

La nouvelle norme Maintenabilité des biens durables à usage professionnel

- I. Une nouvelle norme sur la maintenabilité
- II. Qu'est-ce que la maintenabilité ?
- III. Les objectifs de la maintenabilité
- IV. La maintenabilité : un levier pour le développement durable
- V. Les facteurs de maintenabilité
- VI. Les indicateurs de maintenabilité
- VII. Les exigences de maintenabilité
- VIII. Programme de maintenabilité
- IX. Conclusion

I. UNE NOUVELLE NORME SUR LA MAINTENABILITÉ

Au même titre que la fiabilité, la maintenabilité est une caractéristique qui contribue à la disponibilité et aux coûts de cycle de vie des biens. Disponibilité et coûts sont en effet le résultat de la combinaison d'un nombre d'interventions de maintenance, qui dépend des défaillances et des dégradations et donc de la fiabilité, et des durées d'arrêt et des coûts dus à ces interventions et donc de la maintenabilité (y compris le soutien logistique).

Si tout commence par la défaillance ou la dégradation qui peut y conduire (fiabilité), les tâches de maintenance nécessaires et leurs effets dépendent de la maintenabilité. Il est donc essentiel d'y porter une égale attention que celle que l'on porte généralement à la fiabilité. C'est ce qui a conduit la Commission Maintenance (X60G) de l'AFNOR à constituer un groupe d'experts pour travailler sur ce sujet et publier en avril 2022 la norme NFX60-301 – « Maintenabilité des biens durables à usage professionnel ». Cette norme a été soumise récemment au comité technique Maintenance du Comité Européen de normalisation (CEN/TC319) en espérant en faire une norme européenne.

Elle s'adresse :

- aux concepteurs, constructeurs et ensembliers pour leur permettre de mieux comprendre les exigences de maintenabilité et de les intégrer lors des phases de conception, fabrication et installation ;
- aux maîtres d'ouvrage, propriétaires des biens, utilisateurs et mainteneurs pour les aider à définir les exigences de maintenabilité dans leurs cahiers des charges, et à mieux la prendre en compte dans leurs décisions d'acquisition, de remplacement ou de rénovation.

II. QU'EST-CE QUE LA MAINTENABILITÉ ?

La norme EN13306 la définit comme « l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état

où il peut accomplir une fonction requise ... », ceci en supposant que la maintenance est accomplie conformément aux prescriptions (conditions, moyens, instructions, ...). Mais ce qui intéresse plus particulièrement l'utilisateur est la maintenabilité opérationnelle, c'est-à-dire celle qui peut être constatée sur le bien compte tenu des ressources et des contraintes de l'entreprise. Cela conduit à distinguer les trois niveaux suivants :

- Les biens (équipements, dispositifs, ...) qui possèdent une maintenabilité intrinsèque indépendante de l'endroit où ils sont installés, et qui est de la responsabilité du concepteur/fabricant.
- L'installation où sont intégrés ces biens et qui introduit des facteurs extrinsèques de maintenabilité qui dépendent de leur localisation et qui sont de la responsabilité de l'ensemblier qui construit l'installation.
- Le soutien logistique qui est de la responsabilité de l'utilisateur, du mainteneur ou du propriétaire.

C'est la combinaison de ces différents niveaux qui détermine la maintenabilité opérationnelle qui pourra notamment être mesurée par un temps ou un coût.

III. LES OBJECTIFS DE LA MAINTENABILITÉ

La maintenabilité vise les objectifs suivants :

- Améliorer la disponibilité en réduisant les temps d'arrêt. La meilleure solution est bien sûr de ne pas arrêter l'installation en effectuant en fonctionnement les tâches de maintenance préventive et corrective. Comme ça n'est pas toujours possible on peut aussi faire en sorte de choisir la date d'intervention pour la placer en dehors de la période où le bien est requis et ainsi ne pas créer d'indisponibilité. Cela suppose que l'on puisse prévoir les défaillances ou retarder les réparations. Enfin, on cherche généralement à rendre le temps d'arrêt aussi court que possible en diagnostiquant et en localisant rapidement les pannes, en réalisant facilement les réparations ou les réglages et en remettant rapidement le bien en service.

- Réduire les coûts car un bien peut être techniquement maintenable sans l'être économiquement. Il faut donc limiter la charge de travail, la qualification requise des intervenants, l'outillage et les pièces de rechange nécessaires.

- Garantir la sécurité et la santé du personnel et préserver l'environnement. Un bien n'est en effet maintenable que si les tâches de maintenance ne présentent pas de risques inacceptables pour le personnel ou pour l'environnement.
- Ne pas dégrader la fiabilité en mettant en place des moyens d'éviter des erreurs ou des non-qualités de maintenance.

Ce dernier point met en évidence les relations qui existent entre maintenabilité et fiabilité. Outre les risques d'actes de maintenance inappropriés, une mauvaise maintenabilité conduira inévitablement à limiter les tâches préventives ce qui aura un impact négatif sur la fiabilité opérationnelle. Par ailleurs, on peut être conduit à rechercher un compromis entre ces deux caractéristiques en notant qu'une maintenabilité médiocre peut être compensée par une bonne fiabilité car le nombre d'interventions sera alors faible et qu'à l'inverse une fiabilité médiocre exige une très bonne maintenabilité pour notamment limiter les temps d'arrêt.

IV. LA MAINTENABILITÉ : UN LEVIER POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Les conséquences positives d'un bon niveau de maintenabilité sont nombreuses. Si un bien est maintenable :

- Il est réparé ou remis en état préventivement ce qui permet de ne pas le remplacer et de ne changer que ses composants défectueux. On consomme ainsi moins d'énergie et de matières premières pour le refabriquer et il y a moins de déchets à recycler, ce qui est bon pour l'environnement.
- Comme dit précédemment une bonne maintenabilité diminue les coûts et augmente la disponibilité et donc entraîne des bénéfices économiques.

- Le personnel de maintenance est moins exposé aux dangers et la maintenance est une activité le plus souvent locale ce qui a des impacts sociaux positifs.

On reconnaît là les trois critères du développement durable (environnement, économie, social) sur lesquels la maintenance, grâce à la maintenabilité, concourt efficacement. On peut donc affirmer que la maintenabilité et la maintenance sont des piliers du développement durable et sont donc essentiels pour le futur.

V. LES FACTEURS DE MAINTENABILITÉ

Il faut concrètement envisager ce que signifie « être maintenable » et c'est précisément ce que fait la norme NFX60-301 en présentant une liste a priori complète des différents facteurs de maintenabilité.

On pense immédiatement à l'accessibilité et à la facilité avec laquelle les biens peuvent être démontés, ainsi qu'aux outillages et pièces de rechange qui sont nécessaires mais il y a beaucoup d'autres facteurs à considérer et à traduire en exigences dans les cahiers de charges. Sans développer en détail chacun de ces facteurs qui sont décrits dans la norme, on peut en donner la liste en précisant ce qui les caractérise. Les premiers sont plus particulièrement liés au bien et à son environnement.

- 1) Aptitude à maîtriser les risques pour les personnes, le bien maintenu, les autres biens et l'environnement.
C'est notamment la capacité à identifier facilement les énergies, fluides et substances dangereuses et à les isoler des équipements. Il faut pour cela des dispositifs de sécurité visuellement identifiables et accessibles, avec des systèmes de cadenassage efficaces.
- 2) Détectabilité des dégradations
C'est l'aptitude à détecter et à suivre les dégradations pour permettre des actions de maintenance préventive. Ça demande de disposer de capteurs ou points de mesure à des emplacements appropriés, de possibilités sensorielles (parois transparentes ou mobiles, témoins d'usure, etc.), des vues pour des analyses d'images, ..., de manière à détecter des dégradations ou des symptômes en précisant les seuils admissibles.
- 3) Détectabilité des défaillances ou des pannes
Il s'agit de l'aptitude à révéler des pannes ou des défauts aux opérateurs et à permettre au personnel de maintenance d'en identifier l'origine. Il faut installer des alarmes pour les matériels en fonctionnement et pouvoir réaliser des tests sur les matériels en attente.
- 4) Aptitude à déclencher la maintenance préventive
C'est la possibilité de déclencher une maintenance préventive systématique ou conditionnelle. Ça nécessite des compteurs d'unités d'usage, qui peuvent être autres que le temps calendaire, comme le temps de fonctionnement, le nombre de cycles, la distance parcourue, le nombre de produits fabriqués, etc. Ils permettent de déclencher la maintenance systématique qui est une maintenance préventive active sans observation de l'état du matériel. Ils

déclenchent également les observations réalisées en maintenance conditionnelle qui sont éventuellement suivies de tâches de maintenance préventive active lorsque les seuils sont dépassés.

- 5) Capacité à être testé avant la remise en service
Il s'agit de la capacité à confirmer qu'un élément est capable de remplir ses fonctions requises avant la remise à disposition aux opérateurs de production/conduite. C'est donc la possibilité de réaliser des tests ou des essais avec un taux de couverture des fonctions satisfaisant. Des bancs de test peuvent être requis pour s'assurer du fonctionnement du matériel dans son environnement d'utilisation. Dans certains cas une requalification est nécessaire pour garantir le bon fonctionnement du matériel en situations incidentelles ou accidentelles.
- 6) Accessibilité au bien
Elle traduit l'absence de risque et la rapidité d'accès au bien et dépend notamment de dispositifs mis en place comme la présence de passerelles, nacelles, circuits de refroidissement, lignes de vie, besoin d'EPI (masques, respirateurs, etc.), etc. Elle peut se mesurer par le temps de transport du personnel pour se rendre à pied d'œuvre, le temps d'acheminement des pièces de rechange et des outils, les démontages nécessaires pour accéder au matériel et le temps pour remettre les choses en place après intervention.
- 7) Accessibilité aux composants
Elle peut se caractériser en particulier par le temps d'accès aux composants, le nombre d'autres composants à retirer ou à détruire, la masse et la taille des composants à manipuler ou à déplacer, le respect des contraintes anthropométriques, les dispositifs d'accès et de protection à mettre en place et le temps de remontage et de réglage des composants voisins.
- 8) Aptitude à l'identification et au repérage
Elle permet de réduire le temps de maintenance et d'éviter les erreurs en disposant de plans, schémas, moyens d'identification des matériels (étiquetage, marquage, plaques). On peut aussi utiliser des couleurs et des pictogrammes, des indications de sens de déplacement, des marqueurs de position, etc. Une attention particulière doit être portée aux dispositifs de consignation et aux points de mesure.
- 9) Démontabilité/Remontabilité
C'est la capacité à démonter et à remonter les composants sans les dégrader. Elle se caractérise notamment par le nombre de connexions entre les composants et la simplicité des actions pour les supprimer et les rétablir. Elle se mesure également par le nombre, la complexité et la spécificité des outils nécessaires, le nombre de personnes requises et leur qualification, les dispositifs anti-erreurs (poka-yoke) et l'identification claire de l'ordre dans lequel les composants doivent être démontés et remontés.
- 10) Aptitude à la manutention
Il faut pour cela faciliter le déplacement, l'installation et le dépôt de matériels, de pièces de rechange et d'outils. Il convient également de définir le type d'action à effectuer (pousser/tirer, soulever, déplacer), les espaces nécessaires, les équipements de manutention, les dispositifs d'accrochage et

de préhension, l'encombrement et stabilité des charges et les forces dynamiques et de maintien nécessaires, etc.

- 11) Visibilité
Il s'agit de s'assurer que les gestes du personnel de maintenance sont en permanence sous leur contrôle visuel, par exemple au moyen de parois transparentes ou facilement démontables, avec un éclairage approprié, une absence d'obstacles, des interfaces Homme-Machine ergonomiques, etc.
- 12) Nettoyabilité
Garder le matériel propre est important pour préserver sa durée de vie et éviter les dysfonctionnements dus à la poussière et à la pollution. Ça permet de détecter plus facilement les dommages et de faciliter les tâches de maintenance. C'est aussi un moyen de protéger les personnes du contact de produits toxiques ou pathogènes (contaminants radioactifs, chimiques, biologiques, etc.).
- 13) Aptitude aux réglages
Ça passe par la disponibilité de procédures de réglage, d'outils tels que des gabarits, de normes, de viseurs, boîtiers de réglage, de références comme des vibrations ou des signatures sonores, ... Il faut également prévoir des moyens de communication, en raison de la distance ou du bruit, quand ces opérations nécessitent plusieurs personnes qui doivent échanger des informations.
- 14) Réparabilité des composants
Certains composants ne peuvent pas être réparés et doivent être jetés et remplacés (joints, élastomères,...). L'aptitude à pouvoir être réparé dépend d'aspects techniques, mais aussi de la facilité de démontage/remontage des pièces défectueuses, de la solidité des pièces d'assemblage, des outils nécessaires et de la disponibilité des pièces de rechange à un prix raisonnable, de la possibilité de remplacer la pièce défectueuse par une pièce interchangeable, de la nécessité d'une requalification à des conditions accidentelles, etc.
- 15) Aptitude à l'interchangeabilité
C'est la possibilité de remplacer un bien par un autre fonctionnellement équivalent. Il faut pour cela que les fonctions ainsi que les connexions et fixations soient identiques et que leurs tailles et poids soient compatibles avec l'endroit où ils sont installés. L'interchangeabilité permet de réduire les conséquences de l'obsolescence et rend également possible le remplacement de biens par d'autres biens plus fiables.
- 16) Standardisation
C'est l'utilisation de biens identiques ou similaires en différents points d'usage. La standardisation permet de limiter le stock de pièces de rechange, de simplifier leur gestion, de limiter les exigences en matière de documentation et d'outillage, et d'accroître l'expertise technique et la qualité du retour d'expérience par le nombre d'événements observés sur des matériels identiques.
- 17) Modularité
La combinaison de composants facilement démontables et remplaçables remplissant une ou plusieurs fonctions dans des modules est un moyen de limiter les durées

d'indisponibilité. Ça permet de remplacer rapidement le module défaillant ou dégradé par un autre en bon état et de réparer en atelier celui qui est défectueux. Un module est caractérisé par ses fonctions, ses connexions et fixations, son poids et ses dimensions. Il facilite le démontage, l'interchangeabilité, et permet des échanges standard de matériels neufs ou réparés.

- 18) Tolérance aux pannes - Aptitude au fonctionnement dégradé - Aptitude au dépannage
La tolérance aux pannes est l'aptitude à remplir la fonction requise malgré les pannes ou les défauts. L'aptitude au fonctionnement dégradé permet, quant à elle, de remplir la fonction requise de manière réduite dans des limites d'acceptabilité définies. Enfin, le dépannage permet une remise en fonctionnement du bien pour une durée limitée. Ces différents facteurs ont pour but de différer des tâches de maintenance corrective, voire dans certains cas de les réaliser en fonctionnement.

- 19) Redondance
La redondance est un cas de tolérance aux pannes grâce à l'utilisation de plusieurs moyens pour exécuter une fonction requise. Elle peut être active ou passive et dans ce second cas il existe un risque plus important de pannes cachées. La redondance peut permettre de différer les actions correctives en ayant recours, en quelque sorte, à des pièces de rechange déjà installées.

- 20) Aptitude à la remise à disposition du bien
Il ne suffit pas qu'un bien soit réparé, il faut qu'il soit remis à disposition de l'opérateur prêt à démarrer, ce qui peut nécessiter des ressources (par exemple des dispositifs auxiliaires), des procédures appropriées et de l'énergie, et de ce fait entraîner des retards techniques, logistiques ou administratifs et des coûts ou des pertes (énergie, produits, etc.).

- 21) Aptitude à l'automaintenance/maintenance autonome
Il s'agit de l'aptitude à être maintenu par des opérateurs de production/conduite (maintenance de 1^{er} niveau) au moyen de tâches simples avec un minimum d'outils (détection et diagnostics de dégradation et de panne, remplacement/réglage, ... de composants). L'automaintenance permet d'améliorer la disponibilité des biens et de réduire les coûts. Elle s'applique notamment aux matériels à remplacer fréquemment (filtres, piles, consommables, etc.)

D'autres facteurs sont liés au soutien logistique et donc à l'organisation mise en place.

- 22) La documentation qui doit être claire, précise, exhaustive, disponible et reproductible et avoir une structure de préférence normalisée.
23) Les outillages doivent être simples, limités et standards.
24) Les compétences requises doivent être simples et en rapport avec les niveaux de maintenance définis dans la politique de l'entreprise.
25) Les infrastructures (atelier, magasins, bureaux,...) doivent être prévus avec les moyens nécessaires (énergies, communication, etc.).
26) Les articles (pièces détachées, matières et consommables) doivent être définis et codifiés. Une arborescence des biens peut être nécessaire.

- 27) L'aptitude au regroupement des tâches de maintenance pour constituer un plan de maintenance optimisé. Cette aptitude peut être liée aux processus de mise en sécurité de biens qui sont dépendants des mêmes sources d'énergie ainsi qu'aux moyens et outils nécessaires. Les niveaux et échelons de maintenance et les compétences requises sont aussi à prendre en compte pour permettre ce regroupement.

- 28) La pérennité des biens c'est-à-dire leur aptitude à ne pas être obsolètes, ce qui suppose la mise en œuvre d'un management de l'obsolescence.

VI. LES INDICATEURS DE MAINTENABILITÉ

On ne peut piloter que ce que l'on peut mesurer et il faut donc définir des indicateurs de maintenabilité. Ceux-ci peuvent mesurer l'indisponibilité des biens avec notamment le temps de réparation (MRT : Mean Repair Time) ou le temps de remise à disposition (MTTR : Mean Time To Restoration, qui n'est pas le Mean Time To Repair qui équivaut au MRT (voir les normes EN13306 et IEC60050-192)). D'autres temps plus spécifiques comme les délais techniques, logistiques, administratifs ou les temps de diagnostic de panne, etc. peuvent aussi être utilisés.

Les coûts directs (main d'œuvre, pièces de rechange, outillage, expertises, etc.) et indirects (pertes d'énergie, de matières premières, etc.) sont aussi des indicateurs de maintenabilité.

Les données anthropométriques comme les dimensions nécessaires pour le passage d'une main, d'un outil, d'une personne ou qui permettent au personnel de maintenance de travailler dans des positions confortables sans atteinte à leur santé (ex : poids des composants) sont également des indicateurs de maintenabilité.

VII.7. LES EXIGENCES DE MAINTENABILITÉ

Les exigences de maintenabilité sont définies par le maître d'ouvrage dans le cahier des charges qui est transmis au maître d'œuvre. Ces exigences doivent être réalistes, sans oublis, adaptées au besoin et sans excès inutiles qui s'avèreraient coûteux. Une analyse précise doit donc être effectuée pour permettre une bonne réalisation des tâches de maintenance corrective et préventive selon les échelons et niveaux de maintenance définis dans la stratégie de maintenance de l'entreprise.

Les facteurs de maintenabilité décrits ci-dessus doivent être analysés et donner lieu à des exigences précises, de préférence quantitatives et mesurables et à défaut qualitatives.

Des procédures de vérification doivent être déterminées et incluses dans le cahier des charges. Des tests ou des simulations peuvent être requis pour s'assurer de la conformité des biens livrés.

Les exigences réglementaires concernant en particulier la santé, sécurité de personnes (ex : Directive Machine) et l'environnement doivent être prises en compte.

VIII. PROGRAMME DE MAINTENABILITÉ

Le programme de maintenabilité est de la responsabilité du maître d'œuvre sur la base des exigences formulées. Il comporte les différentes phases suivantes :

- L'identification des données de base et notamment le profil d'utilisation, le fonctionnement et l'environnement du bien, le personnel disponible et ses compétences, les moyens et prescriptions en matière de santé et sécurité du personnel, la disponibilité requise pour le bien, les données de maintenance et de soutien logistique de l'entreprise, les clients et fournisseurs, etc.
- La définition précise des exigences de maintenabilité en fonction des objectifs. Pour cela il est utile d'effectuer une analyse fonctionnelle de l'installation, d'étudier la fiabilité des matériels, de déterminer la maintenance attendue, corrective et préventive, puis d'utiliser ces données pour analyser les besoins en termes de maintenabilité en y incluant le soutien logistique.
- L'allocation des besoins aux équipements, c'est-à-dire la répartition des exigences pour optimiser la disponibilité et les coûts de maintenance en tenant compte de la fiabilité des biens.
- La recherche de solutions pour réaliser un bien conforme aux exigences de maintenabilité
- L'estimation de la maintenabilité des différentes solutions concurrentes.
- L'analyse des compromis pour déterminer la solution optimale en comparant notamment, outre ses performances fonctionnelles, les facteurs de maintenabilité, la stratégie de maintenance et la fiabilité du bien.
- La vérification du respect des exigences de maintenabilité en mettant en œuvre des tests, observations, simulations.
- La définition du soutien logistique (outillage, infrastructure, moyens d'essais, systèmes de surveillance, pièces de rechange, formation, documentation, système d'information).

IX. CONCLUSION

La maintenabilité est une caractéristique essentielle qui contribue au développement durable. La norme AFNOR NF X 60-301 d'avril 2022, à laquelle l'AFIM a fortement contribué, présente une méthode pratique et structurée pour analyser et déterminer les exigences de maintenabilité des biens.

La conception d'un bien, outre les fonctions et performances qu'il doit remplir, doit aussi considérer sa fiabilité, la maintenance qui sera nécessaire pour assurer les performances attendues, et sa maintenabilité y compris le soutien logistique. Ces analyses qui paraissent devoir se faire successivement doivent en réalité interagir pour trouver le meilleur compromis entre tous les objectifs attendus en matière de santé/sécurité, environnement, disponibilité, coûts, durabilité, etc. en tenant compte des ressources de l'entreprise.

Antoine DESPUJOLS
Administrateur Afim
Président de la commission AFNOR X 60
« Maintenance »