

---

Norme internationale



5049 / 1

---

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

---

**Appareils mobiles de manutention continue pour produits en vrac —  
Partie 1 : Règles pour le calcul des charpentes**

*Mobile continuous bulk handling equipment — Part 1 : Rules for the design of structures*

Première édition — 1980-09-15

**ITeH STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 5049-1:1980

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b973641-e82f-4a4c-8189-a2fd838dd408/iso-5049-1-1980>

---

**CDU 621.867 : 624.04**

**Réf. n° : ISO 5049/1-1980 (F)**

**Descripteurs** : matériel de manutention de matériaux, manutention continue, produit en vrac, matériel mobile, construction métallique, charpente, conception, calcul, charges, joint, joint soudé, joint rivé, joint boulonné, câble, désignation, symbole graphique, résistance à la fatigue, stabilité, flambement, retournement de véhicule.

Prix basé sur 45 pages

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 5049/1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 101, *Engins de manutention continue*, et a été soumise aux comités membres en juin 1978.

ITeCh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée : [ISO 5049-1:1980](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b973641-e82f-4a4c-8189-a2fd838d4496/iso-5049-1-1980)

Afrique du Sud, Rép. d'	Espagne	<a href="https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b973641-e82f-4a4c-8189-a2fd838d4496/iso-5049-1-1980">https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b973641-e82f-4a4c-8189-a2fd838d4496/iso-5049-1-1980</a>
Allemagne, R. F.	Finlande	Pays-Bas
Autriche	France	Suède
Belgique	Inde	Tchécoslovaquie
Chili	Mexique	Turquie
		URSS

Les comités membres des pays suivants l'ont désapprouvée pour des raisons techniques :

Australie  
Danemark  
Royaume-Uni

# Sommaire

Page

<b>1</b>	<b>Objet</b> .....	1
<b>2</b>	<b>Domaine d'application</b> .....	1
<b>3</b>	<b>Référence</b> .....	1
<b>4</b>	<b>Sollicitations</b> .....	1
4.1	Sollicitations principales .....	2
4.2	Sollicitations additionnelles .....	3
4.3	Sollicitations spéciales .....	6
<b>5</b>	<b>Cas de sollicitations</b> .....	8
<b>6</b>	<b>Calcul des éléments de charpente autres que les assemblages</b> .....	8
6.1	Généralités .....	8
6.2	Valeurs caractéristiques des matériaux .....	9
6.3	Détermination des contraintes admissibles par rapport à la limite élastique ..	9
6.4	Vérification des éléments soumis à la compression et au voilement .....	10
<b>7</b>	<b>Calcul des assemblages pour la vérification générale des contraintes</b> .....	10
7.1	Assemblages soudés .....	10
7.2	Assemblages boulonnés et rivés .....	10
7.3	Assemblage par boulons à haute résistance, avec serrage contrôlé .....	10
7.4	Câbles .....	16
<b>8</b>	<b>Détermination de la résistance de fatigue admissible pour les éléments de charpente et les assemblages</b> .....	16
8.1	Généralités .....	16
8.2	Contrainte admissible, $\sigma_D$ .....	16
8.3	Courbes caractéristiques pour la résistance à la fatigue admissible .....	16
<b>9</b>	<b>Vérification de la stabilité</b> .....	40
9.1	Vérification de la sécurité contre le flambement et le renversement .....	40
9.2	Vérification de la sécurité contre le voilement .....	40
<b>10</b>	<b>Transgression des sollicitations admissibles</b> .....	41
<b>11</b>	<b>Sécurité contre le renversement</b> .....	41
11.1	Vérification de la stabilité au renversement .....	41
11.2	Installations supplémentaires .....	42
<b>12</b>	<b>Sécurité contre l'entraînement</b> .....	42
	<b>Annexe</b> — Section maximale des produits manutentionnés en fonction de l'angle dynamique (angle de chute), $\varphi$ , et de l'angle d'auge, $\lambda$ .....	43

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.itih.ai)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/sist/7b973641-e82f-4a4c-8189-a21d838dd406/iso-5049-1-1980>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 5049-1:1980

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b973641-e82f-4a4c-8189-a2fd838dd408/iso-5049-1-1980>

# Appareils mobiles de manutention continue pour produits en vrac —

## Partie 1 : Règles pour le calcul des charpentes

### 1 Objet

La présente Norme internationale établit des règles pour la détermination des sollicitations et combinaisons de sollicitations éventuelles (sollicitations principales, sollicitations additionnelles et sollicitations spéciales), dont il faut tenir compte dans l'établissement des projets de charpentes métalliques des appareils mobiles de manutention continue pour produits en vrac.

### 2 Domaine d'application

La présente Norme internationale est applicable aux appareils mobiles de manutention continue pour produits en vrac : entre autres, les appareils de mise et reprise au stock par roues-pelles et leurs transporteurs, les excavateurs à roues-pelles et à godets pour exploitation à ciel ouvert, les chargeurs et déchargeurs de navires.

L'annexe donne certaines précisions sur les méthodes d'application.

L'ISO 5049/2 traitera des règles pour le calcul des mécanismes.

### 3 Référence

ISO 2148, *Engins de manutention continue — Nomenclature.*

### 4 Sollicitations

D'après leur fréquence, les sollicitations sont classées en trois groupes différents : sollicitations principales, sollicitations additionnelles et sollicitations spéciales.

a) Les sollicitations principales comprennent toutes les sollicitations permanentes qui se manifestent pendant l'exploitation normale de l'appareil.

Ce sont entre autres :

- les poids propres;
- les charges utiles;
- l'encrassement;
- les résistances de fouille et les résistances latérales normales;

- les efforts agissant sur les éléments de transport pour la charge utile;
- les efforts dynamiques permanents;
- l'inclinaison de l'appareil;
- les sollicitations dues aux charges supportées par les passerelles, les escaliers et les plate-formes.

b) Les sollicitations additionnelles comprennent les sollicitations qui peuvent se présenter, à intervalles temporaires, pendant l'exploitation ou à l'arrêt. Ces sollicitations peuvent soit se substituer à certaines sollicitations principales, soit s'ajouter à ces dernières.

Ce sont, entre autres :

- le vent durant le service;
- la neige;
- la température;
- les résistances anormales de fouille et les résistances latérales extraordinaires;
- les résistances de frottement et de déplacement;
- les forces latérales horizontales pendant la translation;
- les effets dynamiques non permanents.

c) Les sollicitations spéciales comprennent les sollicitations qui ne devraient pas se présenter pendant l'exploitation ou à l'arrêt, mais dont l'apparition n'est pas exclue.

Ce sont, entre autres :

- l'engorgement des goulottes;
- la pose de la roue-pelle ou de l'élinde à godets;
- le blocage des mécanismes de déplacement;
- la butée latérale contre le talus;
- le vent hors service;
- le tamponnement;
- les sollicitations dues aux tremblements de terre.

## 4.1 Sollicitations principales

### 4.1.1 Poids propres

Par poids propres, on comprend les forces exercées par le poids de tous les éléments fixes et mobiles des installations mécaniques et électriques, ainsi que du châssis porteur, toujours présents durant le service.

### 4.1.2 Charges utiles

On considère les charges utiles sur les transporteurs et dans les organes de reprise.

#### 4.1.2.1 Charges utiles sur les transporteurs

Ces charges sont déterminées à partir du débit théorique de calcul ( $m^3/h$ ).

##### 4.1.2.1.1 Appareils sans organe de reprise incorporé

a) Si le débit en amont de l'appareil est limité par des dispositifs automatiques, on prend comme charge sur le transporteur celle résultant du débit ainsi limité.

b) En l'absence de limiteur de débit, le débit théorique est celui résultant de la section transversale de remplissage du transporteur, multiplié par la vitesse de transport.

À moins de dispositions particulières fixées expressément dans le contrat, cette section transversale sera déterminée en admettant un angle dynamique de repos  $\varphi = 20^\circ$ .

En annexe sont données, pour différentes conceptions de transporteurs, les sections maximales de produits manutentionnés en fonction de  $\varphi$  et de l'angle d'auge  $\lambda$ .

c) Si le débit théorique tel qu'il résulte de a) ou b) des installations situées en amont est inférieur à celui des installations situées en aval, on peut, pour les appareils situés en aval, adopter le débit des appareils situés en amont.

##### 4.1.2.1.2 Appareils équipés d'un organe de reprise (roue pelleteuse ou chaîne à godets)

a) En l'absence de limiteur de débit, le débit théorique est égal à 1,5 fois le remplissage des godets multiplié par le nombre maximal de déversements. Pour les roues-pelles, le coefficient 1,5, qui tient compte des volumes qui peuvent être remplis en plus des godets, peut être remplacé par la valeur réelle de remplissage supplémentaire.

b) S'il existe des dispositifs automatiques limitant le débit, le débit théorique sera celui ainsi limité.

Lorsque l'appareil est destiné au transport de produits de densité différente (par exemple pour le charbon et le minéral), il convient de s'assurer par des dispositifs de sécurité que la charge utile calculée ne sera pas dépassée pour le produit lourd.

Coefficient dynamique

Pour tenir compte des effets dynamiques pouvant se présenter sur le transporteur pendant le transport, il convient de majorer la charge utile par le facteur 1,1.

#### 4.1.2.2 Charge dans les organes de reprise

Pour tenir compte du poids de la matière à transporter dans les organes de reprise, on admet que :

- a) pour les roues-pelles :
  - un quart de tous les godets est rempli à 100 %.
- b) pour les chaînes à godets :
  - un tiers de tous les godets en prise dans la matière est rempli à 33,3 %;
  - un tiers de tous les godets en prise dans la matière est rempli à 66,7 %;
  - tous les autres godets, jusqu'aux tourteaux, sont remplis à 100 %.

#### 4.1.2.3 Matières dans les trémies

La masse des matières dans les trémies s'obtient en multipliant la masse volumique du produit par le volume dans la trémie supposée remplie à ras bord.

Si la masse de matière est limitée par des dispositifs sûrs et automatiques, on peut s'écarter de la valeur indiquée dans l'alinéa précédent.

### 4.1.3 Encrassement

L'importance de l'encrassement est fonction, cas par cas, des conditions spéciales de matériel et d'exploitation. Les indications ci-après doivent être considérées comme des valeurs guides. Les valeurs réelles peuvent s'en écarter aussi bien vers le haut que vers le bas.

Pour les appareils de parc, les valeurs sont généralement plus petites; pour les appareils d'extraction, elles sont à considérer comme des valeurs minimales.

Les sollicitations dues à l'encrassement doivent être prises en compte comme suit :

- a) sur les organes transporteurs, 10 % de la charge utile théorique calculée d'après 4.1.2;
- b) sur les roues-pelles, le poids supposé appliqué au centre de la roue, d'une couche de matière de 5 cm d'épaisseur, déposée sur une face de la roue-pelle considérée comme disque plein jusqu'au cercle de coupe;
- c) sur les chaînes à godets, 10 % de la charge utile théorique calculée d'après 4.1.2, également distribuée sur toute la longueur de l'élinde.

#### 4.1.4 Résistances normales de fouille et résistances normales latérales

Ces efforts doivent être considérés comme des charges isolées qui, sur les roues-pelles, s'exercent au point le plus défavorable du cercle de coupe, et, sur les excavateurs à chaîne à godets, s'exercent en un point situé au tiers avant de l'élinde à godets en prise dans la matière.

##### 4.1.4.1 Résistance normale de fouille

Pour les appareils d'extraction et, en général, pour les appareils pour lesquels une large incertitude existe sur les efforts de fouille qui peuvent se présenter, la résistance normale de fouille qui agit tangentiellement au cercle de coupe ou suivant la direction de la chaîne à godets, s'obtient à partir de la puissance nominale du moteur installé, du rendement du mécanisme, de la vitesse circonférentielle à l'arête du couteau et de la puissance nécessaire à l'élévation de la matière et, pour les appareils à godets, de la puissance nécessaire à l'entraînement de la chaîne.

Pour le calcul de la puissance nécessaire à l'élévation des matières, il convient de retenir les poids résultant des débits fixés en 4.1.2.2.

Pour les appareils de parc, et en général pour les appareils destinés à manutentionner des produits offrant des résistances de fouille connues par expérience et qui ne seront pas dépassées en service normal, on peut s'écarter de la méthode ci-dessus et prendre comme effort de fouille normal la valeur réelle correspondant au produit.

##### 4.1.4.2 Résistance normale latérale

À défaut d'indications particulières, la résistance normale latérale peut être comptée comme étant 0,3 fois la valeur de la résistance normale de fouille.

#### 4.1.5 Effort sur les éléments transporteurs pour la charge utile

Les tensions des courroies ou des chaînes, etc., doivent être prises en considération dans la mesure où elles ont une influence sur les charpentes.

#### 4.1.6 Effets dynamiques permanents

4.1.6.1 En général, les effets dynamiques des résistances de fouille, des masses qui se déversent aux points de transfert, des pièces en mouvement de rotation, des distributeurs vibrants, etc., ne doivent être considérés que localement.

4.1.6.2 Les forces d'inertie dues à l'accélération et au freinage d'éléments de construction mobiles doivent être prises en compte. Elles peuvent cependant être négligées pour les appareils utilisés à l'air libre si l'accélération ou la décélération est  $\leq 0,2 \text{ m/s}^2$ .

Dans la mesure du possible, les moteurs d'entraînement doivent être conçus de manière que l'accélération de  $0,2 \text{ m/s}^2$  ne soit pas dépassée.

Si le nombre de manœuvres provoquant des forces d'inertie dues à l'accélération et au freinage est inférieur à  $2 \times 10^4$ , les effets doivent être considérés comme des sollicitations additionnelles (voir 4.2.7).

#### 4.1.7 Sollicitations dues à l'inclinaison de l'appareil

En cas d'inclinaison du terrain à exploiter, la décomposition des poids donne des forces verticales et parallèles au plan du terrain. Les sollicitations dues à l'inclinaison doivent être déterminées d'après les pentes maximales prévues au contrat. Pour le calcul, il faut majorer celles-ci de 20 %.

#### 4.1.8 Sollicitations sur les accès, plate-formes et passerelles

Les accès, plate-formes et passerelles doivent être calculés pour supporter une charge concentrée de 300 daN dans les conditions les plus défavorables, et les lisses et garde-corps, pour supporter une force horizontale de 30 daN.

Si les plate-formes doivent supporter temporairement des charges plus élevées, elles doivent être dimensionnées conformément à ces charges.

### 4.2 Sollicitations additionnelles

#### 4.2.1 Vent durant le service

Durant le service de manutention, il faut admettre une vitesse du vent  $v_w = 20 \text{ m/s} = 72 \text{ km/h}$ . La pression aérodynamique  $q$ , en décapascals, est déterminée par la formule généralement appliquée :

$$q = \frac{v_w^2}{16}$$

où  $v_w$  est la vitesse du vent, en mètres par seconde.

La pression aérodynamique durant le service de manutention est alors :

$$q = 25 \text{ daPa}$$

Calcul de l'action du vent

On admet que le vent peut souffler horizontalement dans toutes les directions.

L'effort dû à l'action du vent sur un élément de charpente est une force dont la composante dans la direction du vent est donnée par la relation

$$P = A \times q \times c$$

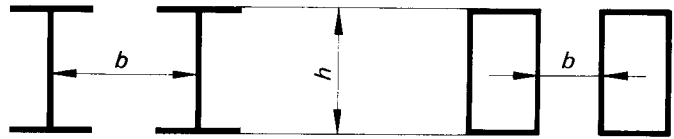
où

$P$  est l'effort résultant, en décanewtons;

$A$  est la surface, en mètres carrés, offerte au vent par l'élément de charpente, c'est-à-dire la surface de la projection de l'élément de charpente sur un plan perpendiculaire à la direction du vent;

$q$  est la pression aérodynamique, en décapascals;

$c$  est un coefficient aérodynamique qui tient compte des surpressions et dépressions sur les différentes surfaces. Ce coefficient dépend de la configuration de l'élément de charge; il est indiqué dans le tableau 1.



Lorsqu'une poutre ou partie de poutre est protégée du vent par la présence d'une autre poutre, on détermine l'effort du vent sur cette poutre en tenant compte d'un coefficient réducteur,  $\eta$ . On admet que la partie protégée de la deuxième poutre est délimitée par la projection dans la direction du vent du contour apparent de la première poutre sur la deuxième. L'effet du vent sur les parties non protégées de la deuxième poutre est calculé sans application du coefficient  $\eta$ .

Lorsque pour les poutres en treillis le rapport  $\varphi = \frac{A}{A_e}$  est supérieur à 0,6, le coefficient réducteur est le même que pour une poutre pleine.

La valeur du coefficient  $\eta$  dépend de  $b$ , de  $h$  et du rapport

$$\varphi = \frac{A}{A_e}$$

où

$A$  est la surface visible (surface des pleins);

$A_e$  est la surface enveloppe (pleins + vides);

$h$  est la largeur de la poutre;

$b$  est la distance qui sépare les faces qui se font vis-à-vis.

#### 4.2.2 Neige et glace

Le cas de sollicitation selon 4.1.3 (encrassement) tient compte des sollicitations dues à la neige et à la glace. Si l'utilisateur ne prescrit pas de valeurs de sollicitation en raison de conditions climatiques particulières, il n'est pas besoin de tenir compte de la neige et de la glace.

#### 4.2.3 Température

L'effet des influences par la température n'est à considérer que dans des cas particuliers, par exemple : si des matériaux ayant des coefficients de dilatation très différents sont utilisés dans le même élément de construction.

iTeh STANDARDS  
FRANCE IIRV  
(standards.iteh.ai)

ISO 5049-1:1980

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7b973641-e82f-4a4c-8189-310310000000/iso-5049-1-1980>

Tableau 1 — Valeur du coefficient aérodynamique,  $c$

Type de poutre		$c$
Treillis en profilés		1,6
Poutre à âme pleine ou caissons fermés		pour $l/h$ $\left\{ \begin{array}{l} 20 \\ 10 \\ 5 \\ 2 \end{array} \right.$ $\left. \begin{array}{l} 1,6 \\ 1,4 \\ 1,3 \\ 1,2 \end{array} \right.$
Éléments à section circulaire Treillis en tubes		$d\sqrt{q} < 1$ 1,2 $d\sqrt{q} > 1$ 0,7 $q$ (en décapascals)

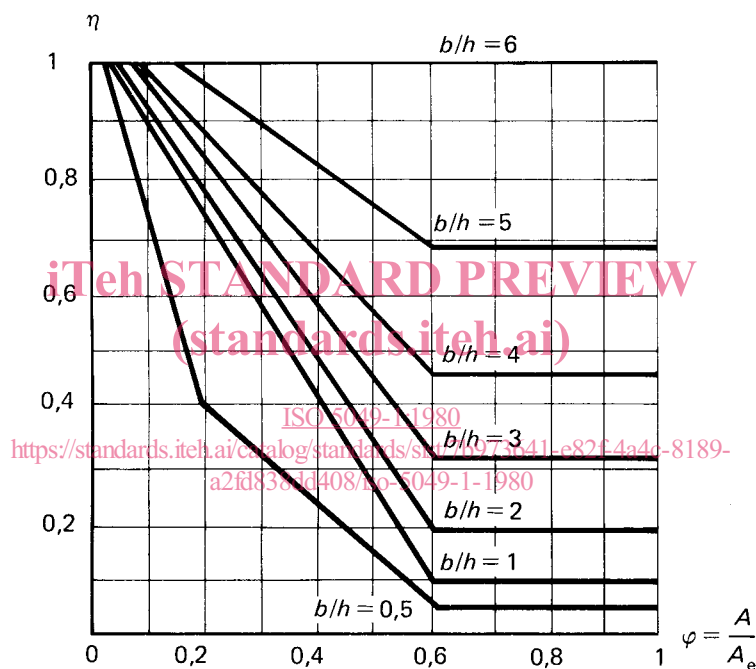
NOTE — Certaines valeurs de  $c$  peuvent être diminuées si les essais en soufflerie démontrent que les valeurs de ce tableau sont trop élevées.



Tableau 2 – Valeurs du coefficient  $\eta$  en fonction de  $\varphi = A/A_e$  et du rapport  $b/h$ 

$\varphi = \frac{A}{A_e}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1
$b/h = 0,5$	0,75	0,4	0,32	0,21	0,15	0,05	0,05	0,05
$b/h = 1$	0,92	0,75	0,59	0,43	0,25	0,1	0,1	0,1
$b/h = 2$	0,95	0,8	0,63	0,5	0,33	0,2	0,2	0,2
$b/h = 4$	1	0,88	0,76	0,66	0,55	0,45	0,45	0,45
$b/h = 5$	1	0,95	0,88	0,81	0,75	0,68	0,68	0,68

Ces valeurs sont données par les courbes de la figure 1.

Figure 1 – Courbes des valeurs du coefficient,  $\eta$ 

#### 4.2.4 Résistance de fouille anormale et résistance latérale anormale

La résistance de fouille anormale, qui agit tangentiellement à la roue-pelle ou suivant la direction de la chaîne à godets, est déterminée à partir du couple de démarrage du moteur d'entraînement ou du couple de débrayage de l'accouplement de sécurité incorporé en considérant le cas le plus défavorable des deux possibilités ci-dessous :

- a) la roue ou la chaîne sont vides de produits :

dans ce cas, on ne tient pas compte de la puissance nécessaire à l'élévation du produit et tout l'effort provenant du couple de démarrage du moteur est considéré comme l'effort de fouille;

- b) la roue ou la chaîne sont chargées conformément à 4.1.2.2 :

dans ce cas, l'effort de fouille résulte du couple de démarrage du moteur, diminué de la part correspondant à l'élévation des produits.

La résistance latérale anormale se détermine conformément à 4.1.4.2, en considérant un effort égal à 0,3 fois la résistance de fouille anormale.

Cet effort peut être déterminé, le cas échéant, suivant le couple de fonctionnement d'un limiteur existant au moins égal à 1,1 fois la somme des couples résultant de l'inclinaison de l'appareil (voir 4.1.7) et du vent en service (voir 4.2.1).

**4.2.5 Résistances de frottement et de déplacement**

a) Les résistances de frottement ne sont à considérer que dans la mesure où elles influencent le dimensionnement.

Comme valeur de frottement il faut prendre :

- pour axe d'appui et roulement :  $\mu = 0,10$
- pour les éléments de construction en cas de frottement glissant :  $\mu = 0,25$

b) Pour le calcul des résistances de déplacement, les valeurs de frottement suivantes s'appliquent :

- sur les galets de roulement des appareils sur rails :  $\mu = 0,03$
- sur les galets de roulement des appareils sur chenilles :  $\mu = 0,10$
- entre plaques d'assise et le terrain :  $\mu = 0,60$

**4.2.6 Réactions transversales dues au roulement sur rails**

Pour les engins roulant sur rails, qui ne sont soumis à aucune réaction perpendiculaire au rail, à part les réactions dues au vent et aux forces d'inertie, il convient de tenir compte des réactions provoquées par le roulement de l'appareil en considérant un couple de force  $H_y$  dirigé perpendiculairement au rail suivant la figure 2.

On obtient les composantes de ce couple en multipliant la charge verticale s'exerçant sur les galets ou sur les boggies par

un coefficient  $\lambda$  dépendant du rapport de l'écartement des rails,  $p$ , à l'empattement des galets ou boggies,  $a$ .

Pour le calcul du couple  $H_y$  on part du centre de gravité S sur l'axe y en position défavorable par rapport aux côtés 1 et 2.

S'il existe des galets de guidage horizontaux, on prend pour la valeur  $a$  la distance des points de contact des deux galets sur les rails.

La figure 3 donne les valeurs du coefficient  $\lambda$  en fonction du rapport  $p/a$ .

**4.2.7 Effets dynamiques non permanents**

Les forces d'inertie dues à l'accélération et au freinage des éléments en mouvement, présentant moins de  $2 \times 10^4$  pendant la durée de vie, sont à vérifier comme sollicitations additionnelles. Elles peuvent être négligées, si leur influence est inférieure à celle du vent durant le service «selon 4.2.1».

Si les forces d'inertie sont telles qu'il faille les prendre en considération, l'effet dû au vent peut être négligé.

**4.3 Sollicitations spéciales**

**4.3.1 Engorgement des goulottes**

L'engorgement doit être pris en considération pour un poids correspondant à la capacité de réception de la goulotte en question. Compte tenu de l'angle d'éboulement du produit, la matière se trouvant normalement dans la goulotte peut être déduite. Pour le calcul, il faut prendre le poids foisonné réel.

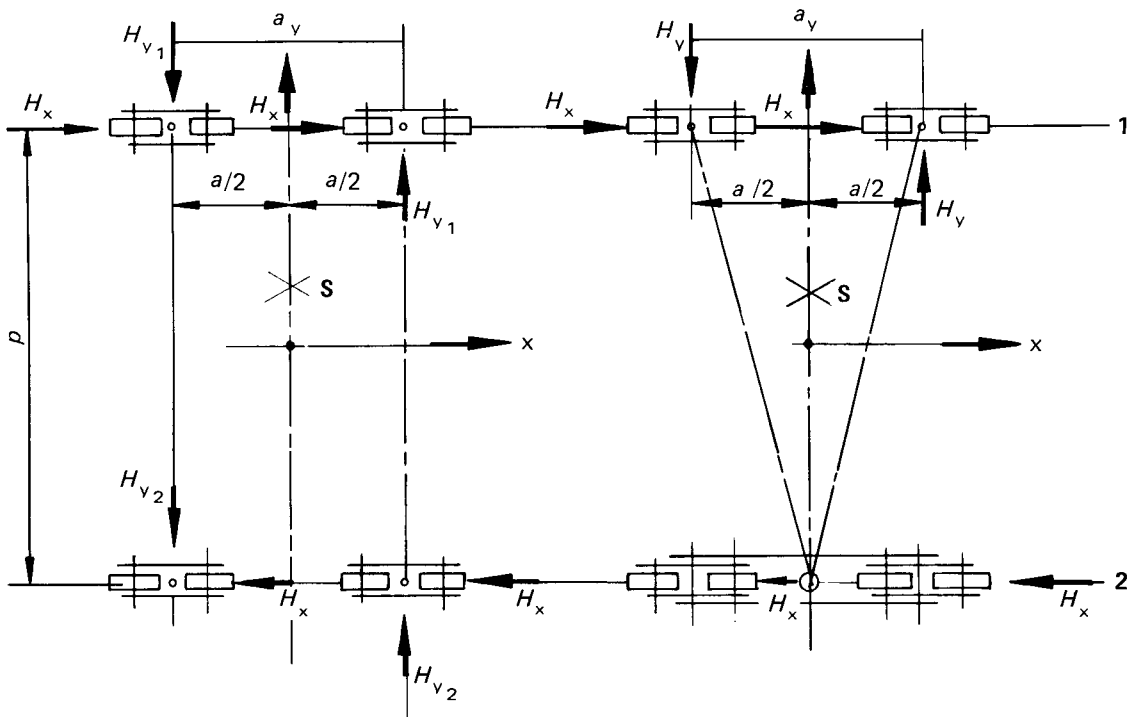
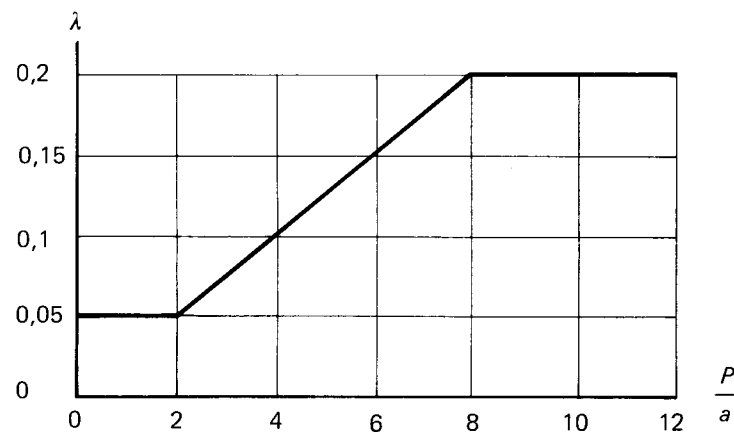


Figure 2 — Engins roulant sur rails

Figure 3 — Valeurs du coefficient  $\lambda$ 

#### 4.3.2 Pose de l'organe de reprise ou de la flèche

S'il existe des dispositifs de sécurité (par exemple interrupteur par câble détendu en cas de relevage par câble, interrupteur à pression en cas de relevage hydraulique), évitant la pose complète de l'organe de reprise ou de la flèche, les efforts maximaux résultant de la pose de la roue, compte tenu de la mise en œuvre des dispositifs de sécurité, doivent être multipliés par 1,1.

S'il n'y a pas de tels dispositifs de sécurité, le calcul doit tenir compte de la pose complète de la roue ou de la flèche comme sollicitation spéciale.

#### 4.3.3 Défaillance des dispositifs de sécurité prévus en 4.1.2.1

Dans le cas de non fonctionnement des dispositifs de sécurité prévus en 4.1.2.1 destinés à limiter les charges sur les transporteurs, il convient de calculer le débit dans ce cas spécial :

- pour les appareils sans organe de reprise incorporé suivant 4.1.2.1.1 b);
- pour les appareils avec organe de reprise incorporé suivant 4.1.2.1.2 a).

On peut, dans ce cas spécial, ne pas tenir compte du coefficient dynamique : 1,1.

#### 4.3.4 Blocage des mécanismes de déplacement

Pour les appareils sur rail, il faut considérer que les dispositifs de roulement peuvent se bloquer, par exemple à cause d'un déraillement ou d'une rupture des rails. Pour les sollicitations qui en résultent, il y a lieu d'admettre la valeur de frottement entre les roues motrices et le rail avec  $\mu = 0,25$ , dans le cas où les moteurs d'entraînement peuvent fournir ces puissances.

#### 4.3.5 Butée latérale contre le talus pour des appareils à roue-pelle

La résistance latérale maximale en heurtant le talus est déterminée par l'accouplement de sécurité dans le dispositif de pivote-

ment ou par l'énergie cinétique de la superstructure. Le point d'application doit être choisi conformément à 4.1.4. En déterminant la résistance latérale à partir de l'énergie cinétique, il y a lieu d'admettre une longueur d'arrêt idéale de 30 cm et une décélération d'arrêt constante.

#### 4.3.6 Vent hors-service

Pour le cas «hors service», il faut introduire, selon la hauteur au-dessus du sol de l'élément de construction considéré, les vitesses du vent et les pressions aérodynamiques suivantes :

Tableau 3 — Vitesse du vent et pression aérodynamique

Hauteur au-dessus du sol de l'élément de construction	Vitesse du vent $v_w$		Pression aérodynamique $q$
	m/s	km/h	
m			da Pa
2 à 20	36	130	80
20 à 100	42	150	110
au-dessus de 100	46	165	130

Pour le calcul de l'effet du vent, voir 4.2.1.

#### 4.3.7 Tamponnement

Pour des vitesses de déplacement horizontal inférieures à 0,7 m/s, on ne tient pas compte des effets de tamponnement. Pour des vitesses de déplacement supérieures à 0,7 m/s, on tient compte des réactions provoquées dans la charpente par des chocs sur des tampons, quand le tamponnement n'est pas rendu impossible par un dispositif quelconque.

On admet que les tampons sont capables d'absorber l'énergie cinétique de l'appareil en charge à une fraction de la vitesse nominale de translation,  $v_T$ , fixée à 0,7  $v_T$ , comme valeur minimale.

Les efforts qui en résultent dans la charpente sont calculés en fonction de la décélération que le tampon utilisé impose à l'appareil.

**4.3.8 Sollicitations dues à des tremblements de terre**

Si le contrat contient des indications concernant les valeurs d'influence par des tremblements de terre, les sollicitations qui en résultent doivent être appliquées dans le calcul comme sollicitations spéciales.

**5 Cas de sollicitations**

Les sollicitations principales, additionnelles et spéciales, mentionnées au chapitre 4, doivent être combinées en cas de sollicitations I, II et III, suivant le tableau 4.

On ne combinera que des sollicitations pouvant s'effectuer

simultanément et produisant, avec le poids propre, les forces les plus grandes aux points de coupe.

On retiendra pour le cas III la combinaison la plus défavorable.

**6 Calcul des éléments de charpente autres que les assemblages**

**6.1 Généralités**

Pour les trois cas de sollicitations définis au chapitre 5, on détermine les contraintes dans les différents éléments de la charpente et on vérifie qu'il existe une sécurité suffisante par

**Tableau 4 – Cas de sollicitations**

Paragraphe	Genre de sollicitation	Sollicitations principales	Sollicitations principales et additionnelles	Sollicitations principales, additionnelles et spéciales									
				I	II	III 1	III 2	III 3	III 4	III 5	III <sup>2)</sup> 6	III 7	III 8
4.1.1	Poids propre	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4.1.2	Charge utile sur transporteur, organes de reprise et trémies	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4.1.3	Encrassement	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4.1.4	Résistance normale de fouille et résistance normale latérale	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4.1.5	Efforts sur les éléments transporteurs pour la charge utile	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4.1.6	Effets dynamiques permanents	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4.1.7	Sollicitations dues à l'inclinaison de l'appareil	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4.2.1	Effort du vent de service <sup>1)</sup>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4.2.2	Neige et glace (le cas échéant)												
4.2.3	Température (le cas échéant)												
4.2.4	Résistances de fouille et résistances latérales anormales		*										
4.2.5	Résistances de frottement et de déplacement		*										
4.2.6	Réactions transversales dues au roulement		*										
4.2.7	Effets dynamiques non permanents		*										
4.3.1	Engorgement des goulottes			*									
4.3.2	Pose de l'organe de reprise ou de la flèche				*								
4.3.3	Défaillance des dispositifs de sécurité contrôlant le débit					*							
4.3.4	Blocage des mécanismes de déplacement						*						
4.3.5	Butée latérale contre le talus (roue pelle)							*					
4.3.6	Effort du vent hors service								*				
4.3.7	Tamponnement									*			
4.3.8	Sollicitations dues à des tremblements de terre											*	

1) Voir 4.2.7.

2) L'élimination des résistances anormales latérales de fouille (voir 4.2.4) doit être assurée, en cas de nécessité, par des dispositifs appropriés (verrouillage interdisant l'orientation par vent hors service).

rapport aux contraintes critiques en considérant les trois causes de ruine possibles :

- dépassement de la limite élastique ou de la contrainte critique;
- dépassement de la charge critique au flambage ou au voilement, et éventuellement, dépassement de la limite d'endurance à la fatigue.

Les sections de métal à considérer sont des sections nettes (c'est-à-dire surface des trous déduite), dans toutes les parties soumises à des efforts de traction et des sections brutes (c'est-à-dire surface des trous non déduite) dans toutes les parties soumises à des efforts de compression, la surface des trous n'étant incluse dans la section que lorsque ceux-ci sont occupés par un rivet ou un boulon.

Pour le calcul des contraintes, on utilise les méthodes habituelles de la résistance des matériaux.

### 6.2 Valeurs caractéristiques des matériaux

Pour les éléments en acier, il faut retenir les valeurs caractéristiques de matériaux suivantes :

### 6.3 Détermination des contraintes admissibles par rapport à la limite élastique

Les contraintes pour les cas de sollicitation I, II et III calculées d'après le chapitre 5, doivent être confrontées avec les contraintes admissibles  $\sigma_a$  pour ces cas de sollicitation.

Ces dernières sont obtenues en divisant la limite élastique  $\sigma_E$  par un coefficient de sécurité correspondant.

Les contraintes admissibles sont valables, pour des éléments de charpente sollicités en *traction ou compression*, dans la mesure où ceux-ci ne peuvent subir ni flambement ni voilement :

$$\text{Cas I} : \sigma_a = \frac{\sigma_E}{1,5}$$

$$\text{Cas II} : \sigma_a = \frac{\sigma_E}{1,33}$$

$$\text{Cas III} : \sigma_a = \frac{\sigma_E}{1,20}$$

Pour les éléments de charpente travaillant au *cisaillement* :

$$\tau_a = \frac{\sigma_a}{\sqrt{3}}$$

Pour les efforts combinés, si une contrainte  $\sigma_x$ , une contrainte normale  $\sigma_y$  perpendiculaire à  $\sigma_x$  et une contrainte de cisaillement  $\tau_{xy}$  se présentent simultanément sur une tôle plane, il faut appliquer, pour la contrainte de comparaison qui en résulte, la valeur suivante :

$$\sigma_{cp} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3 \tau_{xy}^2} \leq \sigma_a$$

Les contraintes admissibles pour les aciers les plus courants sont récapitulées dans le tableau 6.

Les autres matériaux non indiqués dans le tableau 6 peuvent être utilisés lorsque les propriétés mécaniques, la composition chimique et, le cas échéant, l'aptitude à la soudure de la matière sont garanties par le producteur.

Tableau 5 — Valeurs caractéristiques des matériaux

Matériau	$\sigma_E^{1)}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_R$ N/mm <sup>2</sup>	$\frac{\sigma_E}{\sigma_R}$	E N/mm <sup>2</sup>	G N/mm <sup>2</sup>	$\alpha_t$ cm/(cm · °C)
Fe 360	240	370	0,65	$21 \times 10^4$	$8,1 \times 10^4$	$1,2 \times 10^{-5}$
Fe 430	260	420	0,62	$21 \times 10^4$	$8,1 \times 10^4$	$1,2 \times 10^{-5}$
Fe 510	360	520	0,69	$21 \times 10^4$	$8,1 \times 10^4$	$1,2 \times 10^{-5}$

1) La limite élastique  $\sigma_E$  correspond à une dilatation permanente de 0,2 %.

Tableau 6 — Contraintes admissibles

Valeurs en newtons par millimètre carré

Acier de construction	Fe 360			Fe 430			Fe 510		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Traction <sup>1)</sup> ou compression $\sigma_a$	160	180	200	173	195	216	240	270	300
Cisaillement $\tau_a$	93	104	116	100	113	125	139	157	174

1) Lorsque le flambement des éléments comprimés n'est pas possible.

Pour les aciers à haute limite élastique  $\frac{\sigma_E}{\sigma_R} > 0,7$ , on peut obtenir les contraintes admissibles d'après la formule suivante :

$$\sigma_a < \frac{\sigma_E + \sigma_R}{\sigma_{E52} + \sigma_{R52}} \times \sigma_{a52}$$

où

$\sigma_E$  et  $\sigma_R$  sont la limite élastique et la tension de rupture de l'acier considéré;

$\sigma_{E52}$  et  $\sigma_{R52}$  sont la limite élastique et la tension de rupture pour Fe 510;

$\sigma_{a52}$  est la contrainte admissible pour Fe 510.

## 6.4 Vérification des éléments soumis à la compression et au voilement

[Cette vérification doit faire l'objet d'une Norme internationale. En attendant sa parution, la question des contraintes admissibles pour ce qui concerne les éléments de charpente soumis à la compression sera étudiée sur le plan international.]

En attendant qu'une décision soit prise, les normes nationales relatives au flambement peuvent être utilisées.]

## 7 Calcul des assemblages pour la vérification générale des contraintes

### 7.1 Assemblages soudés

Les formes les plus importantes de cordons de soudure et leurs qualités sont décrites dans le tableau 7.

Pour les sollicitations longitudinales, on applique les contraintes admissibles dans les éléments de construction d'après le tableau 6.

Pour les contraintes combinées au ras de la tôle, il faut établir pour tous les types de soudure une valeur comparative et la confronter avec la contrainte admissible,  $\sigma_a$ .

$$\sigma_{wcp} = \sqrt{\bar{\sigma}_x^2 + \bar{\sigma}_y^2 - \bar{\sigma}_x \bar{\sigma}_y + 2 \tau^2} < \sigma_a$$

où

$$\bar{\sigma}_x = \frac{\sigma_a}{\sigma_w \text{ adm.}} \times \sigma_x$$

$$\bar{\sigma}_y = \frac{\sigma_a}{\sigma_w \text{ adm.}} \times \sigma_y$$

Le cordon de soudure doit avoir au moins la résistance à la traction et la limite élastique de l'acier des éléments de construction soudés.

## 7.2 Assemblages boulonnés et rivés

### 7.2.1 Boulons calibrés

Les contraintes admissibles d'après le tableau 9 supposent des boulons dont le corps lisse porte tout le long du trou.

Les trous doivent être percés et ensuite alésés. Le jeu dans le trou doit être :

- en cas de sollicitation variable restant toujours dans le même sens ( $\kappa \geq 0$ ) : calibrage ISO H11/h11;
- en cas de sollicitation alternée ( $\kappa < 0$ ) : calibrage ISO H11/k6.

### 7.2.2 Boulons non calibrés (boulons bruts forgés)

Les boulons de ce type ne sont tolérés que pour des assemblages secondaires d'éléments peu sollicités. Ils ne sont pas tolérés pour des assemblages soumis à la fatigue.

### 7.2.3 Rivets

Les trous de rivets doivent être percés puis alésés.

Les rivets ne doivent pas être sollicités à la traction.

## 7.3 Assemblage par boulons à haute résistance, avec serrage contrôlé

Cet assemblage par boulons offre la meilleure sécurité contre le desserrage; il est particulièrement recommandé pour réunir des éléments sollicités dynamiquement.

### 7.3.1 Forces parallèles au plan d'assemblage (symbole $T$ )

Ces forces sont transmises par friction aux surfaces en contact après serrage.

La force transmissible d'un boulon est égale à

$$T_a = \frac{F \times \mu \times n}{\nu_T}$$

où

$F$  est l'effort de traction après serrage;

$\mu$  est le coefficient de friction des surfaces en contact;

$n$  est le nombre de surfaces de frottement;

$\nu_T$  est la sécurité contre le glissement.

L'effort de traction après serrage est calculé d'après la contrainte admissible du métal constituant les boulons.

La contrainte admissible est :

- dans le cas normal :  $\sigma_F = 0,7 \sigma_{E(0,2)}$

(Cette détermination tient compte des sollicitations additionnelles lors du serrage du boulon.)

- dans le cas exceptionnel :  $\sigma_F = 0,8 \sigma_{E(0,2)}$

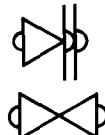



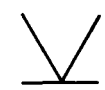

(Dans ce cas, il faut tenir compte du danger d'arrachement lors du serrage du boulon.)

Les efforts de traction après serrage sont à garantir par des méthodes permettant un contrôle des efforts produits (serrage au moyen d'une clé dynamométrique ou d'après la méthode de taraudage d'écrou).

Les coefficients peuvent être pris dans le tableau 10.

La condition minimale consiste en ce cas à enlever des surfaces en contact toutes traces de peinture et d'huile et à éliminer la rouille à l'aide d'une brosse métallique.

Tableau 7 — Principales formes des cordons de soudure

Genre de soudure	Qualité de soudure	Exécution des soudures	Exemples de symboles	Essai quant à l'exécution sans défaut	
				Méthodes d'essai	Symboles
Soudure bout à bout	Qualité spéciale (Q.S.)	Base du cordon grattée (ou ébarbée) avant exécution de reprise au dos, meulée au ras de la tôle, parallèlement au sens de la contrainte, sans cratère d'extrémité		Essai non destructif du cordon sur 100 % de sa longueur, par exemple : rayons X	P 100
	Qualité courante (Q.C.)	Base du cordon grattée (ou ébarbée) avant exécution de reprise au dos, sans cratère d'extrémité		Comme pour la qualité spéciale, mais uniquement : — en sollicitation par traction (voir tableau 8) avec $\sigma_{max}$ calculé $\geq 0,8 \sigma_a$ $\sigma_a$ en fonction de $K$ (voir 8.2.2)	P 100
				Autrement, essai non destructif fait au hasard sur au moins 10 % de la longueur du cordon (par exemple : rayons X)	P
Soudure en K avec double soudure d'angle	Qualité spéciale (Q.S.)	Base du cordon grattée (ou ébarbée) Soudure à pénétration complète Bords des cordons sans entaille, moulés le cas échéant		Essai non destructif de la tôle sollicitée à la traction perpendiculairement à sa surface, pour déceler les défauts de feuillage (par exemple : ultrasons)	D
	Qualité normale (Q.C.)	Largeur de la fente résiduelle, à la base du cordon, inférieure à 3 mm ou inférieure à 0,2 fois l'épaisseur de la partie soudée La plus petite valeur est déterminante			
Soudure d'angle	Qualité spéciale (Q.S.)	Bords du cordon sans entaille, meulés le cas échéant			
	Qualité normale (Q.C.)		