



CIVIL-463.25

**RENFORCEMENT DES
CHAUSSEES**

Renforcement de la chaussée

- ▶ **Mesure améliorant la portance d'une chaussée existante**
- ▶ **Intervention par le biais de pose de nouveaux matériaux**
- ▶ **Contraintes parfois importantes**
 - ▶ Améliorer la portance ... sans modifier la géométrie
 - ▶ Passage sous un P.S.
 - ▶ Charge sur O.A.
 - ▶ Évacuation des eaux

Pourquoi renforcer une chaussée ?

- ▶ **Prolonger sa durée de vie**
- ▶ **Répondre à de nouvelles sollicitations**
 - ▶ Sous-dimensionnement
 - ▶ Modification du contexte
- ▶ **Changer les matériaux en place**
- ▶ **Limiter les coûts d'investissement**
- ▶ **Diminuer les durées d'intervention**
- ▶ **Réduire la consommation de ressources en matériaux**

Définitions

▶ **Renforcement par rechargement**

- ▶▶ Pose sur le revêtement existant d'une ou de plusieurs couches de revêtement
- ▶▶ Nécessite que les couches bitumineuses existantes sont suffisamment stables et ne présentent aucune déformation permanente

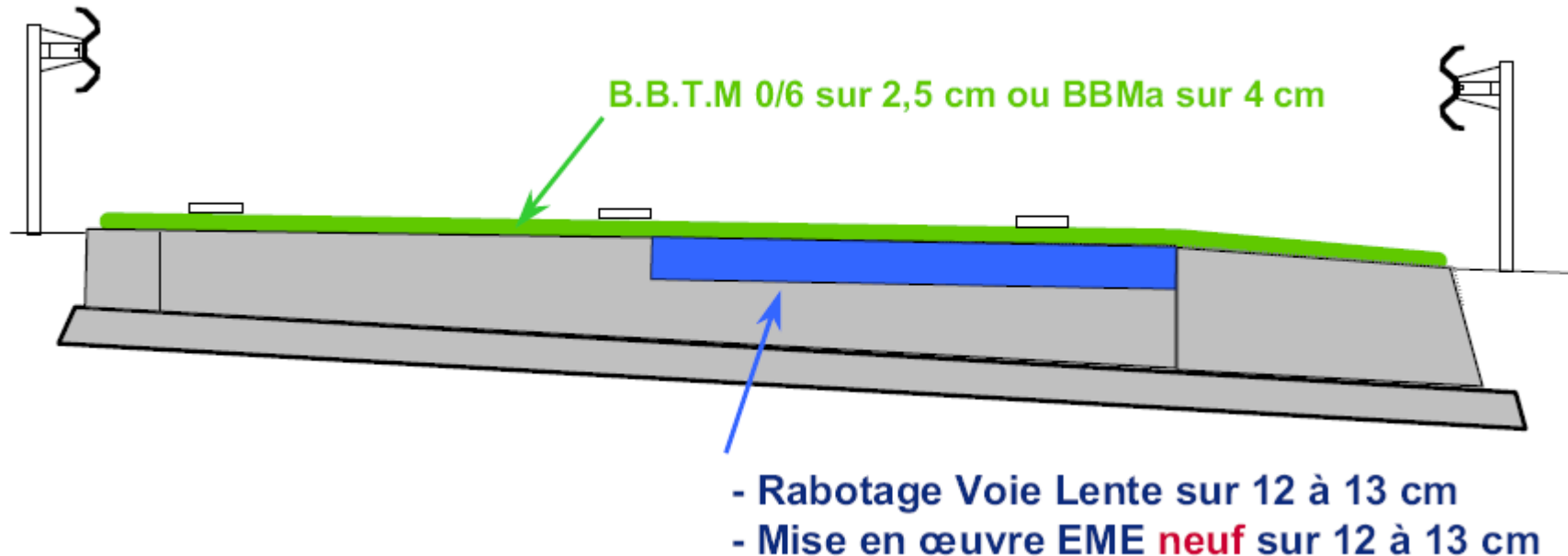
Définitions

- ▶ **Renforcement par renouvellement partiel de la superstructure**
 - ▶▶ Certaines couches de la superstructure existante sont enlevées (décapage/fraisage)
 - ▶▶ Remplacement par des couches de portance supérieure

Exemple de renforcement

► Chaussée autoroutière (SANEF - A16 Amiens)

- Renforcement par renouvellement partiel : Voie lente
- Renforcement par rechargement : Voie de dépassement et BAU



Exemple de renforcement

► Fraisage voie lente



Exemple de renforcement

► Pose enrobé voie lente (renouvellement partiel)



Exemple de renforcement

► Compactage voie lente



Exemple de renforcement

- ▶ Pose du rechargement sur toute la chaussée



Méthodes de dimensionnement

▶ Épaisseurs équivalentes

- ▶▶ SN Structural Number
- ▶▶ Facteur de portance a

▶ Mesures de déflexion

- ▶▶ Mesure Défectographe Lacroix ou Poutre Benkelman
- ▶▶ Abaques
- ▶▶ Trafic + Déflexion → **Épaisseur de rechargement**

Valeur de structure SN

▶ Structural Number SN

▶ Vérification

$$\gg SN \geq SN_{néc}$$

▶ Épaisseur structurelle SN

$$SN = \sum_{i=1}^{i=n} a_i \cdot D_i \quad \text{en cm de grave ronde non traitée}$$

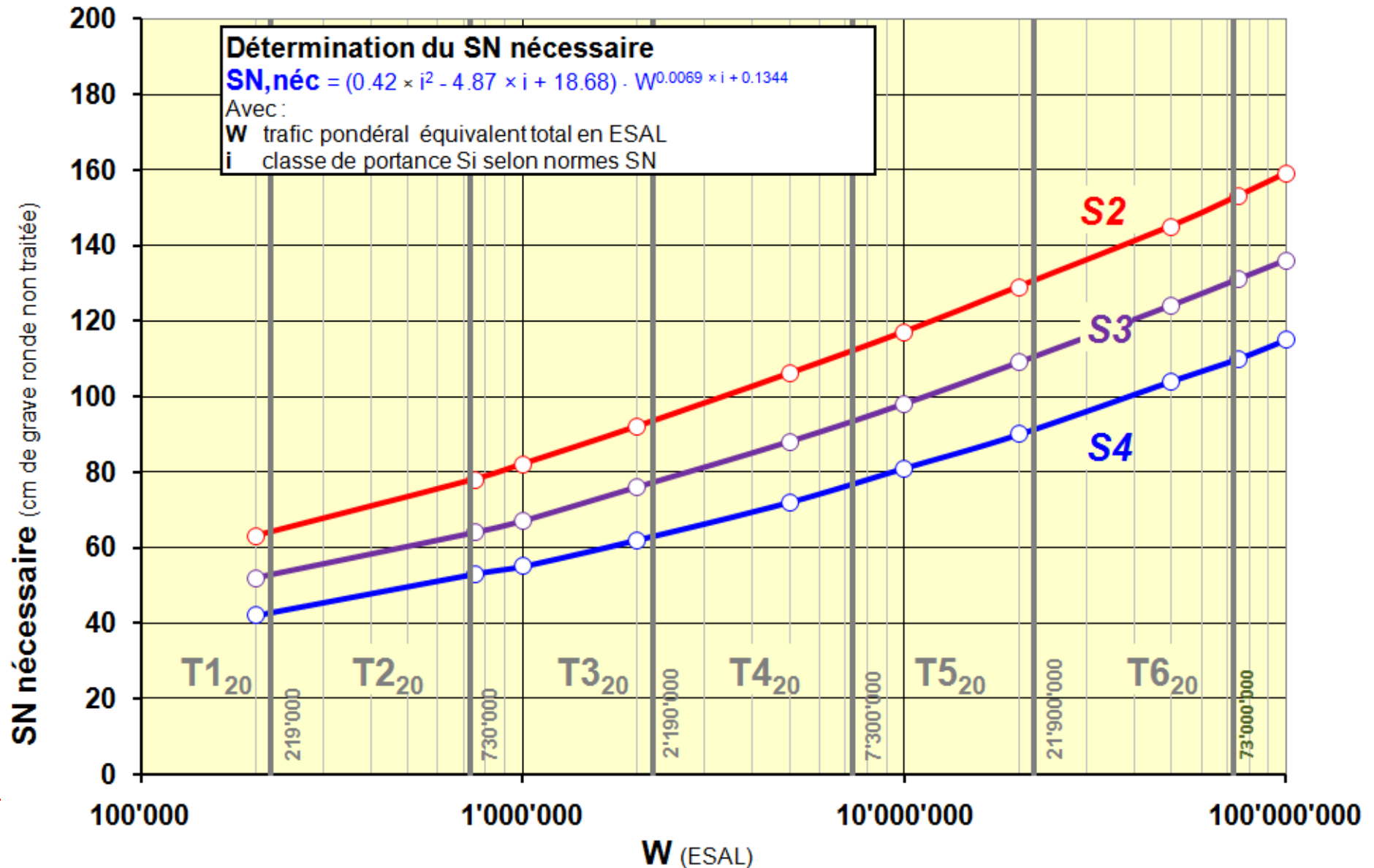
▶ a_i facteur de portance relative du matériau constitutif de la couche

▶ D_i épaisseur de la couche (cm)

Facteur de portance relative

Couches de la chaussée	Matériaux en fonction de l'état des dégradations			
	Nouvelle chaussée	Dégradations légères Perte de matériaux / Fissuration	Dégradations moyennes Perte de matériaux / Fissuration	Dégradations structurelles Faïençage / Déformation
Couche de roulement, de liaison et de base				
Enrobés bitumineux AC, AC T, AC MR Splittmastix-asphalt SMA Asphalte coulé MA	4,0	3,4	2,8	2,4
Couche de roulement et de liaison				
Enrobé drainant PA	2,6	2,2	1,8	1,6
Couche de base				
Enrobés bitumineux à module élevé AC EME C1 ¹⁾	4,4	3,8	2,8	2,4
Enrobés bitumineux à module élevé AC EME C2 ¹⁾	5,6	5,0		
Couche de fondation				
Enrobé bitumineux AC F	3,2	2,8	2,2	1,9
Pénétration et stabilisations				
Pénétration	2,6	2,2	1,8	1,6
Stabilisation aux liants hydrauliques	2,4	2,0	1,7	1,5
Stabilisation aux liants bitumineux	2,7	2,3	1,9	1,6
Grave non traitée				
Grave concassée	1,25	1,25	1,25	0,75 ²⁾
Grave ronde	1,0	1,0	1,0	0,6²⁾

Valeur de structure nécessaire



Estimation de la durée de vie résiduelle

▶ Déterminer le SN_{existant}

▶ Déterminer le $SN_{\text{nécessaire}}$

▶ Selon W et S_i

$$SN_{\text{néc}} = (0.42 \times i^2 - 4.87 \times i + 18.68) \times W^{0.0069 \times i + 0.1344}$$

▶ Poser l'équivalence

$$SN_{\text{nécessaire}} = SN_{\text{existant}}$$

▶ Calculer le W correspondant

▶ Obtenir la durée de vie résiduelle **DVR**

$$W = (TF_{\text{initial}} + TF_{\text{final}}) / 2 \cdot DVR \cdot 365$$

$$TF_{\text{final}} = TF_{\text{initial}} \cdot (1 + t_c)^{DVR}$$

Exemple

- ▶ **SN_{existant}** *100 cm grave ronde*
- ▶ **Classe de portance** *S3*
- ▶ **Trafic pondéral actuel** *2'000 ESAL / j + 2% / an*
- ▶ **SN_{nécessaire}** $(0.42 \times 3^2 - 4.87 \times 3 + 18.68) \times W^{0.0069 \times 3 + 0.1344}$
- ▶ **W correspondant** *13,34 mios ESAL*
- ▶ **Obtenir la durée de vie résiduelle DVR**

$$W = 13,34 \times 10^6 = (2'000 + [2'000 \times (1 + 0,02)^{DVR}] / 2) \times DVR \times 365$$

DVR = 15,5 années

Renforcement par rechargement

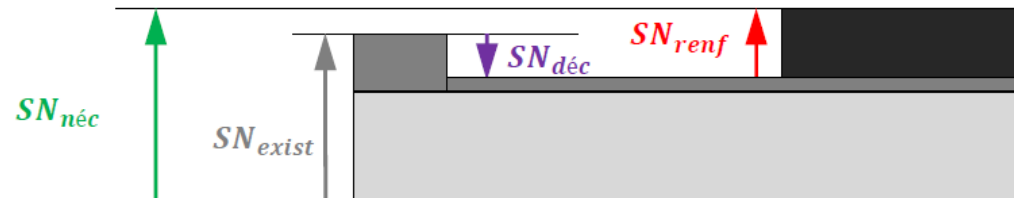
$$SN_{\text{renf}} \geq SN_{\text{néc}} - SN_{\text{exist}}$$



- ▶ SN_{renf} valeur de structure du renforcement
- ▶ $SN_{\text{néc}}$ valeur de structure nécessaire
- ▶ SN_{exist} valeur de structure de la chaussée existante
- ▶ cm de grave ronde

Renforcement par renouvellement

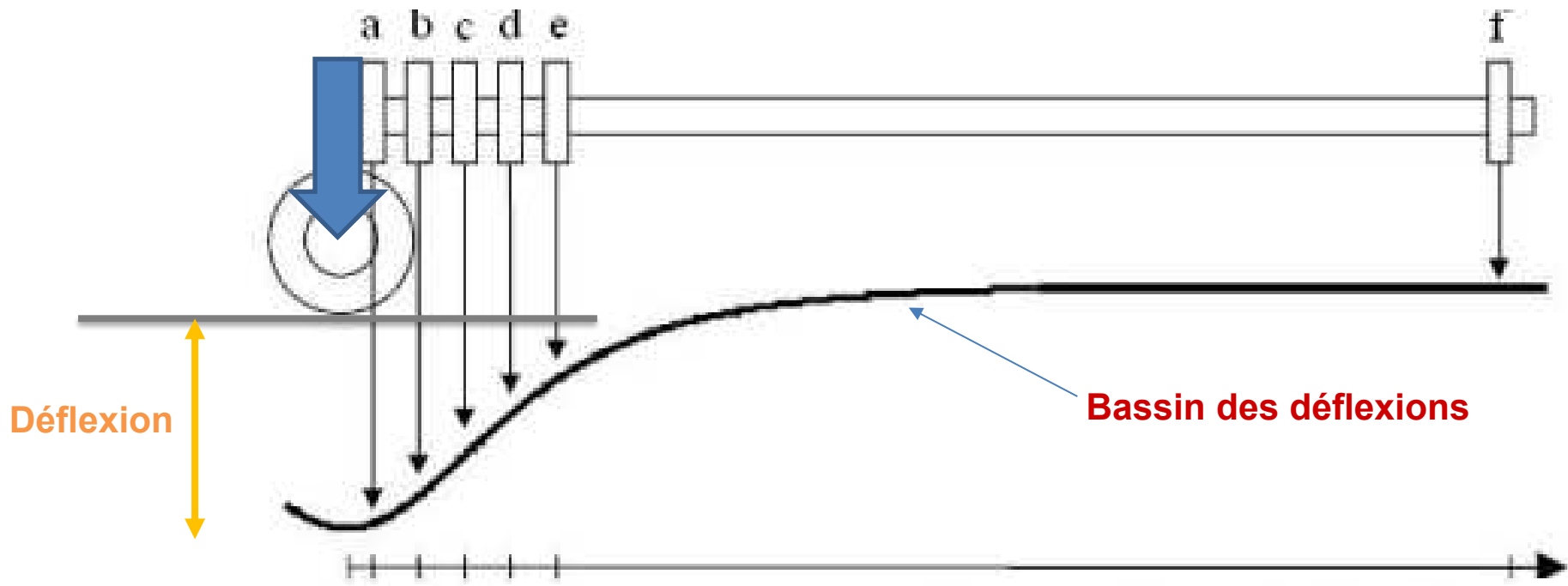
$$SN_{\text{renf}} \geq SN_{\text{néc}} - (SN_{\text{exist}} - SN_{\text{déc}})$$



- ▶ SN_{renf} valeur de structure du renforcement
- ▶ $SN_{\text{néc}}$ valeur de structure nécessaire
- ▶ SN_{exist} valeur de structure de la chaussée existante
- ▶ $SN_{\text{déc}}$ valeur de structure de la chaussée décapée
- ▶ cm de grave ronde

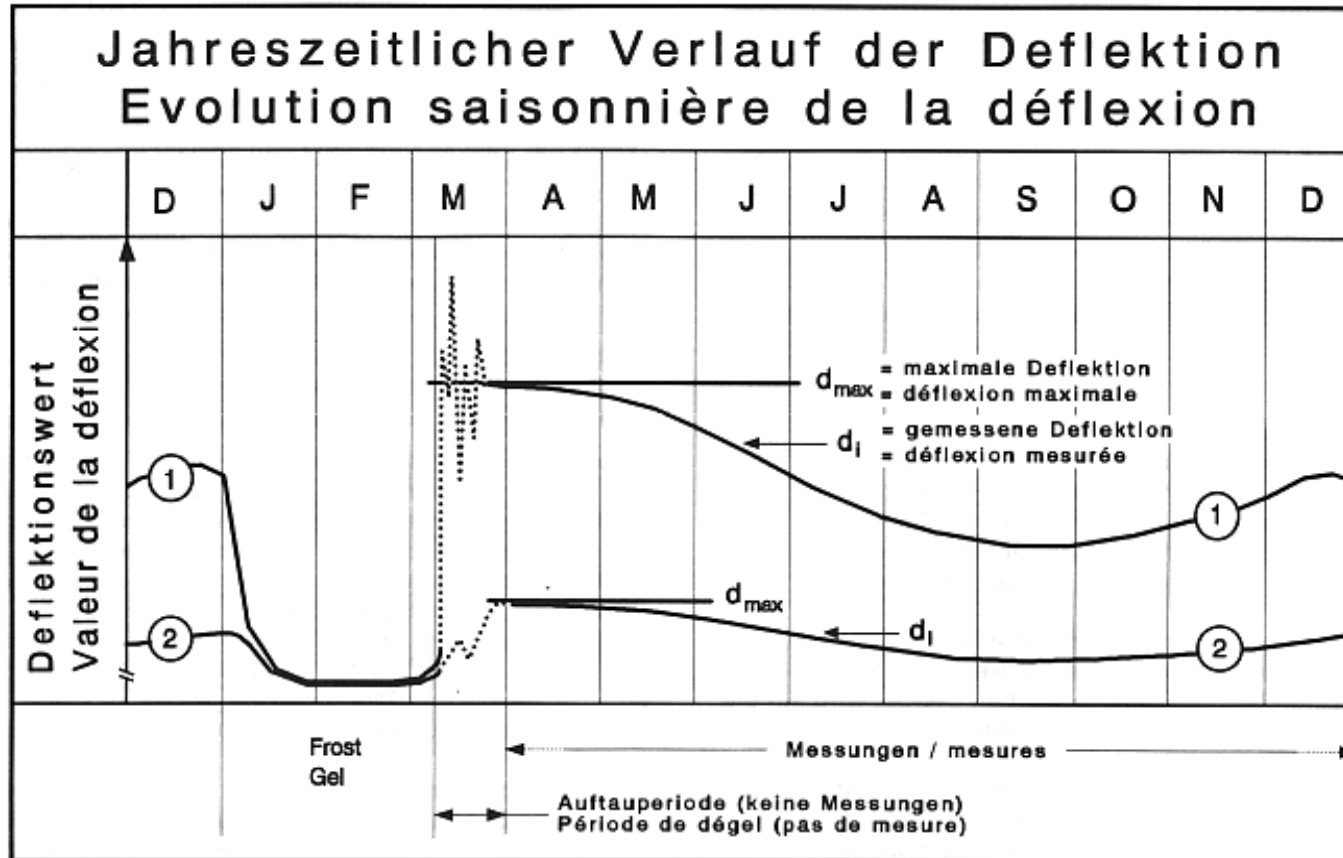
Déflexion

- ▶ Mesure de la déformation élastique instantanée d'une chaussée sous l'effet d'une charge
- ▶ Valeurs en $1/100^{\text{ème}}$ de mm



Evolution saisonnière des déflexions

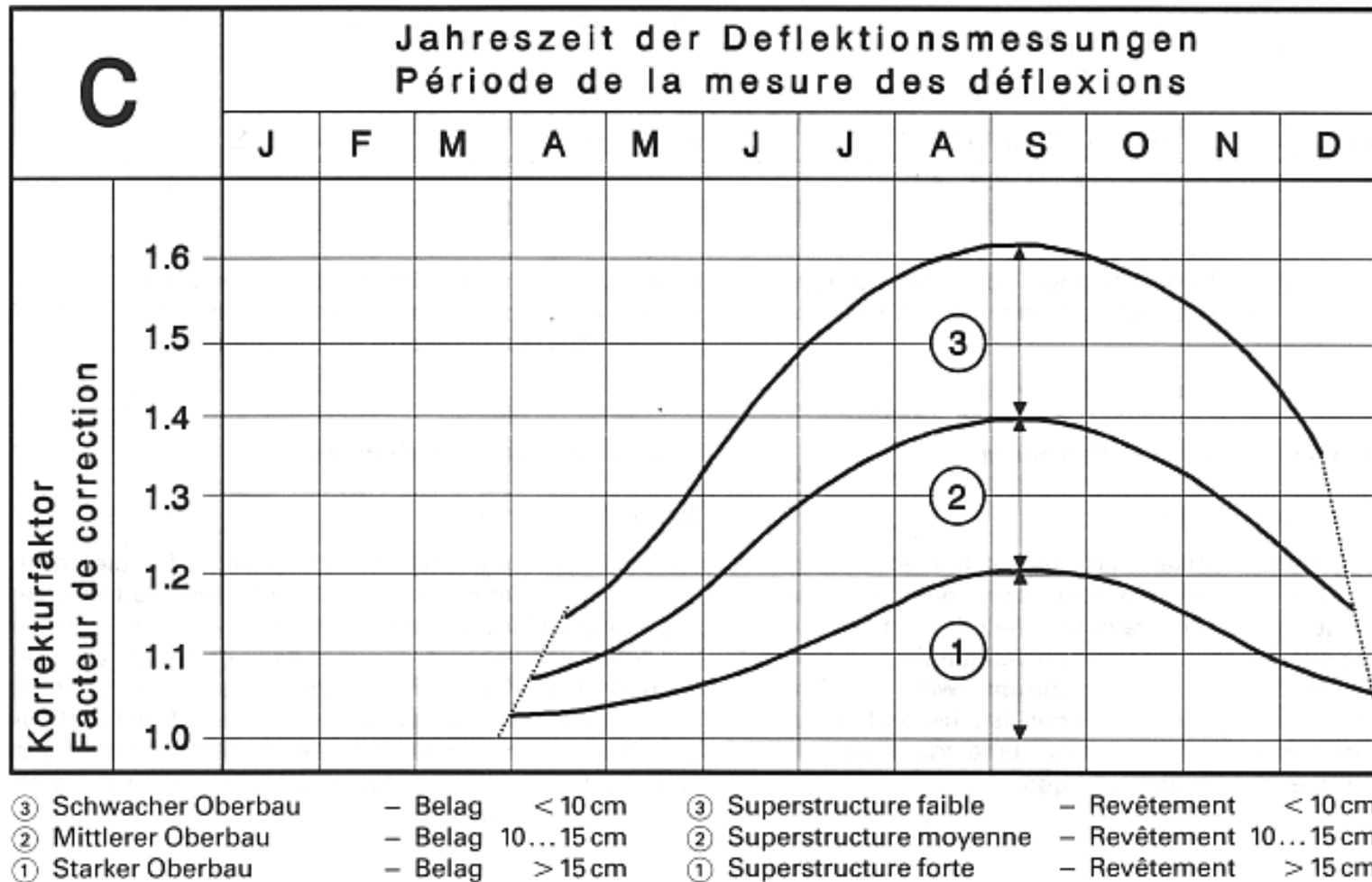
► Maximum au dégel / Minimum en été



① Schwacher Oberbau
Superstructure faible

② Starker Oberbau
Superstructure forte

Facteur de correction des déflexions



Déflexion déterminante dv

▶ Coefficient de variation CV

▶ Homogénéité des mesures

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{d}} \leq 0,35$$

▶ Déflexion déterminante dv

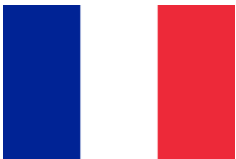
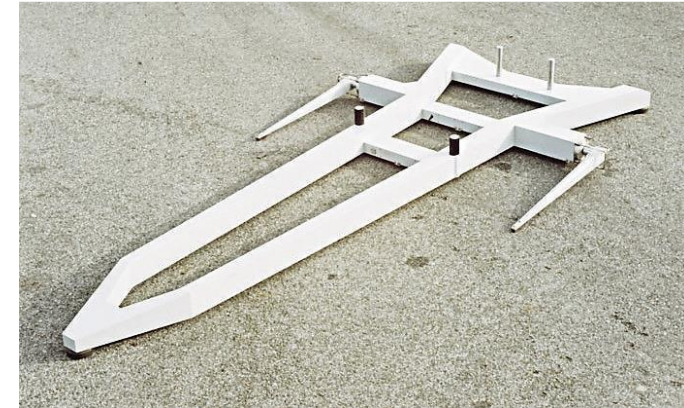
$$dv = c (\bar{d} + 2 \sigma)$$

▶ C facteur de correction

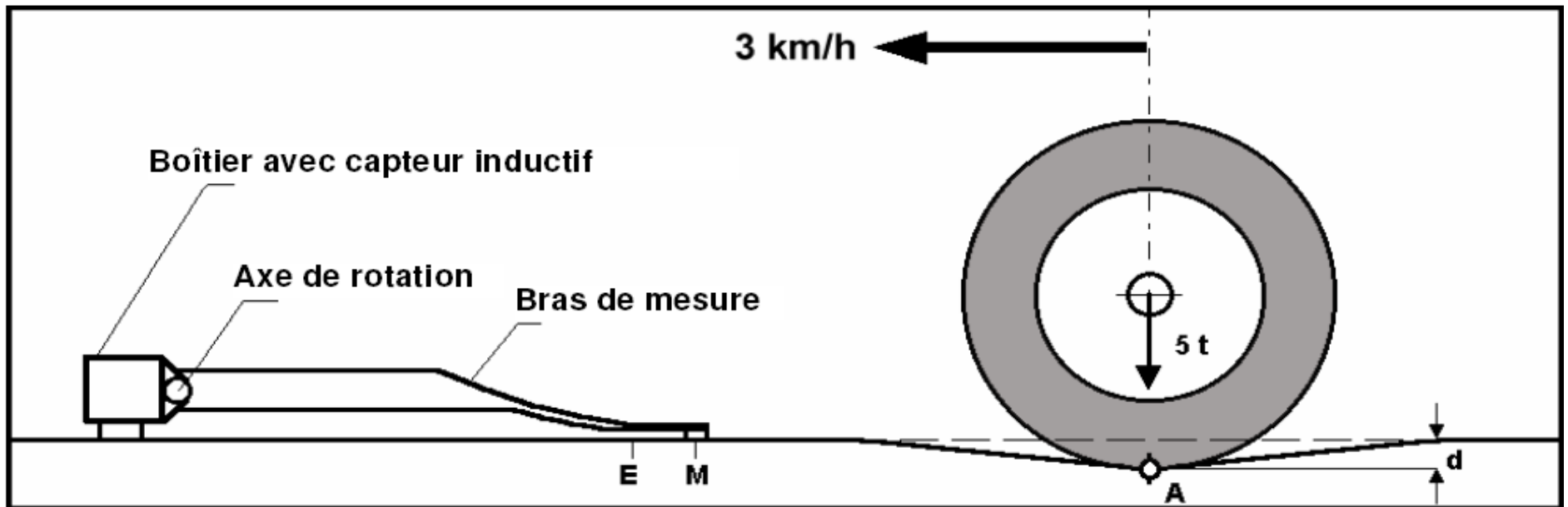
▶ d déflexion moyenne

▶ σ écart-type des déflexions

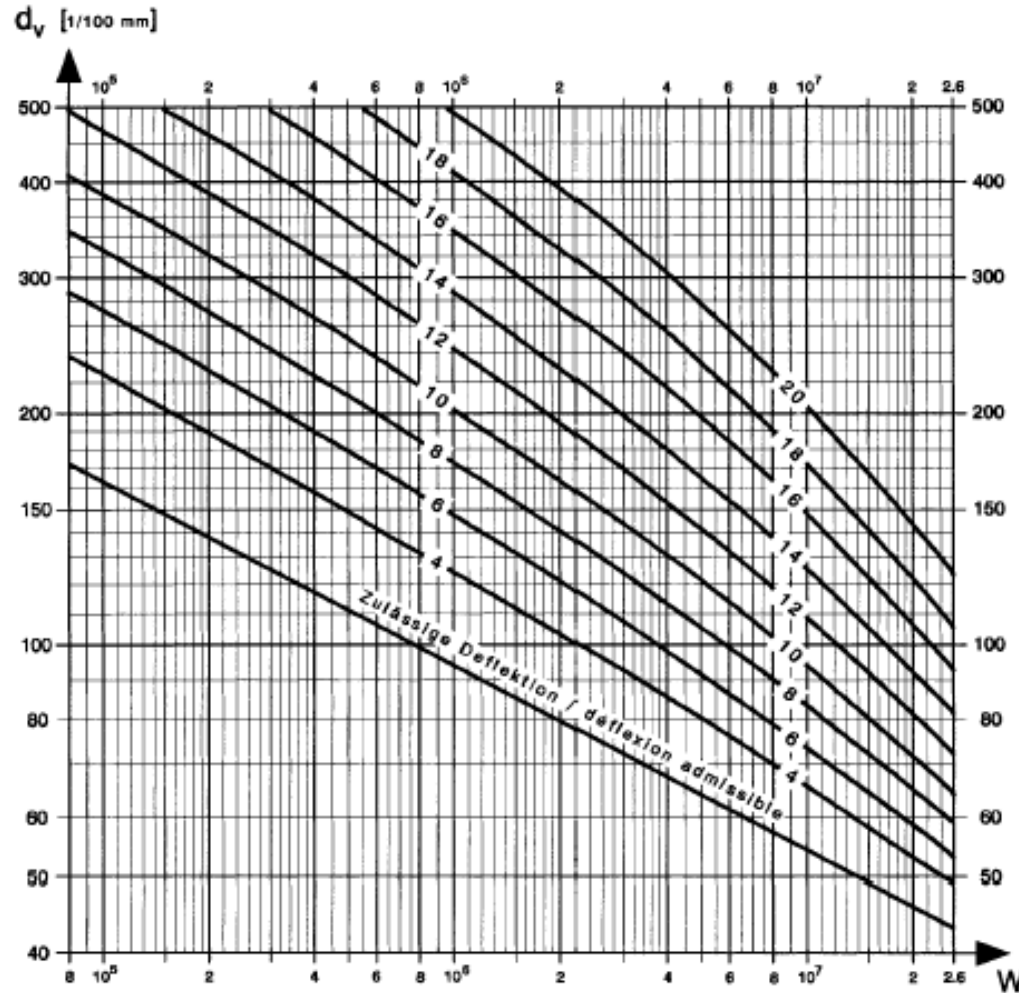
Défectographe Lacroix



Défectographe Lacroix

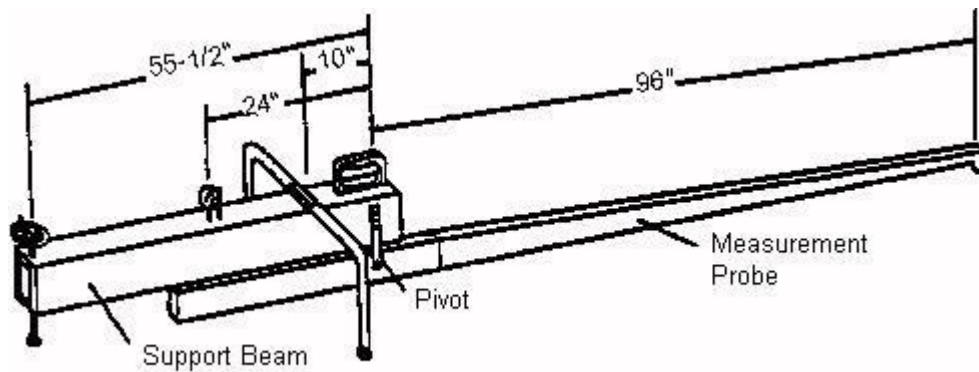


Déflexion Lacroix

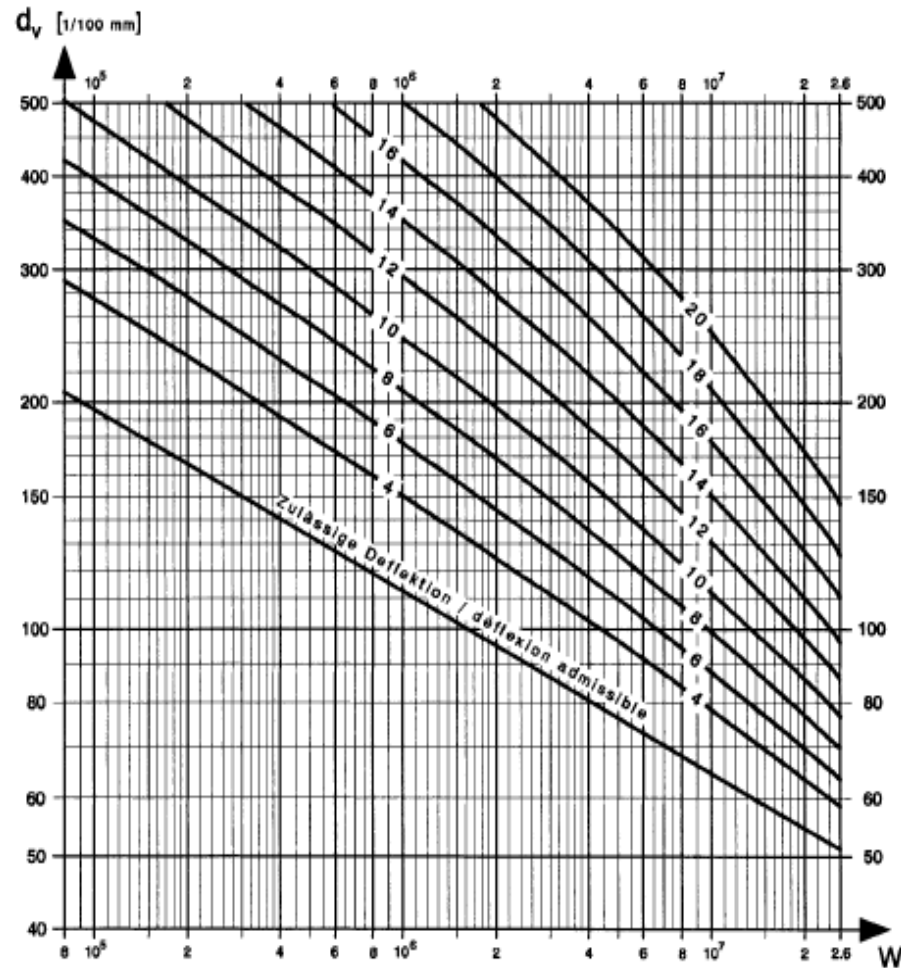


10 Jahre ans	T1	T2	T3	T4	T5	T1
	30	100	300	1000	3000	TF
20 Jahre ans	T1	T2	T3	T4	T5	T1
	30	100	300	1000	3000	TF

Poutre Benkelman



Déflexion Benkelman



10 Jahre ans	T1	T2	T3	T4	T5	T1
	30	100	300	1000	3000	TF
20 Jahre ans	T1	T2	T3	T4	T5	T1
	30	100	300	1000	3000	TF

Comment procéder ?

▶ Exemple

▶▶ Poutre Benkelman

▶▶ Mesures effectuées fin septembre

▶▶ $\bar{d} = 80$ 100^{ème} mm

▶▶ $\sigma = 20$ 100^{ème} mm

▶▶ TF durant les 20 prochaines années = 300 ESAL / j

▶▶ Chaussée souple

17 cm d'enrobé fortement dégradé

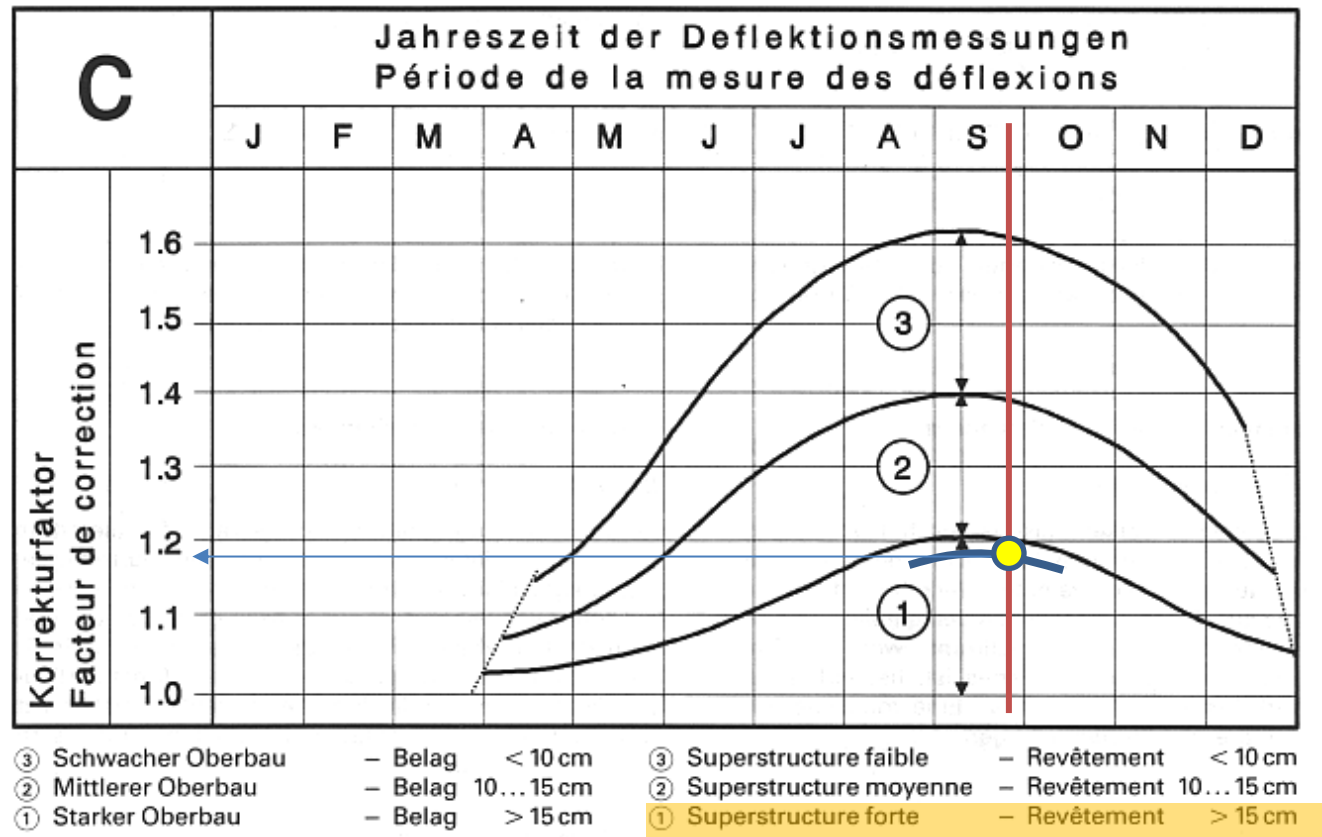
50 cm de grave

Facteur de correction C

▶ 17 cm

▶ Fin septembre

▶ **C = 1,18**



Déflexion déterminante dv

▶ Coefficient de variation CV

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{d}} = 20 / 80 = 0,25 \leq 0,35 \quad \text{OK !}$$

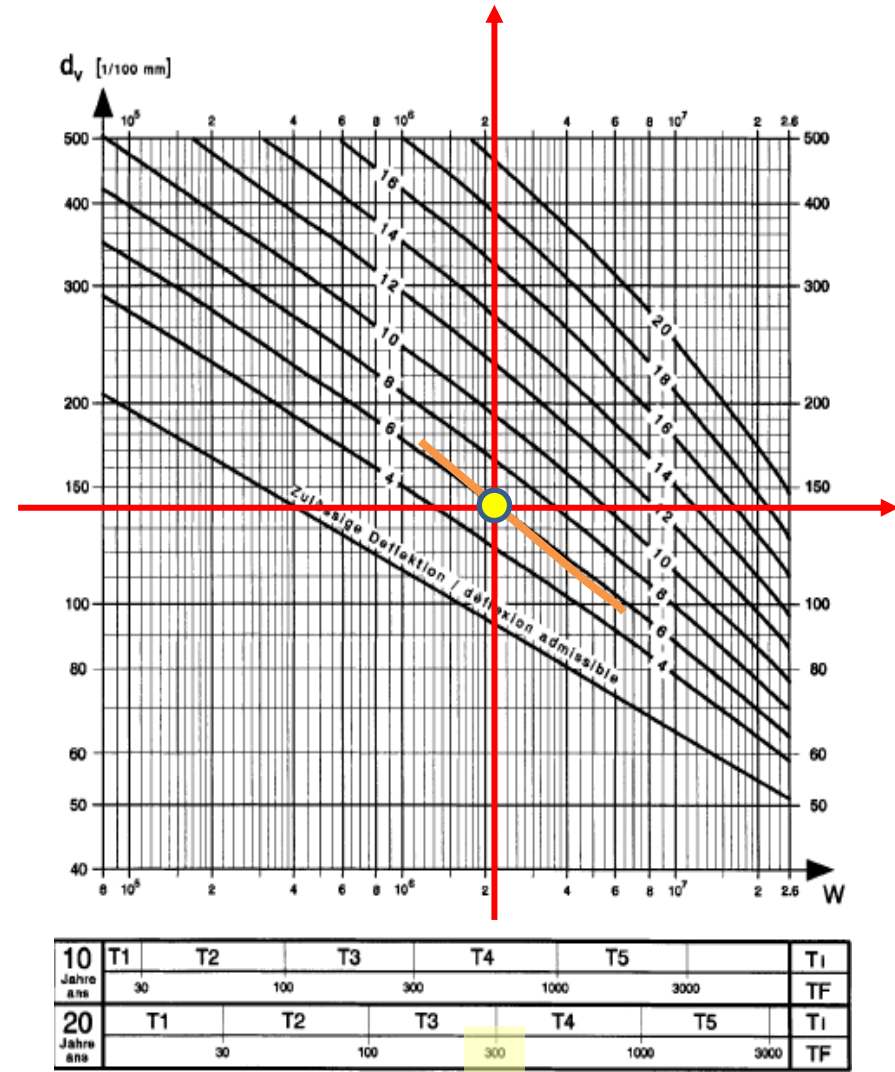
▶ Déflexion déterminante dv

$$dv = c \cdot (\bar{d} + 2 \cdot \sigma)$$

$$\gg 1,18 \cdot (80 + 2 \cdot 20) = 142 \cong \mathbf{140} \text{ } 100^{\text{ème}} \text{ } mm$$

Abaque Benkelman

- ▶ $d_v = 140$ 100^{ème} mm
- ▶ $TF_{20} = 300$ ESAL/j
- ▶ $W = 300 \cdot 20 \cdot 365$
- ▶ $W = 2,19$ mios ESAL
- ▶ **6 cm de rechargement**
- ▶▶ **Enrobé AC**



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

