



FEDERATION EUROPEENNE DE LA MANUTENTION
SECTION IX
APPAREILS DE LEVAGE DE SERIE

FEM
9.221

Vérification du rendement des approvisionneurs de casiers
Fiabilité Disponibilité

1ère édition (F)
10.1981

1. Avant-propos

Le présent règlement de la FEM donne une méthode homogène pour la détermination de la fiabilité et de la disponibilité des approvisionneurs de casiers. Elle permet d'établir une expression relative au rendement de manutention convenu entre le constructeur et l'utilisateur d'une installation à hauts rayonnages, rendement défini par le nombre d'entrées et/ou de sorties des stocks du magasin par unité de temps.

Le rendement de manutention est fonction, non seulement de la disponibilité des éléments du système, mais aussi de la durée du cycle, objet du document FEM 9.851¹⁾.

Une méthode pour la mesure des performances est indiquée sur la base de notions théoriques. Elle tient compte du discernement des temps de défaillance et des pannes suivant les domaines de responsabilités.

2. Bases théoriques et définitions

2.1 Fiabilité η_n

La fiabilité d'un élément du système sollicité de façon discontinue est égale à la probabilité que celui-ci remplisse correctement et sans incident, une fonction donnée. La fiabilité est déterminée expérimentalement par l'équation

$$\eta_n = \frac{n_r}{n_r + n_f} \quad (1)$$

dans laquelle

n_r = nombre d'accomplissements corrects de fonction
 n_f = nombre d'accomplissements faux ou perturbés de fonction.

La fonction considérée doit être mise à l'épreuve selon une fréquence statistiquement suffisante.

2.2 Disponibilité η_T

La disponibilité d'un élément de système pour une fonction déterminée, est égale à la probabilité que l'élément se trouve, à un moment quelconque du temps de fonctionnement, dans un état qui permette de remplir correctement et sans incident, la fonction considérée.²⁾

En vue de la détermination expérimentale de la disponibilité de différents éléments de système, l'élément de système considéré est observé dans des conditions de fonctionnement clairement définies, pour une sollicitation moyenne prévue, en un temps T statistiquement suffisant.

La disponibilité est déterminée par l'équation

$$\eta_T = \frac{T - T_{\text{déf}}}{T} \quad (2)$$

dans laquelle

T = temps total de marche

$T_{\text{déf}}$ = somme des différents temps de défaillance

Ainsi, le temps net de fonctionnement devient-il

$$T_{\text{net}} = T - T_{\text{déf}} \quad (3)$$

Le temps moyen de défaillance est égal au temps total de défaillance $T_{\text{déf}}$ divisé par le nombre des incidents $n_{\text{déf}}$:

$$\frac{T_{\text{déf}}}{n_{\text{déf}}} = \text{MTTR} \quad (4)$$

Le temps moyen exempt d'incidents est calculé de manière analogue:

$$\frac{T - T_{\text{déf}}}{n_{\text{déf}}} = \text{MTBF} \quad (5)$$

et, par conséquent, la disponibilité peut être également exprimée par l'équation

$$\eta_T = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \quad (6)$$

2.3 Temps de défaillance

Le temps total de chacune des différentes défaillances est composé des temps partiels suivants:

t_1 = espace de temps entre l'arrêt de l'appareil et le début de la recherche de la panne par le personnel compétent

t_2 = temps nécessaire à la constatation de la cause de la panne

t_3 = temps nécessaire pour le dépannage, jusqu'à la remise en ordre de marche.

- 1) FEM 9.851 Vérification du rendement des approvisionneurs de casiers; durée des cycles
- 2) Dans une installation comportant plusieurs approvisionneurs de casiers, la défaillance d'un appareil n'affecte que partiellement la disponibilité de l'installation. Le calcul de la disponibilité de l'ensemble de l'installation est exécuté en partant des règles fondamentales du présent document, suivant les règles mathématiques du calcul de probabilité (cf. Annexe A.2).
- 3) MTTR = mean time to restore
- 4) MTBF = mean time between failures

3. Application pratique

3.1 Essai de rendement

Le rendement de manutention d'un élément du système peut être vérifié par un essai de rendement. La détermination des durées de cycles s'effectue conformément à FEM 9.851.

Les essais pour la détermination de la fiabilité et de la disponibilité s'étendent sur une période de référence déterminée qui ne devrait pas être choisie trop courte. Pareil essai peut être également effectué pour la vérification des rendements convenus. Dans ce cas, le début et la fin de l'essai feront l'objet d'une convention entre utilisateur et fournisseur. La durée devrait se situer, suivant l'importance de l'installation, entre 1 jour et 1 semaine de travail.

Pendant les essais, il y a lieu de veiller à ce que la sollicitation des appareils évolue dans le cadre prévu, aussi bien en ce qui concerne la fréquence et le spectre des charges à stocker, qui devraient demeurer dans le cadre du spectre de charge qui est à la base de la conception (cf. FEM 9.512 5), qu'en ce qui concerne une répartition régulière des points de stockage abordés, sur l'ensemble du magasin, comme elle constitue p. ex., la base lors du calcul des durées de cycles (cf. FEM 9.851). Les programmes de surcharge, comme ils se produisent aux heures de pointe et lors du remplissage d'un magasin, sont, à cet égard, inopportuns.

3.2 Procès-verbal d'essai

S'il est procédé à un essai, l'utilisateur aura à établir un procès-verbal conforme à l'imprimé 1 6) dans lequel doivent être consignés:

- le début d'exploitation, les pauses durant l'exploitation et la fin d'exploitation,
- le nombre de cycles correctement effectués (n_r),
- le nombre de cycles mal effectués ou perturbés (n_f)

en outre, pour tout incident, les indications suivantes (heure et description):

1) Panne

Moment de la panne A et nature de la panne

2) Recherche de la panne.

Moment B de l'arrivée du personnel compétent et cause constatée de la panne

3) Dépannage

Moment C du début de dépannage et mesures prises à cet égard

4) Rétablissement de l'ordre de marche (Moment D)

Pour l'exploitation de ce procès-verbal, les temps de défaillance cités au paragraphe 2.3 sont calculés comme suit:

$$\begin{aligned} t_1 &= B - A \\ t_2 &= C - B \\ t_3 &= D - C \end{aligned}$$

3.3 Attribution aux domaines de responsabilité

Lorsque des essais sont effectués pour la vérification du rendement contractuel, il est nécessaire d'attribuer aux différents domaines de responsabilité, les causes de défaillance et les temps partiels, afin que l'utilisateur puisse clairement se rendre compte que l'approvisionneur de casiers fournit le rendement contractuel d'une part, mais qu'il n'y a pas lieu d'attribuer au fournisseur, des défaillances et temps de panne pour lesquels il ne peut être rendu responsable, d'autre part. L'exploitation est effectuée conjointement par l'utilisateur et le fournisseur.

Lors de l'appréciation d'un approvisionneur de casiers, il ne faut pas tenir compte, par exemple, des temps de défaillance qui ont pour origine

- des erreurs de manoeuvre
- des erreurs d'indication de données
- des défauts de palettes ou d'unités de charge
- des emmagasinages manuels dans le cas d'installations automatiques
- l'entretien
- etc.

Pour les autres incidents techniques, il y a lieu de distinguer les temps partiels t_1 , t_2 et t_3 .

Le temps t_1 est exclusivement déterminé par l'utilisateur et ne peut être imputé au fournisseur.

Le temps t_2 dépend des causes qui peuvent être imputées aussi bien à l'utilisateur qu'au fournisseur. Font partie du domaine de responsabilité de l'utilisateur, p. ex., la formation et la qualification du personnel d'entretien, la mise en place de l'outillage approprié, etc. Le fournisseur peut à priori monter un système de manière à ce que le diagnostic soit facilité en cas de panne.

Si dans de cas particuliers, l'on consacre du temps à examiner dans le détail les causes d'erreur, ceci ne peut être imputé au temps de défaillance.

Le temps t_3 peut être imputé au fournisseur sous réserve que:

- les pièces de rechange et d'usure éventuellement nécessaires à la réparation soient tenues prêtes par l'utilisateur, conformément aux conventions contractuelles et soient immédiatement disponibles.
- la formation et l'équipement du groupe d'entretien soient appropriés à l'exécution du travail en un temps acceptable.

3.4 Exploitation

A cet effet, on pourra utiliser, p. ex., la fiche d'exploitation conforme à l'imprimé 2 7).

3.4.1 Fiabilité

La fiabilité suivant formule (1) résulte des nombres de cycles consignés dans le procès-verbal d'essai. S'il y a lieu, à ce propos, de distinguer suivant les domaines de responsabilité, il ne faudra inscrire p. ex. pour le domaine de responsabilité du fournisseur, que le nombre de mauvais accomplissements de fonction qu'il aura à défendre (n_{fL}):

$$\eta_{nL} = \frac{n_r}{n_r + n_{fL}} \quad (7)$$

3.4.2 Disponibilité

A partir des données comprises dans le procès-verbal d'essai, le temps de défaillance total est calculé suivant la formule

$$T_{\text{déf}} = \sum_{i=1}^n (t_1 + t_2 + t_3)_i \quad (8)$$

Pour chaque domaine, les temps de défaillance sont calculés séparément et caractérisés par un indice, par exemple pour le domaine de responsabilité du fournisseur,

$$T_{\text{défL}} = \sum_{i=1}^n (t_{2L} + t_{3L})_i \quad (9)$$

5) FEM 9.512 Règles de calcul des approvisionneurs de casiers; Mécanismes

6) Voir page 6

7) Voir page 7

Le temps de défaillance attribué au fournisseur est rapporté au temps net d'exploitation T_{net} (cf. formule 3), et le quotient calculé selon la formule (10):

$$\eta_{\text{TL}} = \frac{T_{\text{net}}}{T_{\text{net}} + T_{\text{déf L}}} \quad (10)$$

Sur ce point, il faut remarquer que des temps individuels de transtockeurs peuvent exister alors que le système d'ensemble est considéré comme perturbé⁸⁾. Dans un tel cas, pour le calcul du temps d'exploitation net, seul les temps d'arrêt et de perturbation de l'appareil lui-même peuvent être soustraits du temps total d'exploitation, et non pas le temps de défaillance de l'ensemble du système, en particulier quand il s'agit de savoir si les conditions contractuelles sont remplies.

3.4.3 Rendement de manutention

A partir de la durée de cycle calculée suivant FEM 9.851 et des valeurs calculées suivant la méthode ci-dessus pour la disponibilité, on peut calculer le rendement de manutention. Il est positivement influencé par les valeurs élevées de disponibilité et par de brèves durées de cycle. Il peut être alors procédé, dans une mesure limitée, à une compensation entre les deux valeurs.

Si l'installation réalise, p. ex. lors de l'essai, une durée de cycle inférieure à celle convenue contractuellement, la garantie de disponibilité est réputée respectée, si le débit garanti a été atteint.

4. Valeurs indicatives

Compte tenu du fait que la formation du personnel opérateur et d'entretien n'est pas encore suffisante pendant les premiers mois suivant la mise en service de l'approvisionneur de casiers et que la marche permanente de celui-ci peut révéler d'éventuels défauts ou imperfections qui ne sont pas toujours perceptibles lors de la réception à l'usine, le fournisseur peut garantir une valeur de disponibilité croissante avec le temps:

après les trois premiers mois, à partir de la mise en service définitive, jusqu'à 90 %

après les trois mois suivants, c'est-à-dire 6 mois après la mise en service définitive, jusqu'à 96 %

Dans le cas d'installations particulièrement compliquées ou de conditions de travail particulièrement difficiles, les périodes et les valeurs de disponibilité peuvent s'en écarter.

Les valeurs limites de disponibilité indiquées ci-dessus ne s'appliquent que dans les conditions suivantes:

- a) L'utilisation de l'installation est exclusivement réservée au personnel instruit et entraîné.
- b) L'expérience montre que les défaillances se produisent plus fréquemment, lorsque l'entretien préventif normal n'est pas effectué soigneusement et correctement. L'utilisateur doit donc veiller à l'entretien préventif, suivant les instructions du fournisseur. Il est judicieux d'initier le personnel compétent de l'utilisateur, en le faisant participer à la mise en place et à la mise en service de l'approvisionneur de casiers, afin que d'éventuelles pannes puissent plus tard être réparées sans l'intervention du fournisseur.
- c) Les inspections et les entretiens ne sont pas compris dans les considérations de disponibilité.
- d) Les pièces de rechange et d'usure doivent se trouver à proximité de l'installation, conformément à la recommandation du fournisseur.

⁸⁾ P. ex. dans le cas d'ordre de marche erronnés d'un calculateur en amont.

ANNEXE A.1

Exemple de calcul

6 mois après la mise en service, l'approvisionneur de casiers a été soumis à une marche d'essai pour la durée d'une semaine.

Pendant les 5 jours d'exploitation par une seule équipe, l'appareil a travaillé au total $T = 37,3$ heures¹). Il a été enregistré au total des temps de défaillance $T_{\text{déf}} = 2,1$ heures dont seulement $T_{\text{déf L}} = 1,6$ heures, imputables au domaine de responsabilité du fournisseur (les 0,5 heures de différence ont été provoquées par des raisons indépendantes de l'approvisionneur de casiers). En appliquant la formule (9) et en se référant au temps net de fonctionnement

$$T_{\text{net}} = T - T_{\text{déf}} = 37,3 - 2,1 = 35,2$$

on a pour la disponibilité:

$$\eta_{\text{TL}} = \frac{T_{\text{net}}}{T_{\text{net}} + T_{\text{déf L}}} = \frac{35,2}{35,2 + 1,6} = 0,9565 \text{ ou } 95,65 \%$$

Ce résultat étant légèrement inférieur au résultat contractuellement garanti de 96 %, il été également tenu compte du rendement de manutention de l'appareil.

En comparaison avec les 25 cycles par heure convenus (durée moyenne du cycle 144 secondes), l'essai donnait une durée moyenne du cycle de 133 secondes²), donc 27 cycles indépendants par heure. Ceci étant supérieur aux 8 % convenus, l'appareil fournit, malgré que la garantie de disponibilité n'ait pas été entièrement atteinte, le rendement de manutention et peut, en conséquence, être réceptionné.

1) Compte tenu de la condition indiquée au paragraphe 3.4.2, dernier alinéa.

2) Cf. FEM 9.851 Vérification du rendement des approvisionneurs de casiers; durées de cycles.

ANNEXE A.2

Disponibilité dans le cas de plusieurs appareils

Afin de pouvoir formuler, dans le cas d'une installation comportant plusieurs appareils, une expression relative à la disponibilité, il faut que soient connus un grand nombre de conditions marginales qui se rapportent au degré précis de dépendance des différents éléments les uns des autres et à l'influence qu'exerce la défaillance d'un appareil sur la performance de l'ensemble de l'installation.

En admettant, par exemple, même lorsqu'en cas de défaillance totale d'un appareil pour une durée limitée, les autres appareils peuvent assumer sa fonction, que la disponibilité de la totalité du système $\eta_{T_{tot}}$ n'est lésée que lorsque tous les appareils sont simultanément incapables de fonctionner. Il est possible d'écrire, en partant des disponibilités particulières η_{T1} , η_{T2} , ... la formule suivante:

$$\eta_{T_{tot}} = 1 - (1 - \eta_{T1}) \cdot (1 - \eta_{T2}) \cdot \dots$$

c'est-à-dire, pour x appareils de même disponibilité

$$\eta_{T_{tot}} = 1 - (1 - \eta_T)^x$$

Lorsque les appareils considérés sont effectivement entièrement indépendants et remplaçables entre eux, ceci est une valeur mathématiquement exacte, qui se dégage également lorsque le groupe d'appareils est vérifié expérimentalement comme système total avec une entrée et une sortie et qui peut être aussi introduite dans des calculs de disponibilité en amont.

Dans la pratique, on attache occasionnellement davantage de prix à une déclaration indiquant l'importance de l'influence de la disponibilité d'un élément du système sur l'ensemble de l'installation. A cet effet on peut, p. ex., se servir d'une valeur de disponibilité corrigée $\eta_{T_{cor}}$ pour le calcul de laquelle les temps de défaillance d'un appareil ne sont pas évalués à leur hauteur maximum, mais seulement avec la part par laquelle ils lèsent effectivement la fonction de l'installation:

$$\eta_{T_{cor}} = \frac{T_{net}}{T_{net} + f_{cor} \cdot T_{d\acute{e}f}}$$

Si, p. ex., dans une installation comportant 2 appareils, l'un des deux peut, en cas de panne, assumer encore 60 % du rendement global de manutention (si le rendement global est donc réduit de 40 %), le facteur de correction est:

$$f_{cor} = (1 - 0,6) = 0,4$$

et la valeur corrigée de disponibilité

$$\eta_{T_{cor}} = \frac{T_{net}}{T_{net} + 0,4 \cdot T_{d\acute{e}f}}$$

Cette méthode permet une estimation de l'importance des éléments individuels de l'installation.

Les deux méthodes de calcul montrent cependant clairement, que même les faibles valeurs de disponibilité de différents éléments du système sont peu problématiques pour l'ensemble de l'installation lorsque l'on peut encore, en cas d'incident, continuer à travailler grâce à d'habiles combinaisons d'installations et à une stratégie d'utilisation appropriée.



**Vérification du rendement des approvisionneurs
de casiers**

Fiabilité

Disponibilité

Imprimé 2
du document

Fiche d'exploitation

FEM 9.221

Utilisateur

Fournisseur

Caractéristiques de l'appareil

N°
Type

Charge utile (kg)
Commande N°

Période d'exploitation du au
Nombre de jours/équipes

Nombre de cycles total (n)
perturbés (n_f)

dont du domaine de responsabilité
de l'utilisateur (n_{fB})
du fournisseur (n_{fL})

Cycles corrects (n_r)

Heures de
fonctionnement total (T) h
Temps de défaillance total ($T_{d\acute{e}f}$) h

dont du domaine de responsabilité
de l'utilisateur ($T_{d\acute{e}fB}$) h
du fournisseur ($T_{d\acute{e}fL}$) h

Temps net de
fonctionnement (T_{net}) h

Fiabilité

totale:

$$\eta_n = \frac{n_r}{n} = \frac{\dots}{\dots} = \dots$$

imputable au fournisseur:

$$\eta_{nL} = \frac{n_r}{n_r + n_{fL}} = \frac{\dots}{\dots} = \dots$$

Disponibilité

totale:

$$\eta_T = \frac{T_{net}}{T} = \frac{\dots}{\dots} = \dots$$

imputable au fournisseur:

$$\eta_{TL} = \frac{T_{net}}{T_{net} + T_{d\acute{e}fL}} = \frac{\dots}{\dots} = \dots$$

Disponibilité garantie

Remarque sur l'essai Approvisionneur de casiers réceptionné oui/ non

Lieu Date

(Signature de l'utilisateur)

(Signature du fournisseur)

Erstellt durch den technischen Unterausschuß „Regalbediengeräte und Stapelkrane“ der Sektion IX der
Prepared by the Technical Sub-Committee „Storage and Retrieval Machines and Stacker Cranes“ of
Section IX of the
Etabli par le sous-comité technique „Transtockeurs et ponts gerbeurs“ de la section IX de la
Emesso dalla sottocommissione tecnica „Trasloelevatori e gru impilatrici“ della sezione IX della

Fédération Européenne
de la Manutention
(FEM)

Sekretariat:
Secretariat:
Secrétariat:
Segretariato:

Sekretariat der FEM Sektion IX
c/o VDMA
Fachgemeinschaft Fördertechnik
Postfach 71 01 09
D-6000 Frankfurt 71

Zu beziehen durch das oben angegebene Sekretariat oder durch die folgenden Nationalkomitees der FEM
Available from the above secretariat or from the following national committees of the FEM
En vente auprès du secrétariat ou des comités nationaux suivants de la FEM
Da richiedere attraverso il su citato segretariato o i comitati nazionali della FEM

Belgique

Comité National Belge de la FEM
Fabrimétal
Rue des Drapiers 21
B - 1050 Bruxelles

Danmark

Dansk National Komite FEM
Transportmaterial Foreningen
Lille Kirkestraede 3
DK - 1072 Kopenhagen K

Deutschland

Deutsches Nationalkomitee der FEM
VDMA
Fachgemeinschaft Fördertechnik
Postfach 71 01 09
D - 6000 Frankfurt 71

España

Comité Nacional Español de la FEM
Asociación Nacional de Ingenieros Industriales
Via Layetana 39 (bajos)
E - Barcelona 3

France

Comité National Français de la FEM
SIMMA - Syndicat des industries de matériels
de manutention
10, avenue Hoche
F - 75 382 Paris cedex 08

Great Britain

British National Committee of FEM
Messrs. Peat, Marwick, Mitchell & Co.
7 Ludgate Broadway
GB - London EC 4V 6DX

Ireland

Affiliated Member of FEM
Crown Controls Ltd
IRL - Galway

Italia

Comitato Nazionale Italiano de la FEM
Associazione Nazionale Industria
Meccanica Varia et Affine (ANIMA)
Piazza Diaz 2
I - 20 123 Milano

Luxembourg

Comité National Luxembourgeois de la FEM
Groupement des Constructeurs et Fondateurs
du Grand-Duché de Luxembourg
Rue Alcide de Gasperi 7
Plateau de Kirchberg
Boîte postale No. 1304
L - Luxembourg

Nederland

Nederlands National Comité bij de FEM
GKT-Vereniging van Metaal industrieën
Postbus 190
NL - 2700 Ad Zoetermeer

Norge

Norwegian FEM Groups
Norsk Verkstedsindustri
Standardiseringsentral NVS
Box 7072 H
N - Oslo 3

Portugal

Commissao Nacional Portuguesa da FEM
CEMUL - Prof. Eng. L. O. Faria
Avenida António José de Almeida - I.S.T.
P - 1000 Lisboa

Schweiz / Suisse / Svizzera

Comité National Suisse de la FEM
Verein Schweizerischer Maschinen-Industrieller
Kirchenweg 4
CH - 8032 Zürich

Suomi

Finnish National Committee of FEM
Federation of Finnish Metal and Engineering Industries
Eteläranta 10
SF - 00 130 Helsinki 13

Sverige

Swedish National Committee of FEM
Materialhanteringsgruppen Inom Sveriges Mekanförbund
Box 5506
S - 11 485 Stockholm