



SECTION II

DE LA FEDERATION EUROPEENNE DE LA MANUTENTION
STETIGFÖRDERER • MANUTENTION CONTINUE • CONTINUOUS HANDLING

39/41, rue Louis Blanc - 92400 Courbevoie
☒ 92038 Paris La Défense cedex, France
tél. 01 47 17 63 35 - télécopie 01 47 17 63 30

RÈGLES POUR LE CALCUL DES APPAREILS MOBILES DE MANUTENTION CONTINUE POUR PRODUITS EN VRAC

1997



SECTION II

DE LA FEDERATION EUROPEENNE DE LA MANUTENTION
STETIGFÖRDERER • MANUTENTION CONTINUE • CONTINUOUS HANDLING

Secrétaire : Madame E. A. Codevelle
39/41, rue Louis Blanc, 92400 Courbevoie
✉ 92038 Paris-La Défense cedex, France
tél. 33 (0)1 47 17 63 27 - télécopie 33 (0)1 47 17 63 30

REGLES POUR LE CALCUL DES APPAREILS MOBILES DE MANUTENTION CONTINUE POUR PRODUITS EN VRAC

DOCUMENT 2 131 / 2 132

SOMMAIRE GENERAL

chapitre 1	Objet et domaine d'application	p 1-1 à 1-12
chapitre 2	Classement et sollicitations des charpentes et des mécanismes	p 2-1 à 2-45
chapitre 3	Calcul des contraintes dans la charpente	p 3-1 à 3-83
chapitre 4	Calcul et choix des éléments de mécanismes	p 4-1 à 4-34
chapitre 5	Prescriptions de sécurité	p 5-1 à 5-2
chapitre 6	Essais et tolérances	p 6-1 à 6-19

édition 1997

Chapitre 1

OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

CHAPITRE 1

OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

SOMMAIRE

	<u>Article</u>	<u>Page</u>
Préface et sommaire général	1-1	1-3
Introduction	1-2	1-5
Objet des règles pour le calcul	1-3	1-6
Domaine d'application	1-4	1-6
Liste des principaux symboles et désignations	1-5	1-8

1-1 PRÉFACE ET SOMMAIRE GÉNÉRAL

Les règles pour le calcul des appareils mobiles de manutention continue pour produits en vrac mises au point par le comité technique de la Section II FEM ont toujours trouvé une utilisation très large dans de nombreux pays à travers le monde.

Il convient de rappeler que le document FEM 2 131 - 01/1978 a été, depuis son édition en janvier 1978, adopté comme norme internationale ISO sous le numéro ISO 5049/1. Il sera proposé que celle-ci soit révisée pour reprendre les chapitres correspondants de la présente édition FEM.

La révision effectuée en 1997 n'apporte pas un changement de fond par rapport à l'édition de 1992. Les modifications importantes ont porté sur les points suivants :

- calcul à la fatigue des mécanismes,
- les résistances au frottement pour définir les mécanismes d'entraînement et les dispositifs de freinage,
- les tableaux décrivant les cas d'entailles des structures soudées.

Afin de conserver l'historique de l'évolution de ces règles applicables aux appareils définis ci-après dans le paragraphe "Domaine d'application", il a été indiqué ci-dessous l'apport de l'édition de 1992 par rapport aux documents :

- a) FEM 2 131, édition Janvier 1978 "Règles pour le calcul des appareils mobiles de manutention continue pour produits en vrac - chapitre I Charpentes",
- b) FEM 2 132, édition Juin 1977 "Règles pour le calcul des appareils mobiles de manutention continue pour produits en vrac - chapitre II Mécanismes".

La Section II FEM avait décidé de procéder à l'édition de 1992 de ces règles de calcul avec un triple objectif :

- 1) effectuer la révision périodique des règles ci-dessus mentionnées pour procéder à leur mise à jour,
- 2) les compléter de chapitres traitant notamment de la sécurité, des essais et des tolérances,
- 3) procéder, autant que possible, à une harmonisation avec la troisième édition des règles de calcul éditées par la Section I FEM en 1988 pour le calcul des appareils de levage.

Les trois objectifs qui ont conduit à l'édition de 1992 appellent les remarques suivantes :

1) Révision des règles FEM 2 131 - FEM 2 132

Cette révision périodique de 1992 ne constituait pas un changement de fond mais une mise à jour prenant essentiellement en compte les modifications intervenues dans d'autres normes concernant par exemple les unités, symboles des soudures, etc.

2) Compléments à l'édition précédente

L'édition de 1992 a été complétée par deux chapitres traitant :

- des prescriptions de sécurité (chapitre 5)
- des essais et tolérances (chapitre 6)

Il est prévu d'ajouter, dans une prochaine édition, un chapitre "Electriques".

3) Harmonisation avec la 3ème édition des règles de calcul de la Section I FEM pour les appareils de levage

Les bureaux d'études ayant à calculer des appareils de manutention (règles de la Section II FEM) et des appareils de levage (règles de la Section I FEM) ont rencontré quelquefois des difficultés dues à un certain manque d'harmonie entre les règles correspondantes.

S'il convient de noter que appareils de manutention continue et appareils de levage sont différents au niveau de la définition des sollicitations et de la combinaison de celles-ci, il faut également noter que, en revanche, la méthode de classement des appareils, de leurs mécanismes ou composants, et le calcul de certains éléments, doivent être similaires sinon identiques.

L'édition de 1992 a donc essayé dans toute la mesure du possible d'être en harmonie avec les règles de la Section I FEM. Malgré tout, certaines différences subsistent : elles pourront être réduites ultérieurement lorsque de nombreuses études en cours (calcul à la fatigue, définition des galets de roulement, calcul des effets de vent...) auront livré leurs résultats.

4) Principales modifications apportées aux documents FEM 2 131 et 2 132, éditions de 1978 et 1977 respectivement

Il est important de rappeler que la version de 1992 des règles pour le calcul des appareils de manutention continue pour produits en vrac ne comporte pas de modifications majeures sur le fond par rapport à l'édition précédente constituée des documents FEM 2 131 et 2 132.

En particulier, la définition des sollicitations s'exerçant sur les machines et la combinaison de celles-ci ont été conservées pour l'essentiel.

Les principales modifications peuvent être résumées comme suit :

- Classement des appareils, de leurs mécanismes et des éléments constitutifs

Des groupes ont été créés afin de faciliter le dialogue entre utilisateur et constructeur. Pour ce qui concerne l'appareil dans son ensemble, ces groupes, nommés A2 à A8, sont directement fonction de la durée totale d'utilisation souhaitée.

Les mécanismes peuvent être classés suivant huit groupes nommés M1 à M8, chacun des groupes étant fonction d'une classe de spectre d'une part et d'une classe d'utilisation (c'est-à-dire d'une durée totale d'utilisation) d'autre part.

Les éléments de charpente ou de mécanisme peuvent être classés suivant huit groupes nommés E1 à E8, chacun des groupes étant, comme pour les mécanismes, fonction d'une classe de spectre de sollicitations et d'une classe d'utilisation.

- Sollicitations intervenant dans le calcul des charpentes

Des précisions ont été apportées dans la définition de ces sollicitations notamment pour ce qui concerne les sollicitations dues aux effets du vent. Un cas de sollicitation a été ajouté et concerne les situations particulières éventuelles dans lesquelles peuvent se trouver les machines pendant l'opération de montage.

- Calcul des contraintes dans les éléments de charpente

Une méthode de choix de la nuance d'acier par rapport à la rupture fragile a été ajoutée : le choix est à faire parmi quatre groupes de qualité différenciés par la résilience des aciers correspondants.

Le chapitre concernant les assemblages boulonnés a été remanié et complété.

Les courbes donnant les contraintes admissibles à la fatigue pour les éléments de charpente ont été conservées et données en fonction du groupe de classement des éléments.

- Calcul et choix des éléments de mécanisme

Le choix des câbles est effectué en fonction d'un coefficient pratique de sécurité dépendant du groupe de classement du mécanisme. La charge de rupture du câble tient compte notamment des coefficients de remplissage du câble et de perte de toronnage.

Pour ce qui concerne le choix des galets de roulement, le coefficient C_2 est donné en fonction de la classe d'utilisation du mécanisme et non pas du groupe de classement, ceci afin de conserver la méthode utilisée jusqu'ici et qui donne satisfaction.

Pour conclure avec le résumé des principales modifications apportées en 1992 à l'édition précédente (documents FEM 2 131 et 2 132), il est bon de noter que les modifications apportées lors de la rédaction de la norme ISO 5049/1, publiée en 1994, (qui reprenait les règles FEM 2 131) ont été évidemment intégrées dans l'édition de 1992.

1-2. INTRODUCTION

Pour faciliter l'application de ces règles par les clients, les constructeurs et les organismes de sécurité, il est nécessaire d'apporter quelques explications en répondant aux deux questions suivantes :

- Comment appliquer ces règles, en pratique, aux différents types d'appareil dont elles régissent la construction ?
 - Comment un client doit-il utiliser ces règles pour préciser ses désirs relatifs à un appareil qu'il veut commander et quelles conditions doit-il fixer dans son appel d'offres pour que les constructeurs consultés puissent lui faire une proposition conforme à ces désirs ?
- 1) Il est nécessaire de prendre d'abord conscience de l'extrême variété des appareils couverts par les règles de calcul ; il est bien évident que l'on ne calcule pas de la même façon un appareil de reprise au parc à roue à godets, à service intensif et un petit appareil de mise au stock à service léger. Pour le second appareil, il peut n'être pas nécessaire d'effectuer la totalité des contrôles qui, à la lecture des règles, sembleraient l'être, car on aboutirait manifestement à un volume de calculs totalement disproportionné avec le but recherché.

Il appartient donc au constructeur, dans chaque cas particulier, de rechercher quels sont, dans l'appareil nouveau qu'il étudie, les éléments qu'il doit calculer et ceux qui peuvent être adoptés sans calcul. Ceci, non pas parce que ces derniers éléments pourraient être acceptés comme non conformes aux exigences des règles de calcul, mais parce que, au contraire, en fonction de l'expérience, le constructeur sait pertinemment d'avance que le calcul dans ce cas ne ferait que confirmer une conclusion favorable dont on est parfaitement sûr, soit parce que l'on utilise un élément standardisé dont la bonne tenue a été vérifiée une fois pour toute, soit parce que l'on a pu vérifier que, dans certains cas, une partie des contrôles imposés par les règles ne peuvent être défavorables et s'avèrent par conséquent inutiles.

Avec les calculs de fatigue, par exemple, il est extrêmement facile de se rendre compte que pour les composants à service faible ou moyen, certaines vérifications sont inutiles car elles conduisent toujours à la conclusion que les calculs les plus défavorables sont ceux résultant des conditions de sécurité par rapport à la limite élastique ou la contrainte de rupture.

Ces considérations montrent donc que l'exécution d'un calcul conforme aux règles prend une forme très différente suivant le type d'appareil que l'on a à traiter et peut présenter pour un appareil simple ou

pour un appareil comportant des éléments standardisés, une forme relativement sommaire sans que soit mise en cause, de ce fait, la conformité de l'appareil avec les principes énoncés par les règles de calcul.

- 2) En ce qui concerne la deuxième question, il convient tout d'abord de donner quelques explications au client qui peut se trouver un peu désorienté par l'ensemble du document et hésiter devant la multiplicité des choix qui lui sont offerts, multiplicité pourtant indispensable si l'on veut tenir compte de l'extrême diversité des problèmes à résoudre.

En fait, la seule chose importante pour le client est de préciser le service qu'il attend de son appareil et, si possible, de donner quelques indications sur le service des différents mouvements individuels.

Pour le service de l'appareil, il suffit de préciser la classe d'utilisation, définie sous 2-1.2.2. Ceci détermine directement le groupe dans lequel l'appareil doit être classé.

Pour déterminer le nombre d'heures qui fixe la classe d'utilisation, le client pourra, par exemple, faire le produit :

- du nombre moyen d'heures d'utilisation effective de l'appareil par jour,
- du nombre moyen de jours d'utilisation par an,
- du nombre d'années après lequel l'engin pourra être considéré comme devant être remplacé.

En ce qui concerne les mécanismes, il convient également de préciser pour chacun d'eux :

- la classe d'utilisation définie sous 2-1.3.2,
- le spectre de sollicitations défini sous 2-1.3.3.

À partir de la classe d'utilisation de l'appareil dans son ensemble, il est possible de déterminer un nombre total d'heures de fonctionnement du mécanisme, en fonction de la durée moyenne d'un cycle de manoeuvres et du rapport entre la durée de fonctionnement de ce mécanisme et la durée du cycle complet. Un exemple type de classement d'un appareil et de ses mécanismes et éléments est donné en 2-1.5.

En principe, le client n'a pas d'autres renseignements à fournir en relation avec les calculs de l'appareil, sauf, dans certains cas : par exemple, la valeur du vent hors service, dans le cas où les conditions locales rendraient nécessaire le calcul avec un vent hors service supérieur à celui défini sous 2-2.3.6.

1-3 OBJET DES REGLES DE CALCUL

Les présentes règles ont pour objet de déterminer les sollicitations et combinaisons de sollicitations dont il faut tenir compte dans l'établissement des projets d'exécution des appareils mobiles de manutention et de fixer pour les différentes combinaisons de sollicitations possibles, les conditions de résistance et de stabilité à observer.

1-4 DOMAINE D'APPLICATION

Ces règles sont applicables aux appareils mobiles de manutention continue pour produits en vrac, spécialement aux appareils sur rails suivants :

- | | | |
|--|---|--|
| - appareils de mise au stock | } | appareils munis de roues-pelles ou de chaînes à godets |
| - chargeurs de navire | | |
| - appareils de reprise au stock | | |
| - appareils mixtes de mise et reprise au stock | | |
| - déchargeurs en continu de navire | | |

Pour les autres appareils tels que :

- les excavateurs,
- les gratteurs,
- les appareils de reprise par chaînes gratteuses,
- les appareils de mise et/ou reprise au stock sur pneus et sur chenilles,

les articles des présentes règles dans la mesure où ils sont adaptés à ces types d'appareils sont applicables.

Il doit être noté que, dans le cas où un appareil mobile comporte un ou plusieurs transporteurs à courroie comme organe de transport, les articles des présentes règles, dans la mesure où ils sont adaptés à l'appareil considéré, sont applicables. La détermination des transporteurs eux-mêmes doit être faite suivant la norme ISO 5048 : "Engins de manutention continue - Transporteurs à courroie munis de rouleaux porteurs - Calcul de la puissance d'entraînement et des efforts de tension".

En revanche, les transporteurs à courroie non intégrés à un appareil mobile sont exclus du champ des présentes règles.