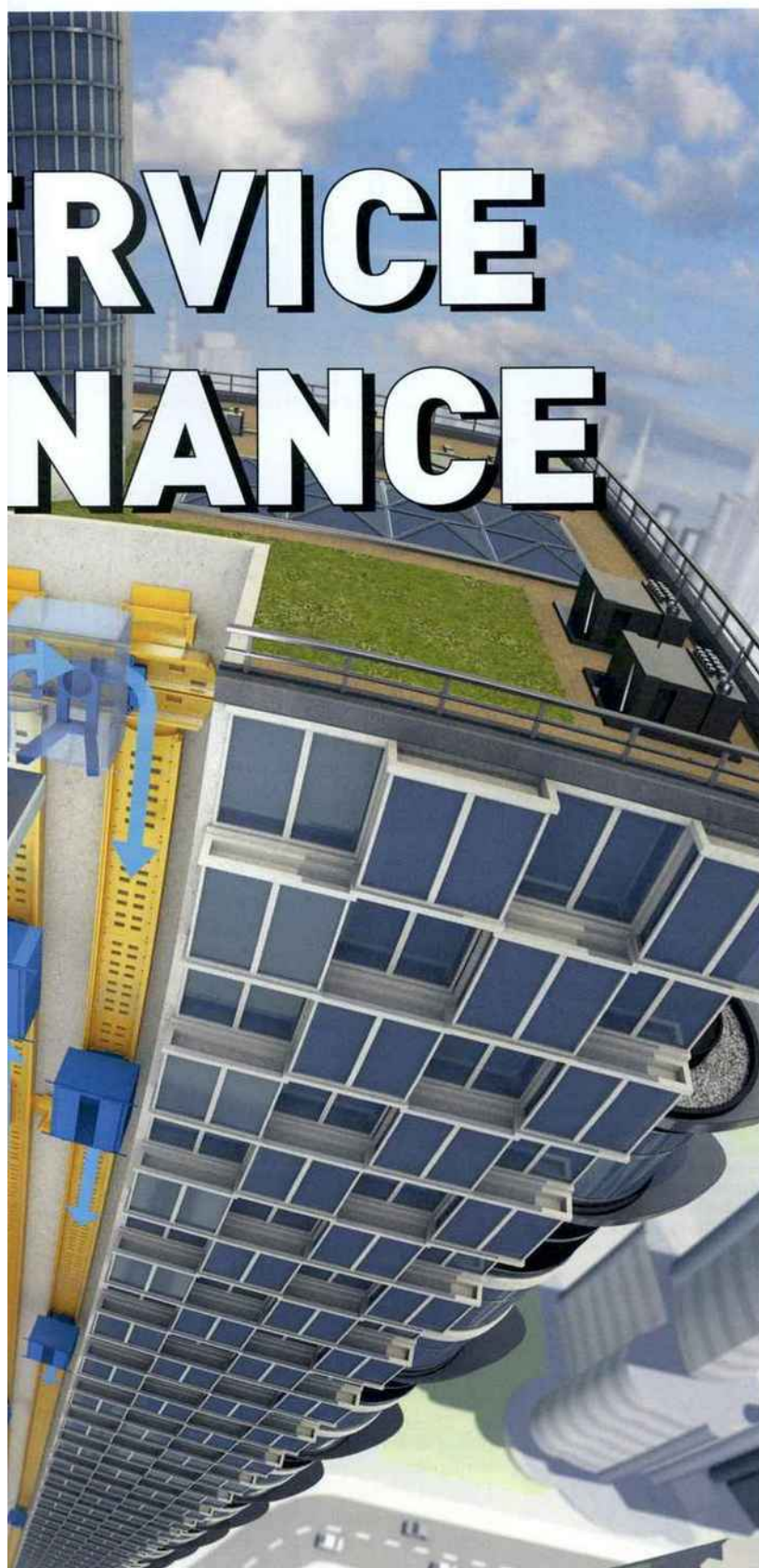
EXPLOITATION

LA DATA AU SERVICE DE LA MAINTENANCE PRÉDICTIVE

Photo © ThyssenKrupp

TEXTE : FRANÇOIS PLOYE
PHOTOS & ILLUSTRATIONS : BOSCH, GROUPE OSMOS, MORPHOSENSE,
FRANÇOIS PLOYE/AQC, SCHNEIDER ELECTRIC, THYSSENKRUPP

Avec le bâtiment connecté, les exploitants et les fabricants ont à leur disposition un gisement de données collectées sur le terrain. Stocké sur le cloud, ce big data peut être analysé afin d'optimiser la maintenance des équipements, et de passer ainsi d'une maintenance préventive à une maintenance conditionnelle, voire prédictive.



Un préalable est de bien distinguer les niveaux successifs de maintenance. Cette classification se retrouve aussi bien dans l'industrie, les transports ou le bâtiment.

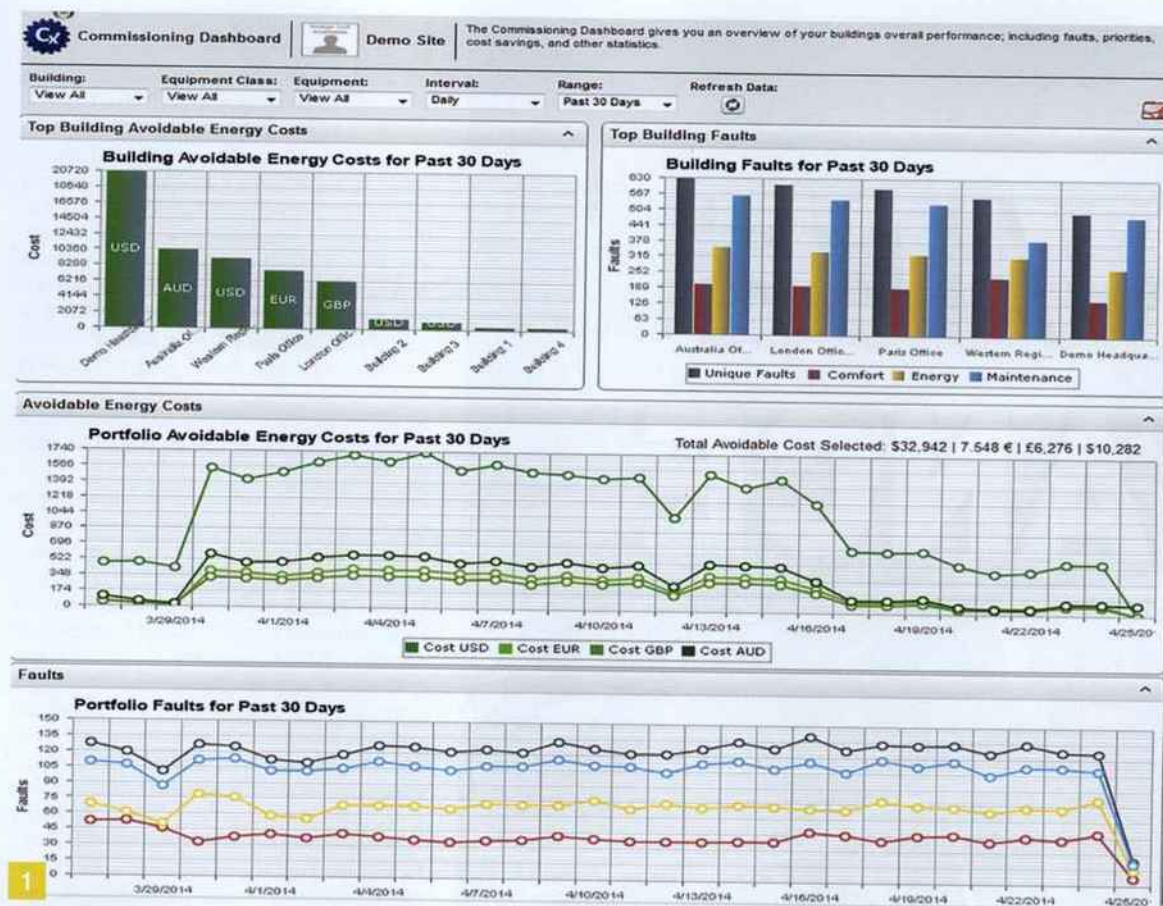
Le premier niveau est celui de la maintenance traditionnelle ou historique, dite maintenance corrective ou curative, pour laquelle les interventions se font sur demande à la suite d'une panne ou d'un dysfonctionnement. Peu onéreuse à la base, elle peut être source de contraintes et coûts importants en cas de dommages sévères et d'interruption du service rendu. Plus récente et largement répandue, la maintenance préventive consiste à planifier des visites d'entretien préventif à intervalles réguliers. Certaines pièces d'usure sont changées à l'avance et ceci même si les équipements fonctionnent bien. Cet objectif de zéro panne repose sur une approche théorique et engendre donc un surcoût.

La maintenance conditionnelle, elle, s'appuie sur le suivi des équipements et exploite des mesures réelles comme le nombre d'heures de fonctionnement d'un équipement ou son nombre de cycles. Par exemple, le débit d'air et la consommation énergétique d'une centrale de traitement d'air (CTA) vont être mesurés et collectés. Si le système détecte que la CTA consomme davantage ou que le débit d'air se réduit, c'est le signe d'une dérive qui peut nécessiter une intervention comme le changement de filtres. Intervenir en fonction de besoins réels optimise le temps consacré à la maintenance et le nombre de visites.

Enfin, la maintenance prévisionnelle ou prédictive décide de la date optimale d'intervention par l'équipe technique de maintenance en combinant une expertise heuristique sur les lois d'usure des équipements et une détection en temps réel des dérives. Les conséquences d'une panne peuvent être évitées tout en minimisant les coûts d'exploitation et d'intervention, les risques de sécurité et en maximisant l'efficacité énergétique des systèmes. Ce niveau permet de faire du diagnostic automatisé, des recommandations et du pronostic. Les recommandations pouvant être faites aux équipes techniques sont très variables : changer des pièces, changer l'usage de l'équipement, faire des réglages ou agir sur l'environnement des équipements, par exemple en modifiant la température de consigne du chauffage si elle a un impact sur la performance des machines.

L'évolution du bâtiment, source de nouveaux modes de maintenance

Le bâtiment moderne est instrumenté avec un réseau de compteurs, capteurs et sondes, régulé et intelligent via la GTB et les automates, et de plus en plus connecté. Avec la data et le cloud, de nouveaux services sont proposés aux usagers comme la programmation de leurs chaudières, le suivi de leurs consommations, ainsi que, pour les professionnels, des fonctionnalités comme la remontée d'alarmes et différents niveaux de maintenance à distance. Chez Schneider Electric, Luc de Cremoux, responsable services pour le bâtiment, explique : « *Concernant la phase d'exploitation du bâtiment, notre plateforme logicielle GTB est EcoStruxure Building et* »



notre offre historique est le contrat de maintenance autour de la GTB installée dans le bâtiment, comprenant les visites annuelles, le téléservice, la gestion de stock et la modernisation de l'installation dans le temps. Avec le cloud, nous avons développé de nouveaux services, dont Building Advisor pour le bâtiment, une offre de maintenance conditionnelle multi-sites.»

La convergence des techniques de Big Data, de cloud et d'analyse de données à base d'IA (Intelligence artificielle) prépare la voie à de nouveaux modes de maintenance. Cette révolution est à l'œuvre chez Carl Software, un éditeur de solutions logicielles de gestion des équipements et de maintenance assistée par ordinateurs. Leur marché couvre l'industrie, les hôpitaux, le bâtiment ainsi que la ville intelligente avec une clientèle de collectivités territoriales. « Notre offre initiale en maintenance classique a été couplée récemment avec un process d'optimisation pour faire de la maintenance opérationnelle qui peut aller jusqu'à la maintenance prédictive et collaborative. L'objectif est d'éviter en amont les pannes des équipements tout en optimisant la consommation énergétique », assure Youssef Miloudi, responsable technologique Produits chez Carl Software. Si la maintenance prédictive est encore balbutiante, elle est à l'étude chez de nombreux éditeurs et fabricants ainsi que chez les grandes sociétés d'exploitation. Outre la rupture technologique, il s'agit aussi de mettre en place de nouveaux contrats.

1 Avec le cloud, Schneider Electric a développé de nouveaux services dont Building Advisor, une offre de maintenance conditionnelle multi-sites.

2 Le groupe Osmos a développé un capteur, la Corde Optique, constituée de fibres optiques tressées dans une gaine et adaptée à la surveillance de la structure des ouvrages d'art et des bâtiments dont les Monuments Historiques. Les variations de déformations mesurées sont de l'ordre du micromètre.

Le défi de la connexion

« La condition pour mettre en place ces nouveaux modes de maintenance est de connecter les équipements et de pouvoir accéder à distance à la GTB. La notion de cybersécurité doit être prise en compte, par exemple en séparant le réseau de connexion GTB et le réseau informatique de l'occupant. L'offre de Schneider Electric est agnostique et compatible avec une liste de protocoles venant d'autres GTB mais le plus difficile à mettre en œuvre est cette phase préalable d'établissement d'un accès distant et cyber-sécurisé. Notre périmètre d'intervention se limite aux équipements relevant de notre domaine d'expertise qui est le CVC (chauffage-ventilation-climatisation) », note Luc de Cremoux.

Comme les outils de gestion tel que la GMAO (Gestion de maintenance assistée par ordinateur) ne fonctionnent pas en temps réel et à la vitesse d'acquisition des capteurs, l'éditeur Carl Software a complété son offre d'outil de gestion de maintenance par une plateforme IoT (Internet of things ou Internet des objets) pour la collecte à distance des données du bâtiment connecté. La connectivité se fait avec des partenaires comme Adeunis (capteurs et solutions sans fil), la startup Wattsense qui a développé une solution de pilotage à distance de la GTB ou nke Watteco qui commercialise des solutions de capteurs intelligents et des systèmes de télécollecte de données multi-protocoles (LoRa, Sigfox, Wireless Mbus...). « La collecte



des données et la détection des anomalies est un vrai défi, tout comme il est nécessaire de s'assurer de la qualité et de la fiabilité des données collectées. Des corrélations systémiques entre données permettent de déterminer si les valeurs remontées par les capteurs sont "normales" ou si les capteurs dysfonctionnent ou si l'équipement monitoré dysfonctionne», confie Youssef Miloudi. Du fait de la multiplicité de l'offre commerciale tant en capteurs qu'en plateformes IoT, choisir la bonne architecture pour surveiller, piloter et connecter son bâtiment est un sujet en soi et un préalable à la mise en œuvre de nouveaux modes de maintenance distante.

Collecter des données fiables

L'ingénierie de surveillance d'ouvrages est aussi concernée par l'irruption du connecté. Spécialisé dans ce domaine depuis sa création en 2001, le Groupe Osmos a la capacité de mener une surveillance locale ou globale d'une structure, allant de quatre capteurs pour une maison jusqu'à plusieurs dizaines pour un ouvrage complexe, voire plus d'une centaine pour les ouvrages les plus exceptionnels. « Les mesures collectées peuvent être transmises en filaire à une centrale d'acquisition qui communique en 4G avec notre serveur, ou directement par liaison radio sans fil de type BLE (Bluetooth low energy) avec des capteurs autonomes de la gamme Liris qui sont dotés d'une électronique embarquée. Les données ainsi collectées sont stockées sur des serveurs sécurisés et partagées avec le client sur notre plateforme logicielle Safe Works », présente Constant Choqueuse, directeur Département ingénierie et projets du Groupe Osmos. Créé en 2001, le Groupe Osmos a développé et breveté une technique de mesure innovante par Cordes Optiques, des fibres optiques tressées dans une gaine. Leur offre de service consiste à déployer et opérer ces capteurs sur les parties structurelles des ouvrages pour monitorer leurs éléments porteurs, vérifier leur état de santé et suivre les évolutions afin d'anticiper les risques structurels. Les infrastructures sont souvent assez complexes d'un point de vue structurel, les mettre sous monitoring demande une expertise spécifique. « Notre mission démarre par une visite de l'ouvrage pour identifier les pathologies ou risques de pathologies et évaluer les possibilités techniques en termes de monitoring : choix des capteurs et de leurs implantations. Une fois les systèmes mis en service, notre valeur ajoutée est alors d'analyser les données collectées grâce à des algorithmes développés en interne, qui permettent d'extrapoler les évolutions du comportement structurel à court, moyen et plus long terme. Cette information est essentielle pour évaluer et planifier les futures maintenances à réaliser », avance Constant Choqueuse. L'analyse des données collectées permet d'évaluer le comportement de l'ouvrage au fil des saisons et de détecter tout comportement anormal. Pour les fabricants et éditeurs, cette analyse des données collectées au fil des projets et des années est perçue comme un facteur fort de différenciation. « Par rapport à des concurrents, la différenciation dans l'offre réside dans l'analyse faite avec les données collectées. Cette ingénierie comportementale nécessite une réelle expertise métier dans le calcul et la conception des structures. Nos développements actuels se



3 Photo © Morphosense



4 Photo ©2019 - François Ploye - AOC

“La maintenance prédictive s’appuie sur l’analyse d’une base de données qui doit être structurée et cohérente”

focalisent sur la maintenance prédictive qui consiste à analyser le comportement de l’ouvrage pour en estimer la durée de vie restante», confirme Constant Choqueuse. Créée en 2016, la startup grenobloise Morphosense du CEA Leti fait du suivi d’ouvrages avec son système Neuron. D’un point de vue technique, le système Neuron fournit en simultané sur les structures instrumentées les indicateurs de comportement statique avec la déformée 3D et dynamique avec les vibrations tridimensionnelles, les fréquences et modes propres. Sa capacité d’interopérabilité permet d’intégrer tout type de capteur lambda. « La maintenance prédictive s’appuie sur l’analyse d’une base de données qui doit être structurée et cohérente. Notre différenciation par rapport aux concurrents est de savoir acquérir en temps réel des données cohérentes et phasées temporellement, qui ne nécessitent pas d’être resynchronisées et recalibrées en post-traitement. C’est un préalable indispensable pour détecter avec une certaine fiabilité les signaux faibles et envisager de développer des outils fiables de maintenance prédictive », explique Alexandre Paleologue, président de Morphosense. Avec Neuron, la transmission filaire est indispensable pour garantir la synchronisation de plusieurs centaines de capteurs sur plusieurs dizaines ou centaines de mètres. Une transmission sans fil par protocole radio ne serait pas aussi fiable en environnement complexe.

L’apport de l’intelligence artificielle

Les données mesurées sur le terrain transitent par une passerelle de communication (gateway) qui les centralise et les envoie, soit en 4G avec une carte SIM, soit en WiFi via une box ADSL, vers le cloud. Ces données sont stockées, historisées, partagées et peuvent être analysées en temps réel et en automatique avec des algorithmes sophistiqués à base d’IA. « Usuellement la GTB remonte des alarmes mais sans établir de priorités. L’analyse automatisée des données collectées permet de détecter des dérives de fonctionnement des équipements et de trouver par des règles heuristiques ou statistiques les causes probables de ce dysfonctionnement », avance Luc de Cremoux. Des actions correctrices sont proposées en qualifiant les impacts suivant trois axes, la consommation énergétique évaluée en coût, le confort des usagers et la pérennité de l’équipement. Le client peut alors prendre une décision en fonction de ses priorités et définir des tâches pour l’équipe de maintenance interne ou externe. « Le client a accès à un tableau de bord via son navigateur web où figurent des recommandations, mais ce n’est pas tout à fait du prédictif. C’est un premier pas. Pour faire du vrai prédictif, il faudrait soit faire de l’auto-corrrection, par exemple que l’algorithme vienne corriger automatiquement une consigne qui a été modifiée pendant le week-end du fait d’un événement exceptionnel, soit être capable en détectant un dysfonctionnement, d’anticiper avec précision que tel équipement va tomber en panne à telle échéance », poursuit Luc de Cremoux. Chez Morphosense, la priorité à la création de la société fut de surveiller les ouvrages et d’acquérir des



données de façon massive et internationale. « Désormais, nous voulons aller plus loin. La maintenance prédictive va nous permettre d'exploiter la richesse des bases de données déjà constituées. Le cœur de notre développement sur ce sujet se fait en partenariat avec le CEA et le Cerema. L'objectif est d'exploiter les données utiles et de pouvoir en déduire que d'ici six à huit mois ou d'ici un an, cette pile de pont ou cette tour d'éolienne peut se dégrader », avance Alexandre Paleologue.

Deux méthodes principales peuvent être distinguées dans le traitement des données permettant d'aboutir à ces fonctions dites « prédictives » : l'apprentissage du système avec intervention de l'homme (ou machine learning), basé sur des signaux classifiés et pertinents au sein des bases de données collectées, et l'apprentissage automatique (ou deep-learning) qui rend le système totalement autonome et qui permettra une recherche de l'information prédictive pertinente sans intervention humaine. Ce dernier niveau exploite des technologies d'IA et repose parfois sur des technologies permettant des calculs intensifs telles que les réseaux de neurones ou les nouvelles technologies de processeurs (photonics computing). L'analyse développée par Morphosense porte sur les principaux indicateurs statiques et dynamiques (vibration et déformation 3D) mais aussi sur les signaux faibles. « Nous proposons deux services, le premier est la vente de systèmes et le second est un support pour améliorer et permettre au client une exploitation des données optimale. L'utilisation de l'IA à travers le machine learning permet de capter les signaux faibles. Ces signaux qui sont en dessous des seuils de détection révèlent les prémices d'une modification dans le comportement de



3 Le nœud de mesures de Morphosense fournit en simultané les indicateurs de comportement statique (déformée 3D) et dynamique (vibrations 3-axes, fréquences et modes propres) des structures instrumentées.



4 Le site de Technopole à Grenoble (38), livré fin 2016 par l'agence Arche 5 à Schneider Electric, est un des premiers en France à être équipé par le fabricant de son système de maintenance conditionnelle.

la structure. Certes, cette approche augmente les coûts de maintenance mais intervenir en amont au lieu de réagir à un désordre fait au global gagner de l'argent », soutient Alexandre Paleologue.

Utiliser la data

Si de nombreux éditeurs et fabricants d'équipements sont actifs dans le développement de solutions de maintenance prédictive, peu en sont au stade de la commercialisation. Un bon exemple est donné par Schneider Electric qui en est à la première étape, au stade de la maintenance conditionnelle, avec une nouvelle offre déployée depuis plusieurs années aux États-Unis et en Angleterre. Lancée en France cette année, cette offre comprend la fourniture du logiciel, les services associés et l'expertise avec un accompagnement par des experts distants ou présents sur site, qui analysent les recommandations, en tenant compte du contexte et qui conseillent des actions à engager. Au niveau mondial, le fabricant totalise environ 1 500 bâtiments connectés avec plus de 100 000 équipements ; avec ces retours d'expérience, l'analyse des données remontées devient plus précise, plus pertinente et plus intelligible. La cible est prioritairement les hôpitaux et les grands immeubles de bureaux d'une surface d'au moins 5 000 à 10 000 m², et la priorité sur les projets est de connecter la GTB avec le cloud. En France, les deux premières références de maintenance conditionnelle sont les sites de Schneider Electric à Rueil-Malmaison (92) et la Technopole à Grenoble (38). « Concernant le prédictif, certes tout le monde s'y intéresse et partage la même vision, mais ce sujet d'innovation va demander 



encore de nombreuses étapes d'expérimentation pour enfin arriver à une réelle prédictivité de la maintenance», avoue Luc de Cremoux.

Chez Bosch, le prédictif est un sujet en cours de développement qui devrait être opérationnel pour l'année prochaine. Actuellement, toutes les chaudières à gaz ou hybrides du fabricant peuvent être connectées avec la solution *Optibox* d'elm.leblanc via le réseau de télécommunication radio Sigfox et sans passer par une box Internet. La maintenance est actuellement de type préventive. Les paramètres de fonctionnement de la chaudière sont supervisés pour diagnostiquer les dysfonctionnements éventuels et identifier le cas échéant les composants à remplacer. En cas de panne, un code d'alerte est remonté et en fonction des éléments relevés avant la panne, une analyse de la cause la plus probable est faite par le système qui indique la pièce à remplacer. « L'étape suivante est le prédictif qui suppose de l'anticipation, de pouvoir déterminer les pièces à remplacer avant la panne, pendant la visite d'entretien qui est obligatoire. Le lancement en 2005 du boîtier Thermibox pour le télédiagnostic des chaudières par un système de communication sans fil GSM, a contribué à alimenter une base de données qui est exploitée par l'algorithme de maintenance prédictive. Cette base de connaissances sert pour établir automatiquement des liens de causalité, pour mettre en relief de manière statistique le lien existant entre différentes pannes, afin de pouvoir détecter les dérives d'une constante mesurée sur l'équipement et de décider d'un seuil d'intervention », précise Marc Trela, responsable marketing produits Bosch.

Pour France Energie, fabricant de Pac sur boucle d'eau, la maintenance prédictive est aussi un sujet en cours de développement. Pour le pilotage de ses équipements installés chez ses clients, France Energie a comme partenaire technologique le Groupe Arcom qui a fourni un langage ouvert permettant de programmer une régulation sur mesure pour chaque projet, comme prévoir l'encrassement des filtres ou la consommation en chaud et froid. « La maintenance prédictive modifie par exemple l'entretien des filtres. Au lieu de les changer de manière calendaire, il sera possible de surveiller le taux réel d'encrassement qui se traduit par une perte de charge mesurée au niveau de la consommation des ventilateurs. L'intervention du changement de filtre peut alors être programmée sur l'ensemble du parc ou sur une façade. En accord avec la maîtrise d'ouvrage, il est possible de prévoir une intervention par exemple lorsqu'on arrive à - 20 % du seuil défini. Des alertes peuvent aussi être remontées sur des composants qui s'usent », détaille Henri Marraché, directeur général de France Energie.

Un des rares à annoncer une solution opérationnelle de maintenance prédictive est le fabricant d'ascenseurs ThyssenKrupp. Cette solution baptisée *Max* est déjà connectée à plus de 125 000 ascenseurs dans le monde. Elle a été lancée officiellement en France le 14 mai 2019 après une phase pilote avec de premiers partenariats noués avec EDF pour son siège parisien, SNCF Gares & Connexions, Aéroport de Lyon ou Carrefour Property. Les briques technologiques sont une infrastructure IoT (fournie par Vodafone) qui recueille en temps réel les données de surveillance



5 Photo © Bosch

▲ **5** Toutes les chaudières à gaz ou hybrides du fabricant Bosch peuvent être connectées avec la solution *Optibox* d'elm.leblanc. Ce régulateur connecté permet de piloter et réguler à distance l'équipement et d'en suivre la consommation sur smartphone ou tablette.

▶ **6** Le fabricant ThyssenKrupp commercialise depuis le 14 mai 2019 en France son système de maintenance prédictive *Max* pour ses ascenseurs.

▶ **7** Avec des installations de plus en plus complexes, comme ici le futuriste *Système Multi* développé par ThyssenKrupp, la maintenance prédictive permet de réduire de moitié le temps d'indisponibilités des cabines.

des fonctions de l'ascenseur, une plateforme cloud (*Microsoft Azure*) et pour l'analyse un système de machine learning utilisant l'IA. Le fabricant annonce un temps d'indisponibilité de ses ascenseurs divisé par deux avec cette solution. La maintenance à l'aide de *Max* permet d'informer à l'avance, avant même qu'une panne ne survienne, les propriétaires ou les gestionnaires des bâtiments lorsque des systèmes ou des composants clés doivent être réparés ou remplacés. Il devient alors possible de planifier les interventions et d'anticiper les coûts.

Donner confiance au client

Chaque brique technologique nécessaire à la maintenance préventive doit être fiabilisée. Les solutions de gestion et d'analyse de Carl Software utilisent les données descriptives du parc (puissances, durée de vie, etc.) formant un ensemble de connaissances métiers, « les données terrain » obtenues avec les capteurs ainsi que des objectifs principaux donnés à l'équipement de la part du client, comme le fonctionnement de la climatisation sur telle plage horaire, avec telle consommation maximale. « Si notre offre de service va jusqu'à la maintenance prédictive et même collaborative, qui fonctionne comme la maintenance prédictive mais à l'échelle d'un système complet – l'usine, la ville, le bâtiment –, la maintenance prédictive n'est pas encore en production. Le marché est compliqué et il existe de vraies barrières à l'entrée pour nos clients, notamment la multiplicité de l'offre et son hétérogénéité, comme les nombreuses technologies pour les capteurs ainsi que la connectivité de l'existant. Il faut en outre savoir

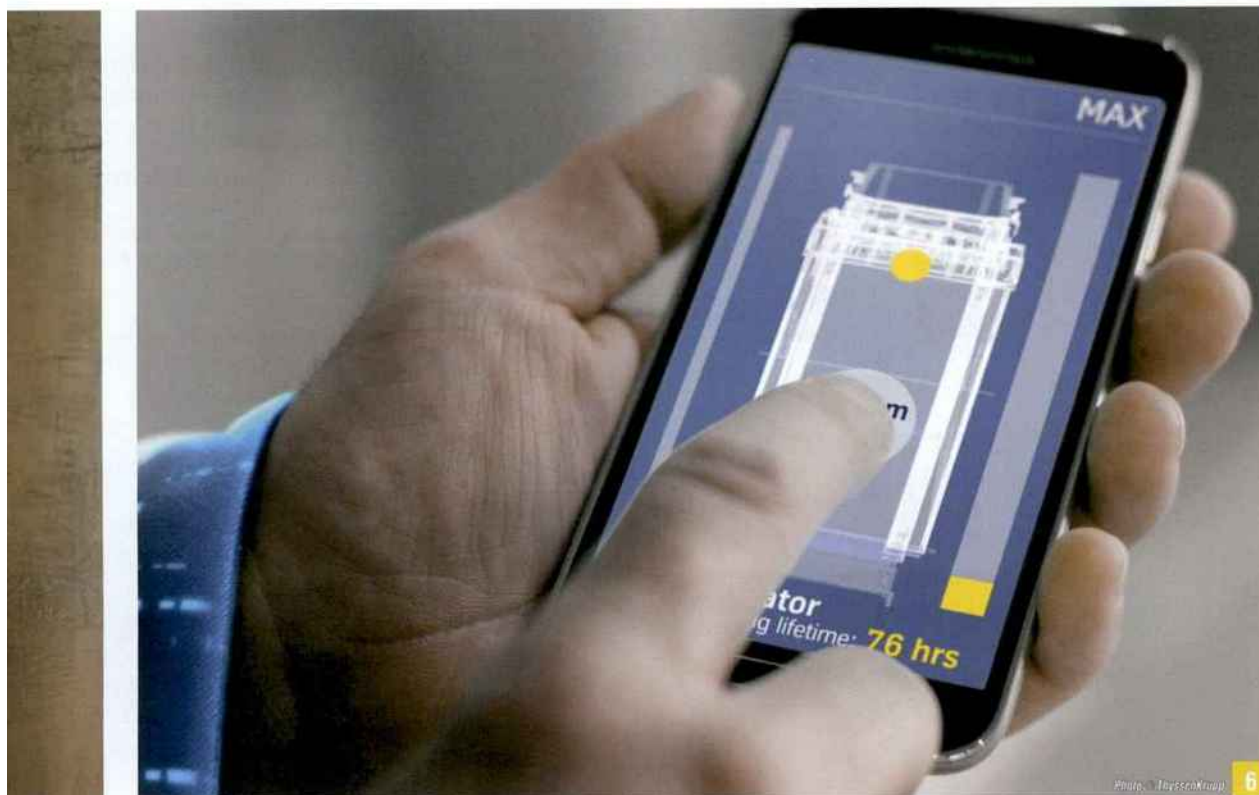


Photo : TheissenGroup

6

démontrer au client la valeur ajoutée de ces nouveaux services. Nous nous interrogeons sur la façon de quantifier vis-à-vis du client la confiance que nous pouvons accorder à tel ou tel algorithme, mais aussi aux jeux de données utilisés, et notamment leurs universalités, leurs transparences et l'absence de biais. C'est à ces conditions que nos clients pourront faire confiance dans les recommandations produites par nos solutions numériques», estime Youssef Miloudi. L'éditeur annonce deux premiers exemples de réalisation où sa plateforme IoT est déployée et des modules de maintenance prévisionnelle sont expérimentés pour être validés et industrialisés : le premier dans l'industrie avec Alstef Automation, le second étant le siège social de l'éditeur situé à Limonest (69), construit en 2016 suivant la RT 2012. Ce bâtiment comprend de nombreux équipements connectés et des automates qui sont réglés deux à trois fois par mois sur la base d'analyse des données collectées. Le bâtiment est instrumenté avec une soixantaine de capteurs de température, de luminosité extérieure, de vent, d'humidité, ainsi que par des capteurs techniques (débits réels de climatisation ou de CTA, positions des portes automatiques, etc.). En exploitant environ un million de mesures collectées par jour, la plateforme analyse puis produit des recommandations pour l'équipe de maintenance avec des réglages périodiques, permettant d'économiser entre 5 et 12 % de l'énergie consommée. ■



Photo : TheissenGroup

7

Logiciel de GMAO CARL Source

Profitez d'une GMAO adaptée à votre secteur d'activité

Industrie

Logiciel de GMAO pour l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique, aéronautique, automobile...

[CARL Source Factory](#)

Immobilier

Logiciel de Gestion technique du patrimoine immobilier, des infrastructures et réseaux des entreprises du secteur tertiaire.

[CARL Source Facility](#)

Santé

Logiciel de GMAO pour le secteur de la santé et la gestion des équipements biomédicaux.

[CARL Source Santé](#)

Transport

Logiciel de GMAO pour le Transport et les flottes de véhicules : métros, bus, tramways, engins, camions...

[CARL Source Transport](#)

Collectivités et Administrations

GMAO et GTP pour les collectivités territoriales et administrations.

[CARL Source City](#)

Paroles d'experts
en GMAO

FAQ
Nos réponses à vos questions
les plus fréquentes sur la GMAO

Success Stories

Découvrez les témoignages des utilisateurs de nos logiciels de GMAO

Renault Trucks



[Découvrir la Success Story](#)

Les îles Paul Ricard



[Découvrir la Success Story](#)

ArcelorMittal SSC



[Découvrir la Success Story](#)

Vous souhaitez plus de renseignements sur nos solutions de GMAO ?

[Demander une documentation](#)



www.carl-berger-levrault.fr