



**Sommaire**

	Page
1. Avant propos et objectifs .....	2
2. Domaine d'application .....	2
3. Définitions .....	3
4. Grandeurs d'influence .....	3
4.1 Dalle .....	3
4.2 Rail de roulement .....	4
4.3 Rail de guidage supérieur.....	5
4.4 Unité de charge .....	6
4.4.1 Supports de manutention .....	6
4.4.2 Charge.....	7
4.5 Contrôle du gabarit .....	7
4.6 Poste de mise en attente.....	7
4.7 Transtockeur.....	7
4.7.1 Tolérances du système en relation avec le transtockeur.....	7
4.7.2 Déformations élastiques.....	7
4.7.3 Tolérances de positionnement .....	7
4.7.4 Tolérances des index de positionnement.....	8
4.7.5 Remarques.....	8
4.8 Construction des rayonnages .....	8
4.8.1 Tolérances de fabrication et de montage hors charge .....	10
4.8.2 Déformations dues à des contraintes extérieures .....	10
4.8.3 Déformations dues aux charges utiles .....	12
4.8.4 Déformations supplémentaires dues à des inclinaisons .....	13
4.8.5 Déformations admissibles .....	13
5. Cotes de dégagement .....	14
5.1 Cotes d'entrée .....	14
5.2 Cotes de dégagement des alvéoles .....	15
5.3 Cotes de dégagement d'allée .....	16
5.4 Obstacles particuliers.....	16
6. Calcul de contrôle.....	17
6.1 Récapitulation des facteurs d' influence .....	17
6.2 Interdépendance des facteurs d' influence .....	18
6.3 Méthode de calcul.....	19
Annexe .....	20
Exemples de calcul .....	21

Suite page 2 à 32

## 1 Avant propos et objectifs

Les transtockeurs forment, avec les autres composants du stockage de grande hauteur, une unité de fonction, dont les éléments constitutifs sont soumis à des tolérances de construction, de montage et à des déformations dues au service.

Le rôle des transtockeurs est de loger et de déloger sans gêne toutes unités de chargement aux lieux de stockage librement choisis. Si les cotes de dégagement sont trop petites, la sécurité de fonctionnement du magasin est compromise ou bien pas du tout assurée. Par ailleurs, de trop grandes cotes de dégagement entraînent une perte de volume de stockage utile.

Pour une exploitation optimale d'un magasin, les déformations et les tolérances admissibles doivent être choisies de telle sorte que le dimensionnement, la fabrication et le montage soient soumis à des critères de rentabilité ainsi que de sécurité de fonctionnement. Des tolérances et éventuellement des déformations apparaissent pour les éléments constitutifs suivants d'un magasin:

- Dalle
- Rail de roulement
- Rail de guidage supérieur
- Unité de charge
- Contrôle du gabarit
- Poste de mise en attente (centrage)
- Transtockeur
- Rayonnage

Ces grandeurs d'influence sont examinées et chiffrées ci-après. Il n'est pas possible d'élaborer des données chiffrées applicables dans tous les cas concernant la déformation de la dalle. Les cotes de dégagement définitives ne peuvent être déterminées qu'après avoir arrêté le choix de tous les fournisseurs des composants du système.

Afin de pouvoir garantir le fonctionnement du système dans le cadre de l'installation spécifique concernée, il est nécessaire de déterminer dans un premier temps le concept du transtockeur (par exemple vis-à-vis du mode de commande, de la stabilité...) et la classe correspondante du rayonnage (voir paragraphe 4.8). Les tolérances et déformations quantifiées dans le présent document ainsi que les valeurs spécifiques à fournir concernant les tolérances, l'usure et les déformations du transtockeur servent de base aux calculs des cotes de dégagement. En fonction de l'appréciation du risque, les cotes de dégagement définitives peuvent être déterminées à partir des valeurs obtenues en utilisant la méthode du "cas le plus défavorable".

Dans un cas précis concret, il est possible de s'écarter des valeurs citées ci-après du fait de considérations techniques et économiques, pourvu que le système soit utilisable dans son ensemble. Dans ce cas, il faut fixer des conventions claires pour ne pas remettre en cause l'un des objectifs essentiels de cette base de calcul, à savoir la définition des interfaces entre les composants d'un magasin.

## 2 Domaine d'application

La présente base de calcul s'applique aux magasins dotés de transtockeurs qui par définition se déplacent sur un rail au sol, sont guidés par un rail supérieur, sont équipés d'une unité mécanique de préhension de charge - notamment d'une fourche télescopique - et adaptés à la manutention de palettes ou de supports de manutention similaires, par exemple de conteneurs à claire-voie. Elle tient compte d'installations de stockage en construction métallique, que ce soit avec des rayonnages auto-portants ou indépendants. Dans le cadre de cette base de calcul sont examinées les influences des tolérances et des déformations sur les cotes libres de stockage et des rayonnages en fonction du mode de commande des transtockeurs en particulier pour:

- A: La commande manuelle
- B: La commande partiellement ou entièrement automatique à positionnement par coordonnées
- C: La commande partiellement ou entièrement automatique à positionnement d'approche par coordonnées et, de plus, à positionnement fin sur alvéole uniquement dans la direction Y
- D: La commande partiellement ou entièrement automatique à positionnement d'approche par coordonnées et, de plus, à positionnement fin sur alvéole dans les directions X et Y

Les recommandations ne sont pas valables entre autres pour le stockage avec minitransstockeurs ainsi que pour le stockage de grande densité (chariots satellites). La structure et la base de calcul élaborées ici peuvent toutefois être appliquées de manière analogue.

### 3 Définitions

Les **tolérances** sont les écarts maximaux admissibles par rapport aux cotes théoriques, ils résultent de la fabrication, du montage et de l'usure.

Les **déformations** sont les écarts statiques et/ou dynamiques par rapport à la position de base dus à l'influence des charges, et/ou des efforts dynamiques.

Les **cotes de dégagement** sont les distances nominales nécessaires entre parties fixes et mobiles qui évitent une collision en tenant compte de toutes les tolérances et déformations.

Les **cotes d'entrée** sont les cotes de dégagement entre support de manutention et dispositif de préhension de charge.

Les **cotes de dégagement d'alvéole** sont les cotes de dégagement entre unités de charge et entre unité de charge et la structure du rayonnage.

Les **cotes de dégagement d'allée** sont les cotes de dégagement entre les bords latéraux du transtockeur et les surfaces avant du rayonnage (palette ou structure) ainsi que les cotes de dégagement à l'arrière des palettes stockées.

#### Axes du système:

x = direction longitudinale par rapport à l'allée

y = direction verticale

z = direction transversale par rapport à l'allée

### 4 Grandeurs d'influence

**REMARQUE PRÉLIMINAIRE:** Pour tous les ouvrages, il faut déterminer un niveau de référence commun et des axes horizontaux communs qui seront signalisés de manière durable, en règle générale par le responsable du génie civil, par l'apposition de repères utilisés comme points de référence. Les plans horizontaux du système sont déterminés sur la base de ces repères (voir figure 3).

#### 4.1 Dalle

**4.1.1 Tolérances de planéité de la surface sur laquelle seront montés les rayonnages et le rail de roulement.** Les valeurs suivantes de planéité par rapport à un plan horizontal idéal du système doivent être respectées pour une dalle non chargée:

± 10 mm pour une dalle de longueur inférieure à 50 m

± 15 mm pour une dalle de longueur comprise entre 50 m et 150 m

± 20 mm pour une dalle de longueur supérieure à 150 m

**4.1.2 Déformations verticales de la dalle sous charge.** Ces déformations proviennent, par exemple des tassements du sous-sol, de l'enfoncement des pieux et des poteaux. Il en résulte des sollicitations supplémentaires et des inclinaisons des rayonnages, sur lesquelles on ne peut attirer l'attention ici que de manière qualitative.

En considérant les faits de plus près, on peut toutefois constater des déformations telles (souvent de l'ordre du cm) qu'il faut en tenir compte pour l'appréciation des tolérances et des sollicitations supplémentaires.

Toutes les considérations ci-après partent d'une dalle pratiquement rigide. Cela est normalement le cas lorsque la dalle ne présente pas de pentes localisées supérieures à  $\alpha = 5 \cdot 10^{-4}$  pendant la durée de service. Une quantification spécifique à chaque cas est nécessaire; en cas de valeurs plus élevées, celles-ci doivent être prises en compte en complément, le cas échéant.

## 4.2 Rail de roulement

4.2.1 Tolérances de rectitude en direction Z par rapport à un plan vertical idéal du système:

± 3,0 mm sur la longueur totale du rail  
± 1,5 mm sur l'empattement du transtockeur

Les différences de cotes des rails au niveau des galets de guidage latéral seront corrigées à l'endroit des joints. Tolérance de planéité du rail et des joints: 0,5 mm pour une longueur de 200 mm.

4.2.2 Tolérances de  $H_2$  (figure 3) en direction Y par rapport à un plan horizontal idéal du système:

± 2 mm pour une longueur mesurée < 100 m  
± 3 mm pour une longueur mesurée ≥ 100 m

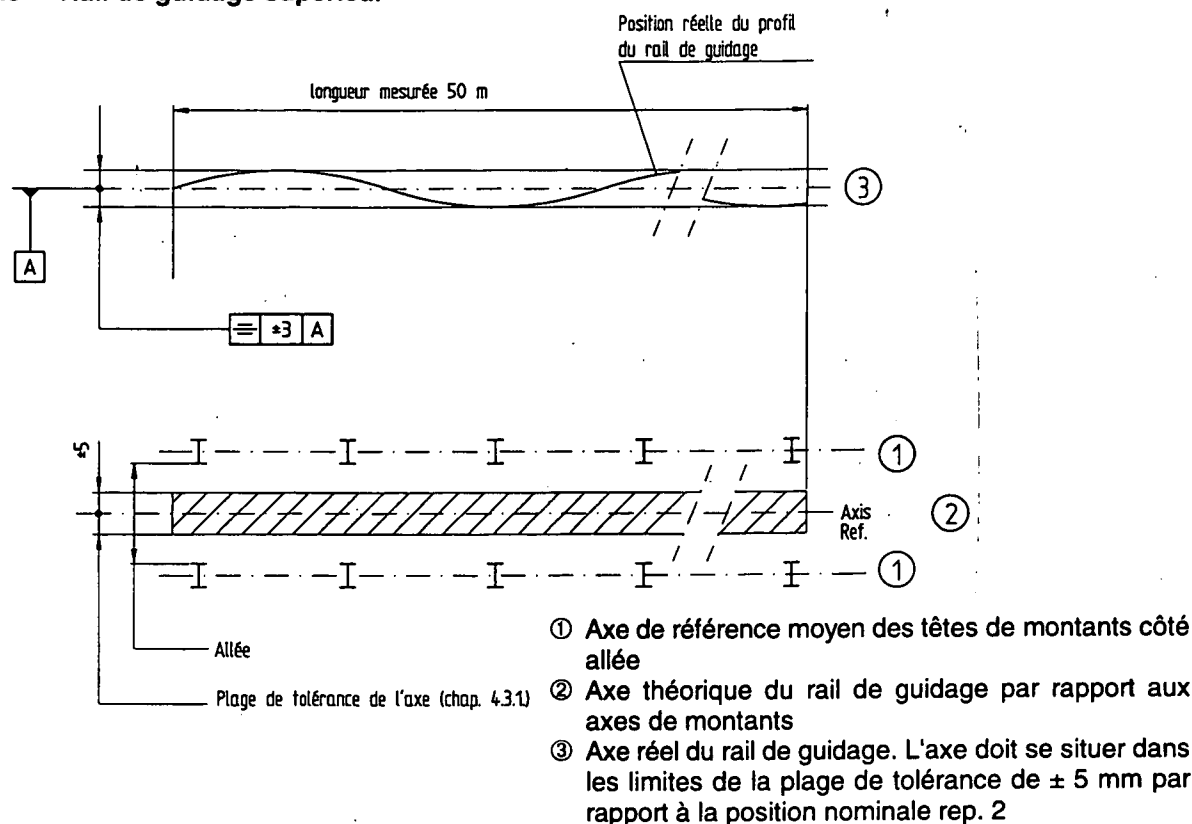
± 0,5 mm sur l'empattement du transtockeur

Les différences de cotes des têtes de rails seront corrigées à l'endroit des joints. Tolérance de planéité du rail et des joints: 0,1 mm pour une longueur mesurée de 100 mm.

4.2.3 Les caractéristiques de cheminement du transtockeur sont influencées par la rugosité du rail au niveau des galets. La structure de la surface doit être lisse à ce niveau, c'est-à-dire sans piqûres (piqûres de rouille, de laminage, etc.).

4.2.4 Le choix du type de rail et d'ancrage, ainsi que leur dimensionnement sont de la responsabilité du fabricant du transtockeur, en relation avec le maître d'oeuvre de la dalle et le poseur de rail.

### 4.3 Rail de guidage supérieur



Nota: 2 situations extrêmes possibles admissibles

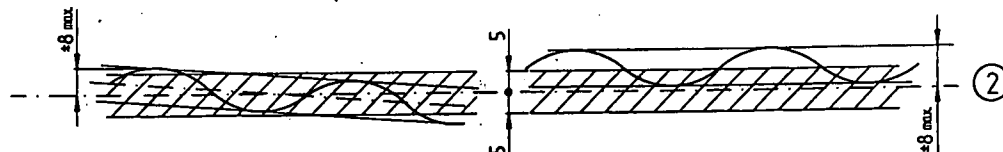


Figure 1: Tolérances du rail de guidage (plan horizontal)

**4.3.1** La tolérance de parallélisme de l'axe longitudinal du rail de guidage par rapport à l'axe moyen des têtes de montants côté allée est de  $\pm 5$  mm sur une longueur mesurée de 50 m; voir figure 1.

**4.3.2** La tolérance de rectitude en direction horizontale des surfaces de guidage du rail est de  $\pm 3$  mm, hors charge; voir figure 1.

**4.3.3** Les différences de cotes au niveau des joints doivent être corrigées sur la voie de roulement des galets (galets de guidage, galets de chariots porte-câbles). Tolérance de planité:  $\leq 0,5$  mm pour une longueur mesurée de 200 mm.

**4.3.4** Il ne doit pas y avoir d'inscriptions de laminage au niveau des galets de guidage.

**4.3.5** La déformation latérale maximale (flexion et torsion) au niveau des galets de guidage due à la sollicitation horizontale ne doit pas dépasser 6 mm, le dispositif de préhension de charges étant entièrement déployé et sous charge maximale.

**4.3.6** Tolérance de  $H_3$  (voir figure 3), en direction Y, rayonnage non chargé, par rapport à un plan horizontal idéal du système:  $+ 10 / - 5$  mm.

**4.3.7** Il faut également tenir compte des déformations verticales résultant des sollicitations comme par exemple les charges dans les rayonnages (compression des montants), les surcharges dues à la neige, etc.

**4.3.8** Le dimensionnement ainsi que le détermination du moyen de fixation sont de la responsabilité du fabricant du transtockeur, en relation avec le poseur de rail (p.ex. le fabricant du rayonnage).

#### 4.4 Unité de charge

##### 4.4.1 Supports de manutention

Les tolérances de fabrication des supports de manutention normalisés doivent être tirées des normes correspondantes. Si les supports de manutention ne sont pas normalisés, les tolérances de fabrication devront être déterminées en accord avec les fabricants.

En plus des tolérances du fabricant pour les supports en bois, il faudra tenir compte de la contraction due au dessèchement.

L'adaptation de palettes en bois chargées du type EUR, déposées sur un plan rigide, doit être mise en évidence avec les tolérances représentées dans la figure 2.

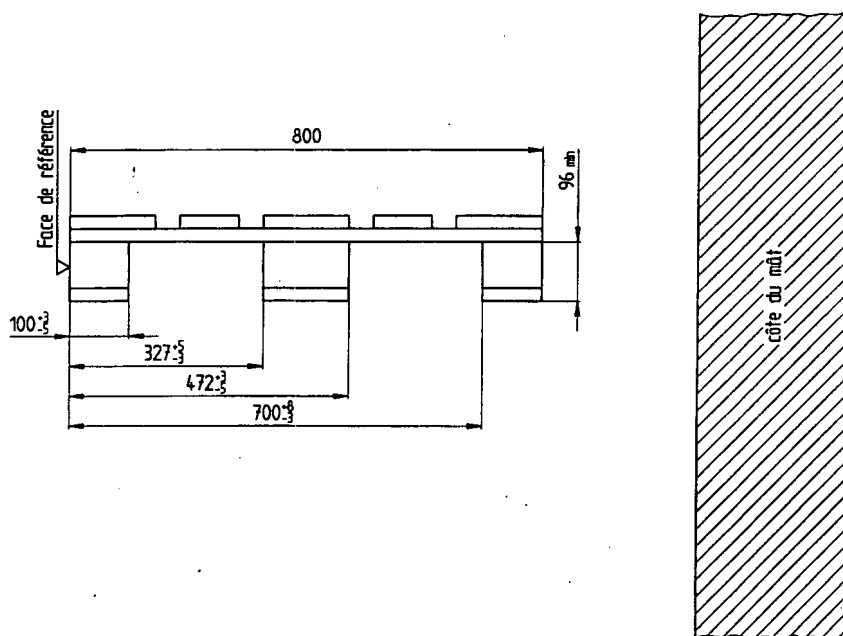


Figure 2: Les tolérances de palettes en bois chargée du type EUR

Les supports de manutention peuvent encore subir une déformation élastique et/ou plastique même après avoir subi le contrôle du gabarit et influencer ainsi sensiblement les cotes d'entrée. Cette déformation peut s'aggraver en cas de durée de stockage prolongée. L'ampleur de la déformation est fonction de la charge en présence, de l'action stabilisatrice de la charge, de l'écart des appuis et de l'état de support de manutention (par exemple humidité du bois).

Dans la mesure où il n'existe pas d'indications concernant le fléchissement des supports de manutention, on peut admettre jusqu'à 6 mm<sup>1)</sup> de flèche dans la zone du dispositif de préhension de charge, par rapport au bord supérieur de la lisse.

Les cotes réelles de la palette EUR (800 x 1200 mm) constatées dans la pratique doivent être particulièrement observées au niveau des passages des fourches, les cotes d'entrée étant très réduites avec des fourches pour charges élevées. Les tolérances admissibles des cotes d'entrées sont représentées dans la figure 2.

<sup>1)</sup> Valeur empirique pour des palettes EUR en bon état, en bois, pour 1000 kg de charge répartie tenant compte de l'effet de voûte, 900 mm de distance entre appuis (écartement des lisses), la durée de séjour dans l'entrepôt et l'humidité du bois (voir normes nationales).

#### 4.4.2 Charge

Les dimensions maximales de la charge seront déterminées en tenant compte des critères suivants:

- empilage penché
- débordement des éléments de stabilisation (par exemple pliures des films de sur-emballage, rubans, sertissages de cerclage, etc.)
- déformation de la charge au cours du stockage et déstockage
- déformation de la charge pendant la durée de stockage
- symétrie du chargement

Il faudra éventuellement procéder à des essais pour déterminer les cotes.

#### 4.5 Contrôle du gabarit

En cas de contrôle d'une unité de charge à l'aide de cellules photo-électriques, les cotes de l'unité de charge sont mesurables avec une tolérance de  $\pm 5$  mm. Cette valeur peut être différente avec d'autres méthodes de contrôle.

Un contrôle du gabarit est superflu en cas de commande manuelle; il est indispensable pour les transtockeurs à commande automatique, aussi bien pour les cotes d'entrée du dispositif de préhension de charge que pour le chargement lui-même.

#### 4.6 Poste de mise en attente

Au poste de mise en attente de stockage, l'unité de charge doit se présenter avec une tolérance de  $\pm 5$  mm par rapport à sa position théorique en direction X et Z.

Avec des installations de transport automatiques munies de butées fixes de fin de course, on peut atteindre une tolérance de mise en attente de  $\pm 2$  mm dans la direction X.

#### 4.7 Transtockeur

Il résulte de la somme des influences citées dans les paragraphes 4.7.1 à 4.7.3 ci-après, un domaine de tolérance à l'extrémité du dispositif de préhension de charge déployé dont les dimensions dans les directions X, Y et Z sont le plus souvent différentes. En raison des différences souvent considérables entre les transtockeurs de différents fabricants au niveau dimensions, rigidité et autres caractéristiques de construction, on ne peut indiquer ici de valeurs numériques portée générale. Ces valeurs seront indiquées par le fabricant des transtockeurs pour chaque cas concret. Pour cette raison, il revient au fabricant des transtockeurs et/ou au responsable du système de contrôler les tolérances globales, sur la base de cette recommandation, de telle sorte que le fonctionnement du système soit assuré.

Dans l'exemple de calcul (voir annexe), les tolérances citées pour les transtockeurs n'ont que valeur d'exemple, afin de mettre en évidence les effets sur tout le système.

##### 4.7.1 Tolérances du système en relation avec le transtockeur

Les cotes d'entrée et de dégagement des alvéoles sont influencées par exemple par:

- des tolérances du mât ou du dispositif de guidage du chariot sur le mât
- le jeu de guidage du chariot
- les déviations du dispositif de préhension par rapport à l'axe théorique
- le jeu en direction Z entre les galets de guidage hauts et bas par rapport aux rails de guidage et de roulement
- l'usure mécanique

##### 4.7.2 Déformations élastiques

Lorsque l'unité de charge est prise et déposée, il se produit des déformations dues aux variations de charge qui sont importantes pour les cotes d'entrée et de dégagement des alvéoles. Elles apparaissent entre autres sur le mât, au chariot de levage et sur le dispositif de préhension.

##### 4.7.3 Tolérances de positionnement

La précision du positionnement dans les directions X, Y et Z dépend, par exemple, des facteurs suivants:

- système de positionnement et type de commande du moteur
- vitesse de positionnement
- temporisation de la commande
- temps de déclenchement du frein

- distances de freinage différentes en raison de l'usure, de la température et des modifications des valeurs de friction
- jeu dans les mécanismes d'entraînement
- approche unilatérale ou bilatérale des points d'arrêt
- précision de commande (par exemple hystérésis) des détecteurs de positionnement (interrupteur mécanique, barrière lumineuse, détecteur inductif)
- dérive d'un système de codage incrémental par rapport à la cote absolue

#### 4.7.4 Tolérances des index de positionnement

Les index de positionnement (cames de commande, réflecteurs, drapeaux pour détecteurs inductifs, etc.) doivent être placés avec une tolérance de  $\pm 1$  mm par rapport à leur position nominale. Cette position nominale est déterminée par les cotes effectives du rayonnage.

#### 4.7.5 Remarques

Remarque 1: L'introduction des fourches télescopiques dans le support de manutention peut être améliorée par un biseautage supérieur et latéral des extrémités de fourche.

Remarque 2: (valable particulièrement pour le type de commande B)  
Lors de la mise en place des index de positionnement en hauteur sur le mât du transtockeur, la position de l'index devra être fonction de la hauteur de la fourche déployée par rapport au plan des lisses. Ceci permet de s'affranchir partiellement des tolérances de fabrication du transtockeur mais pas de ses déformations élastiques.

Remarque 3: (particulièrement importante avec des palettes EUR 800 x 1200 mm et pour des passages de fourches d'une largeur  $\leq 230$  mm).  
La déformation due à la variation de charge peut être réduite de moitié dans le calcul des cotes d'entrée lorsque la palette est prise, au poste d'attente pour stockage, déportée de la moitié de la déformation due à la variation de charge (palette décalée en direction du mât, ou augmentation en conséquence de la cote  $x_2$ ), voir figure 5.

Remarque 4: La position nominale des index de positionnement, en position basse, dans la direction X devrait avoir pour référence l'alvéole la plus élevée. Ceci permet de compenser partiellement la tolérance de montage du rayonnage avec la déformation, due à la variation de charge, du transtockeur.

#### 4.8 Construction des rayonnages

Les tolérances et les déformations ont une influence sur la sécurité de fonctionnement. Les valeurs admissibles sont en partie fonction des 4 modes de commande décrits dans le point 2 (Domaine d'application) et du type de dispositif de préhension ainsi que des dimensions du passage de fourche. A titre de simplification, on ne détermina toutefois que 2 classes de tolérances pour la construction des rayonnages.

**REMARQUE:** En cas de rayonnages indépendants de la structure du bâtiment, on peut éventuellement se dispenser de diagonales de contreventement dans la direction X. Dans ce cas, les influences sur les tolérances de montage et les déformations en résultant doivent être définies par contrat avec le responsable du système.

**Classe 100:** (classe de tolérance et de déformation réduites de rayonnage) Mode de commande B: Utilisation avec des transtockeurs sans moyens de positionnement fin à chaque emplacement de stockage. En règle générale, ceci s'applique à des installations de hauteur basse à moyenne (max. 18 m) et des charges faibles.

**Classe 200:** (classe de tolérance et de déformation larges de rayonnage) Modes de commande A, C et D: Utilisation avec des transtockeurs comportant des moyens de positionnement fin à chaque emplacement de stockage ou commandés manuellement.

Pour des installations automatiques, il faut effectuer un calcul des tolérances-types pour choisir la classe de tolérances et le mode de commande.

Les considérations ci-après s'appliquent particulièrement à des rayonnages avec lisses (voir figure 3); pour d'autres types de rayonnages, on procédera de manière analogue.

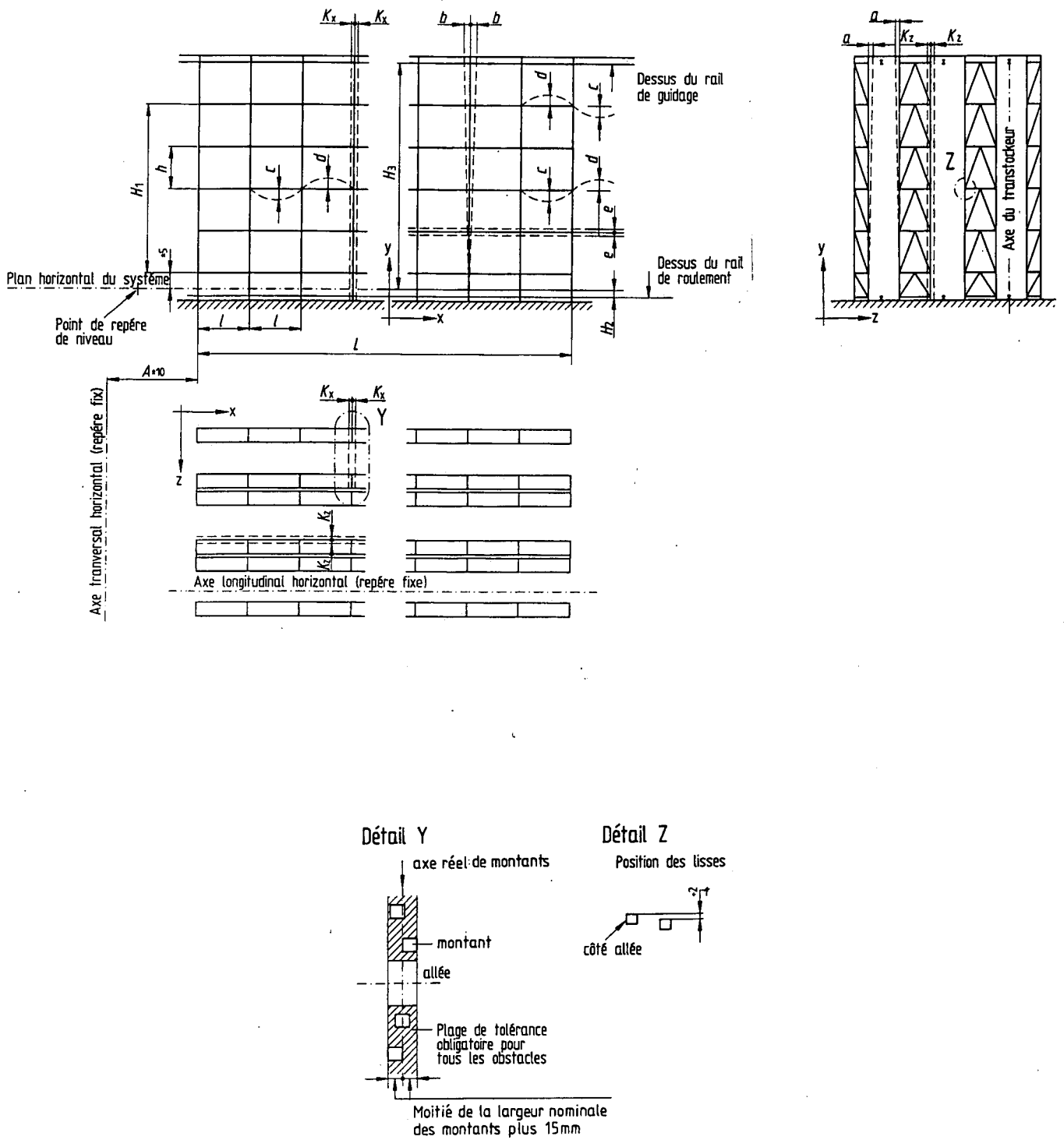


Figure 3: Rayonnages

#### 4.8.1 Tolérances de fabrication et de montage hors charge (figure 3)

##### 4.8.1.1 En direction X (pour les classes 100 et 200):

La tolérances de situation des montants face à face dans une allée (y compris les montants arrière) est de  $K_x = \pm 15$  mm sur la hauteur totale. Elle intègre l'inclinaison et la courbure des montants ainsi que le déport de leurs pieds.

La longueur de chaque travée a une tolérance de  $\pm 3$  mm.

L'axe des montants (coté entrée/sortie) doit être situé dans une tolérance de  $\pm 10$  mm par rapport à un axe parallèle à l'axe transversal horizontal repéré.

La longueur totale (L) des rayonnages a une tolérance de  $\pm 20$  mm pour une longueur jusqu'à 40 m et de max.  $\pm 0,5\%$  de la cote nominale pour des rayonnages plus longs.

Les différents axes des montants doivent être déterminés définitivement après le montage. Dans ce cadre, il faut cependant respecter également et d'une manière indépendante les tolérances sur les cotes suivantes:

- le début du rayonnage (figure 3 cote A)
- la longueur de travée l
- la longueur totale L

##### 4.8.1.2 En direction Z (pour les classes 100 et 200):

La tolérance de situation des faces côté allée des montant et/ou des lisses est de  $K_z = \pm 15$  mm par rapport à un plan vertical exempt de tolérances parallèle à l'axe longitudinal horizontal repéré. La tolérance de situation des butées mécaniques à l'arrière des palettes (butées de sécurité) est de  $\pm 5$  mm par rapport au bord frontal du montant (voir figure 7).

##### 4.8.1.3 En direction Y:

La tolérance de situation des lisses à tous les niveaux côté allée, des deux côtés de celle-ci, par rapport au plan horizontal correspondant à la zone de travail du transtockeur est:

- e =  $\pm 5$  mm pour la classe 100
- e =  $\pm 10$  mm pour la classe 200

La distance (h) entre deux niveaux voisins de lisses a une tolérance de  $\pm 5$  mm.

La distance ( $H_1$ ) entre premier et dernier niveau de lisses, déterminée en fonction de la situation réelles de celles-ci, peut avoir une tolérance cumulée de  $\pm 0,5\%$  de la distance théorique  $H_1$ .

La tolérance de situation du premier niveau de lisses par rapport au plan horizontal du système est de  $\pm 5$  mm.

Le bord supérieur de la lisse arrière au niveau d'un emplacement de stockage doit être, dans la mesure du possible, situé à  $+ 0/- 4$  mm du bord supérieur de la lisse, côté allée. Une tolérance de  $+ 2/- 4$  mm est néanmoins admissible.

4.8.1.4 Pour des rayonnages participant à la structure du bâtiment, il faudra tenir compte des influences du vent et de la température lors des opérations de mesure de ces tolérances.

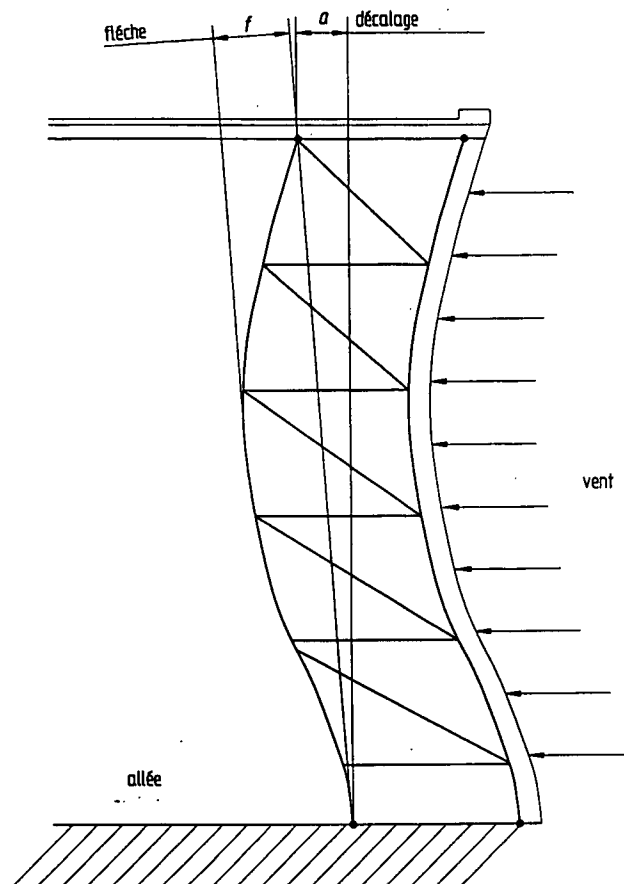
#### 4.8.2 Déformations dues à des contraintes extérieures

Des contraintes extérieures telles que les charges de neige, les forces engendrées par les transtockeurs, les effets de température et particulièrement la poussée du vent entraînent diverses déformations.

Dans le cas de rayonnages participant à la structure du bâtiment, la poussée du vent dans la direction Z entraîne des déformations critiques des rayonnages proches des parois. De la même manière, la poussée du vent dans la direction X peut provoquer des déviations critiques de la partie supérieure des rayonnages. Il faut également tenir compte du fait que la direction et l'ampleur des différentes déformations sont fonction de la direction d'incidence du vent et de l'environnement. Dans certains cas, le fonctionnement dans les zones concernées (rangée extrême ou partie supérieure des rayonnages) ne pourra être maintenu qu'avec certaines restrictions:

- pas de mouvement de charges à l'intérieur du magasin
- arrêt du fonctionnement dans certaines zones à partir d'une vitesse et d'une direction du vent devant être définies (par exemple dans l'allée extrême ou au dessus d'une certaine hauteur)

REMARQUE: En l'absence de conventions ou de dispositions légales contraires, un magasin doit rester exploitable, dans toutes les zones de stockage, jusqu'à une vitesse du vent de 70 % (pression dynamique de 50 %) des valeurs indiquées par les normes nationales au sujet des hypothèses de charges pour les constructions (ce qui correspond à une vitesse du vent approximative de 80 à 100 km/h).



**Figure 4: Déformation de rangées extrêmes des rayonnages sous la pression du vent**

En cas de pression latérale sur une rangée extrême, on observe les déformations représentées dans la figure 4. Si, en fonctionnement, il peut y avoir une flèche des montants  $f > 15$  mm, il faut prévoir une augmentation de la largeur libre de l'allée. Il faut prendre en compte le déplacement dans la direction Z des bases d'entrée lorsqu'elles sont fixées sur les rangées extrêmes d'une structure autoporteuse.

Dans un stockage à grande hauteur du type autoporteur avec emploi de palettes EUR 800 x 1200 mm, ce sont particulièrement les cotes d'entrées  $x_1$  et  $x_2$  (figure 5) au niveau supérieur de stockage qui seront extrêmement critiques. Si, dans un tel cas, des déplacements supérieurs  $\pm 10$  mm apparaissent en fonctionnement, le concepteur devra prendre des mesures adéquates pour que le système reste utilisable (par exemple positionnement fin dans la direction X, renforcement des contreventements longitudinaux dans le rayonnage ou fourches plus étroites). Dans la mesure où on emploie des supports de manutention avec des passages de fourches assez larges, le déplacement dans la direction X dû aux charges utiles et aux contraintes extérieures de la partie supérieure du magasin peut atteindre les valeurs citées dans le tableau 1 avec une vitesse du vent indiquée ci-dessus.

**Tableau 1:** Déformations admissibles pour un fonctionnement correct avec une vitesse de vent comme indiqué au paragraphe 4.8.2. Pour les dimensions intermédiaires, il faut interpôler les valeurs des cotes (se reporter également à la figure 3).

Hauteur du magasin (m)	Cote a (mm) en direction Z	Cote b (mm) en direction X		
		Palettes EUR 800 x 1200 mm		Supports de manutention avec cote d'entrée d'au moins 260 mm de large
		Modes de commande A/D	Modes de commande B/C	Modes de commande A/B/C/D
≤ 15	15	12	10	12
20	20	16	10	16
25	25	20	10	20
30	30	20	10	24
35	35	20	10	28
40	40	20	10	32

Pour déterminer les déplacements vraisemblables dans la direction X, il est permis de tenir compte de l'action stabilisatrice des structures de façade longitudinales selon leur type de construction pour prouver que l'installation reste utilisable. Dans tous les cas, la stabilité devra être cependant justifiée en fonction des méthodes de calcul et des hypothèses de charge habituelles.

Il n'est pas nécessaire de prouver que l'installation reste opérationnelle sous les déformations engendrées par un tremblement de terre ou un tamponnement lorsqu'il y a un butoir supérieur.

#### 4.8.3 Déformations dues aux charges utiles

Soumis à une charge, les lisses subissent une déformation et les montants sont comprimés. Il en résulte des déplacements vers le bas. Les déplacements dus à la compression sont proportionnels à la hauteur.

Les lisses subissent une déformation différente selon la répartition de la charge et le type de construction (lisse couvrant une ou plusieurs travées). Des lisses continues se déforment en cas de chargement très défavorable conformément à la figure 3.

Les flèches admissibles à l'endroit des passages des fourches sont représentées dans le tableau 2. Il est toutefois essentiel de ne pas dépasser les résistances à la flexion et au déversement de profils.

**Tableau 2:** Déformations maximales en mm des supports sous charge (à l'endroit des passages des fourches)

	Classe 100		Classe 200	
	c	d	c	d
Lisse courante	$\frac{1}{300} \cdot l$ max. 10	max. 7	$\frac{1}{200} \cdot l$ max. 15	max. 9
Lisses avec porte à faux	Pour des sections de profil identiques, la flèche des parties en porte-à-faux pour un seul emplacement sera plus petite que celle de la lisse pour trois emplacements avoisinant. Si la lisse avoisinante est conçue pour deux emplacements seulement, les valeurs de flèche de la partie en porte-à-faux seront d'environ 20 % supérieures à celles de la lisse courante.			
c: Fléchissement vers le bas d: Fléchissement vers le haut l: Longueur de travée (axe-axe)				

Il faudra tenir compte lors du stockage des contreflèches maximales possibles des travées non chargées et des lisses continues. Lors du déstockage, on peut supposer que ces contreflèches sont compensées par le poids des charges et la compression du rayonnage.

#### 4.8.4 Déformations supplémentaires dues à des inclinaisons

Des actions extérieures et/ou le montage entraînent des inclinaisons qui produisent pour leur part des déformations horizontales supplémentaires. Ces déformations "de second ordre" doivent être analysées lors de la conception du rayonnage.

#### 4.8.5 Déformations admissibles

Les ordres de grandeur des déformations admissibles a et b pour un fonctionnement correct (voir figure 3) sont indiquées dans le tableau 1 (c'est-à-dire pour un fonctionnement sans actions extérieures extrêmes, par exemple pour des vitesses de vent indiquées au paragraphe 4.8.2). Les indications sont valables pour des valeurs mesurées au niveau de la tête du rayonnage. Il faut également tenir compte des déformations dues aux actions extérieures jusqu'à la limite d'utilisation de l'installation (paragraphe 4.8.2), des charges utiles (paragraphe 4.8.3) et des déformations supplémentaires (paragraphe 4.8.4).

En cas d'utilisation de palettes EUR (en particulier avec des charges d'un poids supérieur à 800 kg) et selon la largeur des fourches télescopiques, il faudra éventuellement procéder à des examens détaillés pour les cotes d'entrée  $x_1$  et  $x_2$  et prendre des mesures en conséquence.

**ATTENTION:** Avec des installations de rayonnages participant à la structure du bâtiment et si on utilise la palette EUR 800 x 1200 mm avec les types de commande B et C, il est en règle générale nécessaire de prendre des mesures particulières pour le contreventement longitudinal des rayonnages (voir paragraphe 4.8.2 et tableau 1, colonne 4).

Dans le cas des rayonnages indépendants de la structure du bâtiment, un déplacement horizontal dû au poids des produits stockés ne peut apparaître pour une direction donnée que dans un seul sens, par suite d'imperfections de perpendicularité. On peut alors compenser ce déplacement en réglant les index de positionnement du transtockeur après le remplissage du magasin. Cette compensation n'est pas possible dans le cas de rayonnages participant à la structure du bâtiment.

#### REMARQUE: Rayonnages en construction bétonnée

En règle générale, les magasins à grande hauteur en béton sont des constructions nettement plus rigides dans la direction longitudinale que les constructions métalliques. Ceci se répercute particulièrement sur les déformations résultant des actions extérieures et des charges utiles (déformations moindres, notamment en compression). Cependant, les tolérances de fabrication et de montage sont plus importantes, bien que pour la tolérance en hauteur des supports de palettes on puisse également obtenir des valeurs de tolérance de  $\pm 3$  mm selon le procédé d'ajustage et de montage utilisé. Il faut observer également que les longueurs de travées choisies peuvent en règle générale être plus grandes et qu'il faut donc prendre en compte une flèche plus importantes des supports. Un examen détaillé du système, auquel participeront toutes les disciplines, est absolument nécessaire.

## 5 Cotes de dégagement

Toutes les cotes de dégagement concernent un système hors charge et aux cotes nominales.

### 5.1 Cotes d'entrée

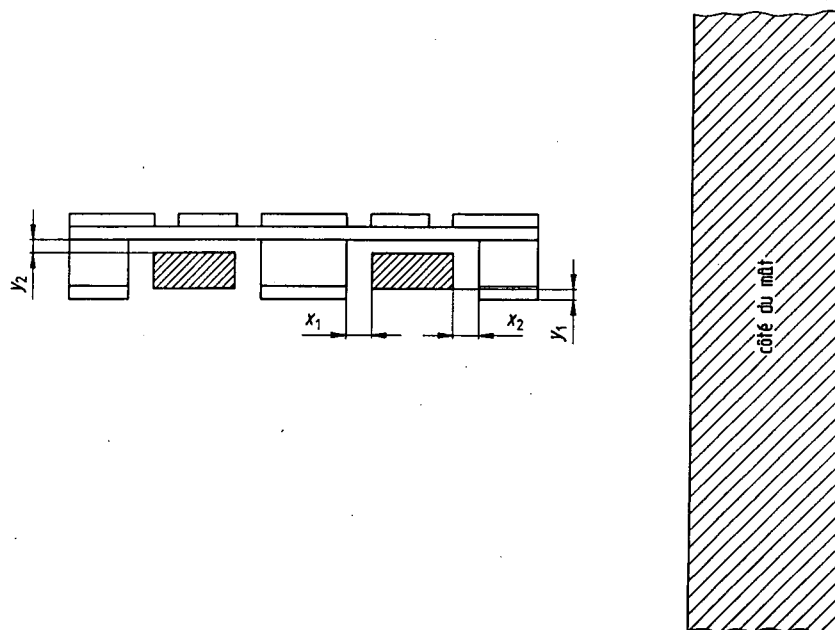


Figure 5: Cotes d'entrée

Les cotes d'entrée sont les cotes de dégagement entre le dispositif de préhension de charge et le support de manutention.

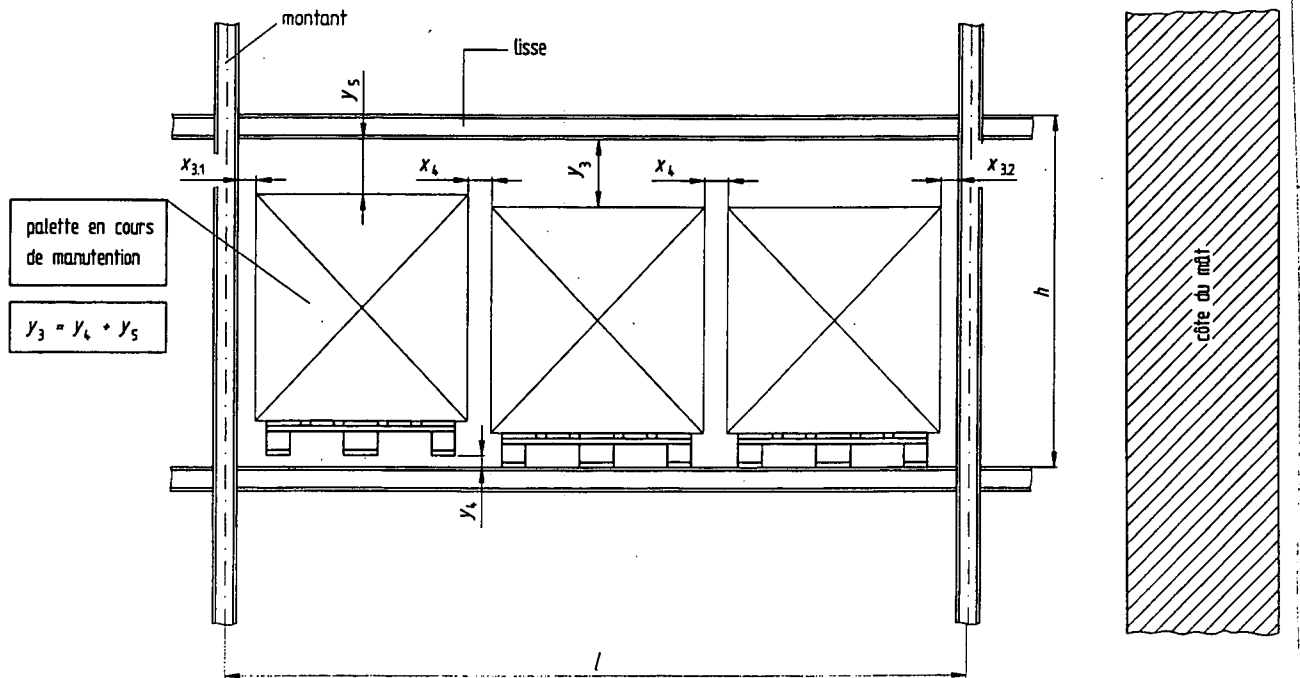
- $x_1$  sur le côté du dispositif de préhension opposé au mât
- $x_2$  sur le côté du dispositif de préhension côté mât

Pour les transtockeurs bi-mâts, on prendra  $x_2$  pour les deux côtés.

- $y_1$  entre dispositif de préhension de charge et lisse
- $y_2$  entre dispositif de préhension de charge et support de manutention,

on doit considérer, dans tous les cas, la section la plus importante du dispositif de préhension pénétrant dans le support de manutention.

## 5.2 Cotes de dégagement des alvéoles

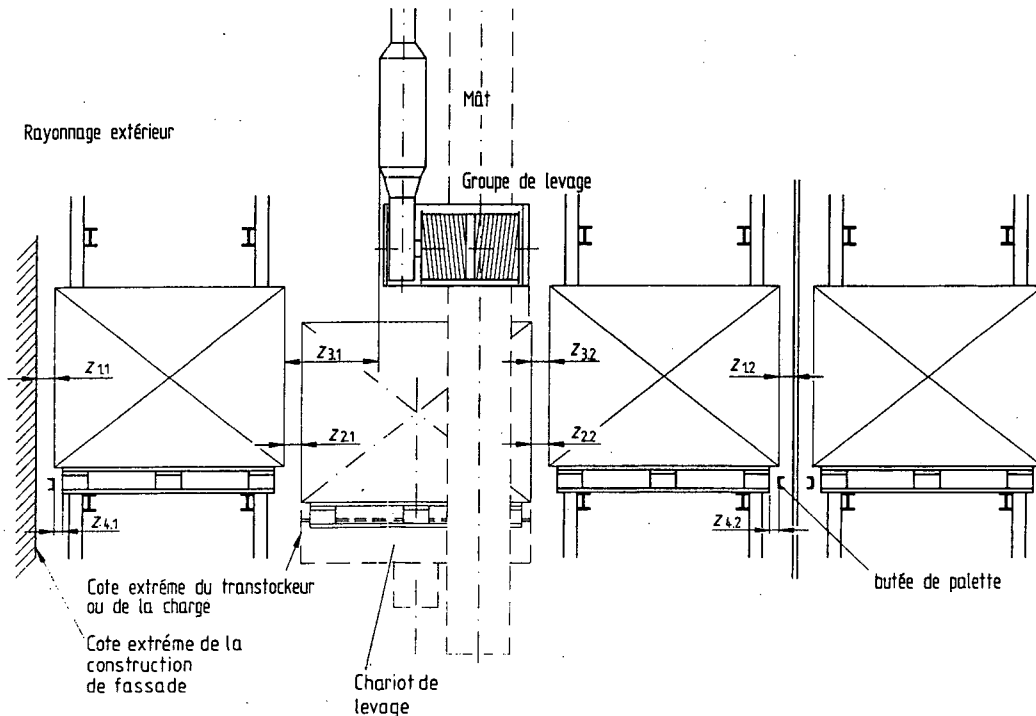


**Figure 6: Cotes de dégagement des alvéoles**

Les cotes de dégagement des alvéoles sont les distances minimales

- $x_{3,1}$  entre les unités de charge et les montants côté opposé au mât
- $x_{3,2}$  entre les unités de charge et les montants côté mât
- $x_4$  entre les unités de charge entre elles
- $y_3$  entre le bord supérieur de l'unité de charge posée et la structure du rayonnage ou un obstacle (par exemple matériel d'extinction d'incendie). La cote de dégagement  $y_3$  est la somme de la valeur inférieure de  $y_4$  (entre le bord inférieur de l'unité de charge levée et le bord supérieur de la lisse) et de la valeur supérieure de  $y_5$  (entre la face supérieure de l'unité de charge levée et le bord inférieur de la lisse), voir figure 6.

### 5.3 Cotes de dégagement d'allée



**Figure 7: Cotes de dégagement d'allée**

Les cotes de dégagement en direction Z sont les distances minimales

- $Z_{1,1}$  entre unité de charge et obstacle côté bardage (par exemple lisse de bardage, tuyau de descente, etc.)
- $Z_{1,2}$  entre unité de charge et structure interne des rayonnages
- $Z_{2,1}$  entre le point extrême du chariot de levage - ou de l'unité de charge embarquée - et la position nominale de la charge stockée ou un obstacle du rayonnage lorsque la charge est située en retrait, côté rangée extrême
- $Z_{2,2}$  idem  $Z_{2,1}$  côté rangée intermédiaire
- $Z_{3,1}$  entre éléments fixes du transtockeur (par exemple dispositif de levage, paliers, etc.) et la charge stockée ou un obstacle du rayonnage, côté rangée extrême
- $Z_{3,2}$  idem  $Z_{3,1}$  côté rangée intermédiaire
- $Z_{4,1}$  la face arrière du support de manutention et sa butée, côté rangée extrême
- $Z_{4,2}$  idem  $Z_{4,1}$  côté rangée intermédiaire.

### 5.4 Obstacles particuliers

Dès le stade du projet et particulièrement au cours de la vérification des tolérances, il faut entre autres observer les éléments particuliers suivants pour la détermination des cotes de dégagement:

- disposition des installations de détection de fumées et d'extinction
- installations techniques (conduites, lampes, canaux, tuyaux, etc.)
- espaces libres minimaux (par exemple vis-à-vis des buses d'extinction d'incendie)
- variation des dimensions de profils selon le système de rayonnage
- pièces en saillie (têtes de vis, fixations, capteurs, etc.)
- instabilité des charges en cours de stockage ou pendant la durée de celui-ci.

## 6 Calcul de contrôle

### 6.1 Récapitulation des facteurs d'influence

sur les cotes de dégagement (T = domaine de tolérance, V = cote de déformation)

No.	Facteur d'influence	Chapitre
	<b>Charge et contrôle du gabarit</b>	4.4.2
T1	Largeur maximale (précision de mesure)	4.5
T2	Longueur maximale (précision de mesure)	
T3	Hauteur maximale (précision de mesure)	
	<b>Support de manutention</b>	4.4.1
T6	Dimensions de la palette par rapport à la face de référence	Fig. 2
T7	Précision de mise en attente en direction X	
T8	Précision de mise en attente en direction Z	
T9	Réduction de hauteur des passages de fourche par usure et retrait	
V1	Flèche du support de manutention entre les lisses	
	<b>Transtockeur</b>	4.7
T12	Précision de positionnement en direction X	
T13	Précision de positionnement en direction Y	
T14	Précision de positionnement de la fourche sortie	
T15	Précision de positionnement de la fourche centrée	
T16	Précision de fabrication du mât en direction X, par exemple inclinaison, rectitude des rails de guidage	
T17	Précision de fabrication du mât en direction Z	
T18	Parallélisme des axes des fourches par rapport la face de référence du support de manutention	
T19	Rotation horizontale du chariot due au tolérance du guidage sur le mât	
T20	Inclinaison de la face supérieure de la fourche selon la direction X par rapport au plan horizontal du système	
T21	Inclinaison de la face supérieure de la fourche selon la direction Z par rapport au plan horizontal du système due aux tolérances de montage, aux jeux des galets, aux tolérances des rails de roulement et de guidage	
T22	Jeu des galets de guidage latéral du sommier inférieur	
T23	Précision de mise en place de index de positionnement en hauteur par rapport au plan des lisses (voir paragraphe 4.7.5 remarque 2)	
T24	Flèche à vide des fourches sorties (jeu des galets et usure)	
T41	Usure des galets et rail de roulement	
V5	Déformation du mât dans la direction X due aux oscillations	
V6	Déformation du mât en direction X au niveau supérieur due à la variation du chargement	
V7	Déplacement de la charge dans la direction Z, due aux déformations du mât et du chariot de levage sous les moments des charges statiques ainsi qu'aux oscillations résultant des forces de décélération des masses	
V8	Déplacement alterné en direction Z de la charge pendant la translation due aux oscillations de flexion et de torsion du mât	
V9	Rotation horizontale du chariot de levage due à la variation du chargement lors de la sortie de la fourche mesurée à l'extrémité de la fourche en direction X	
V10	Flèche, due à la charge, de la fourche sortie (hors T24)	
V12	Déformation en direction Y du chariot de levage mesurée à l'extrémité de la fourche chargée et sortie	
V13	Déplacement en direction X de l'extrémité de la fourche déployée due aux oscillations de torsion du mât en raison des accélérations des masses en direction Z	

No.	Facteur d'influence	Chapitre
	<b>Equipements d'allées</b>	4.2, 4.3
T25	Rectitude du rail de roulement	Fig. 1
T26	Tolérances de position de l'axe du rail de guidage et déviation du rail par rapport à cet axe	
T27	Tolérance de hauteur du rail de roulement	
T28	Précision de mise en place des index de positionnement en X	
T29	Tolérance de montage du rail de roulement par rapport au plan vertical idéal du système en direction Z	
V16	Déformation du rail de guidage, fourche en charge et sortie en direction Z	
V17	Flèche, sous charge, du rail de roulement en direction Y	
	<b>Rayonnages</b>	4.8
	<b>en direction X</b>	Fig. 3
T30	Domaine de tolérance des montants face à face dans une allée	Fig. 6
V20	Inclinaison due aux actions extérieures et aux charges stockées	
	<b>en direction Y</b>	Fig. 3
T31	Tolérance de niveau des lisses avant	Fig. 6
T32	Ecart de niveau entre lisses avant et arrière	
T33	Tolérance de l'intervalle entre deux niveaux voisins de lisses	
V21	Compression des montants	
V22	Flèche des lisses	
	<b>en direction Z</b>	Fig. 3
T34	Tolérance de position des obstacles arrière	Fig. 4
T35	Tolérance de la butée arrière par rapport au montant avant	Fig. 6
T36	Tolérance de montage des montants	
V23	Déformation des rayonnages due aux actions extérieures et aux charges stockées (cote f)	Fig. 7
V24	Déplacement de la base d'entrée des palettes dû au vent	
	<b>Construction et divers (non pris en compte dans les calculs qui suivent)</b>	
T40	Réduction des cotes due par exemple aux accessoires de fixation, aux matériels de détection et d'extinction d'incendie, aux tuyaux et conduites, à la ventilation, aux lampes ...	
V30	Modification du gabarit des cotes des charges pendant le stockage	
V31	Flèche supplémentaire du support de manutention	
V32	Tassement du sol, engendrant une inclinaison différentielle entre le transtockeur et le rayonnage	
V33	Déformations dues aux écarts de température	

## 6.2 Interdépendance des facteurs d'influence

Pour vérifier, dans un cas concret, si les cotes choisies permettent un fonctionnement sûr du système en relation avec les tolérances et déformations en présence, le responsable du système devra effectuer un calcul de contrôle.

Lors de l'examen de chacune des différentes cotes, il faudra tenir compte des différentes tolérances et déformations en fonction du mode de commande et de la classe de rayonnages. Un exemple de calcul figure dans les tableaux A.1 à A.12 en annexe.

L'expérience et une estimation des probabilités démontrent que n'apparaissent pas au même endroit, au même moment et dans le même sens toutes les tolérances maximales et toutes les déformations.

Certaines tolérances et particulièrement les déformations s'exerçant dans une direction peuvent être réduites en effectuant un réglage adéquat sur le transtockeur, par exemple la mise en parallèle du mât du transtockeur dans la direction X par rapport au rayonnage ou l'abaissement des index de positionnement en Y après remplissage partiel du rayonnage pour prendre en compte la compression.

Un aspect particulièrement critique des rayonnages participant à la structure avec emploi de palettes EUR du type I (800 x 1200 mm) concerne les cotes d'entrée latérales des fourches télescopiques vis-à-vis des passages de la palette. Avec des palettes lourdes et des fourches télescopiques dimensionnées en conséquence, le fonctionnement du système ne peut pas être assuré au niveau supérieur du rayonnage avec les valeurs maximales de tolérances et de déformations citées plus haut (particulièrement avec les influences du vent dans la direction X). Des mesures spéciales sont nécessaires (diminution des valeurs du tableau 1 par utilisation de contreventements renforcés ou restrictions de fonctionnement en cas de vent fort dans la direction X).

### **6.3 Méthode de calcul**

La méthode du "cas le plus défavorable" prend en compte toutes les tolérances et déformations avec leur valeur maximale dans la direction d'effet la plus défavorable. Il en résulte une cote qui doit être compatible avec la cote de dégagement choisie. Dans le cas où les responsabilités sont partagées entre différentes entreprises, il est recommandé de fixer les cotes de dégagement pour l'installation en question selon cette méthode du "cas le plus défavorable".

L'exemple de calcul suivant (voir annexe) est basé sur la combinaison des valeurs maximales les plus défavorables.

## Annexe

### Exemple de calcul

Les exemples chiffrés qui suivent sont destinés à expliciter les interdépendances analysées ci-avant. Ces exemples reprennent les valeurs maximales admissibles indiquées aux paragraphes 4.1 à 4.6 et 4.8. Ces valeurs peuvent être modulées pour des applications particulières selon accord convenu entre le responsable du système et le fournisseur du sous-ensemble considéré. Les autres valeurs sont des hypothèses (imprimées en caractère *italiques* dans les tableaux qui suivent). Elles doivent être déterminées par le constructeur ou par le responsable du système en fonction de l'application considérée.

Selon les indications du paragraphe 4.8, le mode de commande B s'utilise en général pour des hauteurs n'excédant pas 18 m. Afin de rendre pertinent le modèle de calcul ci après pour la classe de rayonnage 100 et le mode de commande B, on a créé un deuxième modèle de rayonnage. De plus, et par rapport aux valeurs citées précédemment, on a réduit certaines tolérances et déformations à l'aide de mesures particulières (voir notes respectives).

### Caractéristiques techniques des magasins

#### Exemple 1 Rayonnage classe 200, modes de commande A, C, D:

- Type silo avec rayonnage pour palettes
- Hauteur libre du bâtiment 24 m, longueur de rayonnage 80 m
- Transtockeur monomât
- Charge utile max. 1000 kg
- Empattement du transtockeur 3,0 m
- Support de manutention palette EUR du type I (code U.I.C. 435-1 OR)
- Dimensions maximales de l'unité de charge x, z, y = 900 x 1300 x 1750 mm
- Trois unités de charge par alvéole
- Pas de déformation à longue échéance du support de manutention ou de la charge
- Mise en attente des palettes (au niveau du sol) par transporteur pourvu d'une butée fixe

#### Exemple 2 Rayonnage classe 100, commande type B:

- Rayonnage indépendant
- Hauteur libre du bâtiment 16 m, longueur de rayonnage 51 m
- Transtockeur monomât
- Charge utile max. 1000 kg
- Empattement du transtockeur 2,4 m
- Support de manutention palette EUR type I (code U.I.C. 435-1 OR)
- Dimensions maximales de l'unité de charge x, z, y = 900 x 1300 x 1100 mm
- Trois unités de charge par alvéole
- Mise en attente des palettes par transporteur pourvu d'une butée fixe

Les exemples de calcul ne prennent pas en compte les facteurs d'influence potentiels suivants:

- usure inégale des galets
- flèche inégale du rail due à une charge différente sur les deux galets
- amplitude des oscillations résiduelles après stabilisation
- valeurs maximales de déformation dues à des actions extérieures extrêmes (vitesse du vent supérieure à la valeur indiquée en 4.8.2)
- affaissements inégaux du sol
- déformation de la dalle supérieure à la valeur indiquée en 4.1.2
- déformation de la charge après passage au contrôle du gabarit

REMARQUE: Dans chacun des tableaux suivants, la colonne 1 (Classe de rayonnage 100, commande B) se rapporte à l'exemple 2, les 3 autres colonnes se rapportent à l'exemple 1.

Tableau A.1 Cote d'entrée  $x_1$  (mm)

	Exemple Classe de rayonnage Type de commande	Nr.	2	1		
			100 B	A	C	D
Support de manutention	- Précision de mise en attente en direction X - Dimensions de la palette par rapport à la face de référence	T7	2	-	2	2
		T6	3	3	3	3
Transtockeur	- Précision de positionnement en direction X (3 fois sauf pour A 1 fois) - Parallélisme des axes des fourches par rapport à la face de référence du support de manutention - Jeu des galets de guidage latéral du sommier inférieur - Déplacement en direction X de l'extrémité de la fourche déployée due aux oscillations de torsion du mât en raison des accélérations des masses en direction Z - Déformation du mât dans la direction X due aux asoscillations	T12	9	5	9	9
		T18	1	1	1	1
		T22	1	1	1	1
		V13	2	3	3	3
		V5				
Rayonnage	- Inclinaison due aux actions extérieures et aux charges stockées	V20	10	3 <sup>2)</sup>	10	3 <sup>2)</sup>
<b>Cote d'entrée</b>		<b><math>x_1</math></b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>29</b>	<b>22</b>

Tableau A.2 Cote d'entrée  $x_2$  (mm)

	Exemple Classe de rayonnage Type de commande	Nr.	2	1		
			100 B	A	C	D
Support de manutention	- Précision de mise en attente en direction X - Dimensions de la palette par rapport à la face de référence	T7	2	-	2	2
		T6	3	3	3	3
Transtockeur	- Précision de positionnement en direction X (3 fois sauf pour A 1 fois) - Parallélisme des axes des fourches par rapport à la face de référence du support de manutention - Jeu des galets de guidage latéral du sommier inférieur - Déformation du mât en direction X au niveau supérieur due à la variation du chargement - Rotation horizontale du chariot de levage due à la variation du chargement lors de la sortie de la fourche mesurée en extrémité de la fourche en direction X - Déplacement en direction X de l'extrémité de la fourche déployée due aux oscillations de torsion du mât en raison des accélérations des masses en direction Z - Déformation du mât dans la direction X due aux oscillations	T12	9	5	9	9
		T18	1	1	1	1
		T22	1	1	1	1
		V6	3 <sup>3)</sup>	-	5 <sup>3)</sup>	-
		V9	1 <sup>3)</sup>	2	1 <sup>3)</sup>	2
		V13	2	3	3	3
		V5				
Rayonnage	- Inclinaison due aux actions extérieures et aux charges	V20	10	3 <sup>2)</sup>	10	3 <sup>2)</sup>
<b>Cote d'entrée</b>		<b><math>x_2</math></b>	<b>32</b>	<b>18</b>	<b>35</b>	<b>24</b>

Tableau A.3 Cote d'entrée  $y_1$  (mm)

	Exemple Classe de rayonnage Type de commande	Nr.	2	1			
			100	A	C	D	
			B				
Transtockeur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Précision de positionnement en direction Y</li> <li>- Inclinaison de la face supérieure de la fourche selon la direction X par rapport au plan horizontal du système</li> <li>- Inclinaison de la face supérieure de la fourche selon la direction Z par rapport au plan horizontal du système due aux tolérances de montage, aux jeux des galets, aux tolérances des rails de roulement et de guidage</li> <li>- Précision de mise en place des index de positionnement en hauteur par rapport au plan des lisses</li> <li>- Flèche à vide des fourches sorties (jeu des galets et usure)</li> </ul>	T13	2	6	4	4	
		T20	1	1	1	1	
		T21	3	3	3	3	
		T23	1	-	1	1	
		T24	4	6	6	6	
Equipement d'allées	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flèche, sous charge, du rail de roulement en direction Y</li> <li>- Tolérance de hauteur du rail de roulement</li> </ul>	V17	1	-	-	-	
		T27	2	-	-	-	
Rayonnage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tolérance de niveau des lisses avant (tolérance positive)</li> <li>- Ecart de niveau entre lisses avant et arrière (tolérance positive)</li> </ul>	T31	5	-	-	-	
		T32	2	2	2	2	
<b>Cote d'entrée</b>			$y_1$	21 <sup>13)</sup>	18	17	17

**HYPOTHESE:** La flèche vers le haut d'une lisse continue peut être négligée, car il est pratiquement exclu qu'à côté d'une alvéole entièrement chargée on ne stocke que des palettes vides.

**HYPOTHESE:** Le déport négatif en hauteur de la lisse arrière est compensé par la flèche de la fourche T24 et n'introduit donc pas de cote d'entrée supplémentaire.

Tableau A.4 Cote d'entrée  $y_2$  (mm)

	Exemple Classe de rayonnage Type de commande	Nr.	2	1		
			100 B	A	C	D
Support de manutention	- Réduction de hauteur des passages de fourche par usure et retrait - Flèche du support de manutention entre les lisses	T9	4	4	4	4
		V1	2	6	6	6
Transtockeur	- Précision de positionnement en direction Y - Inclinaison de la face supérieure de la fourche selon la direction X par rapport au plan horizontal du système - Inclinaison de la face supérieure de la fourche selon la direction Z par rapport au plan horizontal du système due aux tolérances de montage, aux jeux des galets, aux tolérances des rails de roulement et de guidage - Précision de mise en place des index de positionnement en hauteur par rapport au plan des lisses	T13	2	6	4	4
		T20	1	1	1	1
		T21	0	0	0	0
		T23	1	-	1	1
Equipement d'allées	- Tolérance de hauteur du rail de roulement	T27	2	-	-	-
Rayonnage	- Tolérance (moins Tol.) de niveau des lisses avant - Flèches des lisses - Compression des montants - Ecart de niveau entre lisses avant et arrière	T31	5	-	-	-
		V22	6 <sup>15)</sup>	-	-	-
		V21	1 <sup>14)</sup>	-	-	-
		T32	2	2	2	2
<b>Cote d'entrée</b>		<b><math>y_2</math></b>	<b>26<sup>13)</sup></b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>18</b>

5)

4)

6)

**Tableau A.5 Cote de dégagement des alvéoles  $x_{3,1}$  (mm)**  
(pour le côté de la palette opposé au mât)

	Exemple Classe de rayonnage Type de commande	Nr.	2	1		
			100 B	A	C	D
Charge et contrôle du gabarit	- Largeur maximale (précision de mesure)	T1	5	5	5	5
Support de manutention	- Précision de mise en attente en direction X	T7	2	-	2	2
Transtockeur	- Précision de positionnement en direction X, (2 fois sauf pour A 1 fois)	T12	6	5	6	6
	- Précision de fabrication du mât en direction X, par exemple inclinaison, rectitude des rails de guidage	T16	3	-	3	-
	- Rotation horizontale du chariot de levage due aux tolérances du guidage sur le mât	T19	1	2	1	2
	- Inclinaison de la face supérieure de la fourche selon la direction X par rapport au plan horizontal du système	T20	3	3	3	3
	- Jeu des galets de guidage latéral du sommier inférieur	T22	1	1	1	1
	- Déformation du mât pour B, C (1,5 fois)	V6	15 <sup>3)</sup>	-	15 <sup>3)</sup>	-
	- Déformation du mât pour A, D	V6	-	10	-	10
Equipement d'allées	- Influence de la rectitude du rail de roulement sur la position de l'extrémité de la fourche	T25	1	1	1	1
	- Inclinaison du mât due à la tolérance de hauteur du rail de roulement	T27	3	-	3	-
	- Précision de mise en place des index de positionnement en X (2 fois)	T28	2	-	2	2
Rayonnage	- Domaine de tolérance des montants face à face dans une allée	T30	15	-	15	-
	- Inclinaison due aux actions extérieures et aux charges stockées	V20	10	3 <sup>2)</sup>	10	3 <sup>2)</sup>
<b>Cote de dégagement des alvéoles</b>		<b><math>x_{3,1}</math></b>	<b>67</b>	<b>30<sup>17)</sup></b>	<b>67</b>	<b>35</b>

**HYPOTHESE:** La flèche vers le haut d'une lisse continue peut être négligée, car il peut pratiquement être exclu qu'à côté d'une alvéole entièrement chargée on ne stocke que des palettes vides.

**Tableau A.6 Cote de dégagement des alvéoles  $x_{3,2}$  (mm)**  
(pour le côté de la palette face au mât)

	Exemple Classe de rayonnage Type de commande	Nr.	2	1		
			100	A	C	D
			B			
Charge et contrôle du gabarit	- Largeur maximale (précision de mesure)	T1	5	5	5	5
Support de manutention	- Précision de mise en attente en direction X - Déport de l'index de positionnement au poste de mise en attente (voir <sup>3)</sup> )	T7	2	-	2	2
			3	-	5	-
Transtockeur	- Précision de positionnement en direction X, (2 fois sauf pour A 1 fois) - Précision de fabrication du mât en direction X, par exemple inclinaison, rectitude des rails de guidage - Rotation horizontale du chariot de levage due aux tolérances du guidage sur le mât - Inclinaison de la face supérieure de la fourche selon la direction X par rapport au plan horizontal du système - Jeu des galets de guidage latéral du sommier inférieur - Rotation horizontale du chariot de levage due à la variation du chargement lors de la sortie de la fourche mesurée à l'extrémité de la fourche en direction X	T12	6	5	6	6
		T16	3	-	3	-
		T19	2	2	2	2
		T20	2	3	3	3
		T22	1	1	1	1
		V9	3	4	4	4
Equipement d'allées	- Influence de la rectitude du rail de roulement sur la position de l'extrémité de la fourche - Inclinaison du mât due à la tolérance de hauteur du rail de roulement - Précision de mise en place des index de positionnement en X (2 fois)	T25	1	1	1	1
		T27	3	-	3	-
		T28	2	-	2	2
Rayonnage	- Domaine de tolérance des montants face à face dans une allée - Inclinaison due aux actions extérieures et aux charges stockées	T30	15	-	15	-
		V20	10	3 <sup>2)</sup>	10	3 <sup>2)</sup>
<b>Cote de dégagement des alvéoles</b>		<b><math>x_{3,2}</math></b>	<b>58</b>	<b>24<sup>1)</sup></b>	<b>62</b>	<b>29</b>

Tableau A.7 Cote de dégagement des alvéoles  $x_4$  (mm)

	Exemple Classe de rayonnage Type de commande	Nr.	2	1		
			100 B	A	200 C	D
Charge et contrôle du gabarit	- Largeur maximale (précision de mesure) (2 fois)	T1	10	10	10	10
Support de manutention	- Précision de mise en attente en direction X (2 fois)	T7	4	-	4	4
Transtockeur	- Précision de positionnement en direction X (4 fois sauf A 2 fois)	T12	12	10	12	12
	- Déformation du mât en direction X au niveau supérieur due à la variation du chargement	V6	0	-	0	-
	- Rotation horizontale du chariot de levage due à la variation du chargement lors de la sortie de la fourche mesurée à l'extrémité de la fourche en direction X	V9	3	4	4	4
	- Jeu des galets de guidage latéral du sommier inférieur (2 fois)	T22	2	2	2	2
Equipement d'allée	- Inclinaison du mât due à la tolérance de hauteur du rail de roulement (1 1/3 fois)	T27	4	-	4	-
	- Précision de mise en place des index de positionnement en X (3 fois)	T28	3	-	3	-
Rayonnage	- Inclinaison due aux actions extérieures et aux charges stockées	V20	10 <sup>16)</sup>	6 <sup>2)</sup>	20	6 <sup>2)</sup>
	- Inclinaison de la charge due à la flèche des lisses	V22	12	22	22	22
<b>Cote de dégagement des alvéoles</b>		<b><math>x_4</math></b>	<b>60</b>	<b>54<sup>17)</sup></b>	<b>81</b>	<b>60</b>

12)

Tableau A.8 Cote de dégagement des alvéoles  $y_3$  (mm)

	Exemple Classe de rayonnage Type de commande	Nr.	2	1			
			100	A	C	D	
			B				
Charge et contrôle du gabarit	- Hauteur maximale (précision de mesure)	T3	5	5	5	5	
Support de manutention	- Réduction de hauteur des passages de fourche par usure et retrait	T9	4	-	4	4	
Transtockeur	- Précision de positionnement en direction Y (2 fois)	T13	4	12	6	6	
	- Précision de mise en place des index de positionnement en hauteur par rapport au plan des lisses (2 fois)	T23	2	-	2	2	
	- Flèche à vide des fourches sorties (jeu des galets et usure)	T24	4	6	6	6	
	- Flèche, due à la charge, de la fourche sortie (hors T24)	V10	16	16	16	16	
	- Usure des galets et du rail de roulement	T41	1	-	1	1	
	- Déformation en direction Y du chariot de levage mesurée à l'extrémité de la fourche chargée et sortie	V12	4	6	6	6	
Equipement d'allées	- Tolérance de hauteur du rail de roulement (2 fois)	T27	4	-	4	4	
	- Flèche, sous charge, du rail de roulement en direction Y	V17	1	1	1	1	
Rayonnage	- Tolérance de niveau des lisses avant (2 fois)	T31	10	20	20	20	
	- Ecart de niveau entre lisses avant et arrière (tolérance positive)	T32	2	2	2	2	
	- Tolérance de l'intervalle entre deux niveaux voisins de lisses	T33	5	5	5	5	
	- Flèches des lisses	V22	10	15	15	15	
	- Compression des montants	V21	2 <sup>14)</sup>	-	4	4	
Divers	- Somme des résultats dans la direction Y de V16, T22, T25, T26 et T29 (max. 2 fois)		2	4	4	4	
<b>Cote de dégagement des alvéoles</b>			<b><math>y_3</math></b>	<b>76</b>	<b>92</b>	<b>101</b>	<b>101</b>

**Tableau A.9 Cote de dégagement des allées  $z_{1,1}$  et  $z_{1,2}$  (mm)**  
(Calcul à mi-hauteur environ)

	Exemple Classe de rayonnage Type de commande	Nr.	2		1	
			100	B	A	C
Charge et contrôle du gabarit	- Longueur maximale (précision de mesure)	T2	5	5	5	5
Support de manutention	- Précision de mise en attente en direction Z	T8	5	5	5	5
Transtockeur	- Précision de positionnement de la fourche sortie (2 fois)	T14	4	4	4	4
	- Précision de fabrication du mât en direction Z	T17	3	3	3	3
	- Rotation horizontale du chariot due aux tolérances du guidage sur le mât	T19	1	1	1	1
	- Jeu des galets de guidage latéral du sommier inférieur	T22	1	1	1	1
	- Déclivité de la charge résultant de V10,T41,V12,V13 et T24		25	32	32	32
	- Déplacement de la charge dans la direction Z, dû aux déformations du mât et du chariot de levage sous les moments des charges statiques ainsi qu'aux oscillations résultant des forces de décélération des masses	V7	6	8	8	8
Equipement d'allées	- Rectitude du rail de roulement (0,5 fois)	T25	2	2	2	2
	- Tolérances de position de l'axe du rail de guidage et déviation du rail par rapport à cet axe (0,5 fois)	T26	4	4	4	4
	- Déformation du rail de guidage, fourche en charge et sortie en direction Z (0,5 fois)	V16	3	3	3	3
Rayonnage	- Inclinaison de la palette due à la tolérance positive de la lisse arrière	T32	-	-	-	-
	- Tolérance de position des obstacles arrière	T34	15	15	15	15
	- Déformation des rangées intermédiaires (des rangées extrêmes)	V23	5	5	5	5
			(5)	(15)	(15)	(15)
	- Déplacement de la base d'entrée des palettes dû au vent	V24	-	-	-	-
<b>Cote de dégagement des allées Rangées intermédiaires</b>		<b><math>z_{1,2}</math></b>	<b>79</b>	<b>88</b>	<b>88</b>	<b>88</b>
<b>Rangées extrêmes</b>		<b><math>z_{1,1}</math></b>	<b>79</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>98</b>

11)

11)

11)

10)

**Tableau A.10 Cote de dégagement des allées  $z_{2,1}$  et  $z_{2,2}$  (mm)**

Obstacle: palette stockée par rapport à la palette sur transtockeur  
(calcul à approx. mi-hauteur du magasin)

	Exemple Classe de rayonnage Type de commande	Nr.	2	1		
			100 B	A	C	D
Charge et contrôle du gabarit	- Longueur maximale (2 fois)	T2	10	10	10	10
Support de manutention	- Mise en attente en direction Z (2 fois)	T8	10	10	10	10
Transtockeur	- Sortie de fourche (2 fois)	T14	4	4	4	4
	- Jeu des galets de guidage latéral	T22	1	1	1	1
	- Déplacement alternée en direction Z de la charge pendant la translation due aux oscillations de flexion et de torsion du mât	V8	6	6	6	6
Rayonnage	- Inclinaison due à une différence de hauteur de la lisse arrière	T32	4	4	4	4
	- Déformation des rangées intermédiaires (des rangées extrêmes)	V23	5 (5)	5 (15)	5 (15)	5 (15)
	- Déplacement de base d'entrée des palettes dû au vent	V24	-	-	-	-
<b>Cote de dégagement des allées</b>						
	<b>Rangées intermédiaires</b>	$z_{2,2}$	40	40	40	40
	<b>Rangées extrêmes</b>	$z_{2,1}$	40	50	50	50

**Tableau A.11 Cote de dégagement des allées  $z_{3,1}$  et  $z_{3,2}$  (mm)**

Obstacle: palette stockée par rapport aux éléments fixes du transtockeur  
(calcul à approx. 4 m au-dessus du rail de roulement)

	Exemple Classe de rayonnage Type de commande	Nr.	2	1		
			100 B	A	C	D
Charge et contrôle du gabarit	- Longueur maximale	T2	5	5	5	5
Support de manutention	- Mise en attente en direction Z	T8	5	5	5	5
Transtockeur	- Sortie de fourche	T14	2	2	2	2
	- Jeu des galets de guidage latéral	T22	1	1	1	1
	- Déplacement alterné en direction Z de la charge pendant la translation due aux oscillations de flexion et de torsion du mât	V8	2	2	2	2
Rayonnage	- Inclinaison de la palette due à la tolérance positive de la lisse arrière	T32	4	4	4	4
	- Déformation des rangées intermédiaires (de rangées extrêmes)	V23	4 (5)	5 (15)	5 (15)	5 (15)
	- Déplacement de la base d'entrée des palettes	V24	-	-	-	-
<b>Cote de dégagement des allées</b>						
	<b>Rangées intermédiaires</b>	$z_{3,2}$	23	24	24	24
	<b>Rangées extrêmes</b>	$z_{3,1}$	24	34	34	34

**Tableau A.12 Cote de dégagement des allées  $z_{4,1}$  et  $z_{4,2}$  (mm)**  
(calcul à approx. mi-hauteur du magasin)

	Exemple Classe de rayonnage Type de commande	Nr.	2	1		
			100	A	C	D
			B			
Support de manutention	- Tolérance de longueur des palettes - Mise en attente	T8	3	3	3	3
			5	5	5	5
Transtockeur	- Sortie de fourche - Précision de fabrication du mât en direction Z - Rotation du chariot - Jeu des galets de guidage latéral - Déplacement de la charge dans la direction Z, dû aux déformations du mât et du chariot de levage sous les moments des charges statiques ainsi qu'aux oscillations résultant des forces de décélération des masses	T14	2	2	2	2
		T17	2	2	2	2
		T19	2	2	2	2
		T22	1	1	1	1
		V7	4	6	6	6
Equipement d'allées	- Rectitude du rail de roulement (0,5 fois) - Tolérances de position de l'axe du rail de guidage et déviation du rail par rapport à cet axe (0,5 fois) - Déformation du rail de guidage (0,5 fois)	T25	2	2	2	2
		T26	4	4	4	4
		V16	3	3	3	3
Rayonnage	- Tolérance de la butée arrière - Tolérance de montage des montants - Déformation des rangées intermédiaires (des rangées extrêmes) - Déplacement de base d'entrée des palettes	T35	5	5	5	5
		T36	15	15	15	15
		V23	5 (5)	5 (15)	5 (15)	5 (15)
		V24	-	-	-	-
<b>Cote de dégagement des allées</b>						
	<b>Rangées intermédiaires</b>	$z_{4,2}$	53	55	55	55
	<b>Rangées extrêmes</b>	$z_{4,1}$	53	65	65	65

### Notes

- 1) Peut être influencé par les temps de stabilisation.
- 2) Prise en compte de l'inclinaison du rayonnage au cours de la sortie de la fourche.
- 3) Ceci correspond à la moitié de la déformation maximale due à la variation de chargement, en supposant que lors de la mise en attente de la palette, l'index de positionnement soit décalé de la moitié de la déformation due à la variation du chargement du côté opposé au mât. La cote x2 est augmentée de la moitié de cette déformation lors de la prise de la palette.
- 4) Tolérance en hauteur de la section de lisse (pour le modes de commande C et D) ou de l'index de positionnement (mode de commande B).
- 5) Le dévers est compensé par la flèche à vide de la fourche déployée.
- 6) Le déport de la lisse arrière de 4 mm se répercute sur 2 mm pour la planche médiane critique.
- 7) Tolérance positive pour la lisse inférieure et tolérance négative pour la lisse supérieure.
- 8) Si le positionnement fin sur l'alvéole pour l'entrée en stock n'est pas utilisé (cas général), ces tolérances doivent également être prises en compte.

T27: tolérance positive par rapport à la lisse supérieure, tolérance négative par rapport à la lisse inférieure.

- 9) Tolérance positive par rapport à la lisse supérieure, tolérance négative par rapport à la lisse inférieure.
- 10) Négligeable, car inférieur au dévers de la charge résultant de V13 et T24.
- 11) Demi valeur à cause du calcul à mi-hauteur.
- 12) Dans cet exemple, le défaut de positionnement en raison de la déformation due à la variation du chargement est compensé par l'inclinaison de la charge (V22). Pour les palettes de faible hauteur, la plus grande des deux valeurs déformation du mât (1,5 fois V6) ou gauchissement (2 fois V20) doit être retenue.
- 13) Les cotes de dégagement  $y_1$  et  $y_2$  nécessaires entraînent pour la fourche, une hauteur de construction de 53 mm. Si, dans cette hypothèse (cas le plus défavorable), les extrémités des fourches sont biseautées et les lisses présentent un arrondi d'angle, une fourche de hauteur légèrement supérieure permet néanmoins un fonctionnement suffisamment fiable.
- 14) 2/3 de la compression seront compensés par l'abaissement de l'index de positionnement.
- 15) Une partie (environ 30 %) de la flèche peut se compenser par l'abaissement de la position de retrait de la fourche.
- 16) L'inclinaison peut se produire au maximum vers un seul côté (pas de force alternée comme dans le cas du vent).
- 17) Valeur sans marge vis-à-vis des risques liés aux décisions du conducteur du transtockeur.
- 18) Dans cet exemple de calcul, le facteur V8 - oscillation du mât - n'est pas pris en compte dans la cote de dégagement par rapport à la butée de sécurité destinée à arrêter la palette, car un contact entre la palette et la butée est admissible.

Erstellt durch den Technischen Unterausschuß "Regalbediengeräte und Stapelkrane" der Sektion IX und der Arbeitsgruppe 3 "Regale - Toleranzen, Verformungen, Freimaße" der Sektion X der Fédération Européenne de la Manutention (FEM)  
Prepared by the Technical Subcommittee "Storage/retrieval machines and stacker cranes" of Section IX and Working group 3 "Racking - Tolerances, Deformations, Clearances" of Section X of the Fédération Européenne de la Manutention (FEM)  
Etabli par le Sous-comité Technique "Transtockeurs et ponts gerbeurs" de la section IX et du groupe de travail 3 "Rayonnage - Tolérances, Déformations, Cotes de dégagement" de la section X de la Fédération Européenne de la Manutention (FEM)

---

Sekretariat:  
Secretariat:  
Secrétariat:

**Sekretariat der FEM Sektion IX**  
**c/o VDMA**  
**Fachgemeinschaft Fördertechnik**  
**Postfach 71 08 64**  
**D-60498 Frankfurt**

---

Zu beziehen durch das oben angegebene Sekretariat oder durch die folgenden Nationalkomitees der FEM  
Available from the above secretariat or from the following committees of the FEM  
En vente auprès du secrétariat ou des comités nationaux suivants de la FEM

### **Belgique**

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

### **Deutschland**

Deutsches Nationalkomitee der FEM  
VDMA  
Fachgemeinschaft Fördertechnik  
Postfach 71 08 64  
D-60498 Frankfurt  
Lyoner Str. 18  
D-60528 Frankfurt

### **España**

Comité Nacional Español de la FEM  
Asociación Nacional de Manutención (AEM)  
ETSEIB-PABELLON F Diagonal, 647  
E-08028 Barcelona

### **Finland**

Finnish National Committee of FEM  
Federation of Finnish Metal, Eng. and Electro-  
techn. Industries (FIMET)  
Eteläranta 10  
SF-00130 Helsinki

### **France**

Comité National Français de la FEM  
Syndicat des industries de matériels  
de manutention (SIMMA)  
39/41 rue Louis Blanc - F-92400 Courbevoie  
cedex 72 - F-92038 Paris la Défense

### **Great Britain**

British National Committee of FEM  
British Materials Handling Federation  
Bridge House, 8th Floor  
Queensway, Smallbrook  
GB-Birmingham B5 4JP

### **Italia**

Comitato Nazionale Italiano della FEM  
Federazione delle Associazioni Nazionali dell'Industria  
Meccanica Varia ed Affine (ANIMA)  
Via L. Battistotti Sassi 11  
I-20133 Milano

### **Luxembourg**

Comité National Luxembourgeois de la FEM  
Fédération des Industriels Luxembourgeois  
Groupement des Constructeurs et Fondateurs du  
Grande-Duché de Luxembourg  
Boîte Postale 1304  
Rue Alcide de Gasperi 7  
L-1013 Luxembourg

### **Nederland**

Nederlands Nationaal Comité bij de FEM  
Vereniging FME  
Postbus 190, Bredewater 20  
NL-2700 AD Zoetermeer

### **Norge**

Norwegian FEM Groups  
Norsk Verkstedsindustri  
Standardiseringsentral NVS  
Box 7072 / Oscars Gate 20  
N-0306 Oslo

### **Portugal**

Comissão Nacional Portuguesa da FEM  
Federação Nacional do Metal  
FENAME  
Rua do Quelhas, 22-3  
P-1200 Lisboa

### **Schweiz / Suisse / Svizzera**

Schweizerisches Nationalkomitee der FEM  
Verein Schweizerischer Maschinen-Industrieller  
(VSM)  
Kirchenweg 4 / Postfach 179  
CH-8032 Zürich

### **Sverige**

Swedish National Committee of FEM  
Sveriges Verkstadsindustrier  
Materialhanteringsgruppen  
Storgatan 5, Box 5510  
S-114 85 Stockholm