



---

**Commission économique pour l'Europe**

Comité des transports intérieurs

**Groupe de travail du transport intermodal et de la logistique**

Soixante-cinquième session

Genève, 19-21 octobre 2022

Point 7 de l'ordre du jour provisoire

**Code de bonnes pratiques pour le chargement  
des cargaisons dans des engins de transport****Code de bonnes pratiques pour le chargement des cargaisons  
dans des engins de transport – texte à actualiser en priorité :  
matériel et dispositifs d'immobilisation, sacs de fardage**

Note du secrétariat

**I. Introduction**

1. À sa soixante-quatrième session (Genève, 20-22 octobre 2021), le Groupe de travail du transport intermodal et de la logistique (WP.24) de la Commission économique pour l'Europe (CEE) a prolongé d'une année les travaux préparatoires informels sur le Code de bonnes pratiques pour le chargement des cargaisons dans des engins de transport (Code CTU) afin de continuer à : i) évaluer les domaines dans lesquels le Code CTU devait être actualisé en priorité ; et ii) étudier la possible intégration du texte du Code dans une application mobile.
2. Les experts participant aux travaux préparatoires relatifs à l'évaluation des domaines du Code CTU dans lesquels des mises à jour seraient nécessaires ont notamment examiné des questions telles que le matériel et les dispositifs d'immobilisation, ainsi que les sacs de fardage, et ont envisagé la possibilité d'élaborer un nouveau texte sur ces questions pour compléter les informations figurant dans le Code actuel.
3. On trouvera dans le présent document les modifications à apporter concernant les questions mentionnées ci-dessus selon les priorités établies. En particulier :
  - L'annexe I présente les modifications apportées aux termes relatifs à l'immobilisation utilisés dans le Code afin d'assurer une meilleure cohérence du texte. Il y est également proposé de modifier le paragraphe 2.3 relatif au matériel et aux dispositifs d'immobilisation et d'ajouter des références aux techniques et dispositifs utilisés pour l'immobilisation dans d'autres types d'engins de transport ;
  - L'annexe II présente les ajouts proposés à la section 4 de l'appendice 4 de l'annexe 7 sur l'assujettissement de la cargaison au moyen de sacs de fardage.



4. Les ajouts qu'il est proposé d'apporter au texte existant du Code CTU figurent en caractères gras, les suppressions en caractères biffés.
5. Le WP.24 est invité à examiner les propositions présentées dans les annexes I et II et à communiquer ses observations et orientations.

## Annexe I

### Matériel et dispositifs d'immobilisation

Les modifications suivantes sont proposées :

#### Préambule

L'utilisation de conteneurs, caisses mobiles, véhicules et autres engins de transport réduit sensiblement les risques matériels auxquels les cargaisons sont exposées. Cependant, si les cargaisons ne sont pas chargées correctement ou avec précaution dans ou sur de tels engins ou si elles ne sont pas bien immobilisées, ~~calées~~ ou arrimées, des dommages corporels risquent d'être causés pendant leur manutention ou leur transport. De plus, la cargaison ou le matériel pourrait subir des détériorations graves et coûteuses.

#### Chapitre 6

6.2.11 Les conteneurs plates-formes et les plates-formes ont un plancher composé d'au moins deux poutres en H longitudinales résistantes, reliées par des raidisseurs transversaux et recouvertes de planches en bois solides. Pour faciliter leur assujettissement, ces engins de transport comportent des **points d'ancrage** ~~patte de saisissage~~ ~~résistantes~~ qui sont soudées sur l'extérieur des poutres longitudinales inférieures et ont une CMA d'au moins 30 kN conformément à la norme. Dans bien des cas, les **points d'ancrage** ~~points de saisissage~~ ont une CMA de 50 kN. Il est aussi possible d'assujettir des cargaisons dans l'axe longitudinal en les ~~étayant~~ **immobilisant** contre les parois d'extrémité du conteneur plate-forme. Ces parois d'extrémité peuvent être équipées aussi de points de saisissage ayant une CMA d'au moins 10 kN.

6.4.6 Une caisse mobile fermée par un rideau sur deux côtés a une structure semblable à celle d'une semi-remorque normalisée à rideaux latéraux. Elle a une structure fermée avec un toit rigide **ou amovible**, des parois d'extrémité et un plancher. Ses rideaux amovibles sont en toile ou en matière plastique. L'armature des côtés peut être renforcée par des ~~barres~~ **montants amovibles**.

#### Chapitre 7

7.2.5 Les articles lourds tels que les blocs de granit et de marbre peuvent également être chargés dans des engins de transport fermés. Cependant, il ne suffit pas d'arrimer ces cargaisons de paroi à paroi. Il est nécessaire de les ~~caler et de les immobiliser~~ contre le châssis de l'engin et/ou de les saisir aux points de saisissage (voir l'annexe 7, ~~sous section~~ **paragraphe 4.3.4**). La capacité de saisissage des points de saisissage des conteneurs d'usage général étant limitée, ces conteneurs normaux ne sont peut-être pas appropriés pour certains éléments de cargaison volumineux et lourds. Des plates-formes ou des conteneurs plates-formes peuvent être utilisés à la place.

#### Annexe 2

3.3.5 ~~Une~~ **Des** élingues de levage par le bas ~~est~~ **sont** utilisées en combinaison avec un palonnier à traverse. Le conteneur ~~est~~ **peut être** levé par les ouvertures latérales des quatre pièces de coin inférieures à l'aide ~~d'élingues fixées aux pièces de coin par des dispositifs de verrouillage~~ **d'appareils de levage fixés aux pièces de coin inférieurement**. Les crochets ne sont pas adaptés à cette fin. Cette méthode peut être utilisée pour les conteneurs de toutes tailles vides ou chargés. Dans le cas des conteneurs chargés, l'angle entre l'élingue et l'axe horizontal ne devrait pas être inférieur à 30° pour les conteneurs de 40 pieds (12 m), à 45° pour les conteneurs de 20 pieds (6 m) et à 60° pour les conteneurs de 10 pieds (3 m).

#### Annexe 4

2.4 (tableau) Ts = Masse du matériel d'assujettissement ~~et de calage~~ **de la cargaison**

#### Annexe 7

2.1.2 Des planches de bois ou ~~du bois équarri~~ **des barres** peuvent aussi servir à créer des espaces entre les colis afin de faciliter la ventilation naturelle, en particulier dans les

conteneurs ventilés. Il est indispensable d'utiliser un tel fardage lors de l'empilage de conteneurs frigorifiques.

### 2.3 Matériaux et dispositifs d'immobilisation ~~et de calage~~

2.3.1 L'immobilisation, ~~le calage ou l'accorage~~ est une méthode d'assujettissement par laquelle **soit la cargaison est arrimée directement à des éléments structurels résistants de l'engin de transport, soit les espaces entre la cargaison et les entourages solides de l'engin de transport ou dans les espaces entre les différents colis sont comblés par des matériaux supplémentaires comme** des poutres et palonniers en bois, des palettes vides ou des sacs d'arrimage, par exemple ~~sont insérés dans~~ (voir la figure 7.3). Cette méthode permet de transférer les forces par compression avec une déformation minimale. ~~Les dispositifs de calage ou d'accorage inclinés risquent de céder soudainement sous le poids de la charge et devraient donc être d'une conception appropriée.~~ Dans le cas des engins de transport ayant des parois résistantes, les colis devraient ~~dans la mesure du~~ si possible être solidement arrimés aux entourages de l'engin des deux côtés de manière telle qu'il reste un espace au centre. Cette disposition permet de réduire les forces s'exerçant sur le dispositif ~~de calage~~ **d'immobilisation** car les forces de gravité latérales provenant d'un côté seulement doivent être transférées à un moment donné.

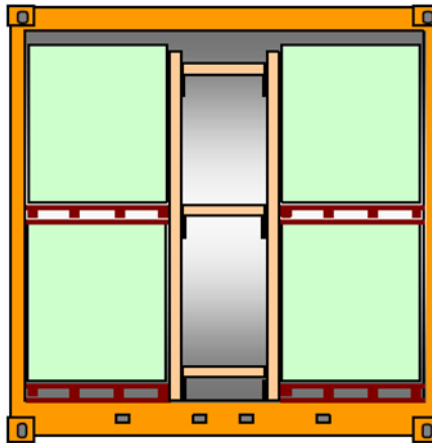


Figure 7.3 Espace central avec un dispositif de calage d'immobilisation transversal

2.3.2.2.3.9 Il faudrait garder à l'esprit les restrictions imposées à l'utilisation de matériaux d'immobilisation ~~et de calage~~ en vertu des règlements de quarantaine, notamment en ce qui concerne le bois naturel ou le bois d'œuvre (voir les **paragraphes sections** 1.13 et 1.14 de la présente annexe).

2.3.2.3 Les structures temporaires en bois utilisées pour l'immobilisation devraient être conçues principalement de manière à ce que les forces de la cargaison ne dépendent pas de la résistance à la flexion ou de la résistance des joints des différents composants des structures mais soient transférées vers les entourages de l'engin de transport par compression du bois. Ces forces transférées par le calage ou l'accorage doivent être dispersées aux points de contact par l'entremise de poutres transversales d'une palonnier adéquates, à moins que l'un des points de contact ne soit un élément résistant de la structure de la cargaison ou de l'engin de transport. Les poutres transversales palonniers en bois tendre devraient se chevaucher suffisamment aux points de contact des accores. Pour évaluer les dispositifs de couchage et d'immobilisation, il faudrait utiliser les valeurs de résistance nominale du bois figurant dans le tableau 7.1 ci-dessous :

	Résistance à une compression normale au grain	Résistance à une compression parallèle au grain	Résistance à la flexion
Faible qualité	0,3 kN/cm <sup>2</sup>	2,0 kN/cm <sup>2</sup>	2,4 kN/cm <sup>2</sup>
Qualité moyenne	0,5 kN/cm <sup>2</sup>	2,0 kN/cm <sup>2</sup>	3,0 kN/cm <sup>2</sup>

Tableau 7.1

2.3.3.4 Une dispositif de calage ou d'accorage **structure temporaire en bois** devrait être conçue et installée de manière telle qu'il **elle** reste intacte et en place, même s'il y a une perte temporaire de compression. À cette fin, il est nécessaire que les **aeores éléments d'immobilisation** soient soutenus par des **montants appuis** ou bancs appropriés, que les éléments soient correctement fixés au moyen de clous ou de pinces et que le dispositif soit stabilisé par des cales diagonales selon qu'il convient (voir **les la** figures 7.4 et 7.5). **Les dispositifs d'immobilisation inclinés risquent de céder soudainement sous le poids de la charge et devraient donc être d'une conception appropriée.**

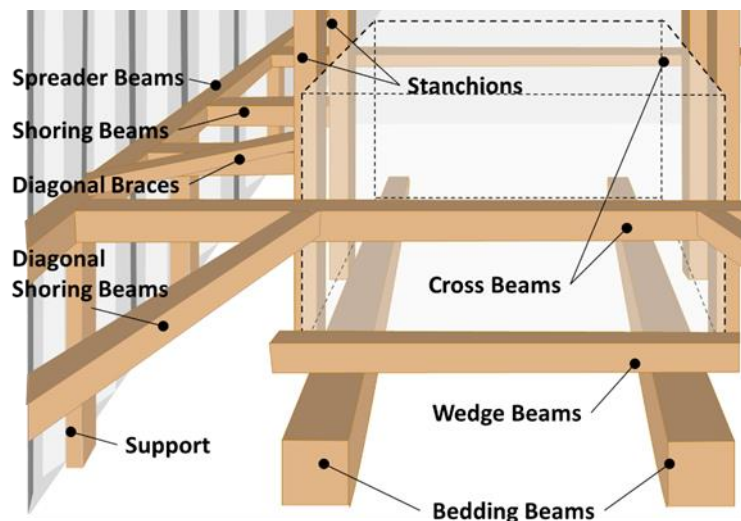


Figure 7.4 Composants d'un dispositif d'immobilisation temporaire en bois

**Guide des composants :**

- Les poutres d'échafaudage sont généralement en compression**
- Les palonniers et les poutres d'assise sont placés dans le sens de la longueur**
- Les montants sont verticaux**
- Les traverses et les barres d'accorage des portes sont transversales**

2.3.4 Dans un engin de transport, les barres transversales destinées à maintenir un bloc de colis devant la porte ou à des positions intermédiaires à l'intérieur de l'engin devraient avoir une section transversale de dimensions suffisantes pour résister aux forces longitudinales que la cargaison est censée exercer (voir la figure 7.6). Les extrémités de ces barres peuvent être enfoncées dans les cannelures solides des parois latérales de l'engin. Il est toutefois préférable de les caler contre la structure du châssis, par exemple au niveau des traverses inférieures ou supérieures ou des montants d'angle. Ces barres servent de poutres ; elles sont fixées à leurs extrémités et chargées de façon homogène sur toute leur longueur (environ 2,4 mètres). Leur résistance à la flexion détermine la force à laquelle elles peuvent résister. Le nombre de barres nécessaire et leurs dimensions peuvent être calculés, de la manière indiquée à l'appendice 4 à la présente annexe.

Figure 7.6 Disposition générale des barres de clôture dans un engin de transport pour protéger la porte

2.3.5 Immobiliser le chargement au moyen de bois équarri cloué assujéti au moyen de **fixations mécaniques sur les poutres d'assise ou sur les palonniers** n'est valable que pour un assujettissement secondaire. **Les différents types de fixations fourniront une résistance au cisaillement En en fonction du type, de la configuration et de la taille des elous utilisés, de l'élément de fixation utilisé. Par exemple, il est estimé que la résistance au cisaillement d'un tel dispositif correspond à une force d'immobilisation de 1 à 4 kN par clou.** Il est préférable d'utiliser des cales de blocage clouées pour immobiliser les formes arrondies comme les tuyaux. Il faudrait veiller à ce que les cales de blocage soient taillées de manière telle que l'axe du grain favorise la résistance au cisaillement de la cale. Toute latte ou cale de

blochage en bois de ce type ne devrait être cloué qu'aux éléments de fardage ou éléments en bois placés en dessous de la cargaison (voir la figure 7.5). Les planchers en bois des engins de transport fermés ne conviennent généralement pas pour le clouage. Le clouage des planchers en bois tendre des conteneurs plates-formes ou plates-formes et des engins de transport ouverts peut être admis si l'exploitant de l'engin l'approuve (voir la figure 7.7).

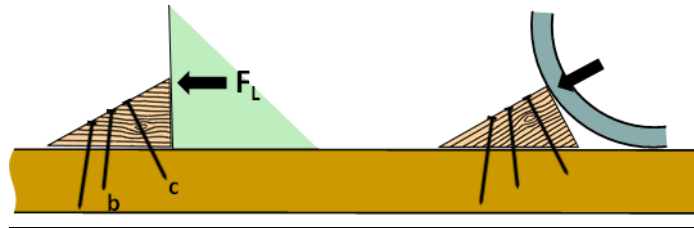


Figure 7.75 Cales de blocage correctement taillées et clouées

2.3.6 Les joints des dispositifs d'immobilisation se rompent lorsque la résistance de l'attache mécanique cède sous le poids de la charge latérale, ce qui entraîne souvent une rotation de la poutre ou de la cale de blocage et le décrochage de la fixation par effet de levier. Pour éviter cela, il faut choisir le bon type de fixations mécaniques, lesquelles doivent être insérées correctement. Le clou est l'élément de fixation le plus utilisé dans la fabrication de cadres d'emballage, en raison de sa disponibilité et de sa facilité d'utilisation. Les assemblages cloués reposent sur trois éléments de base :

- La taille et la forme du clou ;
- La pénétration du clou ;
- Le bois utilisé pour l'immobilisation.

2.3.6.1 La taille du clou est fonction de son diamètre et sa longueur. Le clou le plus couramment utilisé est composé d'une tige lisse à section transversale arrondie. Il existe d'autres formes et conceptions, qui peuvent améliorer l'efficacité de l'assemblage. Il faut prendre en compte les charges que l'assemblage devra supporter ainsi que l'efficacité des deux éléments en bois pour choisir la taille du clou et déterminer son efficacité :

1. Les clous utilisés sont soumis soit à des charges d'arrachement, soit à des charges latérales (comme on le voit sur les figures 7.6 et 7.7), soit à une combinaison des deux. Le bois, le clou et les conditions d'utilisation ont une incidence sur les deux types de charge.

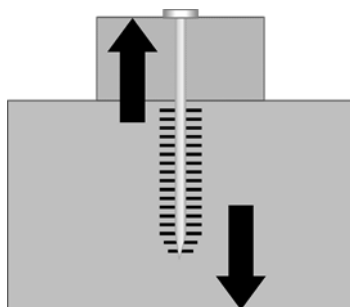


Figure 7.6 Charges d'arrachement

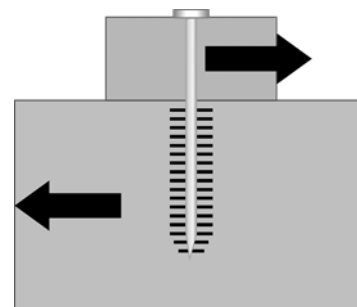


Figure 7.7 Charges latérales

2. L'exercice d'une charge latérale sur un élément d'immobilisation fixé à l'aide de clous aboutit à la formation d'un trou dans le bois car, en s'enfonçant, le clou se déforme, ce qui, en déclenchant la rotation de l'élément d'immobilisation, provoque son expulsion (voir la figure 7.8). Comme on le voit sur la figure 7.9, en cas de déplacement de la pièce, même de faible amplitude, la force nécessaire à l'extraction du clou est bien moins élevée. Cependant, ce phénomène est atténué par l'utilisation de clous annelés ou de clous en spirale.

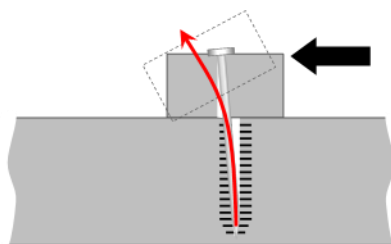


Figure 7.8 Effet sur le clou d'un déplacement latéral

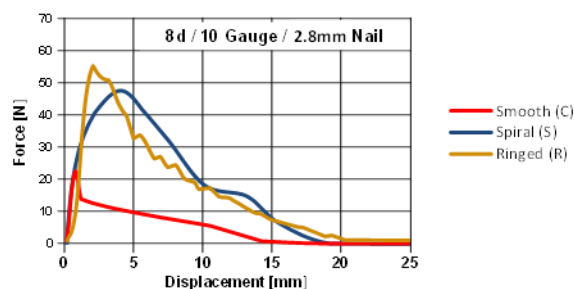


Figure 7.9 Force d'extraction en fonction du déplacement

3. Les dispositifs d'immobilisation qui reposent sur des assemblages cloués devraient être utilisés principalement pour supporter les charges latérales qui s'exercent sur les clous et être suffisamment solides pour éviter tout déplacement important des composants en bois. On trouvera au tableau 7.2 la capacité d'immobilisation approximative de clous de différentes tailles avec une pénétration suffisante.

Diamètre du clou [en mm]	Capacité approximative d'immobilisation par clou [en daN]
3	90
4	120
5	150

Tableau 7.2 Capacité approximative d'immobilisation latérale des clous de différents diamètres ayant une pénétration suffisante

#### 2.3.6.2 Profondeur de pénétration

1. La charge latérale exercée sur le clou est également fonction de la profondeur de pénétration du clou dans l'élément de fondation ou l'élément dans lequel la pointe est insérée. La profondeur de pénétration obéit à deux règles principales :

a) La profondeur de pénétration généralement recommandée pour la résistance à pleine charge d'un clou à tige simple est variable mais représente environ 14 fois le diamètre du clou pour les bois les plus tendres<sup>1</sup> ;

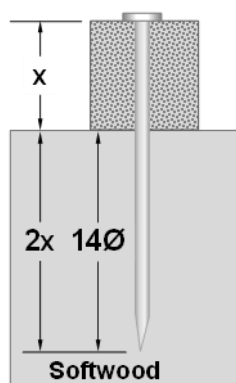


Figure 7.10 Profondeur de pénétration

b) La profondeur de pénétration peut aussi être calculée de manière à ce que la tige pénètre à une profondeur correspondant au double de l'épaisseur de l'élément fixé. La longueur du clou devrait donc si possible être égale au triple

<sup>1</sup> Les bois les plus couramment utilisés pour les dispositifs d'immobilisation proviennent de conifères comme le sapin douglas, le mélèze, le pin sylvestre et l'épicéa.

de l'épaisseur de l'élément d'immobilisation à fixer et le clou devrait être enfoncé jusqu'au bout.

**2.3.6.3** Enfin, l'efficacité du clou dépendra du bois utilisé, qui doit être correctement séché :

- Il devrait être propre, sec et exempt de pourriture sèche, de trous de nœuds, d'infestation et de fissures qui affaibliraient sa résistance ou empêcheraient un clouage efficace ;
- Le bois sec (avec une teneur en humidité de 15 à 25 %) est un excellent matériau d'assujettissement. Il est beaucoup plus léger que le bois humide ou vert, ce qui est très important lorsqu'il faut prendre en compte des limitations de poids ;
- Il convient dans tous les cas d'éviter d'utiliser du bois humide ou vert :
  - Ce type de bois perd rapidement la plus grande part de sa résistance et peut contenir 30 à 50 % d'humidité selon les espèces ;
  - Le bois humide et vert contient une forte concentration d'humidité qui, en se dégageant, peut provoquer des dommages causés par l'eau ou le suintement, des moisissures ou l'apparition de taches sur la cargaison ;
  - En séchant, le bois vert rétrécit, ce qui déplace les clous, qui sont souvent également déformés par le mouvement du conteneur pendant le transport ; cela amoindrit la sécurité de la cargaison dans le conteneur et peut provoquer une défaillance du dispositif de retenue.

**2.3.6.4** Comme il a été démontré, les clous n'offrent qu'une résistance très limitée aux forces latérales dans un dispositif d'immobilisation ; il est donc recommandé d'utiliser des clous pour fixer les éléments d'immobilisation mais, s'ils doivent fournir une résistance latérale, leur diamètre doit être le plus large possible.

**2.3.6.2.3.7** ~~Dans le cas d'un arrimage solidaire~~ Lorsque les unités de cargaison sont immobilisées les unes contre les autres, les espaces vides devraient être comblés, de préférence par des palettes vides insérées dans l'axe vertical et bloquées par d'autres lattes en bois selon que de besoin. Les matériaux qui risquent de se déformer ou de rétrécir de façon permanente, tels que les tapis de jute ou ceux en mousse rigide qui ont une résistance limitée, ne devraient pas être utilisés à cette fin. Les petits espaces entre les unités de charge et les éléments de cargaison similaires, qui ne peuvent être évités et sont nécessaires au bon déroulement du chargement et du chargement des marchandises, sont acceptables et n'ont pas besoin d'être comblés. La somme des espaces vides dans n'importe quel plan horizontal ne devrait pas dépasser 15 cm. Il faudrait cependant réduire au minimum, dans la mesure du possible, les espaces vides entre les éléments de cargaison denses et rigides, comme l'acier, le béton ou la pierre.

**2.3.7.2.3.8** Les espaces entre chargements arrimés et solidement assujettis à des palettes (par des saisines ou un film rétractable) n'ont pas à être comblés si les palettes sont arrimées de façon compacte à l'intérieur d'un engin de transport et ne risquent pas de basculer (voir la figure 7.811). L'assujettissement du chargement à des palettes par le biais d'un emballage par film rétractable ne suffit que si le film a une résistance appropriée. Il faudrait tenir compte du fait que, dans le cas du transport par mer, les fortes sollicitations auxquelles la cargaison est soumise à plusieurs reprises dans des conditions météorologiques défavorables risquent d'affaiblir la résistance d'un film rétractable et ainsi de réduire la capacité d'assujettissement.





Figure 7.811 Cargaison solidement assujettie à des palettes au moyen de saisines en textile

**2.3.82.3.9** Si des sacs d'arrimage sont utilisés pour remplir les espaces<sup>2</sup>, les consignes du fabricant concernant la pression de remplissage et l'espace maximal devraient être scrupuleusement respectées. Ces sacs ne devraient pas être utilisés pour bloquer l'espace situé à l'entrée, à moins que des précautions ne soient prises pour empêcher l'ouverture brutale de la porte. Si les surfaces des espaces ne sont pas planes et risquent d'endommager les sacs d'arrimage par frottement ou perforation, il faudrait prendre des mesures adéquates pour aplanir les surfaces de façon appropriée (voir les figures 7-912 et 7-1013). Il faudrait calculer la capacité d'immobilisation des sacs d'arrimage en multipliant la pression d'éclatement nominale par la zone de contact d'un côté du dispositif d'immobilisation et par un facteur de sécurité de 0,75 dans le cas des sacs d'arrimage à usage unique et de 0,5 dans le cas de ceux qui sont réutilisables (voir l'appendice 4 à la présente annexe).



Figure 7.912 Espace rempli par un sac d'arrimage centra



Figure 7.4913 Colis de forme irrégulière immobilisés à l'aide de sacs d'arrimage

**2.3.10** Les véhicules routiers peuvent être aménagés de manière à accepter différents types de dispositifs d'immobilisation démontables, comme des montants ou des traverses. Ces dispositifs peuvent porter une inscription indiquant leur capacité d'immobilisation (BC), c'est-à-dire la capacité maximale de résistance à une charge répartie sur toute la hauteur et la largeur du dispositif pendant une utilisation continue. Les montants sont soumis à un moment de flexion qui dépend de la hauteur de la charge. La résistance des traverses est généralement limitée par celle des accessoires qui se trouvent de part et d'autre de l'engin de transport (voir les figures 7.14 et 7.15)

<sup>2</sup> Les sacs d'arrimage (gonflables) ne devraient pas être utilisés dans le cas de marchandises dangereuses transportées sur les voies ferrées américaines.



Figure 7.14 Montants fixés au sol



Figure 7.15 Traverses servant à l'immobilisation

#### Paragraphe 4 Assujettissement des cargaisons dans les engins de transport

4.1.3 L'assujettissement pratique des cargaisons peut être régi par trois principes différents, lesquels peuvent être utilisés individuellement ou être combinés, selon qu'il convient :

- L'assujettissement direct s'effectue par le transfert immédiat des forces de la cargaison à l'engin de transport à l'aide de dispositifs de calage, de saisissage, ~~d'accorage~~ ou de verrouillage (voir 4.1.7). La capacité d'assujettissement est proportionnelle à la CMA des dispositifs d'assujettissement ;
- L'assujettissement par frottement s'effectue au moyen de saisines d'arrimage ou de saisines supérieures qui, par leur tension préalable, augmentent le poids apparent de la cargaison et donc le frottement contre la surface de chargement ainsi que la stabilité au basculement. L'effet d'assujettissement est proportionnel à la tension préalable des saisines. L'utilisation de matériaux à surface antidérapante sur les surfaces glissantes permet d'accroître sensiblement l'effet de ces saisines ;
- Le compactage de la cargaison par fardelage, sanglage ou emballage est une mesure d'assujettissement secondaire qui devrait toujours être associée à des mesures d'assujettissement direct ou d'assujettissement par frottement.

4.1.4 Les saisines utilisées pour l'assujettissement direct s'allongent inévitablement sous l'effet des forces extérieures, d'où une certaine mobilité du colis. Afin de réduire au minimum ces mouvements (glissement horizontal ou latéral, basculement ou déséquerrage), il faudrait s'assurer que :

- Le matériel de saisissage possède les caractéristiques de déformation de la charge voulues (voir ~~le paragraphe la section~~ 2.4 de la présente annexe) ;
- La longueur de la saisine est la plus courte qui soit possible dans la pratique ; et
- La direction de la saisine est la plus rapprochée possible de la direction de l'effet de contrainte recherché.

Une bonne tension préalable des saisines contribue également à réduire au minimum les mouvements de la cargaison mais elle ne devrait pas dépasser 50 % de la CMA de la saisine. L'assujettissement direct au moyen d'éléments de pression rigides (~~accors~~ **poutres d'étayage** ou montants) ou de dispositifs de verrouillage (cônes de verrouillage ou verrous tournants) permet de réduire considérablement les mouvements de la cargaison et devrait donc être la méthode d'assujettissement direct préconisée.

4.1.7 Toute mesure d'assujettissement de la cargaison devrait être appliquée de manière telle que le colis ou l'engin de transport ne soit pas affecté, déformé ni détérioré. Il faudrait utiliser du matériel d'assujettissement permanent intégré à l'engin de transport chaque fois que cela est possible ou nécessaire. **Lorsque cela n'est pas possible :**

**4.1.7.1** Le dispositif d'immobilisation devrait être calé contre des éléments structurels importants de l'engin de transport comme des montants d'angle et des longerons inférieurs.

**4.1.7.2** Un accorage supplémentaire peut être mis en place contre l'entourage latéral et les parois avant pour autant que les forces soient réparties par les palonniers comme représenté sur les figures 7.40 et 7.41

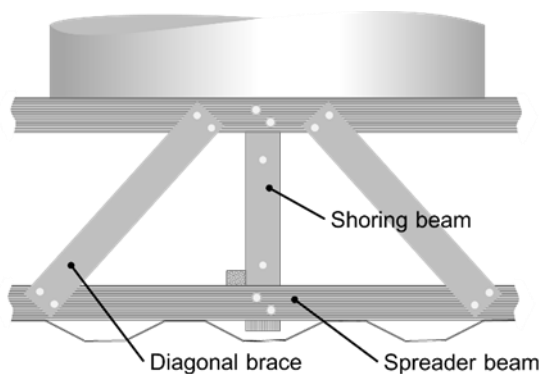


Figure 7.40 Dispositif d'immobilisation placé contre l'entourage Figure 7.41 Dispositif d'immobilisation placé contre l'entourage

**4.1.7.3** Les portes de l'engin de transport peuvent être mises à l'essai afin de contrôler leur résistance à une force équivalente à un certain pourcentage de la charge utile de l'engin de transport. Cependant, pour les charges qui risquent de se renverser, comme les matériaux en vrac (solides et liquides), les petits colis emballés à la main et les palettes dont la stabilité intégrale est faible, les portes ne devraient pas être utilisées comme seul moyen de rétention de la cargaison, car celle-ci risque de tomber sur les personnes qui ouvrent les portes pour inspecter l'engin de transport ou pour le décharger. Dans de tels cas, la cargaison devrait être fixée par une saisine à ressort (voir la figure 7.58), par un système de saisissage modulaire (voir la figure 7.26) ou par l'utilisation de barres de retenue ou de fausses cloisons arrière (voir le paragraphe 5.3.3.4).

**4.1.7.4** La cargaison ne devrait jamais être assujettie au toit de l'engin de transport par immobilisation ou saisissage sauf lorsque l'engin est conçu de manière à permettre cette méthode d'immobilisation.

#### 4.23 Cargaisons disposées de façon compacte

**4.23.1** L'une des conditions préalables essentielles à l'arrimage compact est que les éléments de cargaison puissent avoir des contacts physiques les uns avec les autres. Les colis se présentant sous la forme de cartons, de boîtes, de caisses, de caisses à claire-voie, de barils, de fûts, de faisceaux, de ballots, de bouteilles, de bobines, etc., ou les palettes contenant de tels éléments sont habituellement chargés dans un engin de transport de façon compacte afin d'utiliser l'espace à cargaison, d'empêcher les éléments de cargaison de tomber et de prendre des mesures d'assujettissement commun pour faire face aux mouvements transversaux et longitudinaux qui se produisent en cours de transport.

**4.23.2** Un arrimage compact d'éléments de cargaison uniformes ou variables devrait être planifié et il faudrait organiser conformément aux principes des bonnes pratiques en matière de chargement et, en particulier, en respectant en particulier les conseils donnés au **paragraphe à la section 3.2.4** de la présente annexe. Si les éléments ne sont pas suffisamment homogènes ou si leur stabilité au basculement est insuffisante, il peut être nécessaire de prendre des mesures de compactage supplémentaires, comme le cerclage ou le sanglage de lots d'éléments à l'aide d'un ruban adhésif en acier ou en plastique ou d'un revêtement en plastique. Les espaces entre les éléments de cargaison ou entre la cargaison et les entourages de l'engin de transport devraient être comblés selon que de besoin (voir les **paragraphe** **sous sections 2.3.67** à **2.3.810** de la présente annexe). En cas de contact direct entre les éléments de cargaison et les entourages de l'engin, il peut être nécessaire d'introduire une

couche intermédiaire de matériau de protection (voir le paragraphe ~~la section~~ 2.1 de la présente annexe).

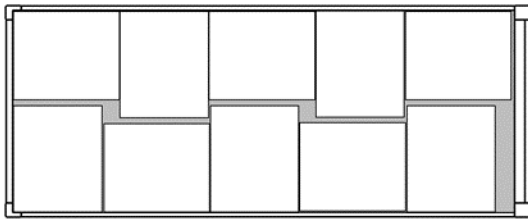


Figure 7.2942 Chargement d'unités de charge de 1 000 x 1 200 mm dans un conteneur de 20 pieds

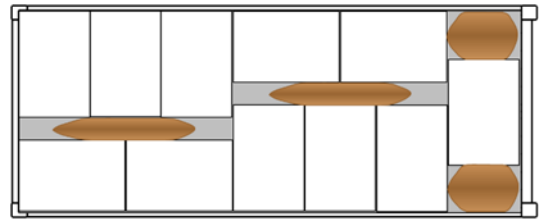


Figure 7.3043 Chargement d'unités de charge de 800 x 1 200 mm dans un conteneur de 20 pieds

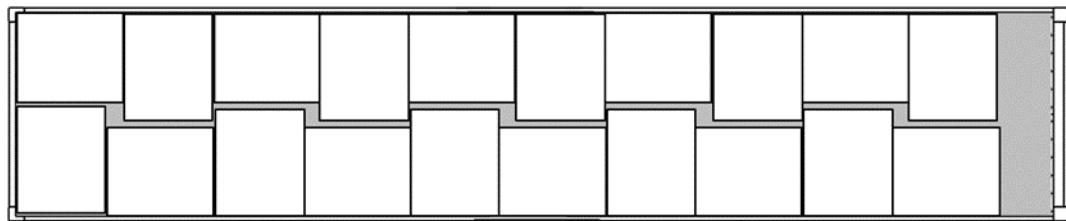


Figure 7.3144 Chargement d'unités de charge de 1 000 x 1 200 mm dans un conteneur de 40 pieds

**Note :** les vides (grisés) représentés sur les figures 7.2942 à 7.3144 devraient être comblés selon que de besoin (voir le ~~paragraphe la sous-section~~ 2.3.67 de la présente annexe).

4.23.3 Dans bien des cas, les engins de transport dont l'espace à cargaison est doté d'entourages résistants peuvent, de par leur nature, satisfaire aux prescriptions en matière d'assujettissement transversal et longitudinal en fonction du type d'engin, de l'itinéraire de transport prévu et du frottement entre les éléments de cargaison et entre la cargaison et la surface d'arrimage. La formule d'équilibre suivante représente le placement d'une cargaison arrimée de façon compacte entre les entourages résistants de l'espace à cargaison :

$$c_{x,y} \cdot m \cdot g \leq r_{x,y} \cdot P \cdot g + \mu \cdot c_z \cdot m \cdot g \text{ [kN]}$$

$c_{x,y}$  = coefficient d'accélération horizontale applicable au mode de transport en question (voir le chapitre 5 du présent Code)

$m$  = masse de la cargaison chargée [tonnes]

$g$  = accélération due à la pesanteur, 9,81 m/s<sup>2</sup>

$r_{x,y}$  = coefficient de résistance des parois de l'engin de transport (voir le chapitre 6 du présent Code)

$P$  = charge utile maximale de l'engin de transport [tonnes]

$\mu$  = facteur de frottement applicable entre la cargaison et la surface d'arrimage (voir l'appendice 2 à la présente annexe)

$c_z$  = coefficient d'accélération verticale applicable au mode de transport en question (voir le chapitre 5 du présent Code)

4.23.4 Des situations critiques peuvent se produire, par exemple dans le cas d'un conteneur pleinement chargé destiné à être transporté par route, où l'assujettissement longitudinal devrait être capable de résister à une accélération de 0,8 g. Le facteur de résistance longitudinale des parois de 0,4 devrait être combiné à un facteur de frottement d'au moins 0,4 pour atteindre l'équilibre d'assujettissement. S'il n'est pas possible de satisfaire à l'équilibre, il faudrait réduire la masse de la cargaison ou transférer les forces longitudinales vers la structure principale du conteneur. Pour effectuer ce transfert, il est possible d'utiliser des **fausses cloisons transversales intermédiaires composées de traverses barrières transversales intermédiaires composées de lattes en bois** (voir le ~~paragraphe la sous-section~~ 2.3.4 X de la présente annexe) ou d'autres moyens appropriés (voir la figure 7.32). Une autre option est d'utiliser un matériau augmentant le frottement. **Lorsqu'elles sont calées contre les angles du châssis arrière, des lattes en bois verticales (VB) devraient être insérées**



dans des encoches entre les montants à encoche et les barres de calage (BB) qui y sont fixées. Si nécessaire, des clous ou autres moyens de fixation peuvent être utilisés pour stabiliser les barres de calage.

4.23.5 Si la porte d'extrémité d'un engin de transport est conçue de telle sorte que ses parois aient une résistance définie (portes d'un conteneur d'usage général (voir le chapitre 6 du présent Code), par exemple), elle peut être considérée comme un entourage résistant de l'espace à cargaison, à condition que la cargaison soit arrimée afin d'éviter toute charge sur la porte d'extrémité et d'empêcher la cargaison de tomber lors de l'ouverture des portes.

4.23.6 S'il est nécessaire de gerber les colis dans une deuxième couche incomplète au centre de l'engin de transport, il est possible d'adopter un système d'immobilisation longitudinale supplémentaire (voir les figures 7.3345 to 7.3648).

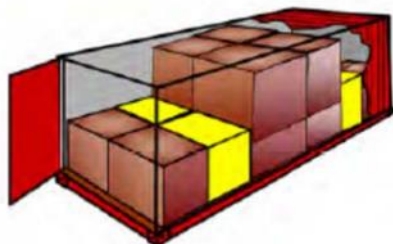


Figure 7.3345 Seuil par hauteur

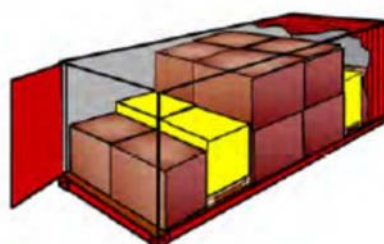


Figure 7.3446 Seuil par élévation

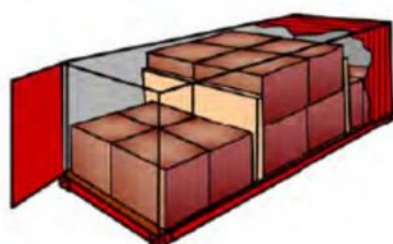


Figure 7.3547 Seuil par planche

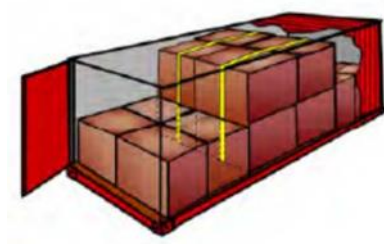


Figure 7.3648 Saisissage par cerclage

4.3.7 Dans un engin de transport, les barres transversales destinées à maintenir un bloc de colis devant la porte (voir la figure 7.49) ou à des positions intermédiaires à l'intérieur de l'engin devraient avoir une section transversale de dimensions suffisantes pour résister aux forces longitudinales que la cargaison est censée exercer. Ces barres servent de poutres ; elles sont fixées à leurs extrémités et chargées de façon homogène sur toute leur longueur (environ 2,4 mètres). Leur résistance à la flexion détermine la force à laquelle elles peuvent résister. Le nombre de barres nécessaires et leurs dimensions peuvent être calculés de la manière indiquée à la section 1 de l'appendice 4 de la présente annexe. Lorsque cela est possible, ces barres devraient être calées contre la structure du châssis, par exemple au niveau des traverses inférieures ou supérieures ou des montants d'angle. Même si tous les types d'engin de transport ne permettent pas ce type d'immobilisation, tout engin dont le châssis arrière comporte des encoches d'accorage peut utiliser cette technique. Une autre méthode d'immobilisation consiste à enfoncer les barres dans les cannelures solides des parois latérales de l'engin (voir la figure 7.50). Cependant, la force de résistance obtenue par cette méthode étant limitée, elle devrait être utilisée en combinaison avec un matériau augmentant le frottement ou avec une cargaison d'un poids réduit. La capacité d'immobilisation (BC) d'une poutre de 75 x 100 mm insérée dans la cannelure d'un conteneur est de 500 daN si elle est placée à mi-hauteur et de 750 daN si elle est sur le sol.



Figure 7.49 Barres d'accorage insérées dans les encoches d'accorage et soutenues par des montants placés contre les murs



Figure 7.50 Poutres transversales insérées dans les cannelures soutenues par des poutres d'accorage placées contre les charnières des portes

4.3.8 Lorsqu'une structure temporaire en bois est utilisée pour immobiliser la cargaison contre les parois d'extrémité de plates-formes ou de conteneurs plates-formes, elle devrait s'appuyer sur les montants d'angle et les poutres d'étayage devraient être placées sur les côtés aussi loin que la cargaison le permet (voir la figure 7.51). Des montants, fabriqués à partir de poutres en bois d'une section transversale de 75x75 mm, peuvent souvent être insérés dans des poches sur les côtés des plates-formes pour empêcher la cargaison de glisser latéralement (voir la figure 7.52).

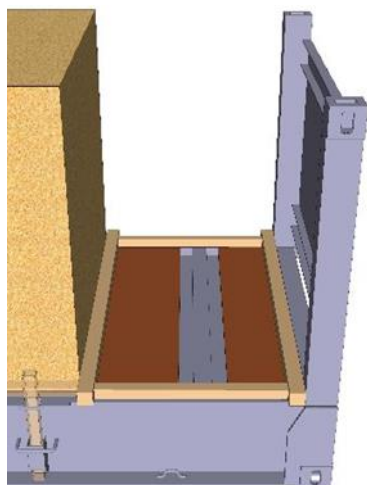


Figure 7.51 Structure en bois pour l'immobilisation contre la paroi d'extrémité d'un conteneur plate-forme

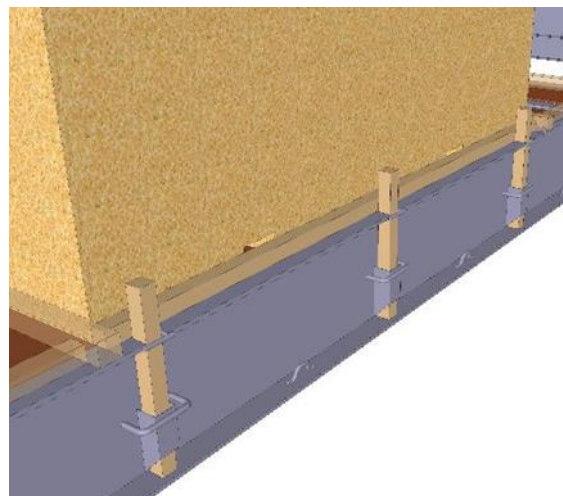


Figure 7.52 Montants évitant le glissement latéral de la cargaison sur les engins de transport à plate-forme

4.23.79 En ce qui concerne les engins de transport dont l'espace à cargaison est doté d'entourages peu résistants, comme certains véhicules routiers et caisses mobiles, il faudrait régulièrement adopter des mesures d'assujettissement supplémentaires pour éviter qu'un bloc de cargaisons arrimées de façon compacte ne glisse ou ne bascule. Ces mesures devraient également contribuer au compactage du bloc de cargaisons. Dans pareille situation, la méthode préconisée est l'assujettissement par frottement au moyen de saisines supérieures. Pour obtenir un effet d'assujettissement raisonnable à partir des saisines par frottement, le facteur de frottement entre la cargaison et la surface d'arrimage devrait être suffisant et l'élasticité inhérente des saisines devrait permettre de maintenir la tension préalable tout au long du transport. La formule d'équilibre suivante représente le placement d'une cargaison

arrimée de façon compacte entre les entourages peu résistants de l'espace à cargaison avec une force d'assujettissement supplémentaire pour éviter le glissement :

$$c_{xy} \cdot m \cdot g \leq r_{xp} \cdot P \cdot g + \mu \cdot c_z \cdot m \cdot g + F_{sec} \text{ kN}$$

( $F_{sec}$  = force d'assujettissement supplémentaire)

Si le coefficient de résistance des parois n'est pas indiqué pour l'engin de transport en question, il faudrait le fixer à zéro. L'assujettissement supplémentaire ( $F_{sec}$ ) peut consister à immobiliser la base de la cargaison contre un support plus résistant de l'entourage de l'espace à cargaison autrement peu résistant ou à caler le bloc de cargaisons contre des montants du système d'entourage de l'espace à cargaison. Il est possible de relier ces montants par des pantoires au-dessus de la cargaison afin d'accroître leur potentiel de résistance. À titre de variante, la force d'assujettissement supplémentaire peut être obtenue par le biais de méthodes d'assujettissement direct ou de saisines supérieures. La  $F_{sec}$  par saisine supérieure est :  $F_V \cdot \mu$ , où  $F_V$  est la force verticale totale provenant de la tension préalable. Dans le cas des saisines verticales,  $F_V$  correspond à 1,8 fois la tension préalable de la saisine. Pour les dispositifs d'assujettissement direct,  $\mu$  devrait être fixé à 75 % du facteur de frottement.

**4.23.810** Dans les engins de transport dépourvus d'entourages, l'effet d'assujettissement total devrait être accompagné de mesures d'assujettissement, telles que des saisines supérieures, du matériel augmentant le frottement et, si l'engin de transport est un conteneur plate-forme, de moyens d'immobilisation longitudinale contre les parois d'extrémité. La formule d'équilibre suivante représente l'assujettissement d'une cargaison arrimée de façon compacte dans un engin de transport dont l'espace à cargaison est dépourvu d'entourages :

$$c_{xy} \cdot m \cdot g \leq \mu \cdot c_z \cdot m \cdot g + F_{sec} \text{ kN}$$

( $F_{sec}$  = force d'assujettissement supplémentaire)

En ce qui concerne la  $F_{sec}$ , voir le **paragraphe la sous-section 4.2.7.9** Il y a lieu de noter que, même si le facteur de frottement dépasse les coefficients d'accélération extérieure, en l'absence d'entourages de l'espace à cargaison, il est impératif d'utiliser un nombre minimal de saisines supérieures pour éviter que la cargaison ne bouge en raison des chocs ou des vibrations subis par l'engin en cours de transport.

#### 4.3.4 Colis assujettis individuellement et articles de grandes dimensions non emballés

**4.3.4.1** Les colis et articles ayant des dimensions, une masse ou une forme importantes ou les unités de charge dont la face extérieure est sensible, ne tolérant aucun contact direct avec d'autres unités de charge ou les entourages de l'engin de transport, devraient être assujettis individuellement. Le dispositif d'assujettissement devrait être conçu pour empêcher le glissement et, au besoin, le basculement, dans l'axe longitudinal comme dans l'axe transversal. Il est nécessaire d'assurer un assujettissement contre le basculement dans les conditions suivantes (voir également la figure 7.3753) :

$$c_{x,y} \cdot d \geq c_z \cdot b$$

$c_{x,y}$  = coefficient d'accélération horizontale applicable aux modes de transport en question (voir le chapitre 5 du présent Code)

$d$  = distance verticale entre le centre de gravité de l'engin et son axe de basculement [m]

$c_z$  = coefficient d'accélération verticale applicable aux modes de transport en question (voir le chapitre 5 du présent Code)

$b$  = distance horizontale entre le centre de gravité de l'engin et son axe de basculement [m]

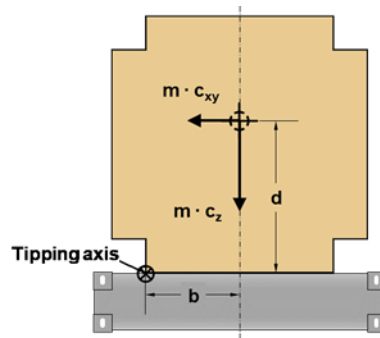


Figure 7.3753 Critère de basculement

4.34.2 Pour les colis et articles assujettis individuellement, il faudrait de préférence utiliser une méthode d'assujettissement direct, à savoir transférer directement les forces d'assujettissement du colis à l'engin de transport au moyen de saisines et, ~~d'accessoires ou~~ de dispositifs d'immobilisation.

4.34.2.1 Un saisissage direct s'effectue entre les points de fixation fixes sur le colis ou l'article et sur l'engin de transport, la résistance effective d'un tel saisissage étant limitée par l'élément le plus faible du dispositif, qui inclut les points de fixation sur le colis ainsi que les points de fixation sur l'engin.

4.34.2.2 Afin d'empêcher tout glissement par le biais de saisines, l'angle de saisissage vertical devrait de préférence se situer entre 30° et 60° (voir la figure 7.3854). Afin d'empêcher tout basculement, les saisines devraient être positionnées de manière à former des leviers par rapport à l'axe de basculement en question (voir la figure 7.3955).

4.34.3 Les colis et articles dépourvus de points d'assujettissement devraient être assujettis soit par ~~accorage ou~~ immobilisation contre les structures solides de l'engin de transport, soit par des saisines supérieures, des saisines en demi-boucle ou des saisines à ressort (voir les figures 7.4056 à 7.4359)

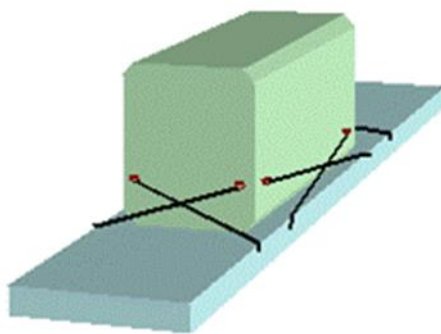


Figure 7.3854 Saisissage direct visant à empêcher le glissement

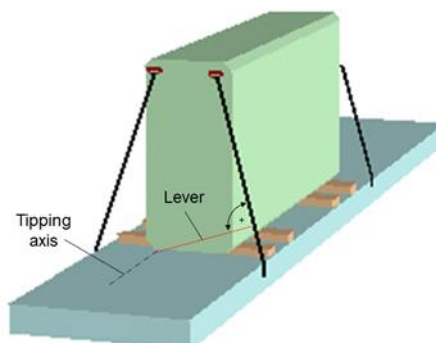


Figure 7.3955 Saisissage direct visant à empêcher le basculement

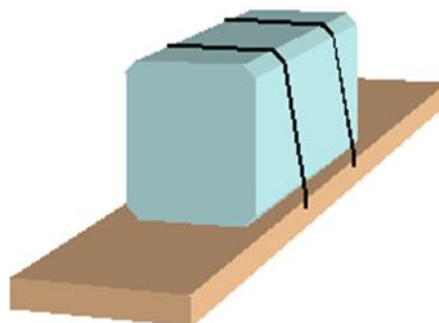


Figure 7.4056 Saisine supérieure



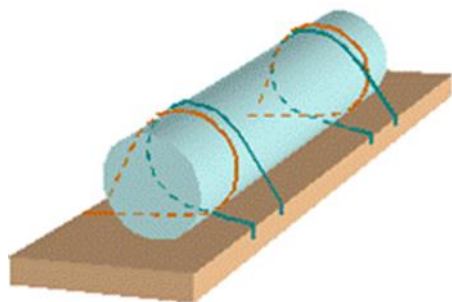


Figure 7.4157 Saisine en demi-boucle verticale

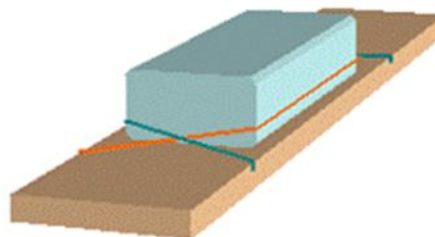


Figure 7.4258 Saisine en demi-boucle horizontale

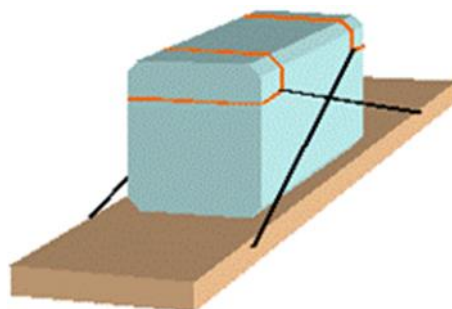


Figure 7.4359 Saisine à ressort

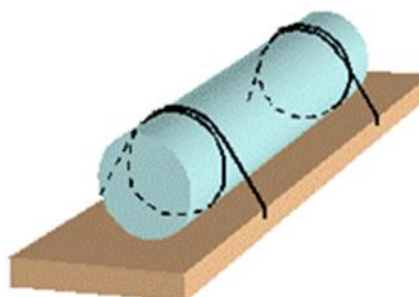


Figure 7.4460 Saisine en boucles

4.34.3.1 Les saisines en boucle dont les extrémités sont fixées de chaque côté (voir la figure 7.4460), également appelées "saisines bracelets", n'ont pas d'effet d'assujettissement direct et peuvent entraîner le roulement du colis ou de l'article ; il n'est donc pas recommandé de les utiliser.

4.34.3.2 À titre de variante des saisines à ressort, il existe des saisines prenant les coins (voir la figure 7.4359)

4.34.3.3 Quelle que soit la méthode de saisissage adoptée, le matériel de saisissage doit s'étirer pour exercer une force de contrainte. Au fur et à mesure que le matériel se détend, la tension de la saisine se réduit petit à petit ; il est donc important de suivre les recommandations énoncées **au paragraphe à la sous-section** 4.1.4 de la présente annexe.

4.34.4 Dans le cas des engins de transport dont l'espace à cargaison est doté d'entourages résistants, la méthode préconisée pour l'assujettissement d'un colis ou d'un article particulier est l'immobilisation ou l'accochage. Cette méthode permet de réduire au minimum la mobilité de la cargaison. Il faudrait s'assurer que les forces de contrainte sont transférées aux entourages de l'engin de transport de sorte à exclure toute surcharge locale. Les forces s'exerçant sur les parois de l'engin devraient être transférées au moyen de ~~traverses de~~ **poutres** de répartition de charges (voir les ~~paragraphe sous-sections~~ 2.3.1 à 2.3.3 de la présente annexe). Dans le cas des colis ou articles très lourds, tels que les rouleaux d'acier ou les blocs de marbre, il peut être nécessaire d'utiliser en combinaison l'immobilisation et le saisissage, en respectant les restrictions énoncées **au paragraphe à la sous-section** 4.1.6 de la présente annexe (voir la figure 7.4561). L'utilisation de la méthode d'immobilisation peut être écartée dans le cas des articles ayant une surface sensible, ces derniers devant être assujettis uniquement au moyen de saisines



Figure 7.4561 Immobilisation transversale de plaques d'acier

4.34.5 L'assujettissement individuel de colis ou d'articles dans les engins de transport dont l'espace à cargaison est doté d'entourages peu résistants et dans les engins de transport dépourvus d'entourages requiert, dans la grande majorité des cas, l'utilisation de la méthode de saisissage. Le cas échéant, il est possible d'appliquer également des méthodes d'immobilisation ou d'accorage mais, si elles sont utilisées en même temps que des saisines, il faudrait respecter les restrictions énoncées **au paragraphe à la sous-section** 4.1.6 de la présente annexe. S'il est dans tous les cas recommandé d'assurer un bon frottement avec la surface de couchage d'un colis ou d'un article, il est déconseillé d'utiliser des saisines supérieures pour empêcher le glissement, à moins que la cargaison n'ait une masse limitée. Les saisines supérieures peuvent convenir pour empêcher le basculement. En particulier, les colis ou articles excessivement larges, qui sont souvent transportés sur des conteneurs plates-formes, ne devraient pas être assujettis uniquement au moyen de saisines supérieures (voir la figure 7.4662). L'utilisation de saisines en demi-boucle et/ou de saisines à ressort est vivement conseillée (voir les figures 7.4763 et 7.4864).

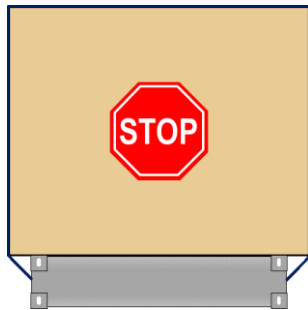


Figure 7.4662 Saisine supérieure

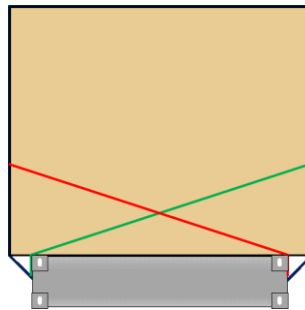


Figure 7.4763 Saisine supérieure et saisine en demi-boucle horizontale

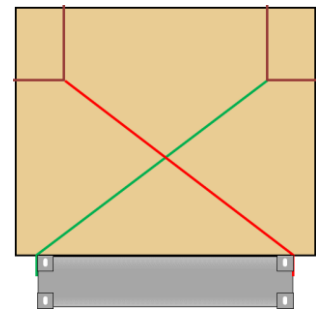


Figure 7.4864 Saisine à ressort transversale

4.34.6 Si des demi-boucles horizontales sont utilisées, il faudrait prévoir un moyen d'empêcher les boucles de glisser le long du colis ou de l'article.

4.34.7 À titre de variante, un colis ou un article excessivement large peut être assujéti au moyen de demi-boucles fixées aux coins, comme le montre la figure 7.4965

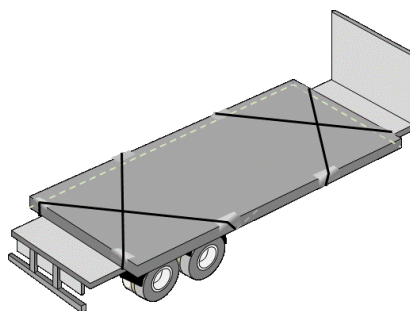


Figure 7.4965 Colis ayant une largeur excessive assujéti au moyen de demi-boucles

#### 4.45 Évaluation des dispositifs d'assujétiement

*(Renumérotation des paragraphes)*

4.45.2 L'évaluation du potentiel d'assujétiement suppose de formuler une hypothèse en ce qui concerne le facteur de frottement, lequel repose sur la combinaison des matériaux (voir l'appendice 2 à la présente annexe) et la nature du dispositif d'assujétiement (~~sous-section~~ **paragraphe 2.2.2** de la présente annexe), et, le cas échéant, de déterminer la stabilité au basculement inhérente de la cargaison (~~sous-section~~ **paragraphe 4.3.4.1** de la présente annexe). Tout autre dispositif d'assujétiement utilisé aux fins d'immobilisation, d'accorage ou de saisissage devrait être évalué en fonction de sa résistance en termes de CMA et des paramètres d'application pertinents, comme l'angle d'assujétiement et la tension préalable. Ces chiffres sont nécessaires pour évaluer le dispositif d'assujétiement.

*(Renumérotation des paragraphes)*

Annexe 10 section 7, 2<sup>ème</sup> puce ~~Moyens~~ **Dispositifs** utilisés pour immobiliser ~~et caler~~ la cargaison

## Annexe II

### Sacs de fardage

Il est proposé d'apporter les modifications suivantes à la section 4 de l'appendice 4 de l'annexe 7 :

#### 4 Assujettissement de la cargaison au moyen de sacs de fardage

##### 4.1 Introduction

4.1.1 Soumise à des accélérations dans différentes directions en cours de transport, la cargaison risque de se déplacer (glissement ou basculement). Des sacs de fardage ou sacs gonflables utilisés comme dispositifs d'immobilisation permettent de l'éviter.

4.1.2 Il faut choisir la taille et la résistance du sac de fardage en fonction du poids de la cargaison de manière telle que la capacité **d'immobilisation (BC) de saisissage** admissible du sac, sans risquer de le briser, soit supérieure à la force dont a besoin la cargaison pour être maintenue :

$$BC_{\text{DUNNAGE BAG}} \geq F_{\text{CARGO}}$$

##### 4.2 Force exercée par la cargaison sur le sac de fardage ( $F_{\text{CARGO}}$ )

4.2.1 La valeur de force maximale qu'une cargaison rigide est susceptible d'exercer sur un sac d'arrimage varie suivant la masse et la taille de la cargaison, son frottement sur la surface et la force des accélérations, ainsi que l'indiquent les formules suivantes :

Glissement :	Basculement :
$F_{\text{CARGO}} = m \cdot g \cdot (c_{x,y} - \mu \cdot 0.75 \cdot c_z)$ [kN]	$F_{\text{CARGO}} = m \cdot g \cdot (c_{x,y} - b_p/h_p \cdot c_z)$ [kN]
$F_{\text{CARGO}}$ = force exercée par la cargaison sur le sac de fardage [kN]	
m = masse de la cargaison [tonnes]	
$c_{x,y}$ = accélération horizontale, exprimée en g, qui s'applique sur la cargaison <del>latéralement dans les axes longitudinal et transversal</del> <b>ou vers l'avant ou vers l'arrière</b>	
$c_z$ = accélération verticale, exprimée en g, qui s'applique sur la cargaison	
$\mu$ = facteur de frottement pour la surface de contact entre la cargaison et <del>la surface le</del> <b>pont de chargement</b> ou entre les différents colis	
$b_p$ = largeur du colis pour un basculement latéral ou bien longueur de la cargaison pour un basculement vers l'avant ou vers l'arrière	
$h_p$ = hauteur du colis [m]	

4.2.2 La charge exercée sur le sac de fardage est déterminée par le déplacement (glissement ou basculement) et le mode de transport qui produit la force la plus élevée exercée par la cargaison sur ce sac.

4.2.3 Dans les formules ci-dessus, il ne faudrait utiliser que la masse de la cargaison qui **exerce s'applique** réellement ~~une force~~ sur le sac de fardage. Si le sac de fardage sert à empêcher le déplacement vers l'avant, au freinage par exemple, il faudrait utiliser dans les formules la masse de la cargaison qui est derrière le sac.

4.2.4 Si le sac de fardage sert plutôt à empêcher le déplacement latéral, il faudrait utiliser la masse totale la plus élevée de la cargaison qui est à droite ou à gauche du sac de fardage, à savoir la masse  $m_1$  ou  $m_2$  (voir la figure 7.5994)

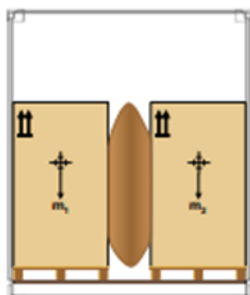


Figure 7.5994 Colis de même hauteur

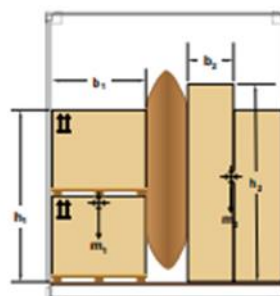


Figure 7.6095 Colis de hauteur différente

4.2.5 Pour effectuer les calculs avec une certaine marge de sécurité, il faudrait utiliser le facteur de frottement le moins élevé, à savoir soit le facteur de frottement entre la cargaison située sur la couche inférieure et la plate-forme, soit le facteur de frottement entre les couches de la cargaison.

4.2.6 Si les colis situés de chaque côté du sac de fardage n'ont pas la même forme, pour calculer le basculement, il faut retenir le rapport entre la largeur de la cargaison et la hauteur de la pile qui a la plus faible des valeurs de  $b_p/h_p$ .

4.2.7 Toutefois, dans les deux cas il faudrait utiliser la masse totale de la cargaison qui est sur le même côté du sac d'arrimage, à savoir la masse  $m_1$  ou  $m_2$  de la figure 7.6095.

4.3 ~~Charge admissible appliquée sur le~~ **Capacité d'immobilisation** du sac de fardage ( $BCF_{DB}$ )

4.3.1 La force à laquelle le sac d'arrimage peut résister, **c'est-à-dire sa capacité d'immobilisation**, dépend de la partie du sac contre laquelle s'appuie la cargaison et de la pression de service maximale admissible. La force du sac de fardage est calculée de la manière suivante :

$$BCF_{DB} = A \cdot 10 \cdot g \cdot P_B \cdot SF \text{ [kN]}$$

$BCF_{DB}$  = force à laquelle le sac de fardage peut résister, sans excéder la pression maximale admissible, **c'est-à-dire sa capacité d'immobilisation** (kN)

$P_B$  = pression d'éclatement du sac de fardage [bar]

$A$  = surface de contact entre le sac de fardage et la cargaison [m<sup>2</sup>]

SF = facteur de sécurité

0,75 pour des sacs de fardage à usage unique

0,5 pour des sacs de fardage réutilisables

4.4 Surface de contact (A)

4.4.1 La surface de contact entre le sac d'arrimage et la cargaison dépend de la taille du sac avant gonflage et de l'espace que le sac remplit. Elle peut être calculée de manière approximative à l'aide de la formule suivante :

$$A = (b_{DB} - \pi \cdot d/2) \cdot (h_{DB} - \pi \cdot d/2)$$

$b_{DB}$  = largeur du sac de fardage [m]

$h_{DB}$  = hauteur du sac de fardage [m]

$A$  = surface de contact entre le sac de fardage et la cargaison [m<sup>2</sup>]

$d$  = espace entre les colis [m]

$\pi = 3,14$

**4.4.2. Pour que la surface de contact soit suffisante, ni la largeur ni la hauteur du sac de fardage ne doivent être inférieures à 2,5 fois la taille de l'espace rempli.**

**4.4.3** Lorsqu'un sac de fardage est utilisé pour assujettir une charge, sa hauteur de travail ne doit pas dépasser la hauteur de la cargaison ou de la paroi d'entourage d'un véhicule découvert. La hauteur maximale admissible d'un sac de fardage peut être déterminée en fonction de la hauteur de la cargaison au moyen de la formule suivante :

$$h_{DB} = h + (\pi - 1) \cdot d /$$

$h_{DB}$  = hauteur du sac de fardage [m]

$h$  = hauteur de la cargaison [m]

$d$  = espace entre les colis [m]

$\pi = 3,14$

#### 4.5 Pression dans le sac de fardage

**4.5.1** Pour être pleinement efficace, le sac de fardage doit être gonflé à sa pression de fonctionnement, compte tenu des conditions climatiques rencontrées sur l'itinéraire de l'engin de transport et conformément aux recommandations du fabricant. Une fois placé, il faudra peut-être pour cela que le sac de fardage soit est gonflé avec une légère surpression de telle sorte que, si la pression ambiante augmente ou que la température de l'air diminue, il ne risque pas de se dégonfler. Si la pression est trop faible, le sac risque de se dégonfler en cas d'augmentation de la pression ambiante ou de diminution de la température de l'air. Inversement, si la pression de remplissage est trop élevée, le sac d'arrimage risque d'éclater ou d'endommager la cargaison en cas de diminution de la pression ambiante ou d'augmentation de la température de l'air.

**4.5.2** La pression d'éclatement ( $P_B$ ) d'un sac de fardage dépend de la qualité et de la taille du sac et de l'espace qu'il remplit. La pression exercée sur un sac par les forces produites par la cargaison ne devrait jamais avoisiner la pression d'éclatement du sac en raison du risque d'éclatement. Il faudrait donc prévoir un facteur de sécurité et, si nécessaire, opter pour un sac de fardage ayant une pression d'éclatement plus élevée.

**4.5.3** La pression d'éclatement minimale est indiquée sur les sacs de fardage et classée selon des niveaux de 1 à 5 conformément aux critères de l'Association of American Railroads, ce qui correspond aux valeurs suivantes :

Niveau 1 – 0,55 bar

Niveau 2 – 1,2 bar

Niveau 3 – 1,7 bar

Niveau 4 – 2,1 bar

Niveau 5 – 1,5 bar

Les sacs de fardage des niveaux 1 à 4 sont mis à l'essai pour un espace de 30 cm alors que les sacs de niveau 5 sont mis à l'essai pour un espace de 46 cm.

#### 4.6 Marquage recommandé pour les sacs de fardage

Capacité d'immobilisation en tonnes des sacs de fardage de niveau 3 de différentes tailles et dont la pression d'éclatement est de 1,7 bar pour 30 cm d'espace.						
Taille de l'espace à remplir	Pression d'éclatement	Dimension du sac de fardage (en cm)				
		60 x 100	100 x 120	100 x 150	120 x 200	120 x 250
10 cm	2,3 Bar	4,2	10	13	22	28
20 cm	2,0 Bar	1,9	6,0	8,1	15	19
30 cm	1,7 Bar	s/o	3,3	4,6	9,5	13
45 cm	1,3 Bar	s/o	s/o	s/o	4,1	5,6

Tableau 7.14 Exemple de capacité d'immobilisation