

Remplace:

VSS 70 313:2019-07

Edition: 202X-XX

## Sols

### Appareil d'essai de plaque à masse tombante légère et essai de plaque dynamique

**Dieser Entwurf hat keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.  
Vernehmlassungsentwurf 8. Juli 2024: Frist bis 15. September 2024**

La présente norme est de la compétence de la Commission de normalisation et de recherche (CNR) 3.8 Couches non liées et stabilisées de la VSS.

N° de réf.:  
VSS 70 313:202X-XX fr

Droit d'auteur:  
REGnorm, Nationales Register zur  
Veröffentlichung von Normen,  
Standards und weiterer Regulierungen  
Coordinateur de la publication:  
Schweizerischer Verband der  
Strassen- und Verkehrsfachleute VSS

Nombre de pages:  
11

Valide dès le:  
202X-XX-XX

© REGnorm

## Elaboration

Commission de normalisation et de recherche VSS  
CNR 3.8 Couches non liées et stabilisées

## Ont collaboré à l'élaboration de la norme

Bucheli Hans Peter, Lucerne, industrie et commerce  
Christen Gerhard, Zurich, autorités et pouvoirs publics  
Fux Dieter, Soleure, autorités et pouvoirs publics  
Gerber Kilian, Berne, autorités et pouvoirs publics  
Göbbels Dirk, Zurich, groupe d'utilisateurs des normes  
Käser, Benjamin, Uetendorf, recherche et laboratoire  
Mühlán Björn, Wildegg, formation, recherche et laboratoire  
Preisig Martin, Oberglatt, industrie et commerce  
Rychen Patrick, Servion, formation, recherche et laboratoire  
Traber Fabian, Ittigen, autorités et pouvoirs publics  
Wetzig Volker, Berne, groupe d'utilisateurs des normes

Cette norme a été élaborée sur la base des connaissances actuelles dans les domaines de la sécurité et du développement durable.

## Approbaton

Commission technique VSS  
CT 3 Matériaux de construction

## Publication

Mois 202X

## Exclusion de responsabilité

Aucune responsabilité n'est assumée pour les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation de cette publication.

**Dieser Entwurf hat keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.  
Vernehmlassungsentwurf 8. Juli 2024: Frist bis 15. September 2024**

## TABLE DES MATIÈRES

	Page	
<b>A</b>	<b>Généralités</b>	<b>4</b>
1	<i>Domaine d'application</i>	4
2	<i>Objet</i>	4
3	<i>But</i>	4
	3.1 <i>Contrôle de mise en œuvre</i>	4
	3.2 <i>Relevé d'état</i>	4
<b>B</b>	<b>Définitions</b>	<b>4</b>
4	<i>Essai de plaque dynamique</i>	4
5	<i>Module de déformation dynamique</i>	4
6	<i>Point de mesure</i>	4
7	<i>Emplacement d'essai</i>	5
	7.1 <i>Mesure en 5 points</i>	5
	7.2 <i>Mesure individuelle (informatif)</i>	5
<b>C</b>	<b>Appareil d'essai de plaque à masse tombante légère</b>	<b>5</b>
8	<i>Généralités</i>	5
9	<i>Plaque de charge</i>	6
10	<i>Dispositif de chargement</i>	7
11	<i>Boîtier de mesure des tassements</i>	7
<b>D</b>	<b>Exécution de l'essai</b>	<b>7</b>
12	<i>Domaine d'application</i>	7
13	<i>Conditions d'essai</i>	7
14	<i>Préparation de l'emplacement d'essai</i>	8
15	<i>Exécution de la mesure</i>	8
16	<i>Résultats d'essai inattendus</i>	8
<b>E</b>	<b>Exploitation des mesures</b>	<b>8</b>
17	<i>Généralités</i>	8
18	<i>Exploitation des mesures pour un point de mesure</i>	8
19	<i>Contrôle surfacique du compactage</i>	9
20	<i>Mesures de contrôle de la portance</i>	9
	20.1 <i>Procédé et exploitation</i>	9
	20.2 <i>Mesure comparative et détermination du facteur de correction</i>	9
	20.3 <i>Détermination des valeurs <math>M_{E1}</math> équivalentes dans la zone de consolidation normale des voies ferrées existantes</i>	10
21	<i>Répétabilité</i>	10
<b>F</b>	<b>Entretien et calibrage</b>	<b>10</b>
22	<i>Entretien</i>	10
23	<i>Calibrage</i>	11
<b>G</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>11</b>

Dieser Entwurf hat keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.  
Vernehmlassungsentwurf o. Juli 2024: Frist bis 15. September 2024.

## A Généralités

### 1 *Domaine d'application*

Cette norme s'applique aux travaux de terrassement et de mise en place de couches de fondation non liées et liées. Elle sert pour le contrôle du compactage ainsi que pour l'évaluation de la déformabilité et de la portance des sols et des couches de fondation.

### 2 *Objet*

La norme décrit les exigences relatives à l'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère et de ses modalités d'exécution et d'exploitation des essais de plaque dynamiques avec l'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère.

### 3 *But*

La norme décrit l'utilisation de l'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère pour le contrôle surfacique du compactage et pour l'évaluation de la déformabilité des sols et des couches de fondation (relevé d'état). En outre, elle donne des indications pour déterminer la corrélation entre les résultats d'essai effectués à l'aide de l'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère et ceux à l'aide de l'essai de plaque.

#### 3.1 *Contrôle de mise en œuvre*

L'utilisation pour le contrôle de mise en œuvre est adaptée aux zones difficilement accessibles (murs de soutènement, fouilles, aucun contrepoids utilisable). L'appareil peut servir à démontrer l'homogénéité du compactage des surfaces en plus des essais de plaque.

#### 3.2 *Relevé d'état*

Dans la construction des voies de communication, l'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère est utilisé pour évaluer la déformabilité des couches de fondation existantes (relevé d'état).

## B Définitions

### 4 *Essai de plaque dynamique*

L'essai de plaque dynamique à l'aide de l'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère est une méthode d'essai lors de laquelle une masse tombante avec une charge maximale  $F_{\max}$  est appliquée par impact sur une plaque de charge. La plaque, d'un rayon  $r$ , est considérée comme rigide. L'appareil est calibré de manière à ce que la contrainte normale  $\sigma_{\max}$  sous la plaque de charge soit de 0,1 resp. 0,2  $\text{MN} \cdot \text{m}^{-2}$ . La profondeur d'influence lors de l'essai de plaque dynamique correspond environ au diamètre de la plaque.

L'appareil convient à une utilisation dans la zone normalement consolidée des voies ferrées existantes, car les conditions  $y$  sont comparables à l'intérieur de la profondeur mesurable.

### 5 *Module de déformation dynamique*

Le module de déformation dynamique  $E_{\text{vd}}$  est une valeur caractéristique de la déformabilité des sols soumis à une charge d'impact verticale définie avec une durée d'impact  $t_{\max}$ . La valeur  $E_{\text{vd}}$  est calculée par la relation suivante

$$E_{\text{vd}} = 1,5 \cdot r \cdot \frac{\sigma_{\max}}{s_{\max}} \quad [\text{MN} \cdot \text{m}^{-2}]$$

$\bar{s}_{\max}$  Valeur moyenne des tassements issue de trois impacts (après trois impacts de préchargement)  
 $s_{\max 4}, s_{\max 5}, s_{\max 6}$  [mm]

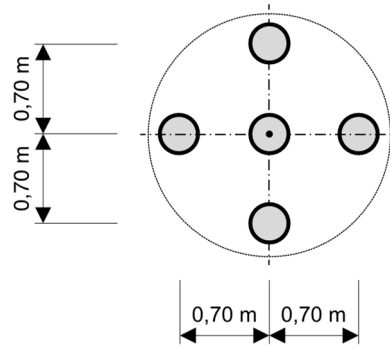
### 6 *Point de mesure*

Le point de mesure correspond au lieu où le module de déformation dynamique  $E_{\text{vd}}$  est déterminé à l'aide de trois impacts de préchargement, suivi de trois impacts pour les mesures proprement dites (voir figure 1).

## 7 Emplacement d'essai

### 7.1 Mesure en 5 points

Un emplacement d'essai est composé de cinq points de mesure disposés selon la figure 1. Il sert à déterminer le module de déformation dynamique déterminant pour l'évaluation de la portance lors du contrôle de mise en œuvre.



**Fig. 1**  
Disposition des points de mesure pour un emplacement d'essai

### 7.2 Mesure individuelle (informatif)

Dans les zones difficilement accessibles ou lorsque l'intervention au niveau de la structure de la route doit être minimisée, un emplacement d'essai peut être réduit à un seul point de mesure. Lors du contrôle de couches existantes (p.ex. dans les compartiments des traverses de voies ferrées), leur structure doit être connue à une profondeur d'au moins 40 cm sous la plaque de charge, afin que la plausibilité de la valeur de mesure individuelle puisse être vérifiée.

## C Appareil d'essai de plaque à masse tombante légère

### 8 Généralités

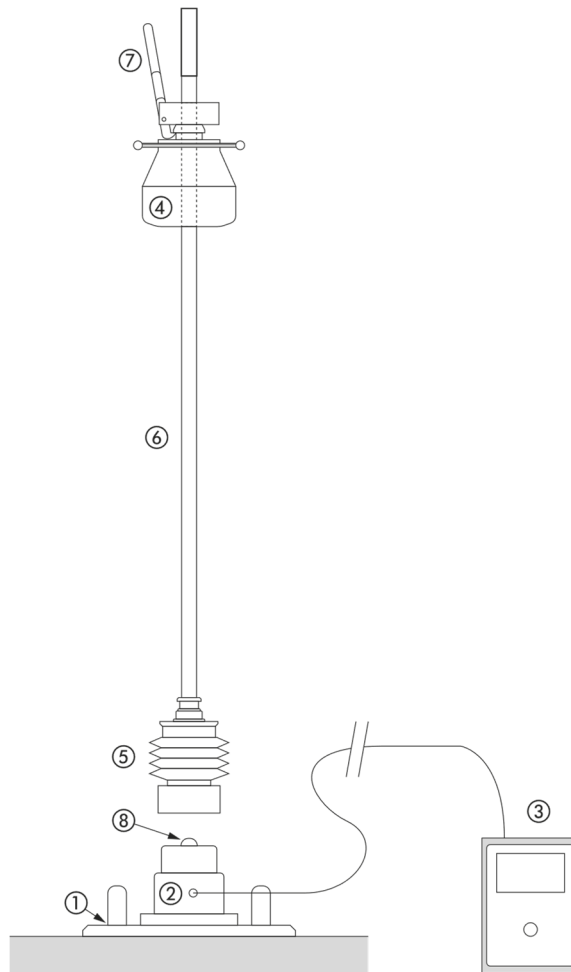
Les essais de plaque dynamiques sont réalisés à l'aide d'un appareil d'essai de plaque à masse tombante légère selon le schéma de principe (voir figure 2).

L'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère se compose

- d'une plaque de charge avec poignées de transport, munie d'un boîtier avec capteur de mesure des tassements et d'une boule de centrage de la charge
- d'un dispositif de chargement, se composant d'une tige de guidage avec mécanisme de décrochage, d'une masse tombante et d'un boîtier de ressorts
- d'un dispositif de mesure des tassements (appareil d'évaluation)

Selon la plage de mesure, une masse tombante de 10,0 kg, respectivement 15,0 kg, est utilisée (voir tableau 1).

La plaque de charge, le dispositif de chargement et le boîtier de mesure des tassements d'un appareil d'évaluation doivent être explicitement étiquetés. Les composants forment un tout et sont à utiliser ensemble. L'échange avec des composants d'autres appareillages d'évaluation n'est pas autorisé ou nécessite le recalibrage du système.



- ① Plaque de charge avec poignées de transport  
 ② Boîtier avec capteur de mesure des tassements  
 ③ Appareil d'évaluation  
 ④ Masse tombante  
 ⑤ Boîtier de ressorts  
 ⑥ Tige de guidage  
 ⑦ Mécanisme de décrochage  
 ⑧ Boule de centrage de la charge

**Fig. 2**

Schema de principe de l'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère

9

#### Plaque de charge

La plaque de charge en acier de qualité S355JO a les dimensions suivantes

- diamètre (300 ± 0,5) mm
- épaisseur (20 ± 0,2) mm

La plaque de charge est munie de deux poignées de transport. Le dispositif de mesure des tassements doit se situer au milieu de la plaque de charge.

La masse de la plaque de charge, y compris les poignées de transport, le boîtier avec dispositif de mesure des tassements et toute autre pièce fixée sur la plaque, est de (10 resp. 15 ± 0,25) kg.

## 10 Dispositif de chargement

Le dispositif de chargement se compose de la masse tombante, du boîtier de ressorts et de la tige de guidage avec mécanisme de décrochage. Le boîtier de ressorts contient un paquet de ressorts à disques précontraints. La masse tombante est fabriquée en acier de qualité S355JO, la tige de guidage en acier est chromée dur. Le frottement entre la masse tombante et la tige de guidage doit rester faible en prévoyant des moyens constructifs adaptés et un entretien soigneux.

Les conditions techniques limites issues du tableau 1 sont à respecter pour le dispositif de chargement.

Conditions techniques limites pour le dispositif de chargement		
Plage de mesure	15...70 MN · m <sup>-2</sup>	70...110 MN · m <sup>-2</sup>
Masse tombante	(10,0 ± 0,1) kg	(15,0 ± 0,1) kg
Masse de la tige de guidage <sup>1)</sup>	(5,0 ± 0,1) kg	(5,0 ± 0,1) kg
Force d'impact maximale $F_{max}$ (valeur visée)	7,07 kN ± 1,0%	10,605 kN ± 1,0%
Durée d'impact $t_{max}$	(17,0 ± 1,5) ms	(17,0 ± 1,0) ms

<sup>1)</sup> Tige de guidage, y compris boîtier de ressorts et mécanisme de décrochage

**Tab. 1**

Conditions techniques limites pour le dispositif de chargement

## 11 Boîtier de mesure des tassements

Le boîtier de mesure des tassements détermine pour chaque impact de charge les tassements à l'aide du capteur et calcule le module de déformation dynamique  $E_{vd}$ .

L'appareil de mesure des tassements doit enregistrer les valeurs suivantes pour chaque impact  $i$

- tassement maximal  $s_{max\ i}$
- module de déformation dynamique  $E_{vd}$
- vitesse maximale  $v_{max\ i}$

## D Exécution de l'essai

### 12 Domaine d'application

L'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère peut être utilisé sur des sols grossiers, des sols fins fermes à durs, ainsi que sur des sols à granulométrie mixte. Dans le domaine de la consolidation normale par la voie ferrée, il peut également être utilisé sur des sols fins moyennement rigides.

La plage de mesure dépend de la masse tombante utilisée et se monte à

- 15...70 MN · m<sup>-2</sup>  
avec une masse tombante de 10,0 kg
- 70...110 MN · m<sup>-2</sup>  
avec une masse tombante de 15,0 kg

### 13 Conditions d'essai

Aucun granulat > 63 mm ne doit se situer immédiatement sous la plaque de charge.

L'essai ne doit pas être exécuté sur une surface ramollie ou croûtée, ayant été soit délavée (pluie), soit desséchée (action directe du soleil ou du vent). L'essai n'est pas admis sur des sols gelés. L'application sur grave PSS fraîchement mise en place (teneur en eau  $\geq 5\%$ ) est également interdite.

Le cas échéant, l'essai sera effectué sous la zone perturbée. La masse volumique du sol en place doit rester le plus possible constante.

L'inclinaison de la surface d'essai ne doit pas dépasser 6%.

L'essai de plaque dynamique ne peut être exécuté que pour des températures de l'air situées entre 0 °C et 40 °C.

#### 14 *Préparation de l'emplacement d'essai*

Pour chaque point de mesure il convient de préparer une surface d'essai suffisamment grande pour recevoir la plaque de charge. La surface du sol doit être nivelée par des mouvements de glissement de la plaque ou à l'aide de moyens appropriés. Des particules de sol détachées sont à enlever.

La plaque de charge doit reposer sur toute la surface d'appui. D'éventuelles inégalités sont à égaliser avec du sable sec  $D \leq 2,0$  mm. La plaque de charge est ensuite placée sur la surface. L'épaisseur de la couche de sable sera alors minimisée à l'aide de mouvements de glissement.

#### 15 *Exécution de la mesure*

Après la préparation du point de mesure et la mise en place de la plaque de charge, le dispositif de chargement est disposé au milieu de la plaque de charge et la masse tombante est mise dans la position de départ.

Un préchargement est à appliquer au point de mesure à l'aide de trois impacts. Pour cela, la masse tombante est relâchée à l'aide du mécanisme de décrochage et rattrapée après chaque impact.

Après enclenchement du dispositif de mesure des tassements, trois impacts sont appliqués. La masse tombante est relâchée à l'aide du mécanisme de décrochage et rattrapée après chaque impact.

La tige de guidage doit rester verticale lors de chaque impact de préchargement et de chargement.

Aucune exploitation des résultats ne doit être faite si

- la masse tombante n'est pas rattrapée après un impact
- un déplacement latéral de la plaque de charge est observé suite aux impacts (p.ex. lors d'une surface d'essai inclinée)

La répétition de l'essai sur le même point de mesure n'est pas admise.

#### 16 *Résultats d'essai inattendus*

Des différences importantes entre les tassements engendrés par les trois impacts de chargement peuvent être mesurées

- suite à une forte inclinaison de la plaque de charge
- à cause de l'inhomogénéité du sol (présence de pierres de tailles importantes, sols avec une consistance hétérogène)

Si l'essai donne des résultats inattendus, on creusera le sol sous le point de mesure jusqu'à une profondeur correspondante au diamètre de la plaque. Toute inhomogénéité ainsi détectée doit être consignée dans le rapport d'essai.

Lors de mesures de contrôle de couches existantes dans des zones difficilement accessibles, il est toujours nécessaire, conformément au chiffre 7.2, de creuser jusqu'à au moins 40 cm en dessous du point de mesure.

### **E Exploitation des mesures**

#### 17 *Généralités*

Le rapport sur les mesures doit satisfaire aux exigences de la SN EN ISO/IEC 17025 «Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais» [3].

Le rapport d'essai doit contenir des informations suivantes

- indications générales selon la SN EN ISO/IEC 17025 [3], chiffre 7.8
- indication par rapport à la masse tombante utilisée
- mesure individuelle ou en 5 points
- description de l'emplacement d'essai (surface de la couche de fondation, plate-forme, sondage, ...), de son état et de sa préparation
- résultats par impact de chargement et valeurs moyennes selon le chiffre 11

#### 18 *Exploitation des mesures pour un point de mesure*

Le tableau 2 indique les conditions limites en vigueur pour le calcul du module de déformation dynamique et les formules correspondantes par rapport à l'essai de plaque dynamique.

Le module de déformation dynamique  $E_{vd}$  est directement calculé par l'appareil d'évaluation. Il doit être arrondi à la valeur entière (p.ex.  $E_{vd} = 46 \text{ MN} \cdot \text{m}^{-2}$ ).



Conditions limites et formules pour le calcul du module de déformation dynamique			
Masse tombante	Unité	10,0 kg	15,0 kg
Contrainte normale	[MN · m <sup>-2</sup> ]	$\sigma_{\max} = 0,1$	$\sigma_{\max} = 0,2$
Rayon de la plaque de charge	[m]	$r = 0,15$	$r = 0,15$
Module de déformation dynamique	[MN · m <sup>-2</sup> ]	$E_{vd} = 1,5 \cdot r \cdot \frac{1000 \cdot \sigma_{\max}}{\bar{s}_{\max}} = \frac{22,5}{\bar{s}_{\max}}$	$E_{vd} = 1,5 \cdot r \cdot \frac{1000 \cdot \sigma_{\max}}{\bar{s}_{\max}} = \frac{45,0}{\bar{s}_{\max}}$

**Tab. 2**

Conditions limites et formules pour le calcul du module de déformation dynamique

**19** *Contrôle surfacique du compactage*

Lors du contrôle surfacique du compactage, le module de déformation dynamique est déterminé en continu pour des points de mesure répartis uniformément. En règle générale, une mesure est effectuée pour une surface compactée de 20...50 m<sup>2</sup>.

Le cas échéant, la corrélation entre les résultats de l'essai de plaque dynamique est à démontrer à l'aide des essais de plaque selon la VSS 70 317 «Sols; essai de plaque  $E_v$  et  $M_E$ » [2].

**20** *Mesures de contrôle de la portance***20.1** Procédé et exploitation

Pour les mesures de contrôle de la portance à l'aide de l'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère, la valeur moyenne  $E_{vd}$  des cinq points de mesure d'un emplacement d'essai selon la figure 1 est en principe déterminante (exception mesure individuelle).

Si le résultat d'un point de mesure diverge de plus de 20% de la valeur moyenne des cinq points de mesure, celui-ci n'est pas pris en considération pour la détermination de la valeur moyenne déterminante d'un emplacement d'essai.

Les exigences, ainsi que le nombre de mesures de contrôle, sont indiquées dans la VSS 40 585 «Compactage et portance; exigences» [1].

**20.2** Mesure comparative et détermination du facteur de correction

Si l'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère est utilisé pour un grand nombre de mesures sur une couche homogène, les valeurs  $M_{E1}$  peuvent être calculées à l'aide d'un facteur de correction. Dans ce cas, les résultats de mesure devraient être validés chaque jour avec des mesures effectuées à l'aide de l'essai de plaque selon la VSS 70 317 [2]. En présence d'une corrélation satisfaisante, la fréquence des validations peut être diminuée.

Pour la détermination du facteur de correction  $K$ , les points de mesure doivent être disposés selon le schéma de la figure 3. Le calcul de la valeur moyenne déterminante  $E_{vd}$  des cinq points de mesure avec l'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère se fait selon le chiffre 18.

Les formules suivantes sont appliquées pour le calcul du facteur de correction  $K$  et des valeurs  $M_{E1}$ .

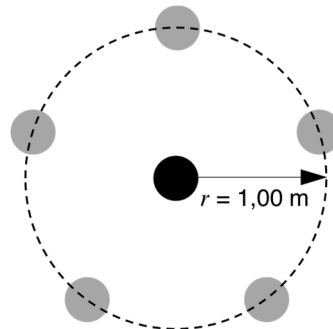
Cette conversion ne doit pas être appliquée aux mesures individuelles (voir aussi chiffre 20.3).

Facteur de correction

$$K = \frac{M_{E1}}{E_{vd}} \quad [-]$$

Module de déformation

$$M_{E1} = K \cdot E_{vd} \quad [\text{MN} \cdot \text{m}^{-2}]$$



- Point de mesure avec l'essai de plaque ( $M_{E1}$ )
- Points de mesure avec l'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère ( $E_{vd}$ )

**Fig. 3**

Disposition des points de mesure d'un emplacement d'essai pour la détermination du facteur de correction

### 20.3 Détermination des valeurs $M_{E1}$ équivalentes dans la zone de consolidation normale des voies ferrées existantes

Dans la mesure où la structure de la couche située sous le point de mesure jusqu'à environ 40 cm est constituée de sols graveleux et/ou sableux ou de sols fins moyennement rigides et qu'elle n'est ni gelée ni détrempée, on peut déduire approximativement les valeurs  $M_{E1}$  équivalentes selon le tableau 3.

Détermination des valeurs $M_{E1}$ équivalentes							
$E_{vd}$ [MN/2]	10	20	30	40	50	60	70
$M_{E1}$ [MN · m <sup>-2</sup> ]	11	22	34	50	67	83	100

**Tab. 3**

Détermination des valeurs  $M_{E1}$  équivalentes

### 21 Répétabilité

La répétabilité de cet essai n'a pas encore été établie.

## F Entretien et calibrage

### 22 Entretien

Lors des mesures sur chantier, l'appareil d'essai de plaque à masse tombante légère peut être exposé à des salissures et endommagé. Une attention particulière doit être portée au transport de l'appareillage sur chantier et dans les véhicules. Ainsi un contrôle du matériel doit être effectué par l'utilisateur après chaque utilisation. Les points suivants sont à contrôler

- blocage de la masse tombante avant chaque transport
- propreté de la tige de guidage et de la masse tombante
- contrôle visuel de la tige de guidage (dommages)
- contrôle de la position du mécanisme de décrochage; l'appareillage est à calibrer de nouveau lors de déviations
- contrôle visuel du tampon en caoutchouc (dommages, salissures)
- contrôle visuel du joint entre plaque de charge et dispositif de chargement (salissures)
- contrôle visuel de la plaque de charge (dommages, salissures)
- contrôle visuel du câble de connexion avec l'appareil d'évaluation (dommages)

Le cas échéant, l'appareillage est à nettoyer et les dommages à réparer. La tige de guidage ne doit être nettoyée qu'avec un tissu propre. Lors d'une salissure importante, la tige doit être nettoyée à l'eau et bien séchée. L'utilisation d'un produit lubrifiant sur la tige de guidage peut entraîner une salissure de celle-ci et peut ainsi avoir une influence sur les résultats de mesure.

**23**      *Calibrage*

Après la mise en exploitation de l'appareillage, celui-ci doit être calibré au minimum une fois par an. Le calibrage se fait selon le document allemand TP BF-StB, Teil B 8.4 «Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Strassenbau, Kalibriervorschriften für das Leichte und das Mittelschwere Fallgewichtsgesetz» [4].

Le calibrage doit être documenté à l'aide d'un certificat de calibrage.

Lors du calibrage, la hauteur de chute sur le boîtier de ressorts est à régler de manière à ce que la force d'impact maximale moyenne correspond à la valeur visée selon le tableau 1. La durée d'impact maximale  $t_{max}$  doit également être contrôlée.

**G**      **Bibliographie**

- [1] VSS 40 585                      Compactage et portance; exigences
- [2] VSS 70 317                      Sols; essai de plaque  $E_V$  et  $M_E$
- [3] SN EN ISO/IEC 17025        Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais
- [4] Société de recherche pour les routes et la circulation (FGSV); TP BF-StB, Teil B 8.4 Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Strassenbau, Kalibriervorschriften für das Leichte und das Mittelschwere Fallgewichtsgesetz

**Dieser Entwurf hat keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.  
Vernehmlassungsentwurf 8. Juli 2024: Frist bis 15. September 2024.**