

# LA MAINTENANCE PRÉVISIONNELLE OU COMMENT PRÉVOIR LES DÉFAILLANCES AVANT QU'ELLES NE SE PRODUISENT

La maintenance conventionnelle, corrective ou préventive, est généralement mise en œuvre à partir de caractéristiques classiques de fiabilité des équipements, ce qui engendre parfois des arrêts inutiles, des opérations de maintenance superflues... Pour réduire ces conséquences coûteuses et potentiellement génératrices de risques, une alternative est de mener des actions de maintenance en « juste à temps » en anticipant les défaillances par une plus grande maîtrise des états dégradés de l'équipement. Cette approche proactive contribue à la prévention des risques professionnels.

---

**BENOÎT IUNG,**  
**ÉRIC LEVRAT**  
Centre de  
recherche en  
automatique  
de Nancy  
(Cran)

---

**JEAN-  
BAPTISTE  
LÉGER**  
société Predict

---

**A**u milieu des années 1990, l'émergence des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans les systèmes industriels a permis de mettre en place des processus de surveillance, de diagnostic, de pronostic et d'aide à la décision afin de caractériser les dérives et les dégradations de ces systèmes et d'anticiper leurs dysfonctionnements par des prises de décision adaptées aux phases d'exploitation ou de maintenance. Cette orientation anticipative est au cœur des défis actuels autour de l'« usine du futur » qui prône un bouleversement des processus de production induit par les innovations liées à Internet et aux technologies du numérique. Ce bouleversement, dans le domaine de la maintenance, se traduit par le concept de PHM (*Prognostics and Health Management*) qui considère le système à maintenir et le système de maintenance comme un tout, permettant de mettre en œuvre les actions demandées au bon moment: l'anticipation des défaillances d'éléments critiques et une planification optimisée des interventions contribuent à prévenir les risques industriels et à assurer et améliorer la sécurité des personnes et des biens. Ce concept est une contribution forte à l'objectif de maîtrise optimale du maintien en conditions opérationnelles (MCO) de tout système à entretenir en juste à temps.

## Prévoir plutôt que subir pour mieux maîtriser

À travers ce nouveau concept, la panne n'est donc plus subie, mais anticipée par la mise en œuvre d'une stratégie de maintenance prévisionnelle que l'on considère comme une extension de la maintenance conditionnelle.

La maintenance conditionnelle est définie selon la norme NF EN 13306 comme une « maintenance préventive (réalisée avant défaillance) basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent ». La maintenance prévisionnelle, quant à elle, est définie selon la norme NF EN 13306 comme une « maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien (signe avant-coureur de sa défaillance) ».

Les processus de traitement nécessaires à la mise en œuvre de la maintenance prévisionnelle réalisent donc deux fonctions essentielles: évaluer l'état courant (à travers une surveillance, un diagnostic) et donner une estimation crédible de l'état futur du système de production (à travers un pronostic, la génération d'un « bilan de santé ») pour aider à la prise de décision. Le résultat attendu est de disposer, à l'avance, de la bonne information, au bon moment et au bon endroit pour prendre la bonne décision en maintenance (Cf. Figure 1).

Ces processus-clés, qui vont de la surveillance à l'aide à la décision, sont normalisés au sein de cadres tels que celui de l'OSA/CBM (*Open System Architecture/Condition Based Maintenance*).

Par conséquent, contrairement à la maintenance conditionnelle, la maintenance prévisionnelle planifie l'intervention avant l'apparition de la défaillance et donc de ses effets sur le système. Le plan de maintenance élaboré est ainsi considéré comme évolutif, n'engendrant pas d'intervention préventive superflue et pouvant même offrir, par la considération des résultats de l'anticipation, des espaces d'opportunités (créneau DEFAD) pour regrouper des actions

(maintenance dite opportuniste). Les avantages de la maintenance prévisionnelle, à moyen terme, sont par conséquent perceptibles sur plusieurs aspects :

- impact sur la « disponibilité instantanée » du bien à maintenir par le suivi de ses dégradations. La notion de disponibilité est l'aptitude-probabilité que l'élément sollicité (par une commande, un ordre) soit en état d'accomplir sa fonction, dans des conditions fixées - la santé et la sécurité faisant partie intégrante de ces conditions - et à un instant donné;
- impact sur la « disponibilité moyenne » (moyenne de la disponibilité instantanée sur un laps de temps donné) par une meilleure planification des actions (par exemple impact limité sur la production), la suppression des actions inutiles et la réalisation d'actions de maintenance en parallèle d'autres actions (par exemple, préparation des outils nécessaires à l'action de maintenance en parallèle de l'approvisionnement en pièces de rechange);
- impact sur l'utilisation totale du bien à maintenir (maîtrise de la durée de vie) par l'évaluation de son potentiel restant en termes de performances, de capacités propres (fiabilité, etc.) et par adaptation de ses missions et modes opérationnels. Cet impact peut se révéler aussi judicieux dans des phases de garantie ou d'engagement en performances du bien;
- impact sur la qualité du produit ou du service délivré (au regard des attentes des utilisateurs)

par une meilleure maîtrise des interactions et influences entre dégradation de l'élément à maintenir et déviations des propriétés du produit ou du service;

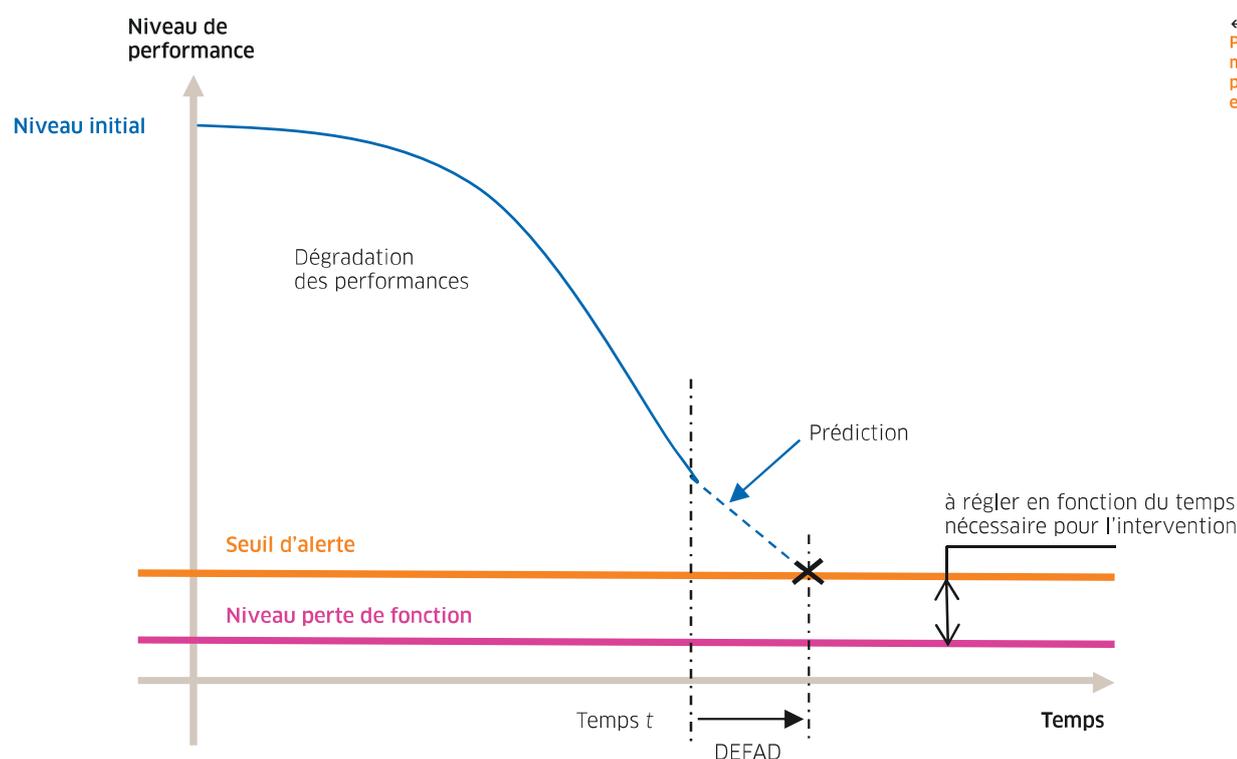
- impact sur la logistique de soutien par une gestion en temps réel adaptée des pièces détachées (suppression des pièces en surnombre, par exemple) et des ressources humaines;
- impact sur la sécurité en repérant à temps des dérives d'usage, des incidents mineurs, des schémas propices aux pannes, et en envisageant des scénarios potentiels avec leurs effets et risques associés pour diriger les ressources de maintenance en conséquence...

Tous ces impacts contribuent à améliorer les conditions d'intervention. Ils ont bien sûr une répercussion sur le coût global de possession du bien à maintenir. Ces impacts sont d'autant plus élevés que la potentialité des dégradations à surveiller est importante.

### Accéder aux données liées aux dégradations

Par conséquent, la crédibilité de la maintenance prévisionnelle est liée à l'accès aux données représentatives des dégradations à observer.

Cette problématique des données est cruciale pour la maintenance prévisionnelle, sachant que certaines dégradations ne sont pas observables, par exemple, dans le cas de défaillance soudaine ou d'une instrumentation trop coûteuse (coût des



DEFAD : durée estimée de fonctionnement avant défaillance  
créneau potentiel pour décider et planifier des interventions

← FIGURE 1  
Processus de maintenance prévisionnelle et de pronostic.



capteurs à mettre en place, coût de l'adaptation des capteurs à l'élément à surveiller et/ou à son environnement, etc.). Ces contraintes ont pour conséquence de promouvoir le choix d'une maintenance prévisionnelle surtout pour des systèmes ou composants considérés comme stratégiques (par exemple, en termes de risques ou de perte de productivité) pour lesquels le rapport bénéfice/investissement est nécessairement positif.

Dans ce cas, vis-à-vis de ces données, la question se pose de leur collecte à partir de capteurs (le « lac de données »), de leur analyse et de leur traitement dans un objectif de diagnostic et de pronostic de la dégradation. Les traitements vont surtout porter sur l'élaboration d'indicateurs pertinents permettant une comparaison entre une situation de référence (dite nominale) préalablement apprise ou élaborée et la situation actuelle décrite par les données collectées. Tout écart significatif entre ces deux situations peut être considéré comme un signe avant-coureur d'une évolution vers une situation de défaillance (dite non nominale).

Pour supporter ces aspects de collecte et de traitement, de nombreuses technologies et techniques numériques (intrusives ou non) existent comme la thermographie, la mesure acoustique, l'analyse vibratoire ou l'analyse d'huile qui font appel à des algorithmes sophistiqués. Ces algorithmes sont donc confrontés, dans certains cas, au traitement de volumes de données importants voire massifs, qui est aujourd'hui une problématique émergente labellisée sous le vocable de « Big Data ».

Toutes ces technologies de « traitement » au sens large des données (collecte, filtrage, fusion, stockage, etc.) sont de plus en plus souvent implantées au sein de nouvelles architectures de maintenance plus distribuées et coopérantes comme les architectures de e-maintenance ou de maintenance intelligente propice au déploiement d'une maintenance prévisionnelle. Ces architectures se structurent donc autour d'Internet pour permettre à différents acteurs de la maintenance (répartis géographiquement) aussi bien « technologiques » (par exemple, système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur [GMAO], capteurs, superviseur), qu'« humains » (par exemple, responsable maintenance, opérateur d'intervention, responsable de production, constructeur du composant) de partager des données, de l'information, de la connaissance et, par voie de conséquence, de prendre les décisions les plus adaptées. La décision émerge donc de la coopération entre les acteurs.

Ces architectures exploitent, entre autres, les capacités du *cloud* (délocalisation des applications de maintenance sur des infrastructures distantes accessibles par tous: c'est le principe du « nuage de données »), mais aussi de la distribution de certains traitements de maintenance directement au sein des

composants pour les rendre plus autonomes. Ces composants peuvent être des capteurs dits intelligents qui possèdent non seulement des capacités classiques d'acquisition des données, mais aussi des capacités plus avancées de traitement pour générer directement, à partir de ces données, de véritables informations (après filtrage, seuillage, fusion, harmonisation, etc.), voire prendre des décisions localement. Pour développer, simuler, valider ces architectures, des technologies sont aussi requises permettant, par exemple, de modéliser les besoins, les exigences, les services, les choix organiques, etc.

### **Un laboratoire pour promouvoir la maintenance prévisionnelle**

Pour participer au développement d'une partie de ces technologies en maintenance prévisionnelle et ainsi favoriser leur adoption au sein des entreprises, le laboratoire Cran (UMR CNRS 7039) et la société Predict ([www.predict.fr](http://www.predict.fr)), spécialisée en solutions et services dans ce type de maintenance, ont mis en commun leurs compétences au sein d'un laboratoire nommé PHM-FACTORY (Fabrique de technologies cyber-physiques de PHM). Ce laboratoire a été labellisé par l'Agence nationale de la recherche (ANR) dans le cadre du programme LabCOM. Ce partenariat bilatéral vise globalement à soutenir l'innovation en PHM de Predict par le développement de nouveaux produits et services tels que CASIP (*Computer-Aided Safety and Industrial Productivity*) et KASEM (*Knowledge and Advanced Services for E-Maintenance*). En effet, l'activité majeure de Predict consiste à étudier des systèmes de biens ou de services (bateau, machine-outil, moteur, centrale de production d'énergie, par exemple), à analyser leurs dysfonctionnements principaux pouvant occasionner des pertes de performance et à concevoir des solutions-clés en main sur la base de ses produits. Ces deux outils, CASIP et KASEM, sont donc à considérer comme une offre globale de e-maintenance permettant l'ingénierie et le déploiement de solutions innovantes en PHM (pour anticiper les pannes, expertiser les causes, maîtriser les risques, capitaliser le savoir-faire, optimiser les actions de maintenance) intégrées avec les autres progiciels de l'entreprise (ERP - Système de gestion des données business de l'entreprise). Ce laboratoire commun doit aussi alimenter le laboratoire Cran avec des problématiques PHM industrielles qui émergent de cette PME pour favoriser l'émergence de nouvelles connaissances scientifiques. Ce défi en innovation est ambitieux, mais nécessaire pour contribuer à faire de la maintenance prévisionnelle une réalité industrielle visant à renforcer la capacité à anticiper les défaillances afin de recourir aux actions préventives les plus justes possible dans un objectif de réduction des coûts et des risques professionnels. ●