



SÉMINAIRE 2013

«(Re-)construire intelligent»

ORATEURS

Prof. Dr Albin Kenel, HSR Haute école technique Rapperswil

Prof. Dr Thomas Keller, Composite Construction Laboratory CCLAB, EPF Lausanne

Dr Stefan Lips, chef de projet R&D, F.J. Aschwanden SA, Lyss

EXPOSÉ TECHNIQUE

DURA Armature de poinçonnement et la norme SIA 262 révisée

RINO – le système pour le renforcement de planchers-dalles

ORSO-V Colonnes mixtes acier-béton

Prof. Dr Albin Kenel, Dr Stefan Lips

Prof. Dr Thomas Keller, Prof. Dr Albin Kenel

Dr Stefan Lips et conseiller de vente

Page

3

31

59

Aschwanden

Plus en performance. Plus en valeur.

DURA

Armature de poinçonnement et la norme SIA 262 révisée

Juin 2013

Sommaire

- **Vue d'ensemble du système DURA**
- **Bases de la norme de dimensionnement révisée (SIA 262:2013)**
- **Nouveautés / modifications dans la norme SIA 262:2013 révisée (concernant le poinçonnement)**
- **Influence de la modélisation**
- **Essais / Expertise**
- **Avantage client du système DURA**

Système DURA



Paniers DURA



Élément S DURA



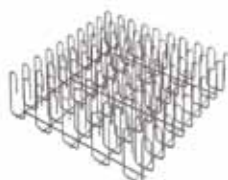
Tête en acier DURA

Système DURA

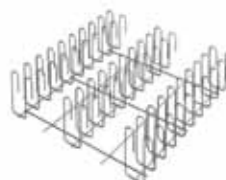
s = 100 mm



DURA-70



DURA-90



DURA-90L



DURA-110

s = 150 mm



DURA-45



DURA-45L



DURA-75



DURA-75L

s = 200 mm



DURA-60



DURA-60L

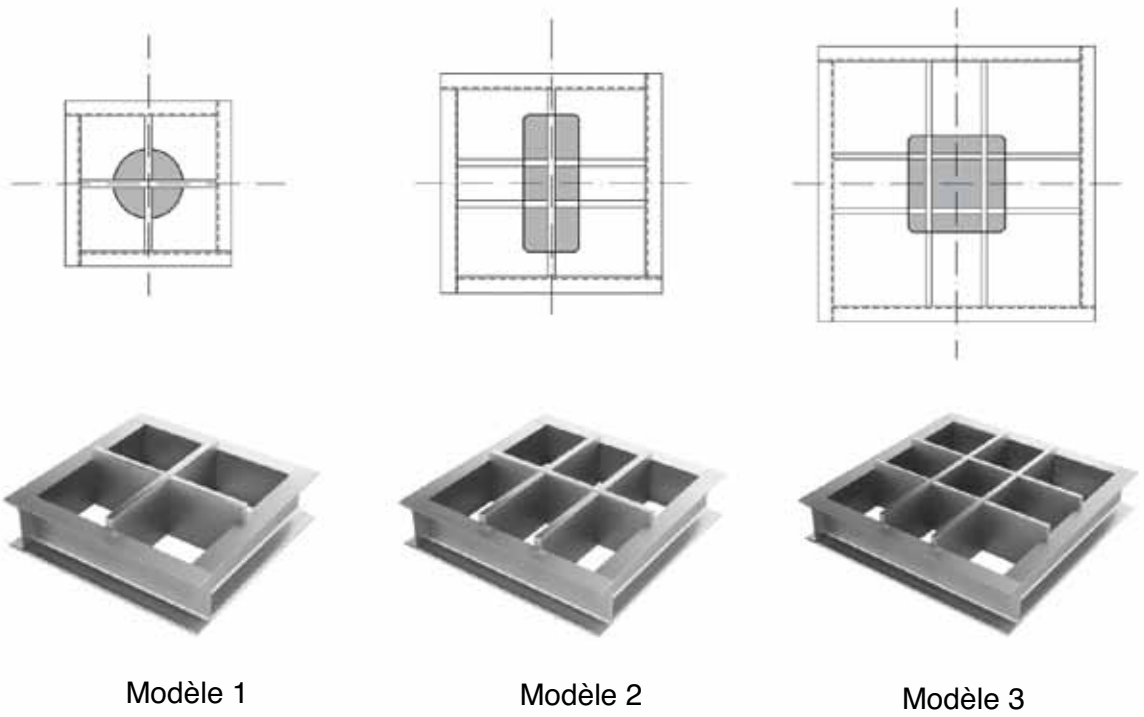


DURA-60F

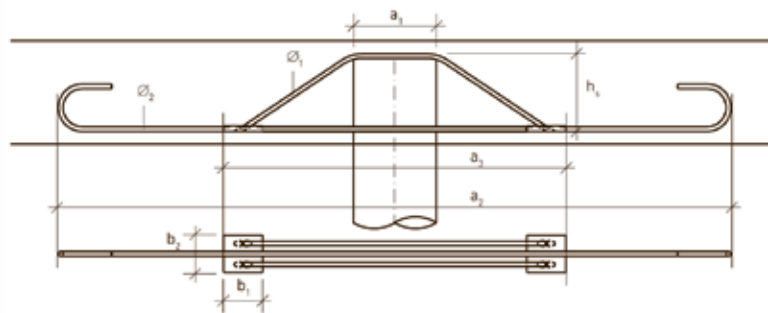


DURA-60FL

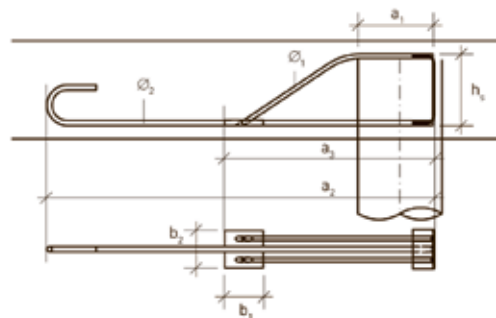
Système DURA



Système DURA



Élément S DURA



Élément SR DURA

Système DURA: combinaison tête en acier et paniers

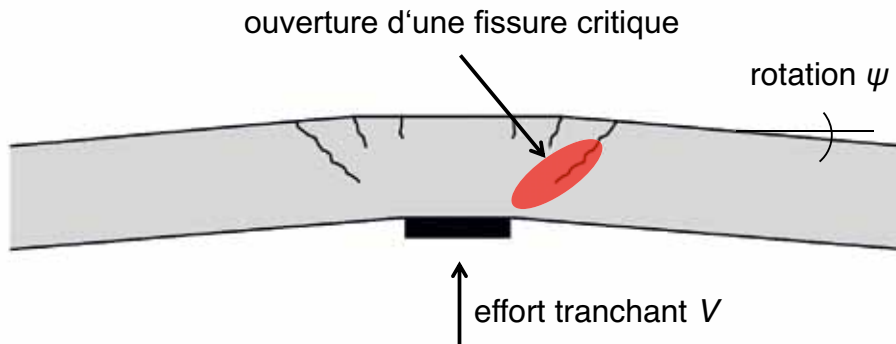


Système DURA: combinaison élément S et paniers



Bases de la norme de dimensionnement

Théorie de la fissure critique¹⁾



¹⁾ La théorie de la fissure critique a été développée à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne sous la direction du professeur Dr A. Muttoni

Bases de la norme de dimensionnement

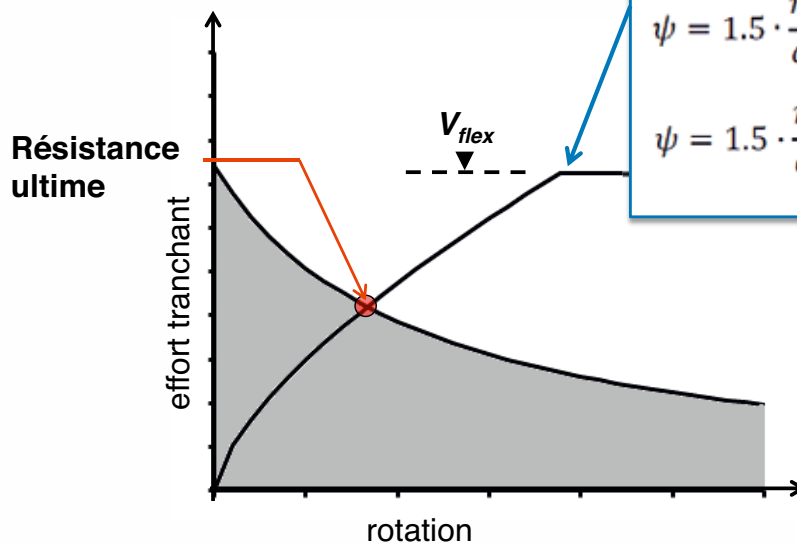
Dalles sans armature de poinçonnement

Courbe charge-rotation

→ ouverture de la fissure de cisaillement en fonction de la charge appliquée

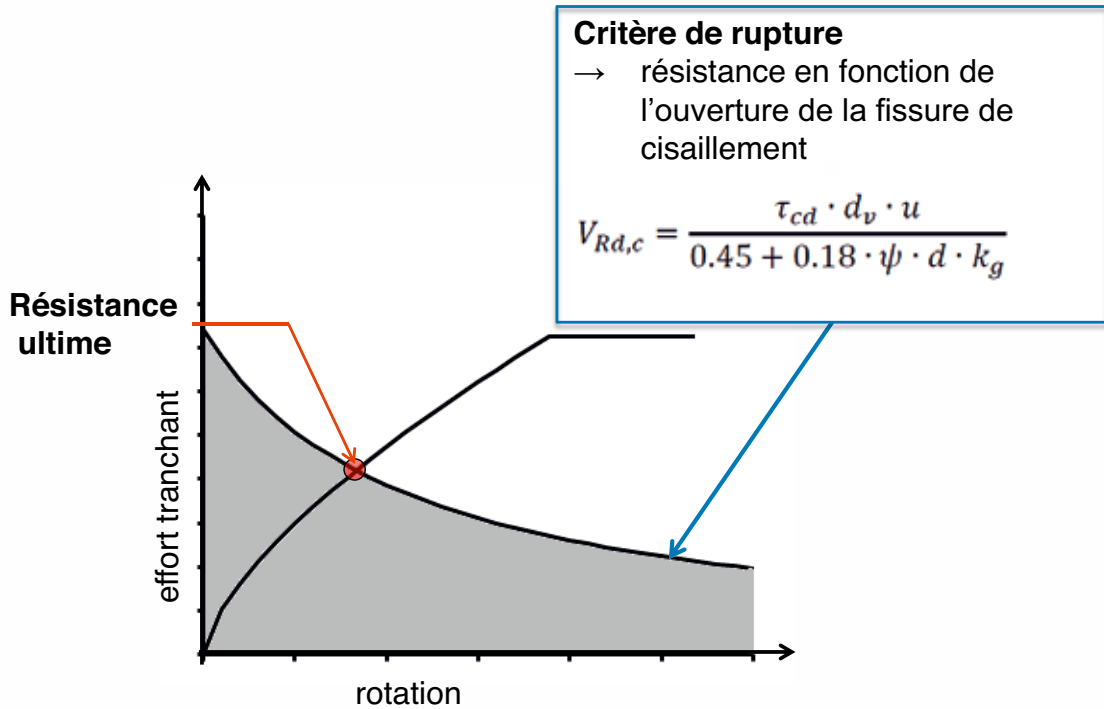
$$\psi = 1.5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_{sd}}{E_s} \cdot \left(\frac{V_d}{V_{flex}} \right)^{3/2}$$

$$\psi = 1.5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_{sd}}{E_s} \cdot \left(\frac{m_{sd}}{m_{Rd}} \right)^{3/2}$$



Bases de la norme de dimensionnement

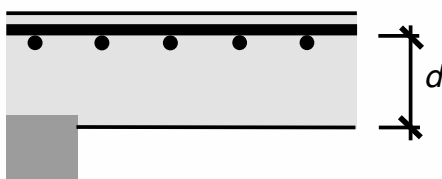
Dalles sans armature de poinçonnement



Bases de la norme de dimensionnement

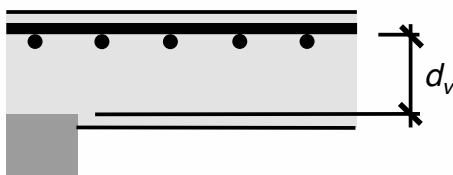
Distinction entre d et d_v :

- d = hauteur statique moyenne



Utilisation dans le calcul de la rotation ou de l'ouverture de la fissure de cisaillement

- d_v = hauteur statique efficace pour la reprise de l'effort tranchant



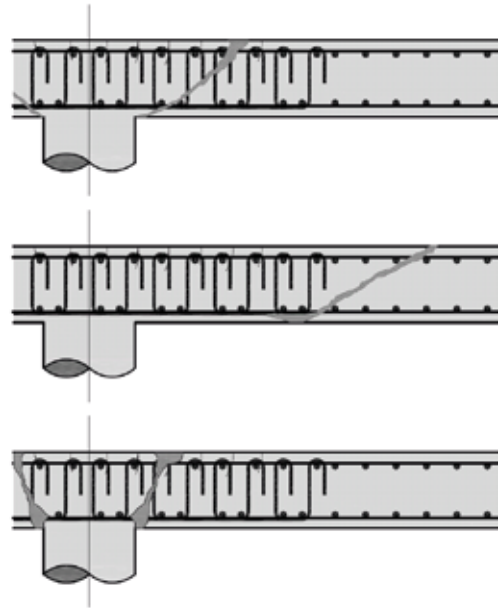
Utilisation dans le calcul de la résistance à l'effort tranchant (surface de vérification: $d_v \cdot u$)

Bases de la norme de dimensionnement

Dalles avec armature de poinçonnement

3 Vérifications:

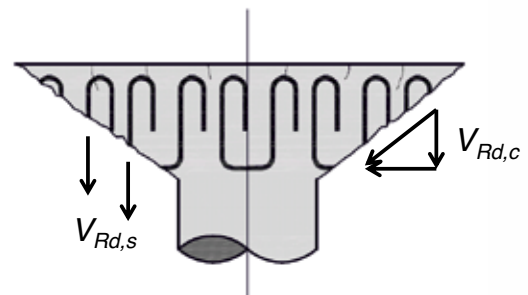
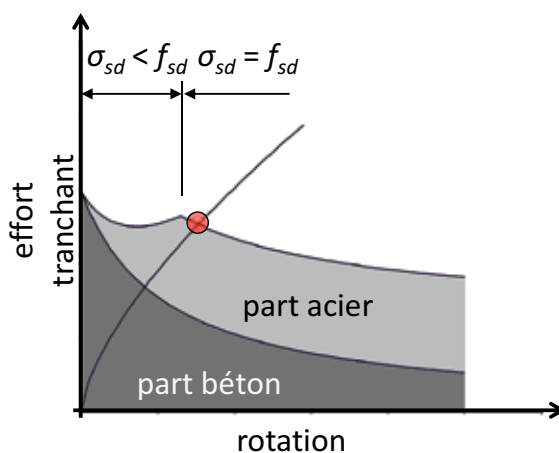
- rupture dans la zone de l'armature de poinçonnement
- rupture à l'extérieur de l'armature de poinçonnement
- rupture de la bielle de compression du béton



Bases de la norme de dimensionnement

Résistance ultime dans la zone de l'armature de poinçonnement

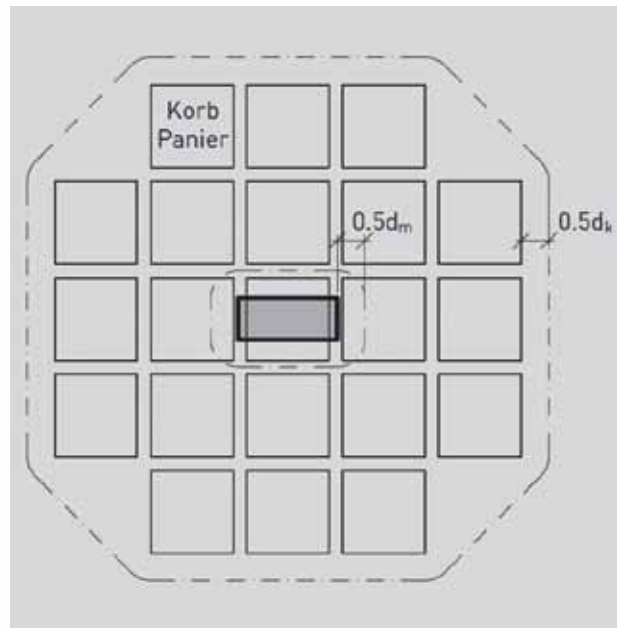
$$V_{Rd,w} = V_{Rd,c} + V_{Rd,s}$$



Bases de la norme de dimensionnement

Résistance ultime à l'extérieur de l'armature de poinçonnement

$$V_{Rd,out} = \frac{\tau_{cd} \cdot d_v \cdot u_{out}}{0.45 + 0.18 \cdot \psi \cdot d \cdot k_g}$$



Bases de la norme de dimensionnement

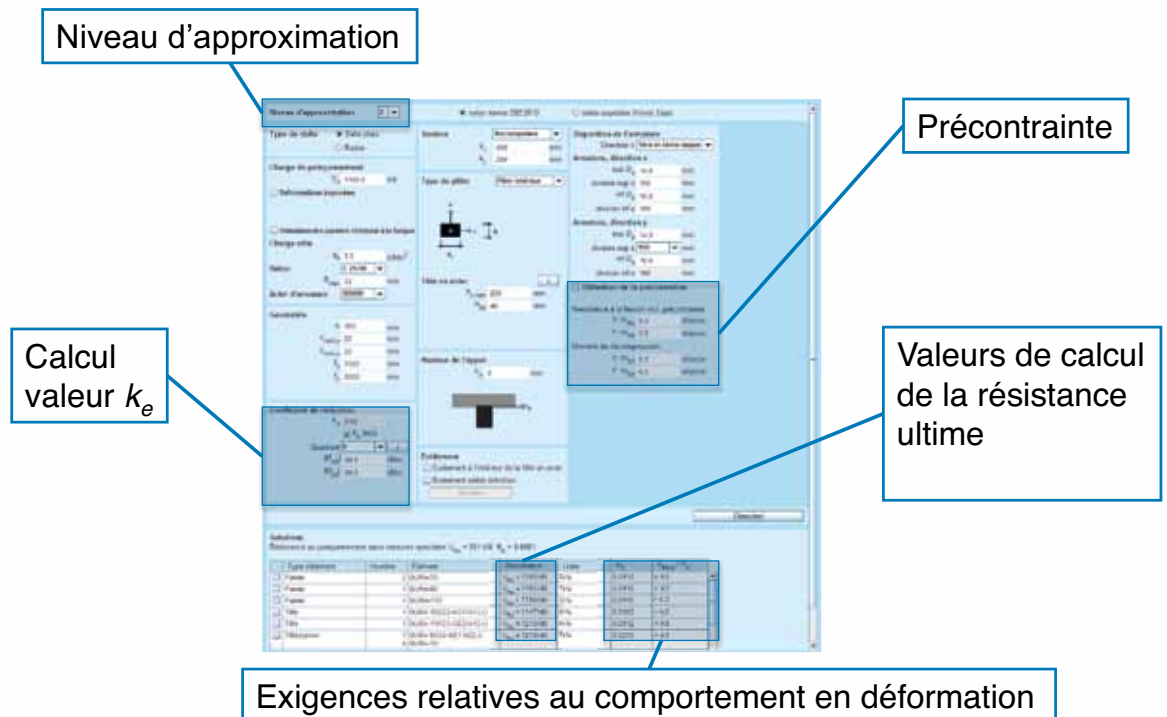
Résistance ultime de la bielle de compression du béton

$$V_{Rd,max} = k_{sys} \cdot V_{Rd,c} \leq 3.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d_v \cdot u$$

$$V_{Rd,max} = k_{sys} \cdot \frac{\tau_{cd} \cdot d_v \cdot u}{0.45 + 0.18 \cdot \psi \cdot d \cdot k_g} \leq 3.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d_v \cdot u$$

- Le facteur k_{sys} (selon norme = 2.0) dépend de la disposition de l'armature de poinçonnement, de la capacité de l'ancrage et des propriétés d'adhérence de l'armature de poinçonnement.
- Le facteur k_{sys} peut être augmenté s'il a été corroboré expérimentalement qu'un niveau de sécurité comparable à celui du modèle de calcul pour dalles sans armature de poinçonnement est atteint (chiffre 4.3.6.5.8).

Vue d'ensemble des nouveautés / modifications SIA 262:2013



Nouveauté SIA 262:2013: niveaux d'approximation

Dimensionnement avec différents niveaux d'approximation

Niveau d'approximation 1: **prédimensionnement**

Niveau d'approximation 2: établissement du projet „normal“ (inchangé)
- géométrie régulière ($0.5 \leq L_x/L_y \leq 2.0$)

Niveau d'approximation 3: établissement du projet de „cas spéciaux“
- géométrie irrégulière
- analyse détaillée
examen de **bâtiments existants**

Nouveauté SIA 262:2013: niveaux d'approximation

Dimensionnement avec différents niveaux d'approximation

Equation (59)

$$\psi = 1.5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_{sd}}{E_s} \cdot \left(\frac{m_{sd}}{m_{Rd}} \right)^{3/2}$$

Niveau d'approximation 1 :

- $m_{sd} = m_{Rd}$ (c.-à-d. détermination de m_{sd} et m_{Rd} pas nécessaire)
- $r_s = 0.22 \cdot L$ (chiffre 4.3.6.4.4)

Niveau d'approximation 2 :

- $m_{sd} = f(V, e_u/b_s)$ (chiffre 4.3.6.4.7)
- $r_s = 0.22 \cdot L$ (chiffre 4.3.6.4.4)

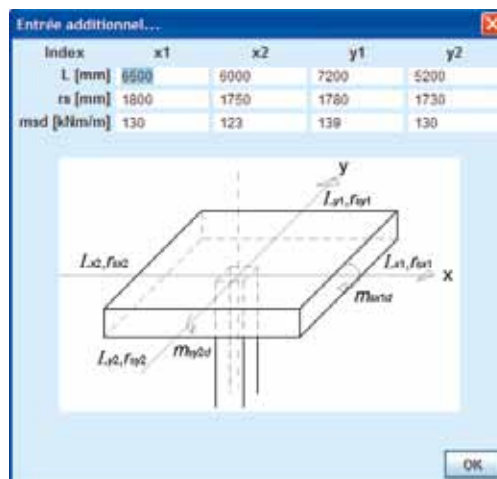
Niveau d'approximation 3 :

- m_{sd} = résultat du calcul linéaire-élastique d'élément fini
- r_s = résultat du calcul linéaire-élastique d'élément fini
- Le facteur 1.5 peut être remplacé par 1.2.

Nouveauté SIA 262:2013: niveaux d'approximation

• Entrée du logiciel pour niveau d'approximation 3

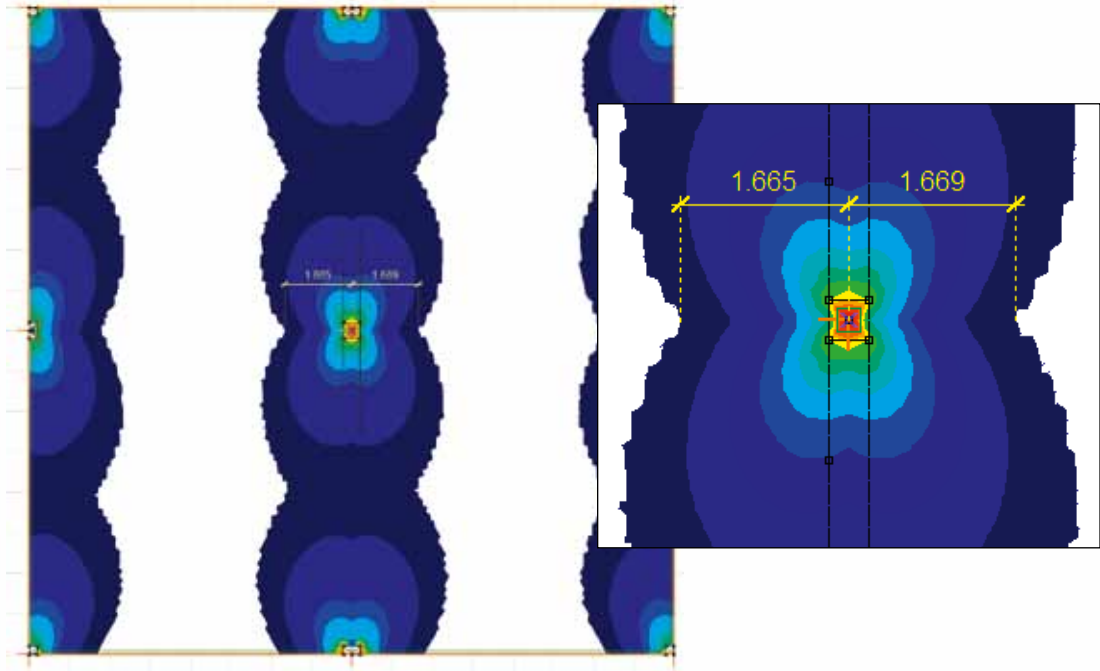
- Portées entre les appuis (L)
- Distance dans la direction radiale entre axes des colonnes et point nul du moment d'armature dans la direction radiale (r_s)
- Valeur moyenne des moments fléchissants (moments d'armature, c.-à-d. y compris moments de torsion) dans la bande d'appui (m_{sd})



Nouveauté SIA 262:2013: niveaux d'approximation

Détermination de r_{sx2} et r_{sx1} :

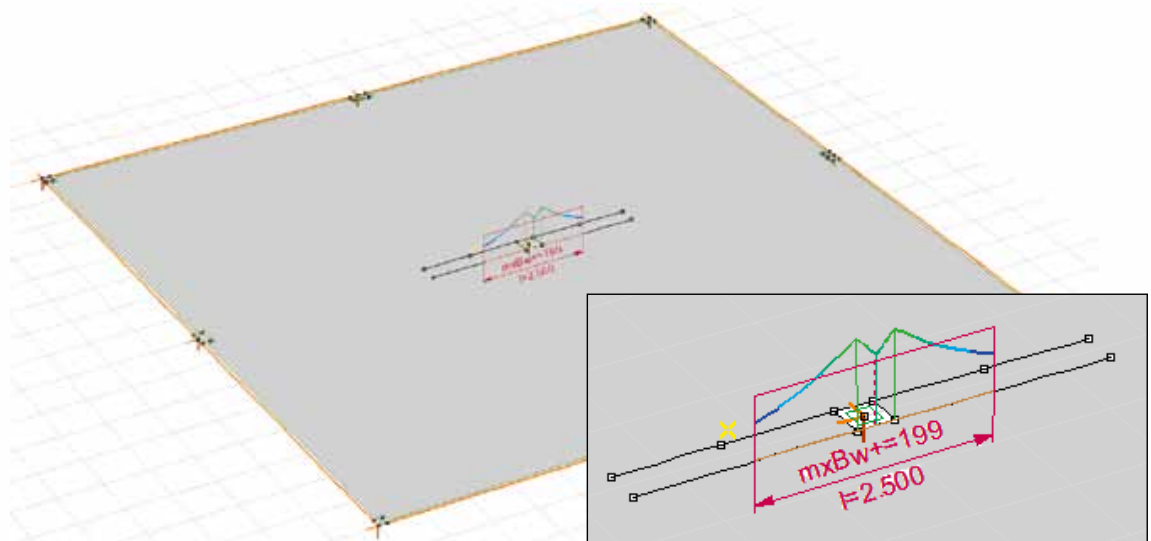
Moments d'armature dans la direction x m_{xBw+} :



Nouveauté SIA 262:2013: niveaux d'approximation

Détermination de m_{sx1} :

Moments d'armature moyennés dans la bande d'appui dans la direction x m_{xBw+} en bord de colonne:



Modification SIA 262:2013: valeur k_e

La valeur k_e tient compte de la répartition inégale de l'effort tranchant le long de la section de contrôle

Valeurs approchées pour k_e (chiffre 4.3.6.2.5):

- colonnes intérieures $k_e = 0.90$
- extrémités et angles de mur $k_e = 0.75$
- colonnes de bord et colonnes intérieures avec grands évidements près des colonnes $k_e = 0.70$
- colonnes d'angle $k_e = 0.65$

Modification SIA 262:2013: valeur k_e

Détermination de la valeur k_e :

$$k_e = \frac{1}{1 + \frac{e_u}{b}}$$

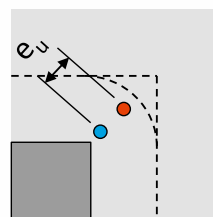
e_u : distance entre excentricité de charge et centre de gravité de la section de contrôle

b : diamètre de la surface convertie en un cercle de surface équivalente à l'intérieur de la section de contrôle

Exemple colonne d'angle:

bleu: centre de gravité de la section de contrôle

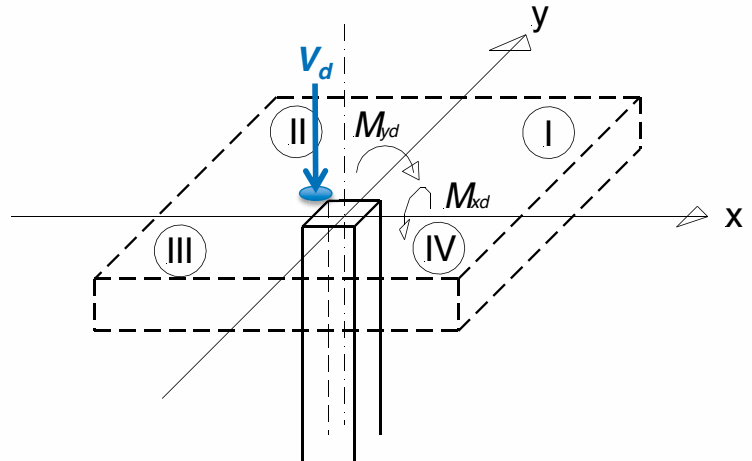
rouge: excentricité de charge



Modification SIA 262:2013: valeur k_e

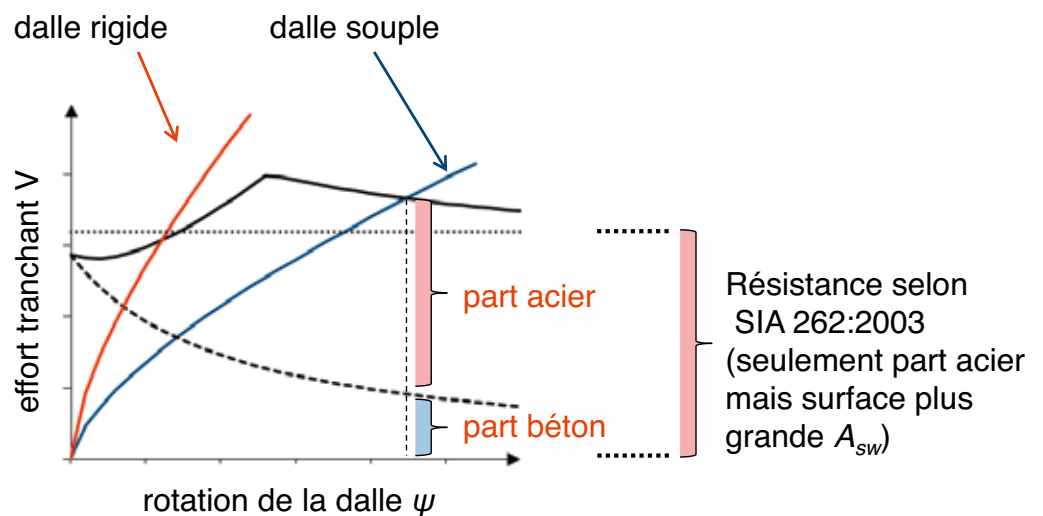
Entrée/Calcul de la valeur k_e dans le logiciel:

Coefficient de réduction
 k_e 0.92 -
 k_e auto.
Quadrant II
 $|M_{xd}|$ 30.0 kNm
 $|M_{yd}|$ 60.0 kNm

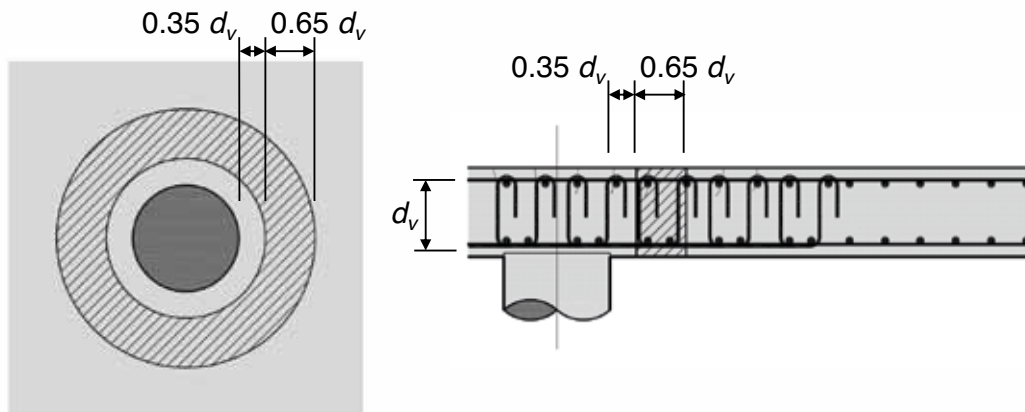


Modification SIA 262:2013: résistance ultime

Vérification dans la zone de l'armature de poinçonnement



Modification SIA 262:2013: résistance ultime



Nouveauté SIA 262:2013: exigences supplémentaires

Exigences relatives au comportement en déformation et à la prévention contre l'effondrement de **planchers-dalles**

Les grandeurs déterminantes pour les exigences relatives au comportement en déformation sont les rotations de la dalle calculées (ψ) et le rapport entre la part de l'armature de poinçonnement à la résistance ($V_{Rd,s}$) et la valeur de calcul de l'effort tranchant (V_d).

Critère	Exigence supplémentaire
1 $\psi < 0.008$	Valeur à éviter (4.1.4.2.6).
2 $\psi < 0.020$	Les grandeurs de section ne doivent pas être redistribuées sans vérification numérique de la capacité de déformation (4.1.4.2.5).
3 $\psi < 0.020$ et $V_{Rd,s} / V_d < 0.5$	Les efforts intérieurs résultant de déformations imposées doivent être pris en considération (4.3.6.1.2).
4 $V_{Rd,s} / V_d < 0.5$	Une prévention contre l'effondrement total est à disposer (4.3.6.1.3).

Nouveauté SIA 262:2013: exigences supplémentaires

Exigences relatives au comportement en déformation et à la prévention contre l'effondrement des **radiers**

Les grandeurs déterminantes pour les exigences relatives au comportement en déformation sont les rotations de la dalle calculées (ψ) et le rapport entre la part de l'armature de poinçonnement à la résistance ($V_{Rd,s}$) et la valeur de calcul de l'effort tranchant (V_d).

	Critère	Exigence supplémentaire
3	$\psi < 0.020$ und $V_{Rd,s} / V_d < 0.5$	Les efforts intérieurs résultant de déformations imposées doivent être pris en considération (4.3.6.1.2).
4	$V_{Rd,s} / V_d < 0.5$	Une prévention contre l'effondrement total est à disposer (4.3.6.1.3).

Nouveauté SIA 262:2013: exigences supplémentaires

Edition de la solution pour les exigences relatives à la déformation

Solutions:

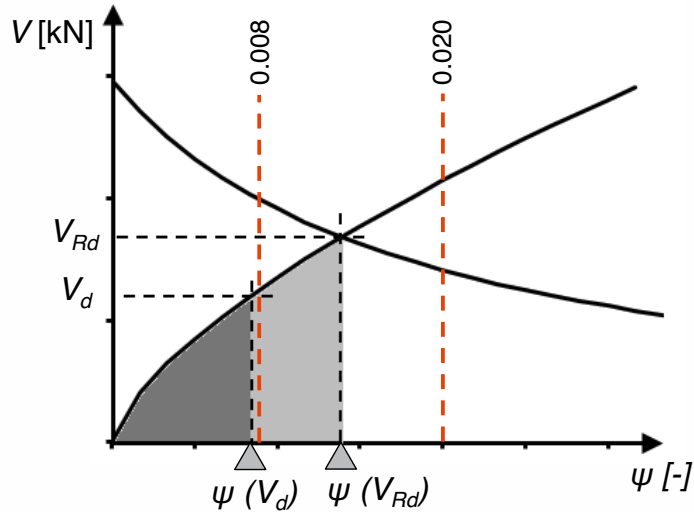
Résistance au poinçonnement sans mesures spéciales $V_{Rd} = 853 \text{ kN}$, $\Psi_R = 0.0052$

	Type d'élément	Nombre	Élément	Résistance	Coûts	Ψ_R	$V_{Rd,s} / V_d$
<input type="checkbox"/>	Panier	2	DURA-70	$V_{Rd} = 1278 \text{ kN}$	24%	0.0096	> 0.5
<input type="checkbox"/>	Panier	1	DURA-90	$V_{Rd} = 1278 \text{ kN}$	18%	0.0096	> 0.5
<input type="checkbox"/>	Panier	1	DURA-110	$V_{Rd} = 1278 \text{ kN}$	25%	0.0096	> 0.5
<input type="checkbox"/>	Tête	1	DURA 90/22-KC1.N13.U	$V_{Rd} = 1162 \text{ kN}$	55%	0.0083	< 0.5
<input type="checkbox"/>	Tête	1	DURA 90/23-GE2.H12.U	$V_{Rd} = 1169 \text{ kN}$	51%	0.0084	< 0.5
<input type="checkbox"/>	Tête/panier	1	DURA 60/21-KC1.N13.U	$V_{Rd} = 1278 \text{ kN}$	29%	0.0219	> 0.5
<input type="checkbox"/>	Tête/panier	4	DURA-70				
<input type="checkbox"/>	Tête/panier	1	DURA 60/21-KC1.N13.U			0.0217	> 0.5

Ψ_R	$V_{Rd,s} / V_d$
0.0096	> 0.5
0.0096	> 0.5
0.0096	> 0.5
0.0083	< 0.5
0.0084	< 0.5
0.0219	> 0.5
0.0217	> 0.5

Nouveauté SIA 262:2013: exigences supplémentaires

Rotation de la dalle déterminante pour l'observation des critères de déformation



Nouveauté SIA 262:2013: précontrainte

Entrée précontrainte:

- résistance à la flexion
- moment de décompression

$$m_{Dd} = -n_d \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{d}{3} \right)$$

Utilisation de la précontrainte

Resistance à la flexion incl. précontrainte

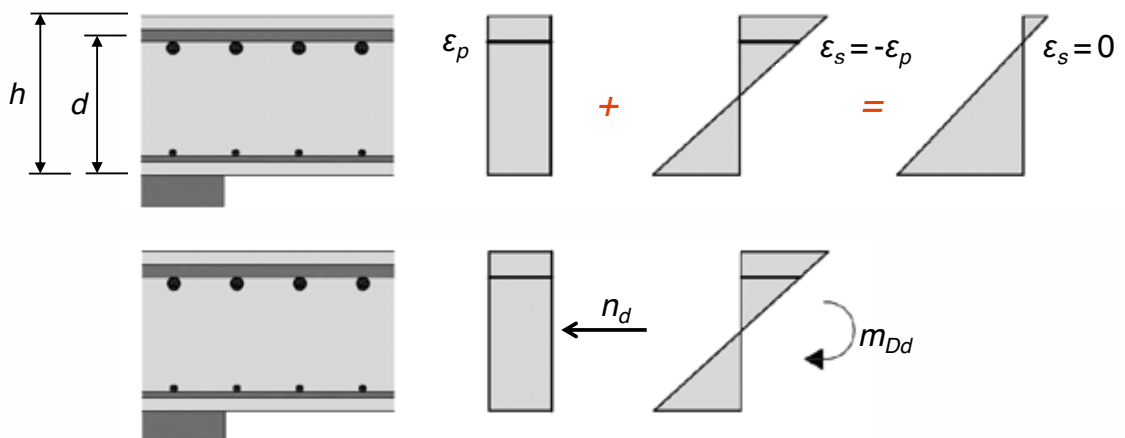
X: m_{Rd} 250 kNm/m

Y: m_{Rd} 220 kNm/m

Moment de décompression

X: m_{Dd} 70 kNm/m

Y: m_{Dd} 50 kNm/m



Nouveauté SIA 262:2013: précontrainte

Recommandation pour le dimensionnement avec précontrainte:

- **Utilisation du niveau d'approximation 3**
- **Prise en compte de la précontrainte au moyen des forces d'ancrage et de déviation:**
 - Les efforts intérieurs m_d , V_d et n_d sont déterminés en tenant compte des forces de la précontrainte (forces d'ancrage et de déviation).
 - La résistance à la flexion est déterminée au moyen de $A_s \cdot f_{sd}$ et $(A_p \cdot f_{pd} - P_d)$,
la hauteur de la zone de compression au moyen de $A_s \cdot f_{sd}$, n_d et $(A_p \cdot f_{pd} - P_d)$.

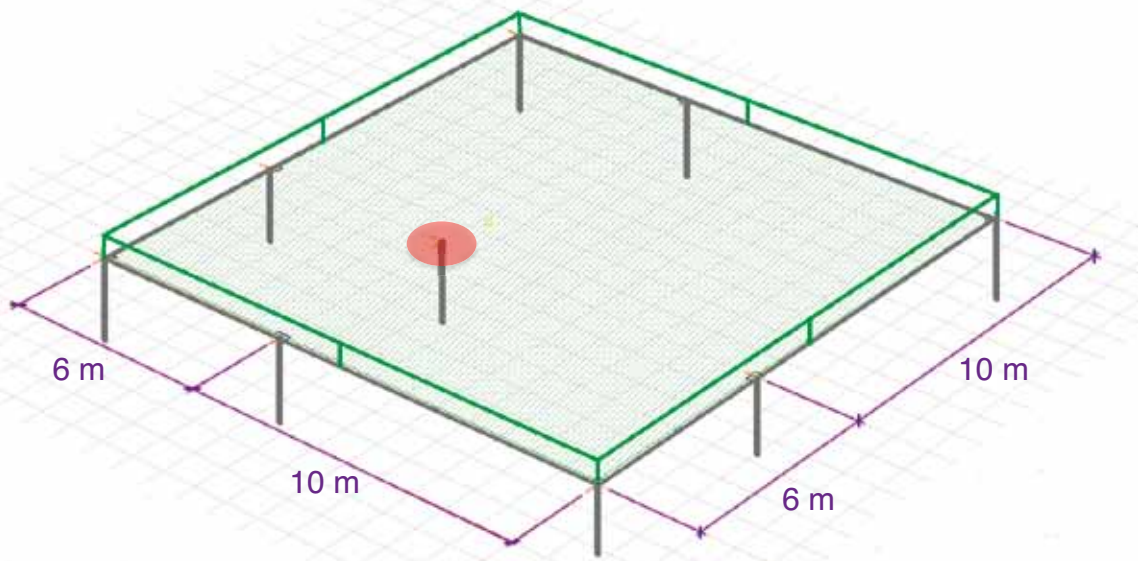
Influence de la modélisation

Influence de la modélisation de l'appui de colonne

- Cas A : appui ponctuel solidement encastré
- Cas B : appui ponctuel encastré en bas
- Cas C : appui ponctuel libre en bas
- Cas D : appui plan encastré en bas
- Cas E : appui plan libre en bas

Influence de la modélisation

Modèle de base: coupe de dalle

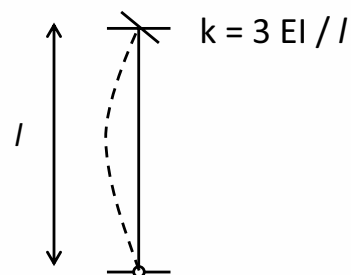
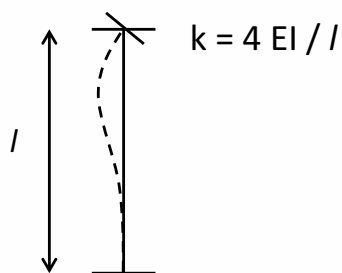


Epaisseur de dalle $h = 350$ mm; $(g + q)_d = 20$ kN/m²

Influence de la modélisation

Estimation de la rigidité de la colonne

Colonne 400×400 mm²; $l = 3000$ mm; $E_c = 30'000$ N/mm²



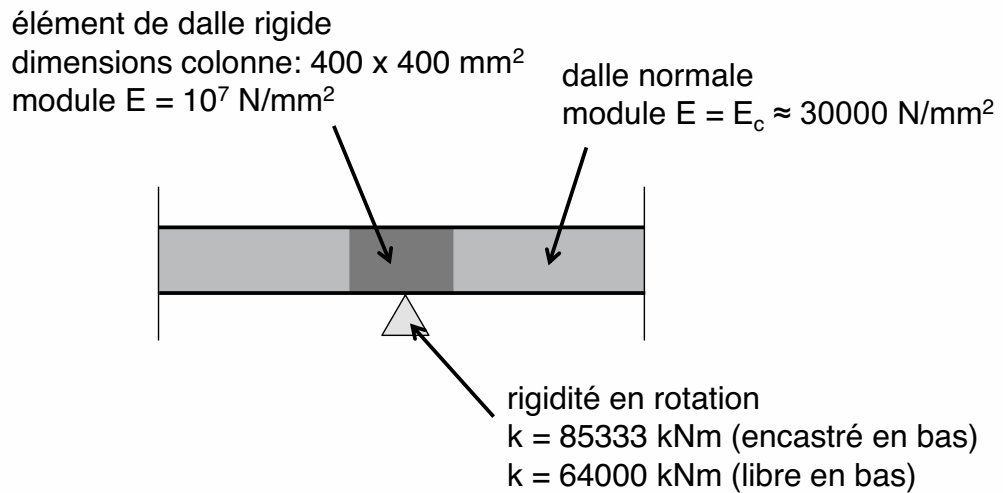
$$EI = 30000 \cdot \frac{400^4}{12} = 6.4 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

$$k = \frac{4EI}{l} = \frac{4 \cdot 6.4 \cdot 10^{13}}{3000} \cdot 10^{-6} = 85333 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{3EI}{l} = \frac{3 \cdot 6.4 \cdot 10^{13}}{3000} \cdot 10^{-6} = 64000 \text{ kNm}$$

Influence de la modélisation

Modélisation appui plan



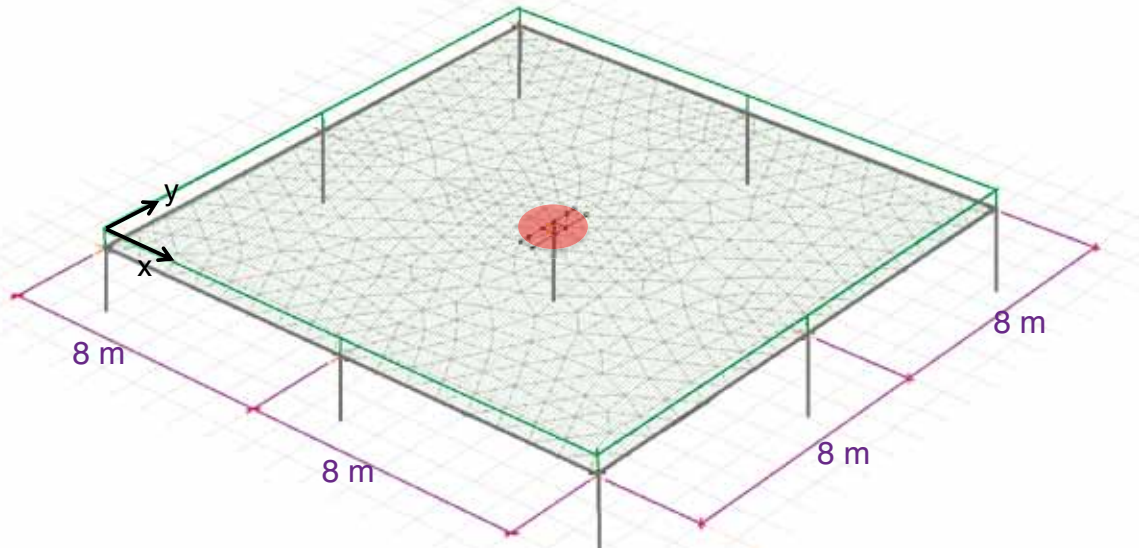
Influence de la modélisation

Cas	N_d	M_{dx}	M_{dy}	k_e
ponctuel (complètement encastré)	1392 kN	143 kNm	143 kNm	0.88
ponctuel (encastré en bas)	1413 kN	57 kNm	57 kNm	0.95
ponctuel (libre en bas)	1415 kN	47 kNm	47 kNm	0.96
plan (encastré en bas)	1417 kN	74 kNm	74 kNm	0.94
plan (libre en bas)	1422 kN	58 kNm	58 kNm	0.95

Cas	r_{sx1}	r_{sx2}	m_{sx1d}	m_{sx2d}
ponctuel (complètement encastré)	1.81 m	2.10 m	231 kN	215 kN
ponctuel (encastré en bas)	1.77 m	2.29 m	226 kN	221 kN
ponctuel (libre en bas)	1.77 m	2.26 m	227 kN	223 kN
plan (encastré en bas)	1.81 m	2.27 m	234 kN	214 kN
plan (libre en bas)	1.81 m	2.26 m	234 kN	217 kN

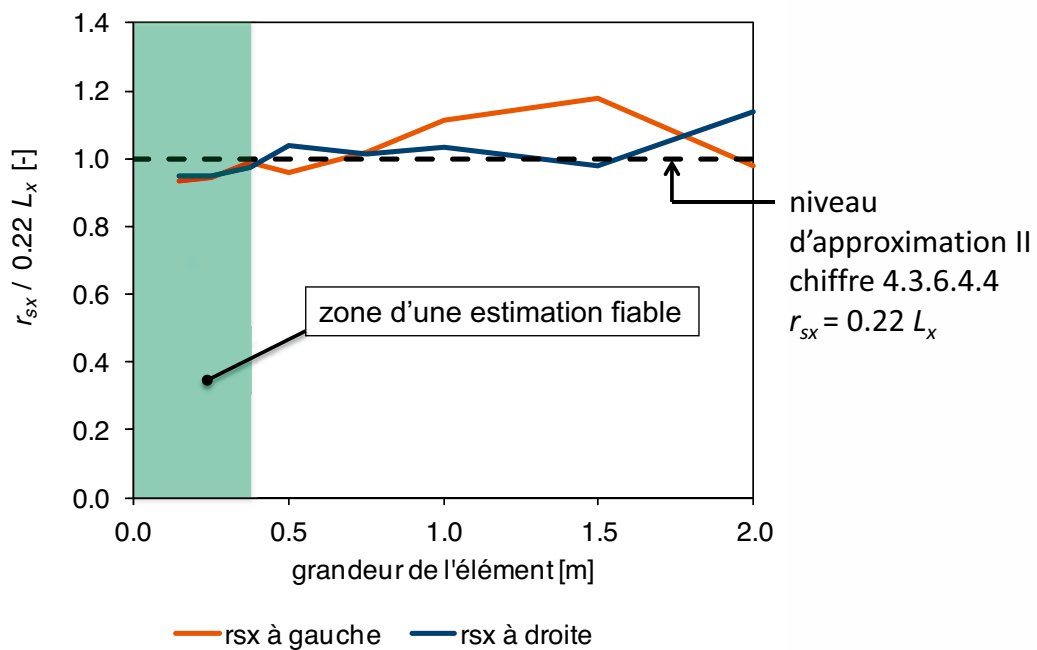
Influence de la modélisation

Influence de la grandeur de l'élément (maillage)
sur les paramètres d'entrée du niveau d'approximation III



Influence de la modélisation

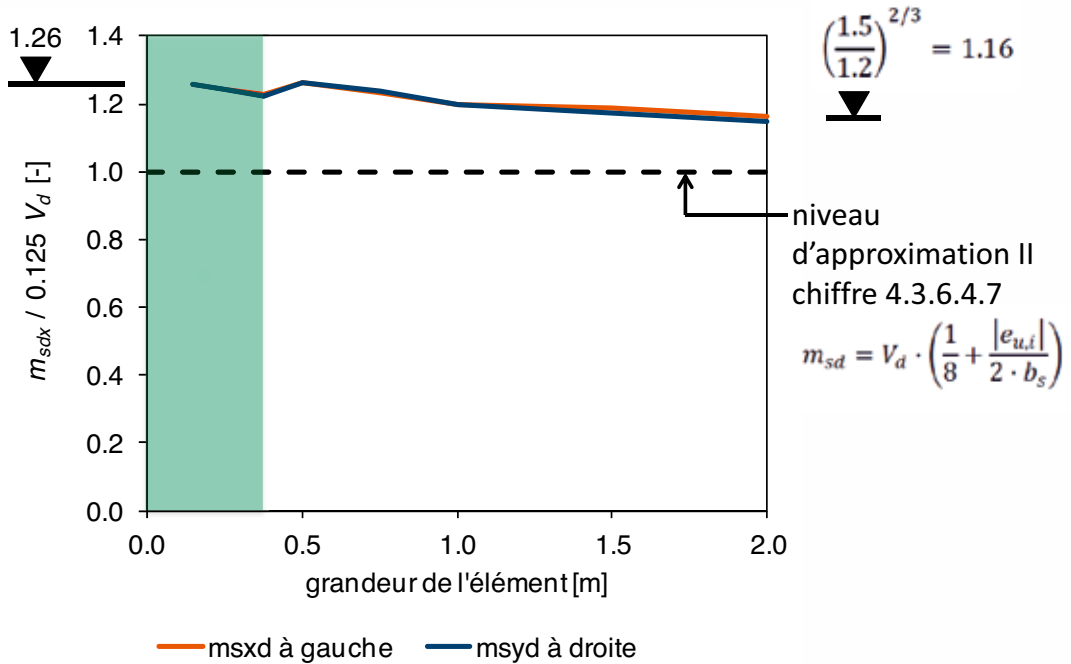
Distance du point de moment nul r_s
(portée 8.0 m / génération automatique du maillage)



Influence de la modélisation

Moments d'armature dans la bande d'appui m_{sd}

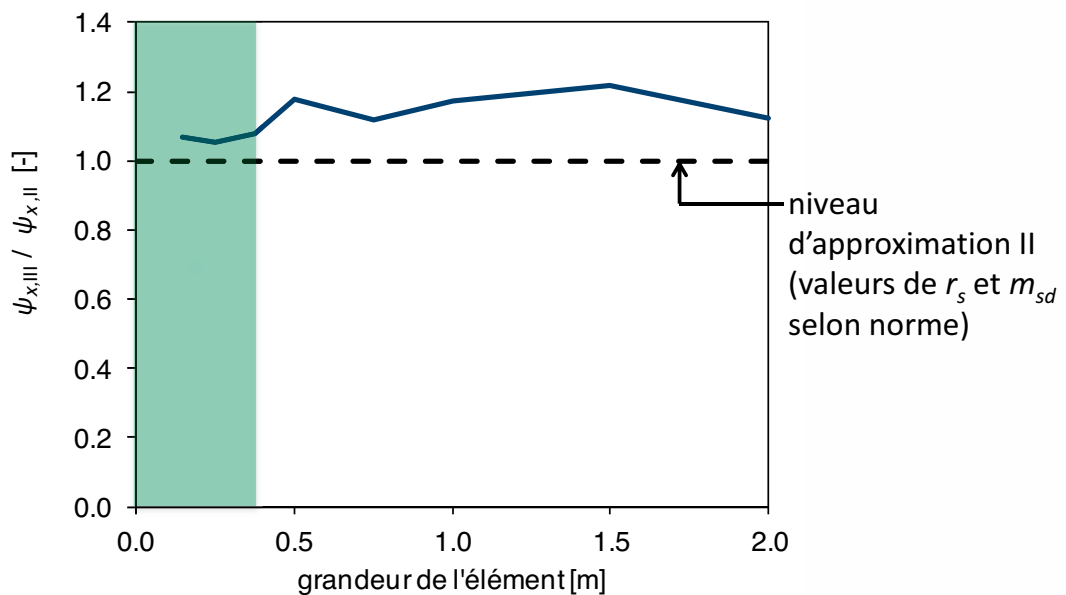
(dimensions colonne env. 5% de la portée)



Influence de la modélisation

Rotation déterminante ψ

(déterminée au moyen de r_s et m_{sd} résultant du calcul EF)

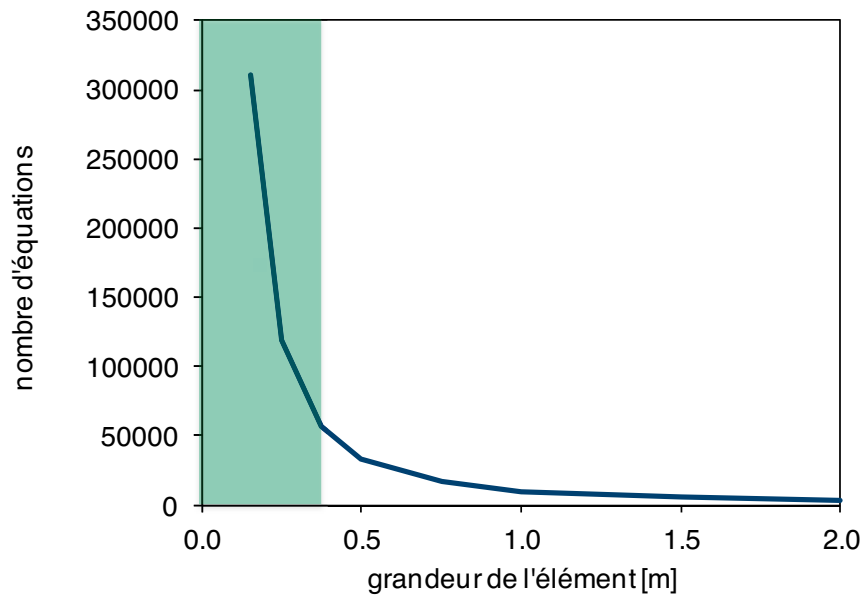


$\psi_{x,II}$: rotation calculée avec niveau d'approximation II

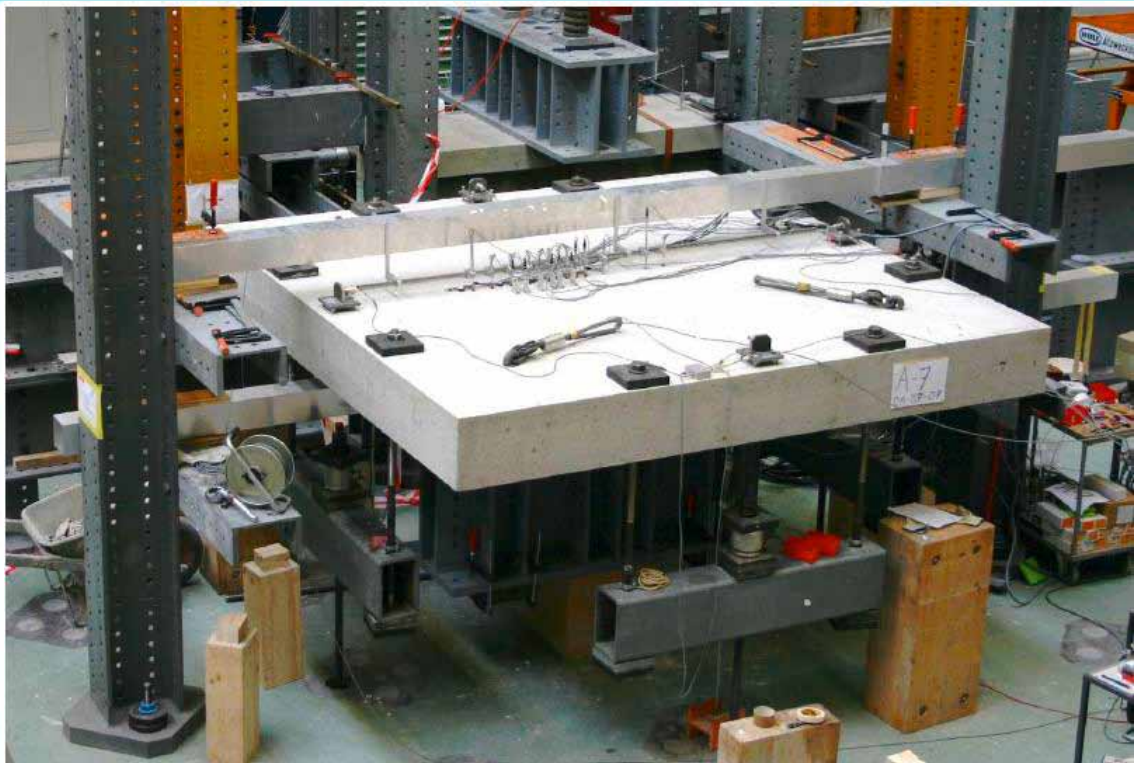
$\psi_{x,III}$: rotation calculée avec niveau d'approximation III

Influence de la modélisation

Nombre d'équations à résoudre en fonction de la grandeur d'élément



Essais / Expertise



Essais / Expertise

Vue d'ensemble des essais avec paniers et éléments S

	h [mm]	c [mm]	d_m [mm]	ρ_L [%]	ρ_w [%]	\varnothing_{SE} [mm]	$V_{R,test}$ [kN]
PA1	250	260	206	0.75%	0.79%		1066
PA2	250	260	193	1.63%	0.79%		1473
PA3	250	260	204	0.74%	0.50%		972
PA4	250	260	196	1.55%	0.50%		1266
PA5	250	260	205	0.74%	1.01%		1000
PA6	250	260	204	1.49%	1.01%		1345
PA7	320	340	275	0.77%	0.57%		1846
PA8	320	340	266	1.52%	0.57%		2741
PA9	250	260	198	0.77%	0.50%	12	1112
PA10	250	260	198	1.53%	0.50%	16	1652
PA11	320	340	276	1.46%	0.57%	20	3034
PA12	250	260	201	0.76%	-	12	949
PA13	250	260	196	1.55%	-	16	1140
PA14	320	340	256	1.58%	-	20	2110
PA15	250	260	182	1.67%	1.15%		1134
PA22	280	300	242	1.05%	0.79%		1516
PA23	280	300	240	1.31%	0.79%		1604

Essais / Expertise

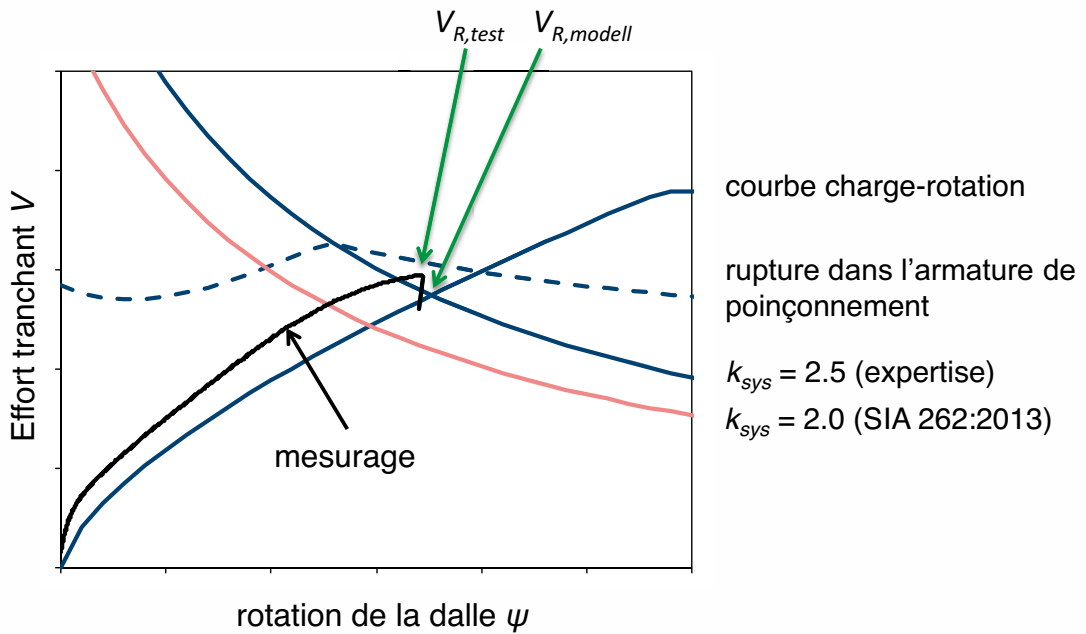
Vue d'ensemble des essais avec tête et combinaison tête-panier

	h [mm]	c [mm]	d_m [mm]	ρ_L [%]	ρ_w [%]	a_p [mm]	$V_{R,test}$ [kN]
PA16	250	260	208	1.50%	-	960/960/140	1511
PA17	250	260	208	1.50%	0.79%	600/600/140	2147
PA18	250	260	207	0.71%	-	820/820/135	1115
PA19	250	260	219	1.50%	-	1080/1080/190	2103
PA20	250	260	205	1.50%	0.79%	730/730/180	2390
PA21	250	340	218	1.50%	-	1400/1400/180	2498
PA24	280	300	242	1.30%	-	600/600/180	2039

- h : épaisseur de dalle
 c : longueur de côté/diamètre colonne
 d_m : hauteur statique moyenne
 ρ_L : taux d'armature de flexion
 ρ_w : taux d'armature de poinçonnement
 \varnothing_{SE} : diamètre de l'élément S
 a_p : longueur de côté tête
 $V_{R,test}$: résistance à la rupture mesurée

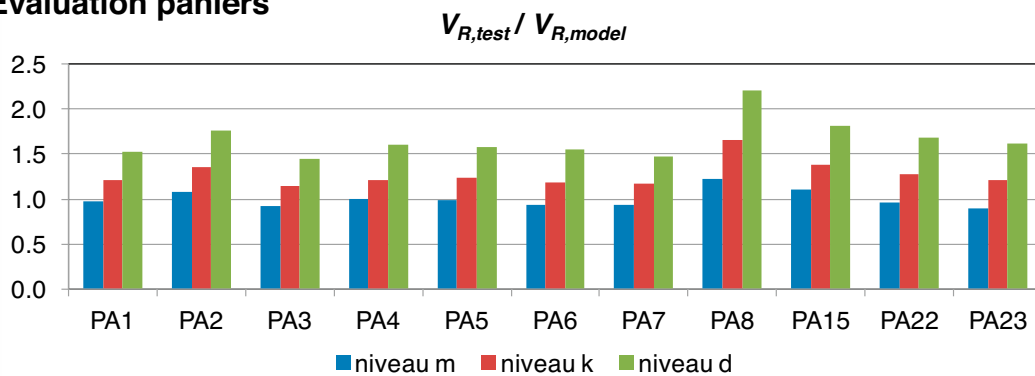
Essais / Expertise

Essai 2 (paniers)



Essais / Expertise

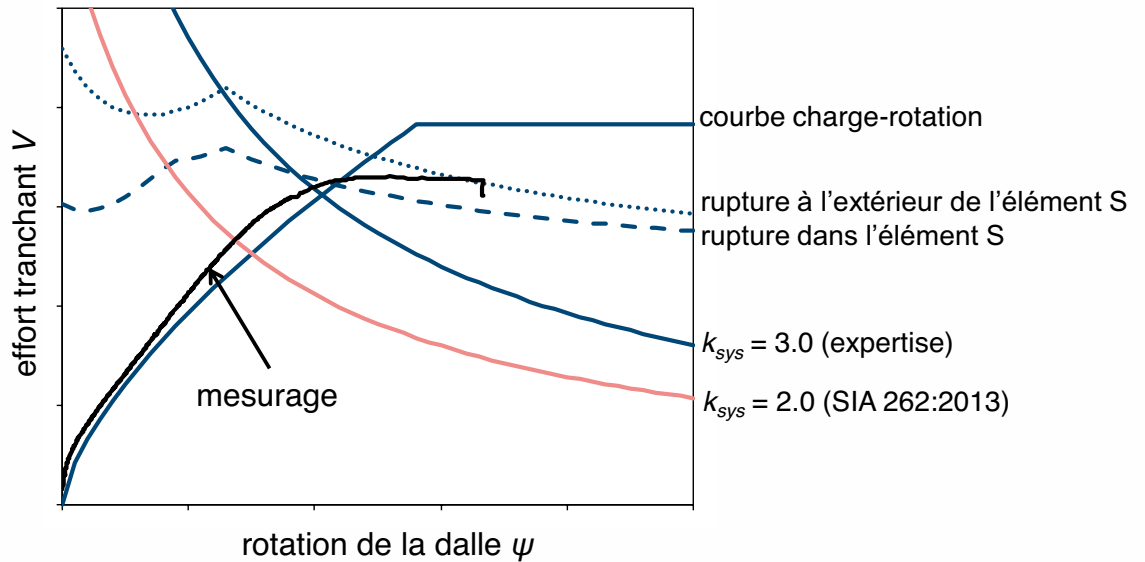
Evaluation paniers



	Valeur moyenne	Caractéristique	Design
Valeur moyenne	0.99	1.26	1.64
Coefficient de variation	7.5%	10.1%	11.5%
Fractile 5%	-	1.05	1.33
Valeur minimale	0.90	1.13	1.45

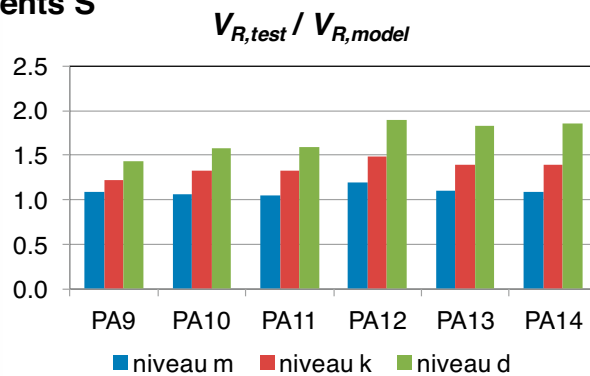
Essais / Expertise

Essai 10 (élément S & paniers)



Essais / Expertise

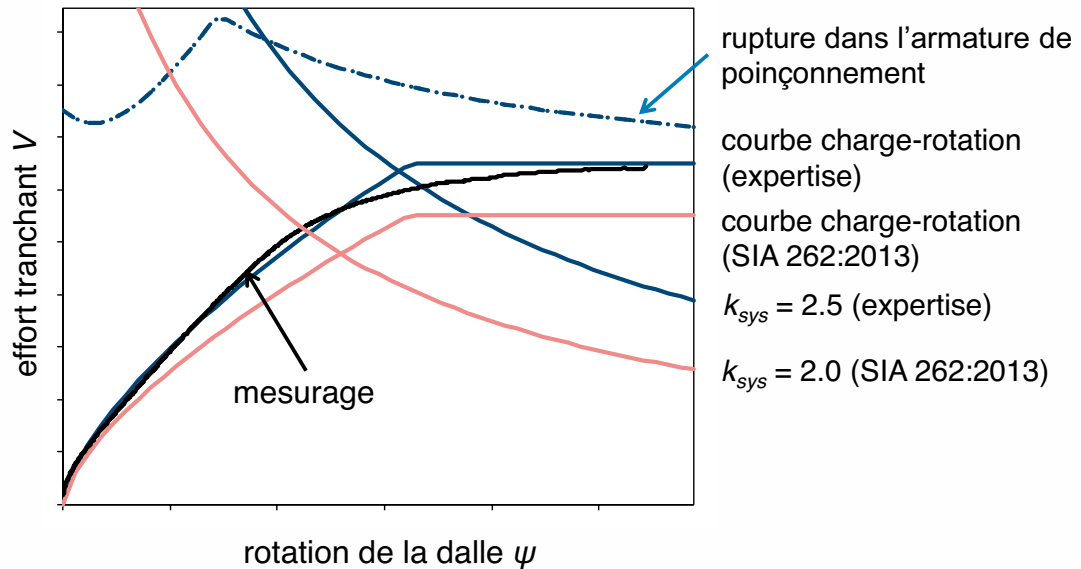
Evaluation éléments S



	Valeur moyenne	Caractéristique	Design
Valeur moyenne	1.10	1.36	1.70
Coefficient de variation	4.5%	6.4%	11.2%
Fractile 5%	-	1.21	1.38
Valeur minimale	1.05	1.23	1.43

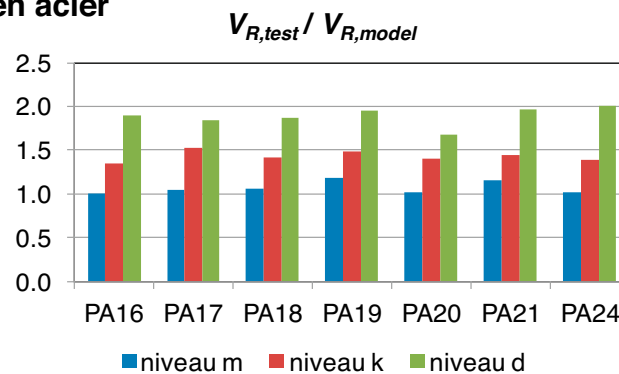
Essais / Expertise

Essai 20 (tête en acier & paniers)



Essais / Expertise

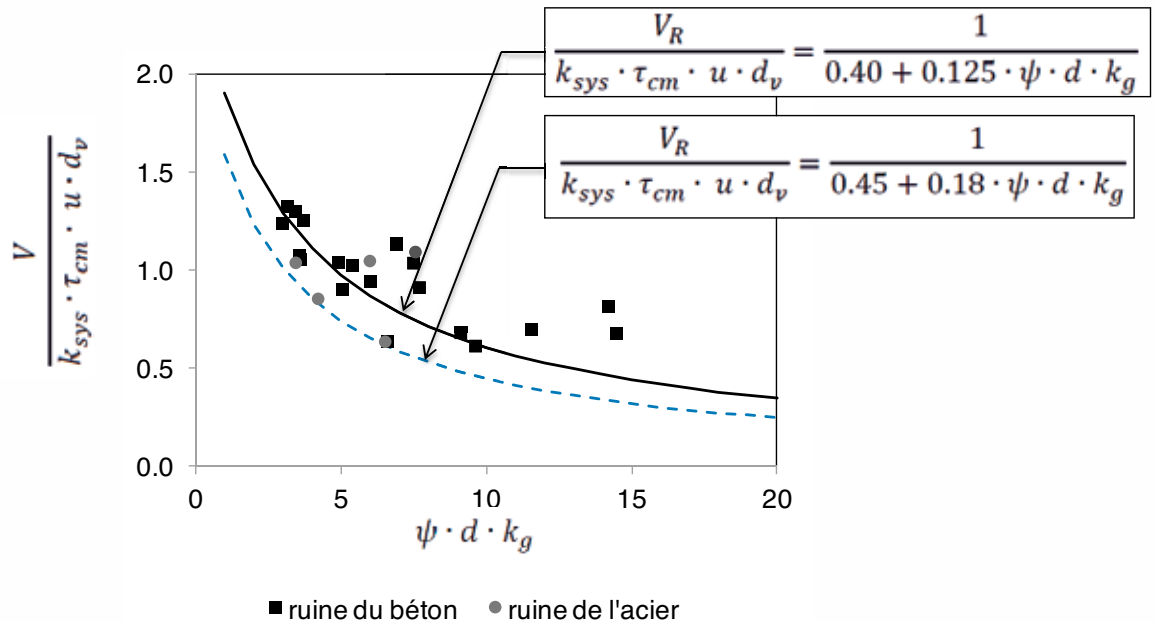
Evaluation têtes en acier



	Valeur moyenne	Caractéristique	Design
Valeur moyenne	1.07	1.43	1.89
Coefficient de variation	6.5 %	4.0%	5.7%
Fractile 5%	-	1.33	1.71
Valeur minimale	1.01	1.35	1.68

Essais / Expertise

Comparaison des résultats des essais avec le critère de rupture



Essais / Expertise

Analyse sur la base de nombreux essais

- Le niveau de sécurité du concept de dimensionnement est comparable à celui de SIA 262:2013 (dalles sans armature de poinçonnement).
- Le concept de dimensionnement est compatible avec le format de vérification de la norme SIA 262:2013 pour dalles avec armature de poinçonnement.
- Les dérogations décrites dans l'expertise par rapport à la norme SIA 262:2013 sont justifiées si les principes de pose fondamentaux de l'armature de poinçonnement DURA sont respectés.

Essais / Expertise

Remarques concernant la valeur k_{sys}

- La valeur k_{sys} n'étant pas un paramètre physique elle peut être influencée positivement ou négativement par le choix des paramètres d'essai adéquats.
- C'est pourquoi pour Aschwanden on a renoncé à fixer k_{sys} aussi haut que possible, afin d'offrir une sécurité suffisante pour les cas qui ne correspondent pas exactement aux éprouvettes. L'expertise DURA est ainsi également utilisable pour des cas réels.
- Cette sécurité ne peut être obtenue que par un nombre suffisant d'essais à échelle réelle. Pour Aschwanden, 24 essais à échelle réelle ont été effectués avec armature de poinçonnement ou têtes en acier, en variant divers paramètres tels que épaisseur de dalle, taux d'armature de flexion, forme de colonne, taux d'armature de poinçonnement, dimensions de dalle et introduction de la charge.

Avantage client du système DURA

- Solutions optimales et économiques grâce à la grande flexibilité du système
- Dimensionnement conforme aux normes selon SIA 262 ou selon expertise de Prof. Dr A. Kenel / Dr S. Lips
- Testé et évalué scientifiquement en 24 essais actuels
- Documentation claire et transparente sur Internet et dans les classeurs
- Logiciel de planification performant, unique en son genre, pour les trois niveaux d'approximation
- App Aschwanden pour prédimensionnement avec niveau d'approximation I
- Combiné avec l'armature, le système DURA forme un ensemble stable lors de la mise en place – et donc un système anti-poinçonnement convenant au chantier
- Exécutions spéciales au besoin
- Pas de prescriptions de pose plus sévères
- Grand gain de temps lors du contrôle des travaux

RINO – le système pour le renforcement de planchers-dalles

Prof. Dr Albin Kenel, HSR Rapperswil

Prof. Dr Thomas Keller, EPFL-CCLab

Sommaire

Partie 1: Système RINO – Vue d'ensemble

RINO Exo

RINO Carbo-S

RINO Flex

Comparaison système Carbo-S vs Flex

Partie 2: Système RINO – Statique et construction

Mode d'action statique + Précontrainte

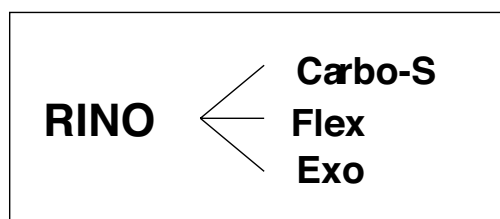
Essais

Indications constructives + Protection incendie

Conseils de l'ingénieur

Avantage client

Systeme RINO



- Maintenance efficace des structures porteuses en béton par le renforcement de la zone de poinçonnement des planchers-dalles
- Durabilité grâce à des matériaux à haute performance renforcés de fibres de carbone
- Efficacité du système grâce à la précontrainte
- Sécurité élevée grâce à la ductilité du système et à la prévention contre l'effondrement
- Remplaçabilité des composantes du système
- Modèles de dimensionnement validés par des essais à échelle réelle

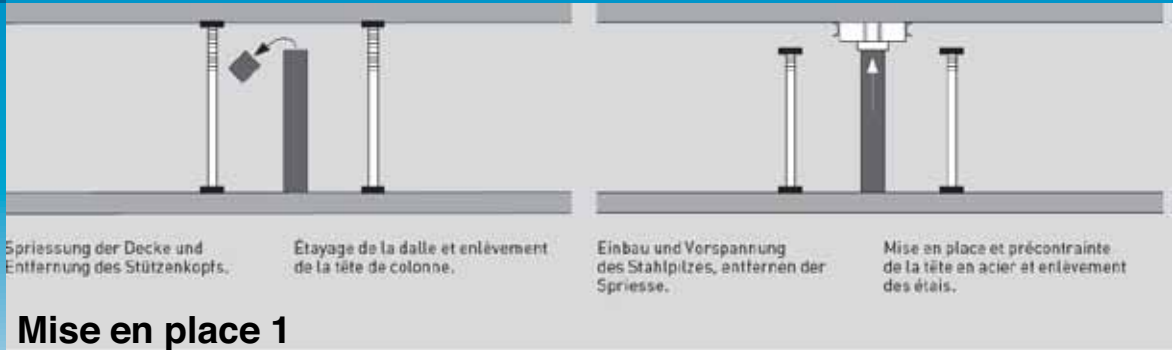
RINO Exo

RINO® Exo

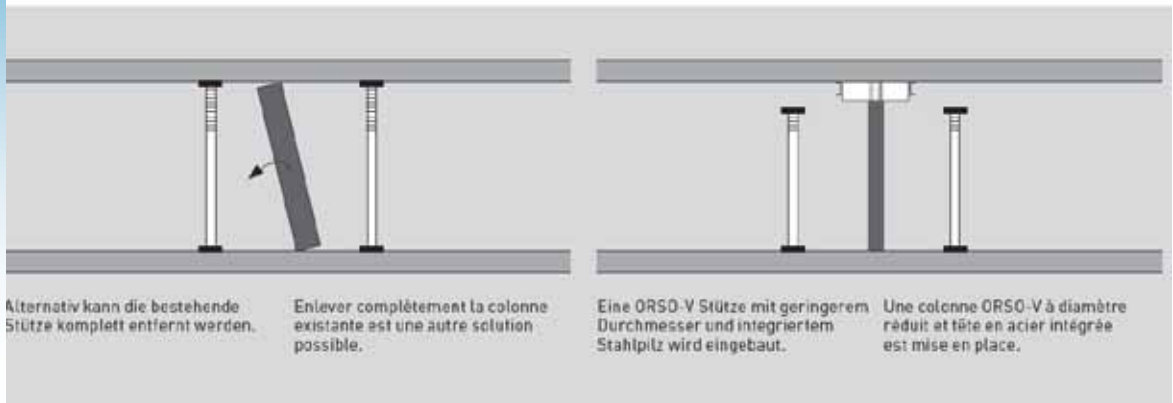


**Tête en acier
externe**

RINO Exo

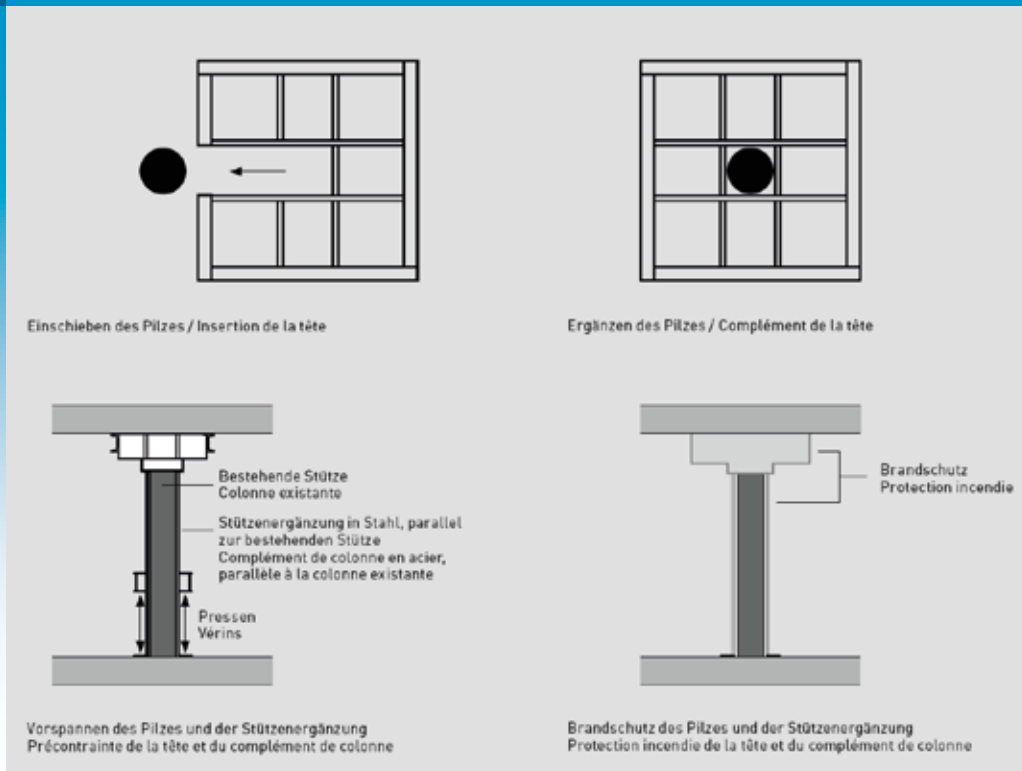


Mise en place 1



RINO Exo

Mise en place 2



RINO Exo



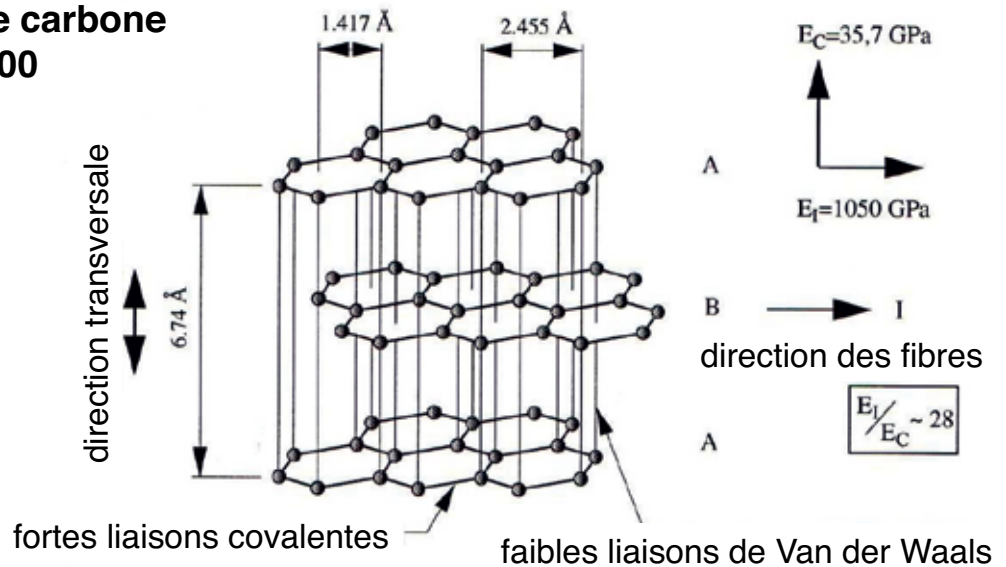
RINO Carbo-S



Boucle à fibres de carbone

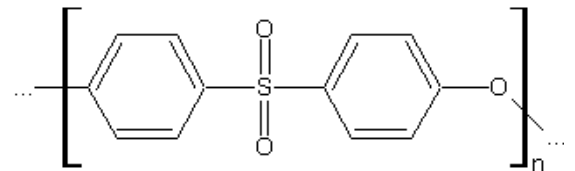
RINO Carbo-S

Fibres de carbone Toray T700



Matrice thermoplastique PES

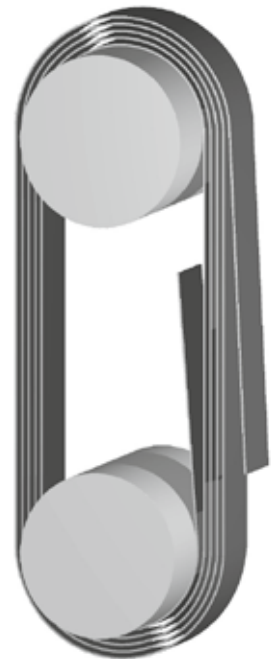
(polyoxyphénylène-sulfonylphénylène)
 $T < 190^\circ\text{C}$



RINO Carbo-S

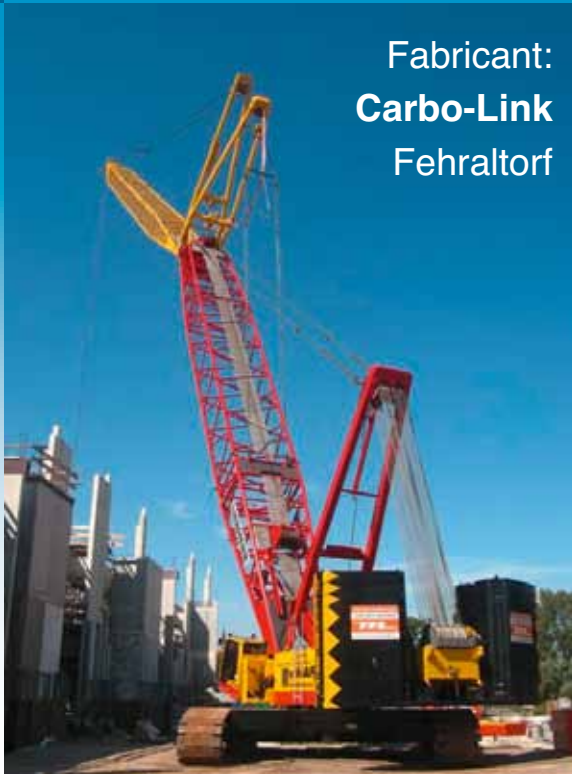
Boucle à fibres de carbone non laminée:

- Bande bobinée autour de deux goujons
- Section $0.125 \times 30 \text{ mm}^2$
- Pas d'adhérence entre les couches
- Extrémité extérieure soudée sur env. 60 mm, extrémité intérieure libre (adhérence par frottement)
- Les déplacements relatifs entre les couches induisent une égalisation de l'allongement et une sollicitation uniforme
- La faible rigidité en flexion de la bande empêche des contraintes en flexion inadmissibles
- Séparation électrique carbone-acier avec tissu en fibres de verre (sinon corrosion)
- Charge de rupture 300-600 kN, degré de précontrainte max. 60%

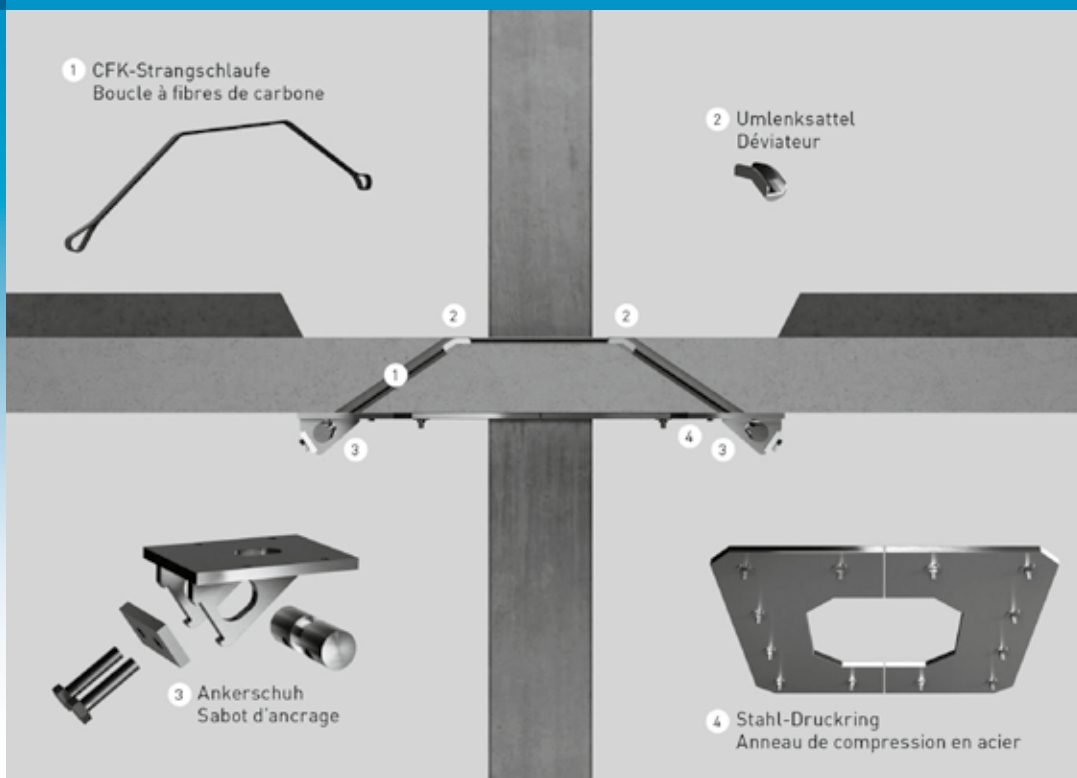


RINO Carbo-S

Fabricant:
Carbo-Link
Fehraltorf

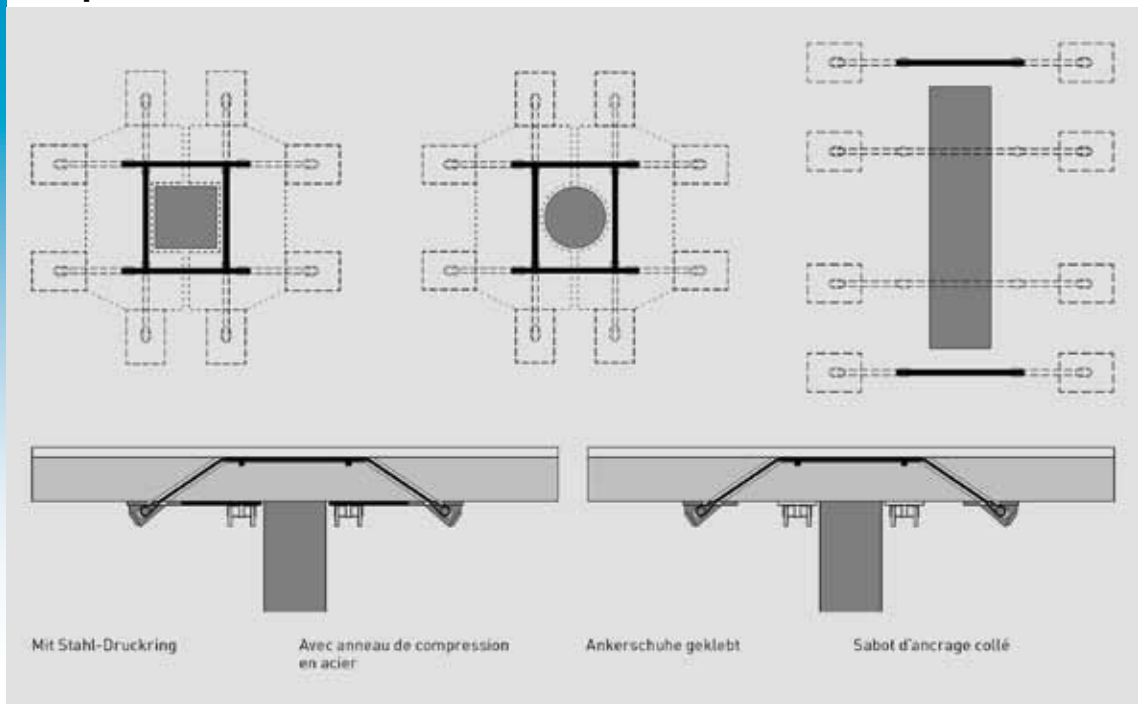


RINO Carbo-S



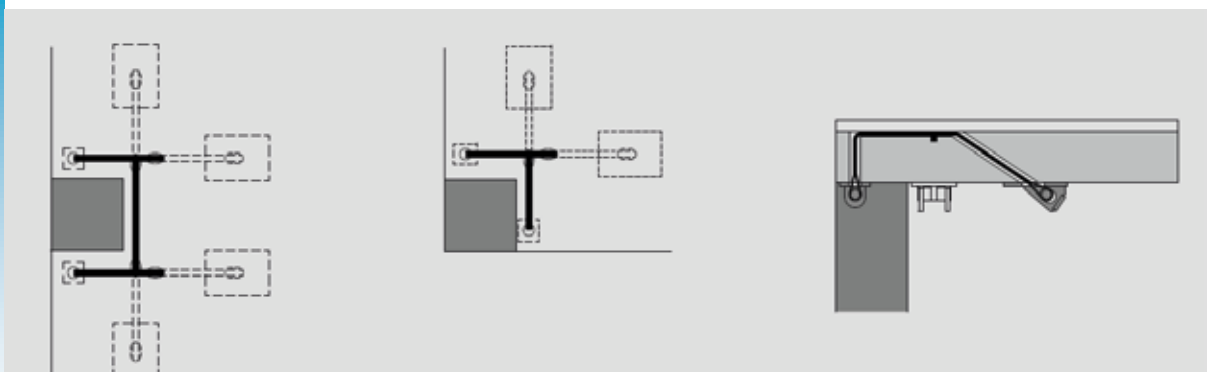
RINO Carbo-S

Dispositions



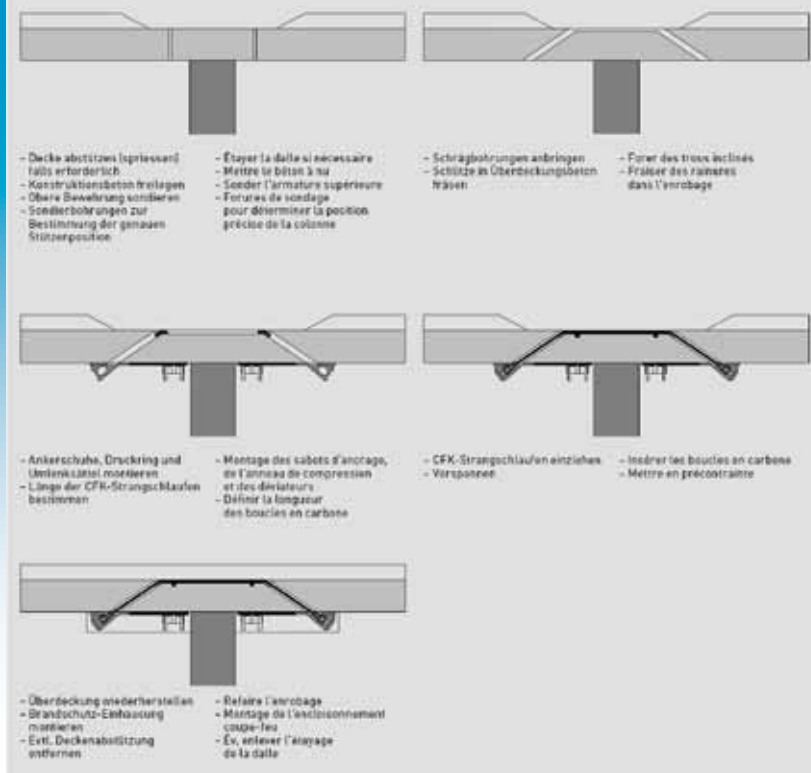
RINO Carbo-S

Colonnes de bord et d'angle



RINO Carbo-S

Mise en place



RINO Carbo-S



13 essais

RINO Flex

RINO® Flex



Lamelles de carbone collées

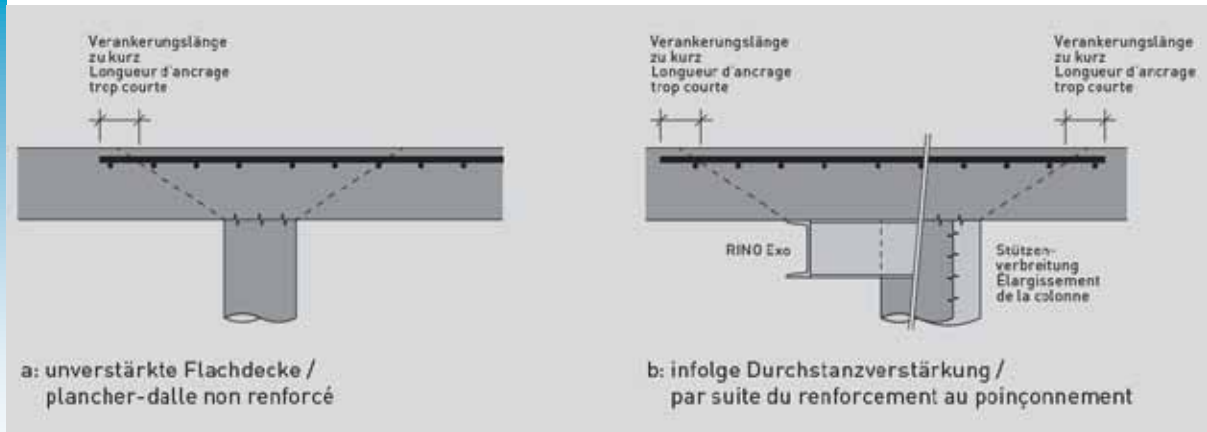
RINO Flex

Fabricant:
Sika SA
Zurich



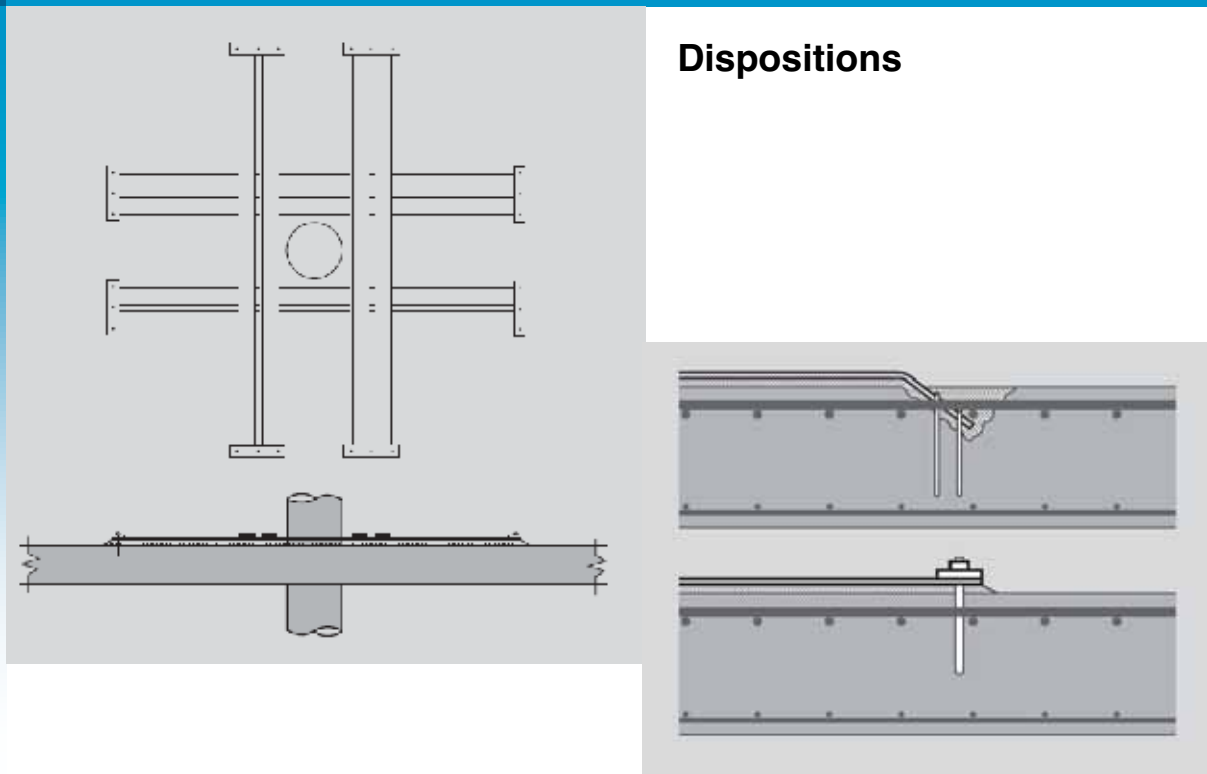
RINO Flex

Application



RINO Flex

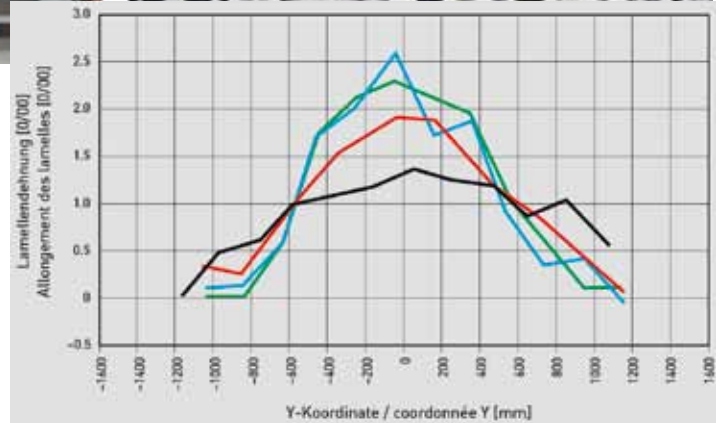
Dispositions



RINO Flex



2 essais



Comparaison système Carbo-S vs Flex

Produit	t [mm]	b [mm]	A [mm ²]	f _p [MPa]	E _p [GPa]
Lamelle RINO Flex	1.2	50.0	60	3100 ¹ 3000 ²	165 ¹ 162 ²
Bande RINO Carbo-S	0.125	30.0	3.75	2460 ¹ 2100 ²	120 ¹ 120 ²
Boucle à fibres de carbone RINO Carbo-S	6.25		188		
2x25 couches (300 kN)	8.25	30.0	248	1820 ¹	120 ¹
2x33 couches (400 kN)	12.5		375	1660 ²	120 ²
2x50 couches (600 kN)					

¹ Valeur moyenne

² Fractile 5% (valeur caractéristique)

Comparaison système Carbo-S vs Flex

RINO Carbo-S:

Boucles PES (polyoxyphénylène-sulfonylphénylène):

$T < 190^{\circ}\text{C}$

RINO Flex:

Matrice en résine époxy lamelles de carbone:

$T < 150^{\circ}\text{C}$


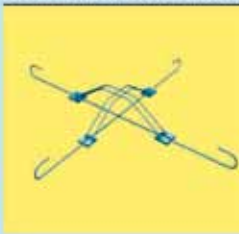



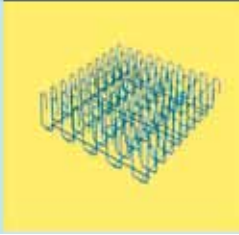
Colle Sikadur-30 pour lamelles de carbone:

$T < 65^{\circ}\text{C}$ en cas d'incendie

$T < 45^{\circ}\text{C}$ longue durée

Tous les polymères résistent à l'humidité, aux alcalis, au gel/dégel et aux acides,
protection contre les UV nécessaire

Statique et construction

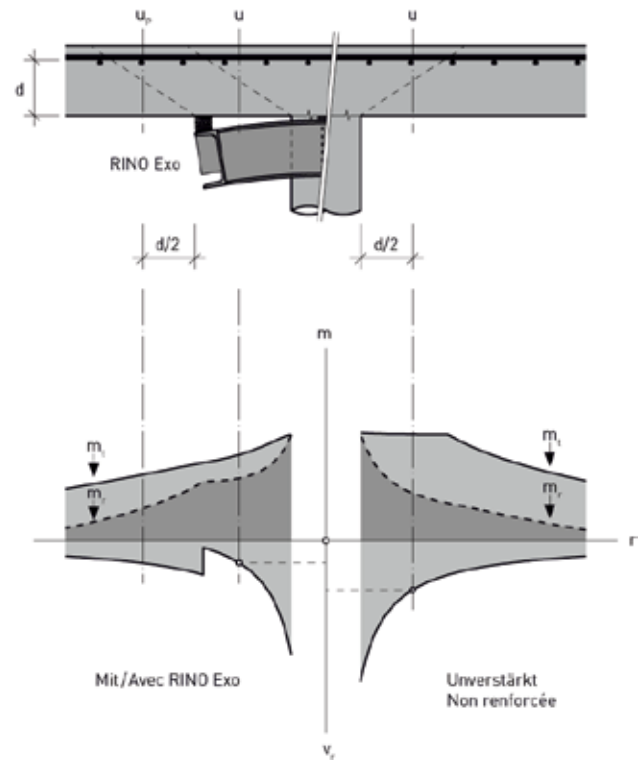
Erhaltung / Maintenance	Neubau / Nouveaux bâtiments
 <p>RINO Carbo-S</p> <p>2009-2012 13 Versuche/essais</p>	 <p>DURA S-Elemente Éléments S DURA</p> <p>2008-2009 6 Versuche/essais</p>
 <p>RINO Exo</p> <p>2010-2012 4 Versuche/essais</p>	 <p>DURA Stahlpilz Têtes en acier DURA</p> <p>2002-2012 7 Versuche/essais</p>
 <p>RINO Flex</p> <p>2011-2012 2 Versuche/essais</p>	 <p>DURA Bügelkorb Paniers d'étriers DURA</p> <p>2002-2012 11 Versuche/essais</p>

Mode d'action statique RINO Exo (et Carbo-S)

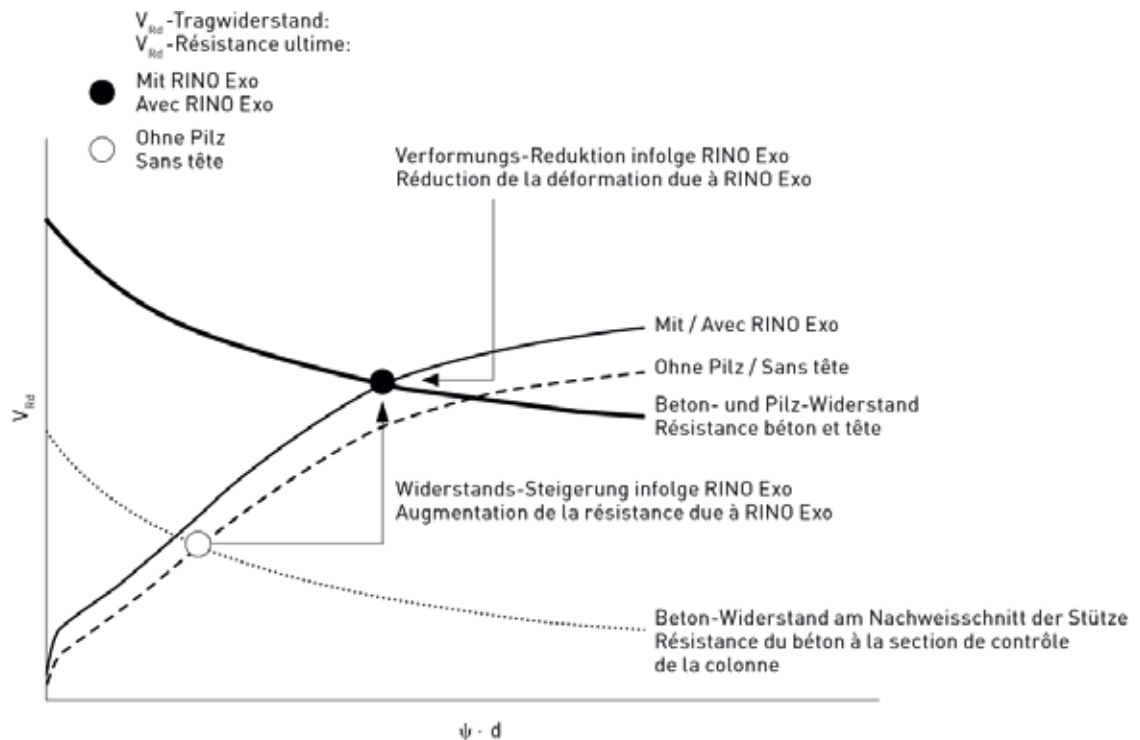
Mode d'action de RINO Exo
(comparable à RINO Carbo-S du point
de vue statique):

Effort tranchant réduit dans la section
intérieure

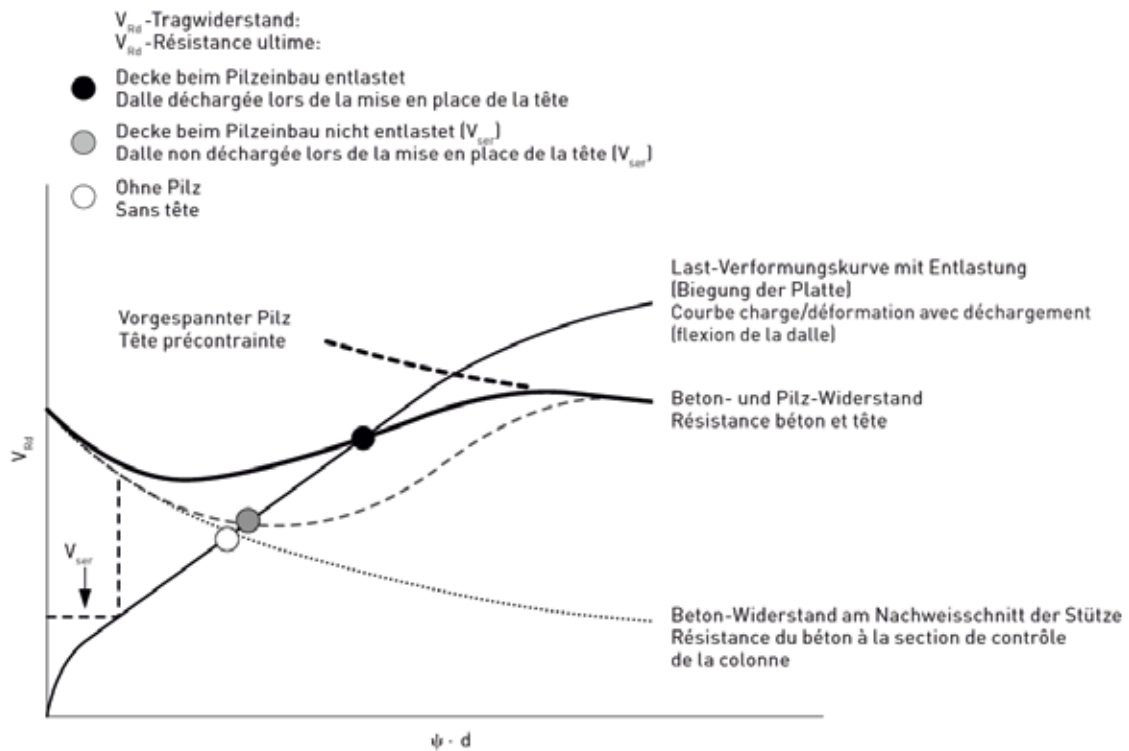
Moment tangentiel réduit
→ déformation de la dalle réduite
→ résistance au cisaillement
augmentée



Précontrainte de RINO Exo – précontrainte totale

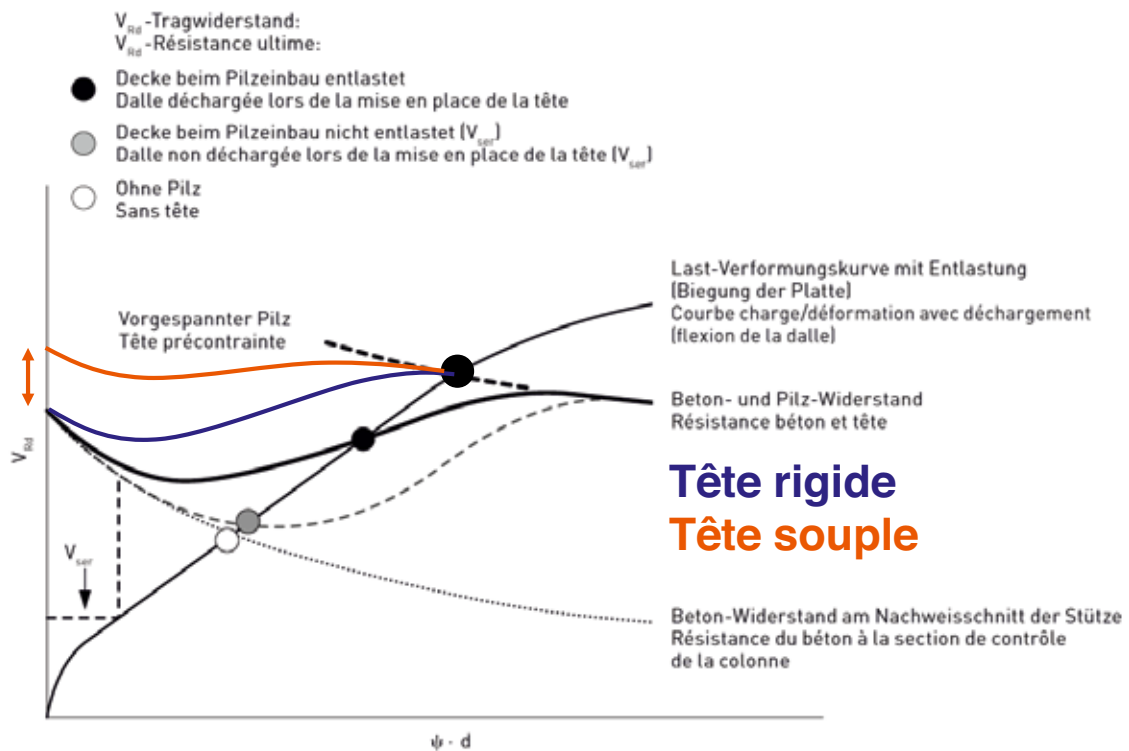


Précontrainte de RINO Exo – précontrainte partielle



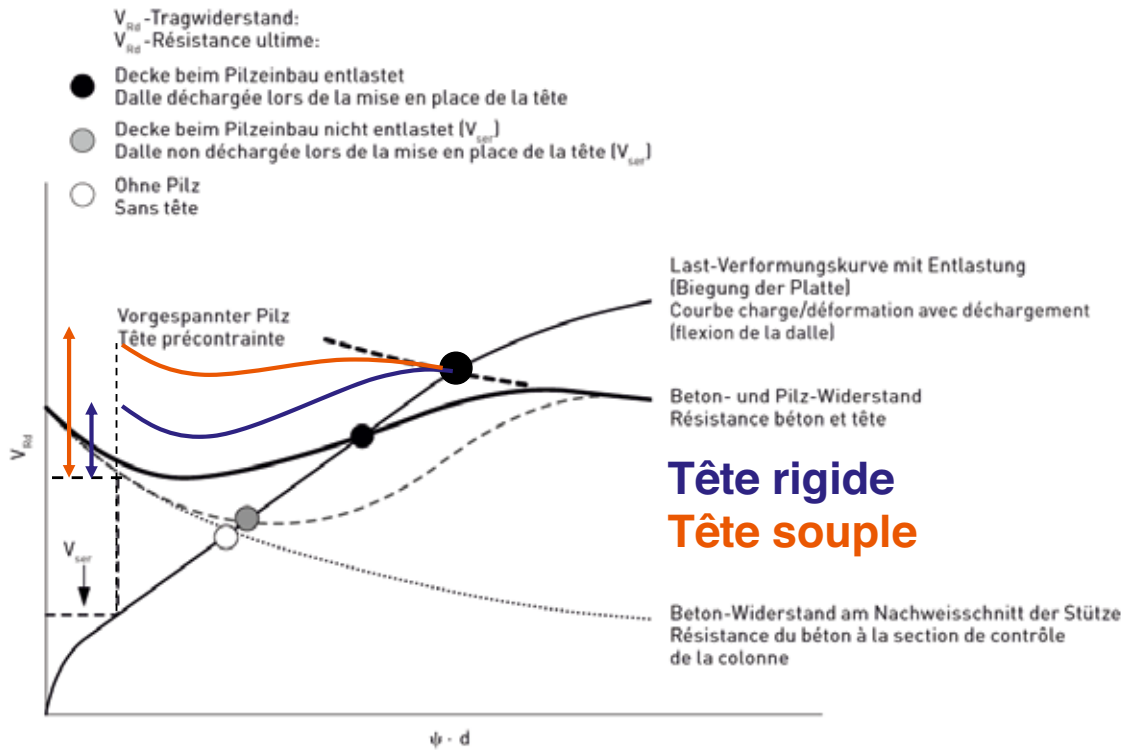
Précontrainte de RINO Exo – précontrainte partielle

Précontrainte de la tête



Précontrainte de RINO Exo – précontrainte partielle

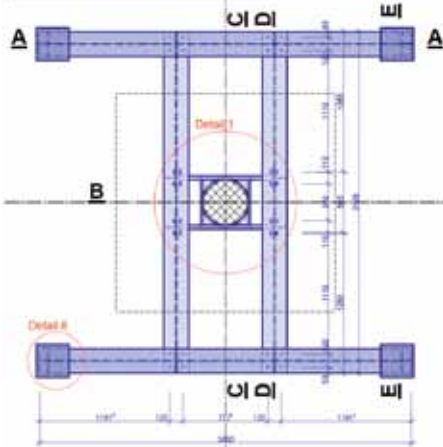
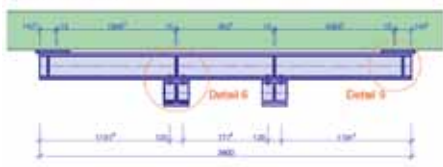
Précontrainte de la tête



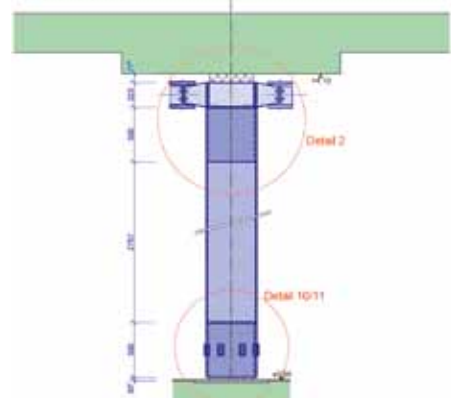
Précontrainte de RINO Exo – Exemple

Tête de colonne non enlevée

A - A 1 : 20



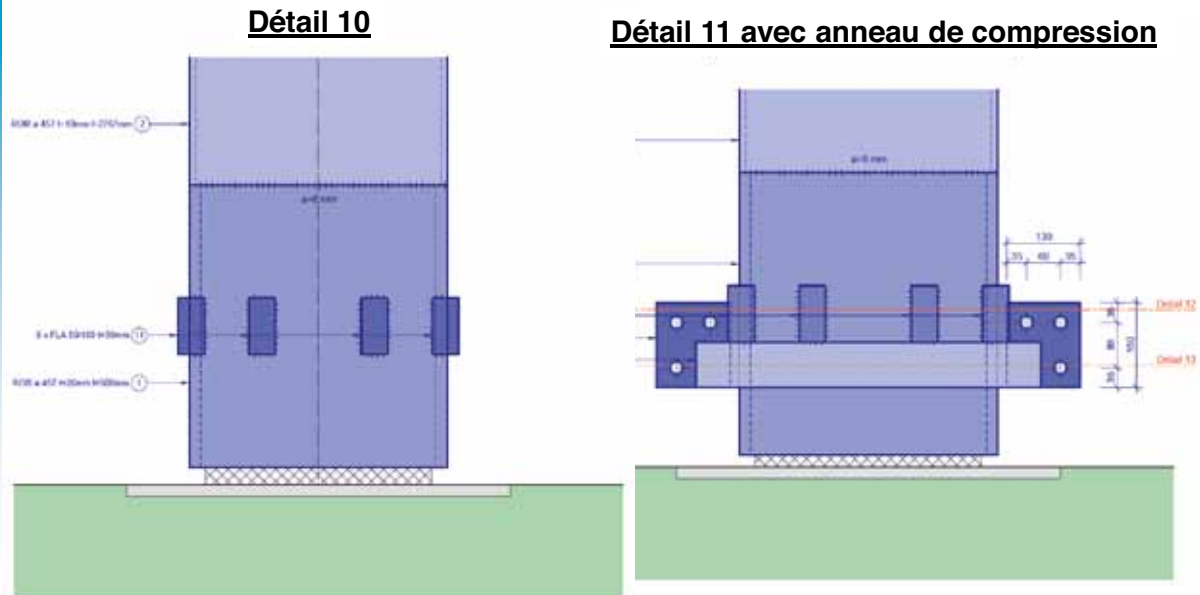
B - B 1 : 20



D - D 1 : 20



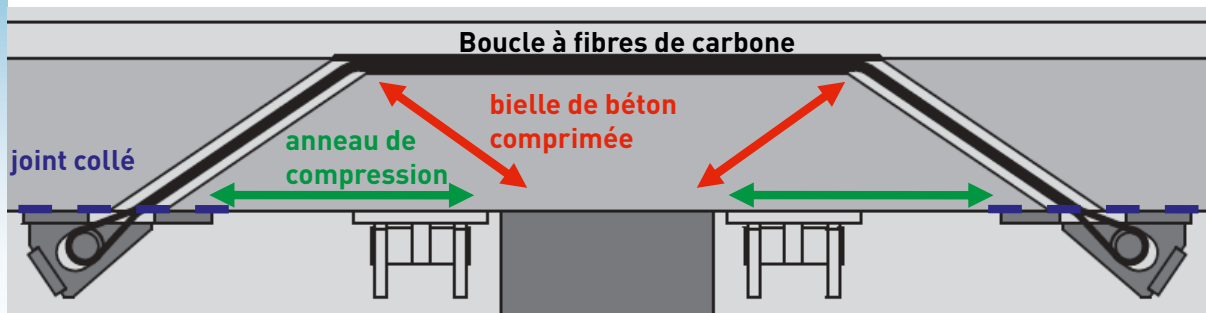
Précontrainte de RINO Exo – Exemple



Mode d'action statique – RINO Carbo-S

Modèle de console: cinq possibilités de rupture

1. Bielle de béton comprimée au-dessus de la colonne (analogue à SIA 262)
2. Anneau de compression en béton
3. Boucles à fibres de carbone (y compris composants)
4. Joint collé ou anneau de compression en acier
5. Rupture du béton à l'extérieur du renforcement

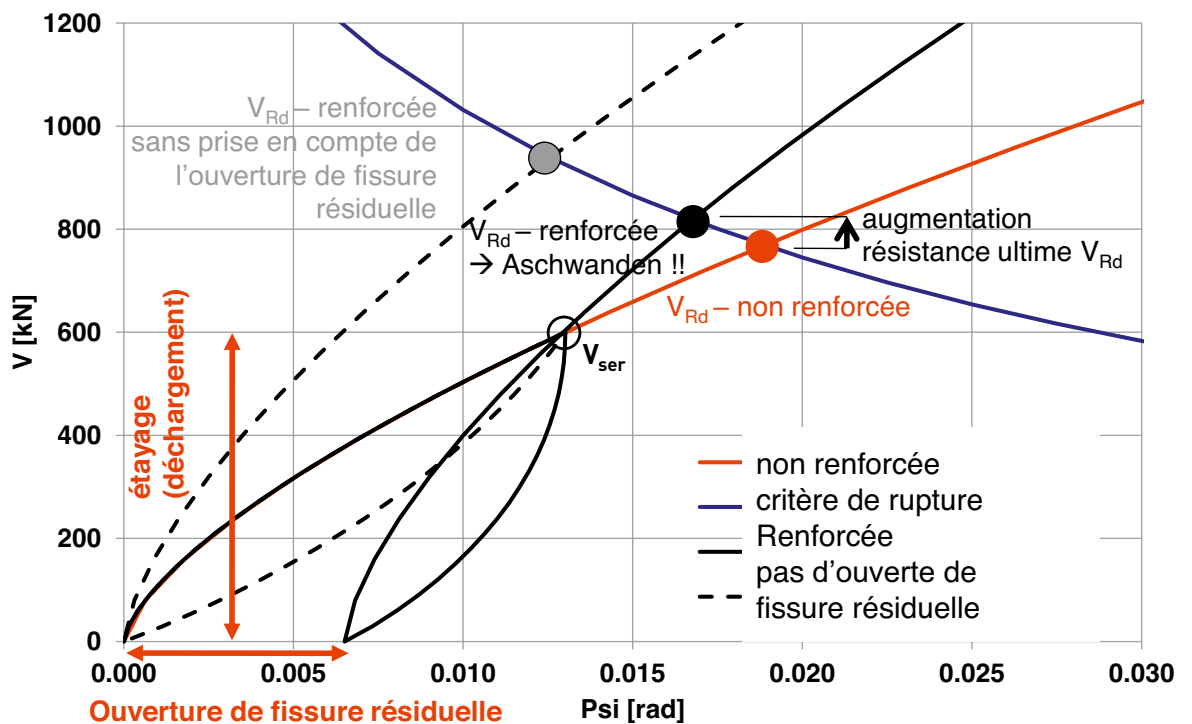


Précontrainte – RINO Carbo-S

La boucle à fibres de carbone est précontrainte par le biais des vis d'ancrage ou par procédé hydraulique:



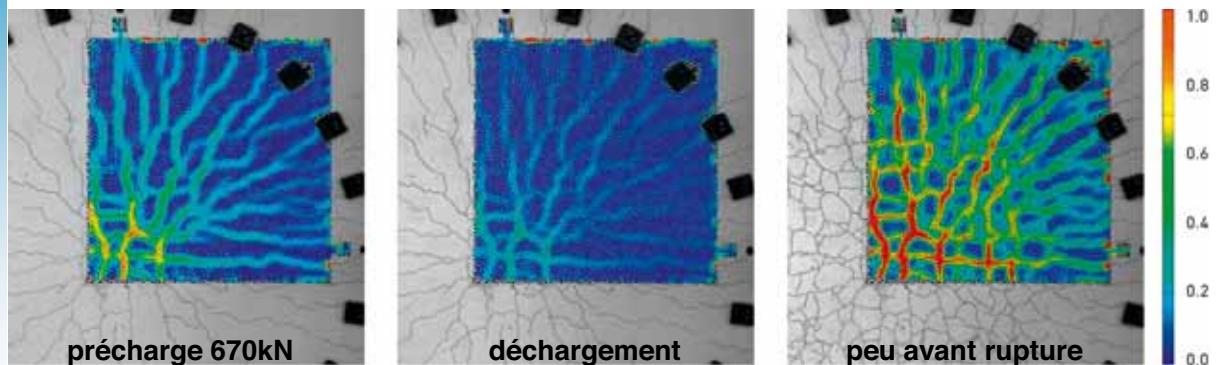
Essais – Ouverture de fissure résiduelle



Essais – Ouverture de fissure résiduelle

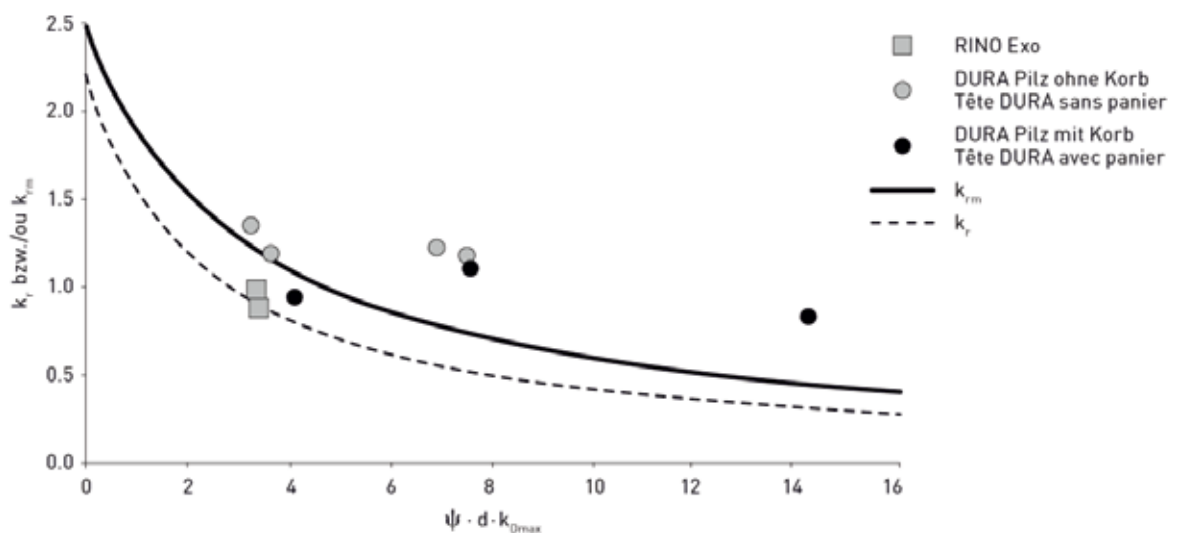
La prise en compte de la charge avant le renforcement et de la prédéformation due au déchargement (p. ex. par étaillage ou enlèvement de la couche de terre) s'insère dans le dimensionnement du système RINO.

Fissuration; photos et largeurs de fissure qualitatives résultant de mesures par corrélation d'images 3D



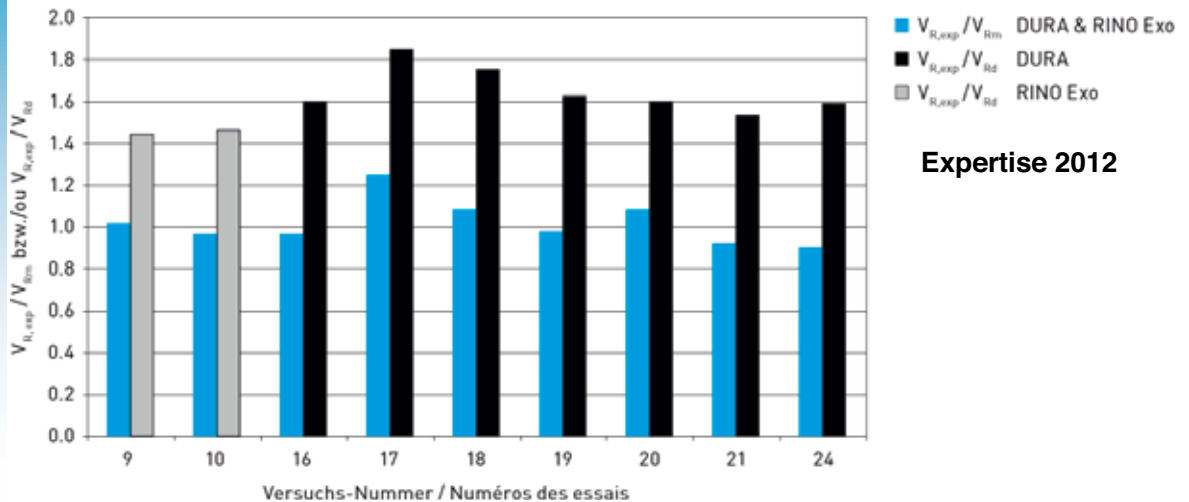
Essais RINO Exo Comparaison avec critère de rupture

Les résultats des essais de RINO Exo sont comparables à ceux de têtes DURA sans paniers DURA ajoutés à l'extérieur. Les charges de rupture normalisées un peu plus faibles de RINO Exo sont dues entre autres à la prédéformation des dalles avant le renforcement avec RINO Exo.



Essais RINO Exo – Comparaison avec la norme

Le concept de dimensionnement pour RINO Exo donne ainsi des valeurs de calcul avec une réserve suffisamment grande vis-à-vis de la charge de rupture et répond aux exigences de la norme SIA 262.



Essais RINO Exo – Expertise

RINO[®] Exo

Durchstanzverstärkung Gutachten

Externer Stahlpilz zur nachträglichen
Erhöhung des Durchstanzwider-
standes von bestehenden Flachdecken

Prof. Dr. Albin Kenel, HSR
Prof. Dr. Thomas Keller, EPFL

Renforcement au poinçonnement Expertise

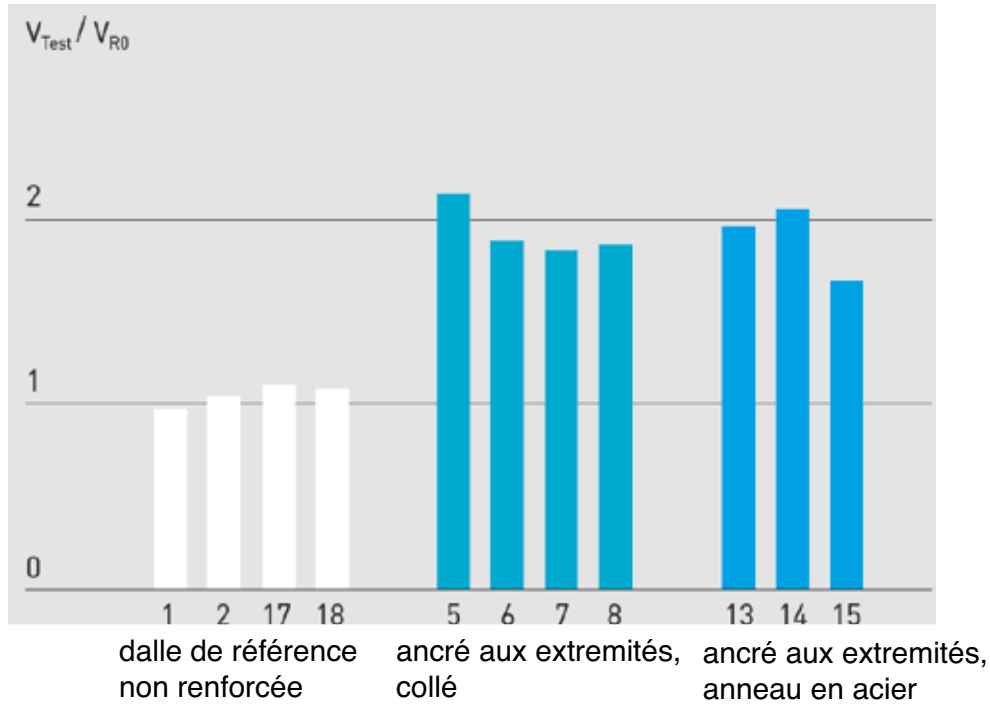
Tête en acier externe pour augmenter
ultérieurement la résistance au
poinçonnement de planchers-dalles
existants

Prof. Dr Albin Kenel, HSR
Prof. Dr Thomas Keller, EPFL

1. Le dimensionnement du renforcement RINO Exo peut être réalisé sur la base du concept de dimensionnement décrit dans cette expertise, avec un niveau de sécurité comparable à celui de la norme SIA 262 pour planchers-dalles sans armature de poinçonnement.
2. Le concept de dimensionnement est compatible avec le format de vérification de la norme SIA 262 pour dalles avec armature de poinçonnement.
3. D'éventuels ancrages ou recouvrements trop courts de l'armature de flexion dans la zone des colonnes peuvent être compensés avec RINO Flex, après le renforcement avec RINO Exo.

Essais RINO Carbo-S

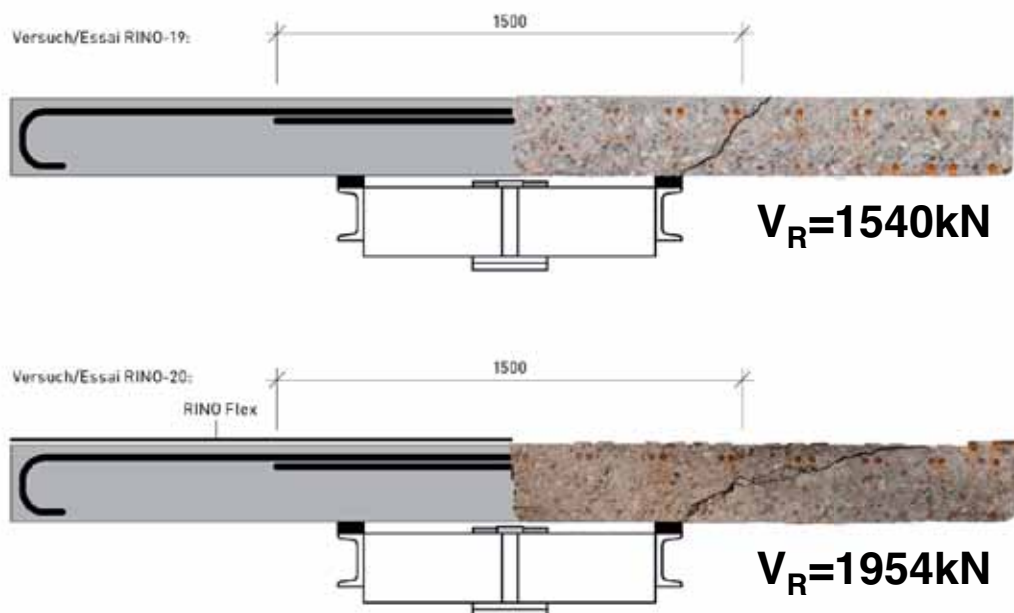
Action du renforcement au poinçonnement et vérification de l'état de l'ouvrage:



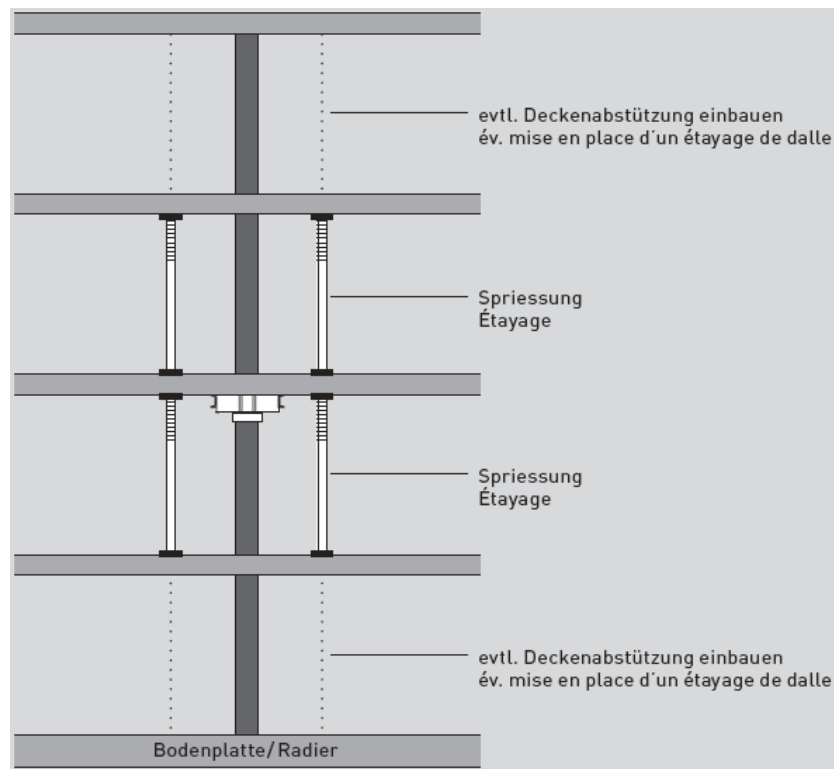
Essais RINO-Flex

Masse in mm
Mesures en mm

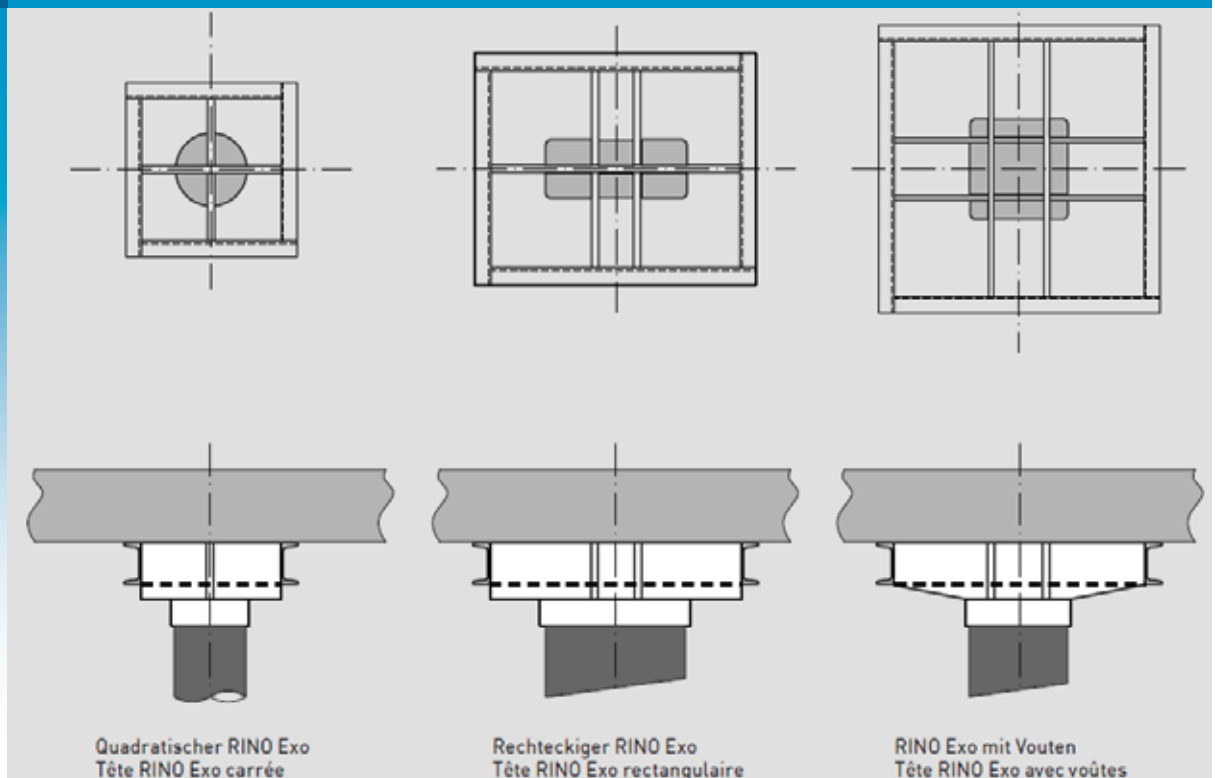
Armature de flexion à recouvrement trop court dans la zone de la colonne.
Réparation avec RINO Flex. En comparaison: RINO-10 $V_R=1975$ kN



Indications constructives et mise en place RINO Exo



Formes d'exécution de RINO Exo



Protection incendie



Conseils de l'ingénieur

Vérification par l'ingénieur:

- Vérification de la sécurité structurale selon SIA 260 – 262 et SIA 269, 269/2.
- Le **logiciel RINO Check** permet de procéder à une première mise au clair de la nécessité d'un renforcement au poinçonnement:

$$V_{Rd,act} \geq V_{d,act} \quad (\text{résistance supérieure/égale à la sollicitation})$$

Sécurité structurale garantie → pas de mesures nécessaires

$$V_{Rd,act} < V_{d,act} \quad (\text{résistance inférieure à la sollicitation})$$

Sécurité structurale non garantie → **système RINO**

Conseils de l'ingénieur

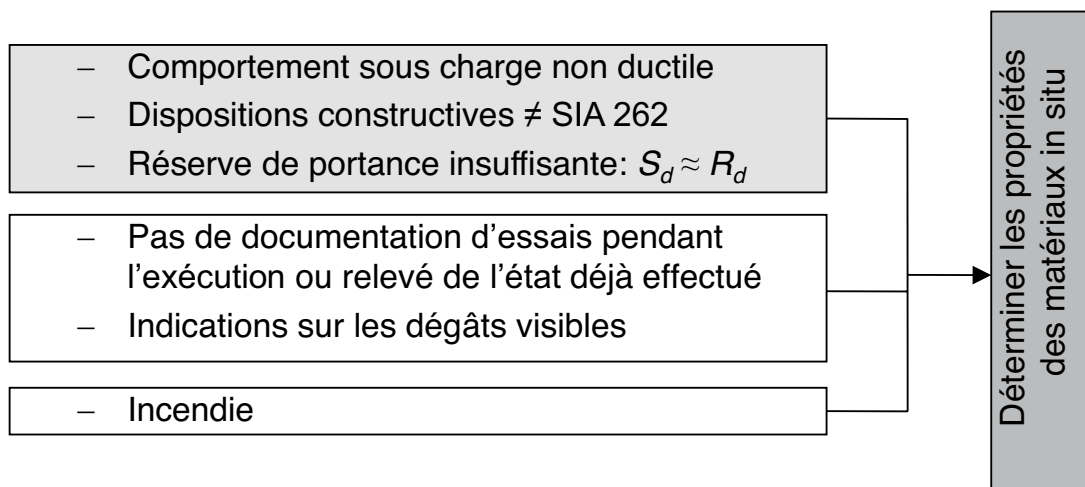
Etendue des examens – Les quatre situations de vérification typiques

Comportement sous charge	Avec plans d'ingénieur	Sans plans d'ingénieur
non ductile	<ul style="list-style-type: none"> Examen visuel Actualisation des propriétés mécaniques 	<ul style="list-style-type: none"> Examen visuel Actualisation des propriétés mécaniques Sondages
ductile	<ul style="list-style-type: none"> Examen visuel 	<ul style="list-style-type: none"> Examen visuel Sondages

Tab.: Doc. D 0226, Sécurité structurale des parkings couverts, SIA, 2008

Conseils de l'ingénieur

Détermination des propriétés des matériaux – Déterminer à partir des dossiers d'ouvrage ou in situ?



Conseils de l'ingénieur

Détermination des propriétés des matériaux – Déterminer à partir des dossiers d'ouvrage ou in situ?

- Le poinçonnement est un mécanisme de rupture fragile.
- La vérification s'effectue sur la base d'un déficit de résistance supposé ou d'une réserve de portance insuffisante.
- Souvent les dispositions constructives ne sont pas conformes à SIA 262

→ **Les propriétés des matériaux pour les renforcements au poinçonnement sont à déterminer in situ (sondage):**
(diamètre et espacement de l'armature, ancrages, hauteurs statiques...)

→ **L'accès depuis dessus doit être garanti pour tous les systèmes de renforcement (même s'il n'est renforcé que depuis dessous)!**

Conseils de l'ingénieur

Prestations et responsabilité – Répartition et vue d'ensemble

Modèle des phases d'après la progression de l'ouvrage selon SIA 103 (2003)

Phases de l'ouvrage	Études préliminaires	Avant-projet FA	Projet de l'ouvrage PO	Appel d'offres AO	Projet d'exécution FE	Exécution EX
Base des données dans les phases de l'ouvrage	Données FA avant-projet			Données FE exécution		
Limite de la responsabilité fondamentale pour toutes les phases de l'ouvrage	Validité des CG de Aschwanden et convention d'utilisation du logiciel de calcul Aschwanden					
Fourniture des données de l'ouvrage par l'ingénieur	Données FA avant-projet L'ingénieur est seul responsable de l'intégralité et l'exactitude des «données FA de l'avan-projet»			Données FE exécution L'ingénieur est seul responsable de l'intégralité et l'exactitude des «données FE du projet d'exécution»		
Limites de la responsabilité de Aschwanden lorsque Aschwanden se charge uniquement du dimensionnement	Validité des CG de Aschwanden et convention d'utilisation du logiciel de calcul Aschwanden			Aschwanden assume en outre la garantie des résistances ultimes pour le système RIND sur la base des Données FE exécution		
Limites de la responsabilité de Aschwanden lorsque Aschwanden se charge en outre pour le dimensionnement du système RIND du contrôle de la précontrainte	Validité des CG de Aschwanden et convention d'utilisation du logiciel de calcul Aschwanden			Aschwanden assume en outre la garantie des résistances ultimes pour le système RIND sur la base des Données FE exécution		Aschwanden assume en outre la garantie des résistances ultimes pour le système RIND sur la base des Données FE exécution , et garantit que la précontrainte appropriée est appliquée

Abréviations et définitions:

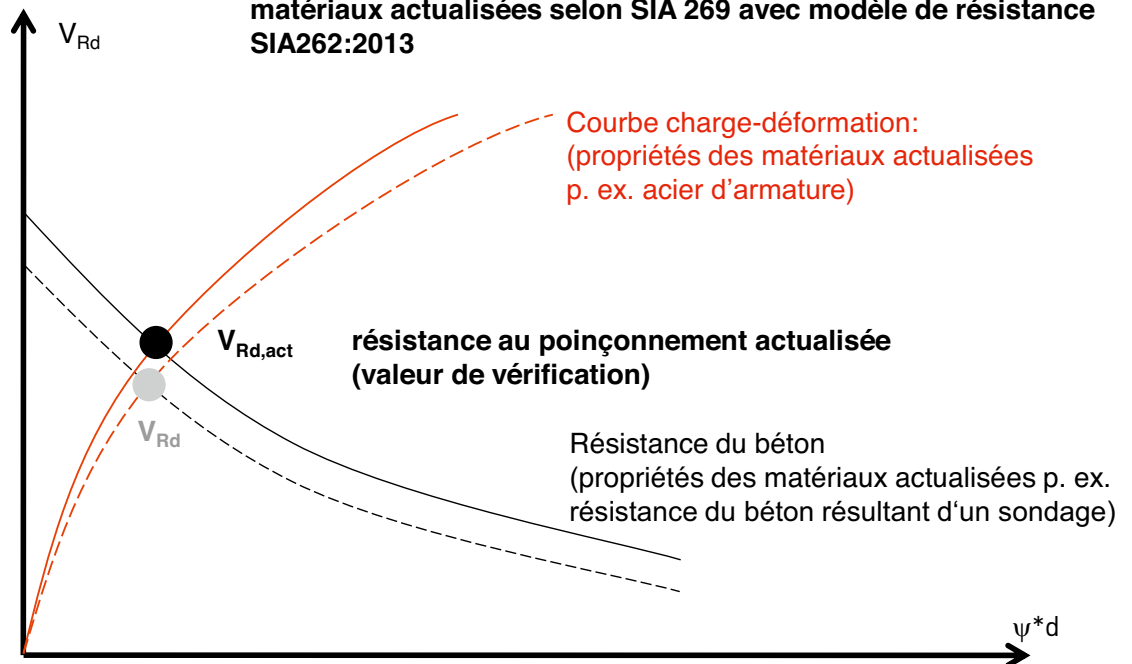
Données FA avant-projet: données avant-projet fournies par l'ingénieur pour le prédimensionnement par Aschwanden > grandeurs indicatives

Données FE exécution: avec ces données, Aschwanden dimensionne le système RIND et fournit à l'ingénieur des résistances ultimes exactes pour l'exécution.

Conseils de l'ingénieur

Objectif:

Résistance au poinçonnement avec valeurs caractéristiques des matériaux actualisées selon SIA 269 avec modèle de résistance SIA262:2013



Avantage client – RINO Exo

Le système de renforcement RINO Exo se distingue par les avantages suivants:

- Système actif et efficace grâce à la précontrainte: la dalle existante pré-endommagée est déjà efficacement déchargée. La majeure partie de la charge est transmise par le périmètre extérieur (bord de la tête).
- La mise en place de RINO Exo s'effectue sans intervention sur la dalle existante, c'est-à-dire sans endommagement supplémentaire. Pas de forures nécessaires.
- La résistance ultime du plancher-dalle et RINO Exo concordent de façon optimale.
- Le modèle de dimensionnement a été vérifié par des essais à échelle réelle.
- Logiciel RINO Check pour une première mise au clair de la nécessité d'un renforcement au poinçonnement.

Avantage client – RINO Carbo-S

Le système de renforcement RINO Carbo-S se distingue par les avantages suivants:

- Matériaux à haute performance durables: fibres de carbone
- Système actif et efficace grâce à la précontrainte
- Flux des forces compréhensible
- Sécurité élevée grâce à la ductilité du système et à la prévention contre l'effondrement
- Composants du système remplaçables
- Moins de forures qu'avec des systèmes comparables et donc plus faible réduction de la section du béton
- Modèles de dimensionnement vérifié à l'EMPA par des essais à échelle réelle
- Logiciel RINO Check pour une première mise au clair de la nécessité d'un renforcement au poinçonnement

Avantage client – RINO Flex

Le système de renforcement RINO Flex se distingue par les avantages suivants:

- Matériaux à haute performance durables: fibres de carbone
- L'armature de flexion peut être totalement activée statiquement, ce qui induit une augmentation significative vérifiée de la résistance au poinçonnement.
- Application facile depuis dessus, minimum de place nécessaire et disposition flexible en plan
- Modèle de dimensionnement vérifié à l'EMPA par des essais à échelle réelle
- Logiciel RINO Check pour une première mise au clair de la nécessité d'un renforcement au poinçonnement

Avantage client – système RINO



problème de poinçonnement décelé



renforcé passivement

Avantage client – système RINO



système RINO avec précontrainte



problème de poinçonnement résolu!

ORSO-V

Colonnes mixtes acier-béton

Juin 2013

Colonnes mixtes acier-béton ORSO-V



Statiquement et esthétiquement convaincant



Surfaces variables – effet optique individuel



Surface en acier brut (non traité)

Surface grenailée SA2½ revêtue de 40µ de peinture à la poudre de zinc à deux composants

Surface grenailée SA2½ revêtue de 40µ de peinture à la poudre de zinc à deux composants en teinte au choix

Surface zinguée au feu

Surface en acier inoxydable à polissage cylindrique ou longitudinal, au degré de rugosité désiré

Dimensionnement efficace et sûr



Pensées pour le chantier et prêtes à la mise en place



Un système statique pensé pour la pratique



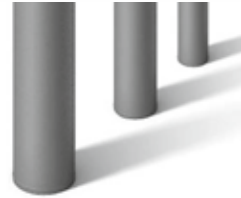
Qualité garantie – sécurité testée



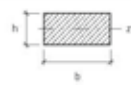
Assortiment des produits



ORSO-V, carrée
 $\square = 100 \text{ .. } 400 \text{ mm}$



ORSO-V, circulaire
 $\text{Ø} = 102 \text{ .. } 508 \text{ mm}$



ORSO-V, rectangulaire
 $\square = 150 \times 100 \text{ .. } 500 \times 300 \text{ mm}$

Dimensions spéciales sur demande

Avantages client multiples avec les colonnes ORSO-V

- Colonnes élancées à force portante élevée pour une solution esthétiquement plaisante
- Performance jusqu'à 20% supérieure par rapport aux systèmes de la concurrence
- Homologation de protection incendie selon AEAI
- Combinable avec les systèmes anti-poinçonnements DURA[®] et RINO[®]
- Colonne prête à la pose bétonnée avec plaques de base et de tête
- Dimensionnement facile grâce au logiciel assistant les processus
- Les colonnes peuvent être exécutées avec différentes surfaces

Bases pour le dimensionnement des colonnes

- **Dimensionnement à froid selon SIA 264:2003**
 - Vérification pour colonnes soumises à une charge à peu près centrée (Compression centrée)
 - Vérification pour la compression avec flexion (Compression et flexion uniaxiale)
 - Choc
- **Dimensionnement à chaud selon SN EN 1994-1-2:2005**
 - Vérification pour colonnes soumises à une charge à peu près centrée (Compression centrée)
 - Vérification pour la compression avec flexion (Compression et flexion uniaxiale)

Dimensionnement à froid

Vérification de la sécurité structurale:

$$|N_d| \leq |N_{Rd}|$$

Vérification pour colonnes soumises à une charge à peu près centrée (SIA 264:2003, chiffre 5.3.2)

$$N_{Rd} = \chi_K \cdot N_{pl,Rd}$$

χ_K : Facteur de réduction pour flambage selon norme SIA 263:2013

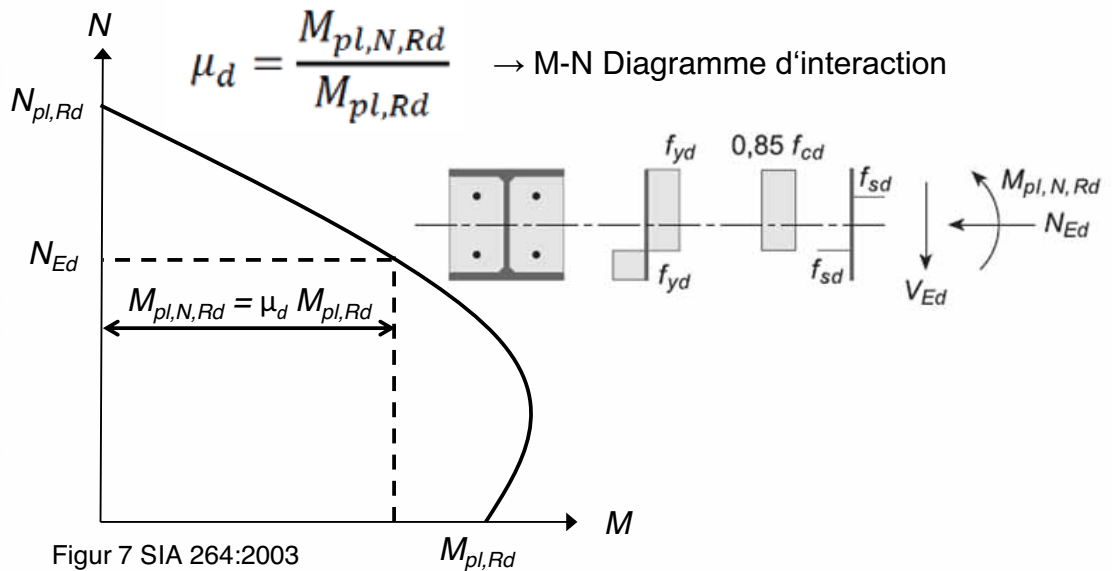
$N_{pl,Rd}$: Valeur de calcul de la résistance ultime à l'effort normal

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot \frac{f_y}{\gamma_a} + A_c \cdot \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} + A_s \cdot \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$$

Dimensionnement à froid

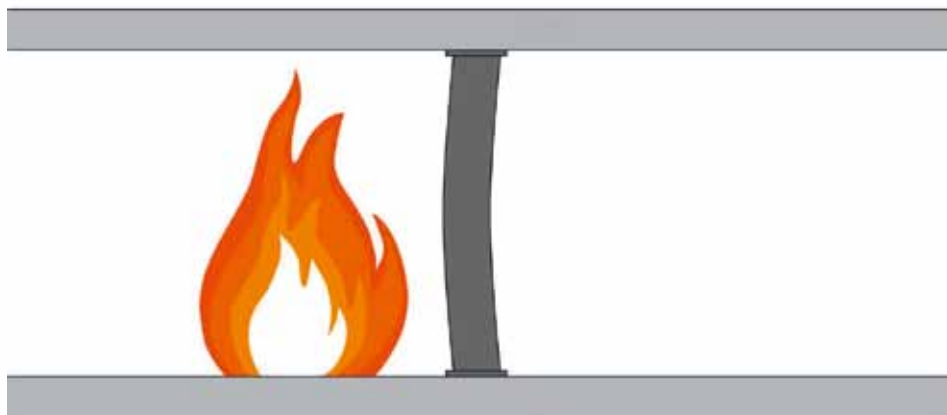
Vérification pour la compression avec flexion

$$M_{Ed,II} \leq 0.9 \cdot \mu_d \cdot M_{pl,Rd}$$



Dimensionnement à chaud

- **Situation de projet incendie**
 - Dimensionnement avec classe de résistance au feu jusqu'à R240
 - Homologation de protection incendie de l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie



Dimensionnement à chaud

Vérification de la sécurité structurale:

$$|N_{fi,d}| \leq |N_{fi,Rd}|$$

Vérification pour colonnes soumises à une charge à peu près centrée
(SN EN-1994-1-2:2005, chiffre 4.3.5.1)

$$N_{fi,Rd} = \chi \cdot N_{fi,pl,Rd}$$

χ : Facteur de réduction pour flambage selon EN-1993-1-1, chiffre 6.3.1

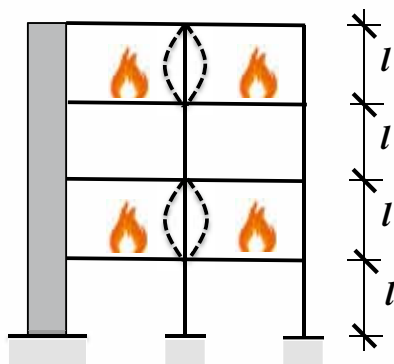
$N_{fi,pl,Rd}$: Valeur de calcul de la résistance ultime à l'effort normal

$$N_{fi,pl,Rd} = \sum_j A_{a,\theta,j} \cdot \frac{f_{ay,\theta,j}}{\gamma_{M,fi,a}} + \sum_k A_{s,\theta,k} \cdot \frac{f_{sy,\theta,k}}{\gamma_{M,fi,s}} + \sum_m A_{c,\theta,m} \cdot \frac{f_{c,\theta,m}}{\gamma_{M,fi,c}}$$

Dimensionnement à chaud

Longueurs de flambage en cas d'action du feu (SN EN-1994-1-2:2005)

- $l_{cr}=0.5 \cdot l$ pour colonnes intérieures
- $l_{cr}=0.7 \cdot l$ pour colonnes intérieures du dernier étage
- $l_{cr}=0.7 \cdot l$ pour colonnes de bord
- $l_{cr}=1.0 \cdot l$ pour constructions à grand volume (p. ex. bâtiment à atrium) dans lesquels le feu peut se propager sans entraves sur plusieurs étages



Coupe à travers le bâtiment

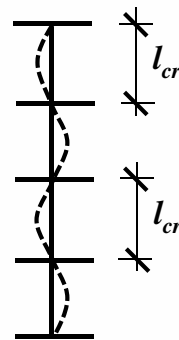


Figure de flambage à température ambiante

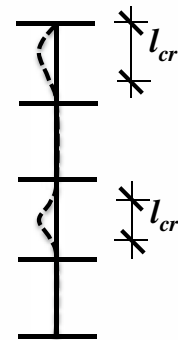


Figure de flambage en cas d'incendie

Dimensionnement à chaud

Vérification pour la compression avec flexion

SN EN-1994-1-2:2005 Annexe G:
Modèle de calcul par sommation pondérée de la résistance à l'incendie normalisé de poteaux mixtes avec profilé en acier partiellement enrobé, dans le cas de flambement suivant l'axe faible

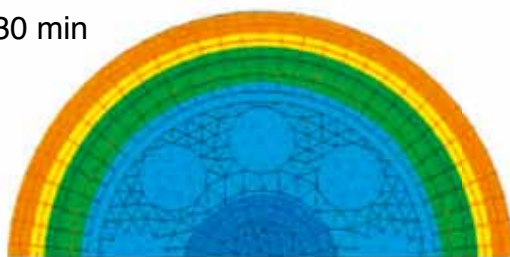
$$|N_{equ}| \leq |N_{fi,Rd}|$$

N_{equ} : effort normal de calcul équivalent, agrandi

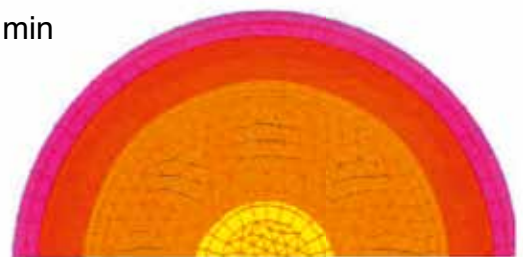
Dimensionnement à chaud

Prise en compte des influences de la température par des analyses numériques détaillées

30 min



90 min



60 min

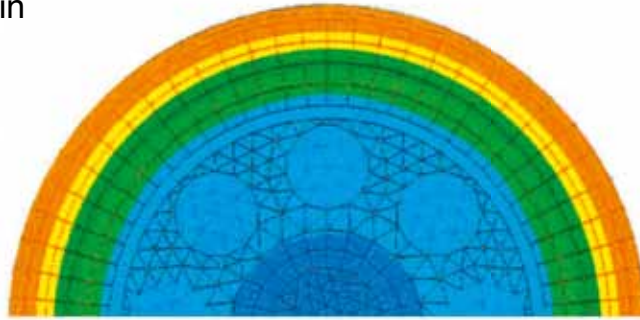


150 min

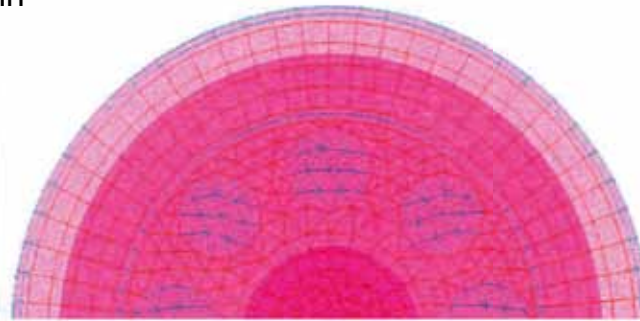


Dimensionnement à chaud

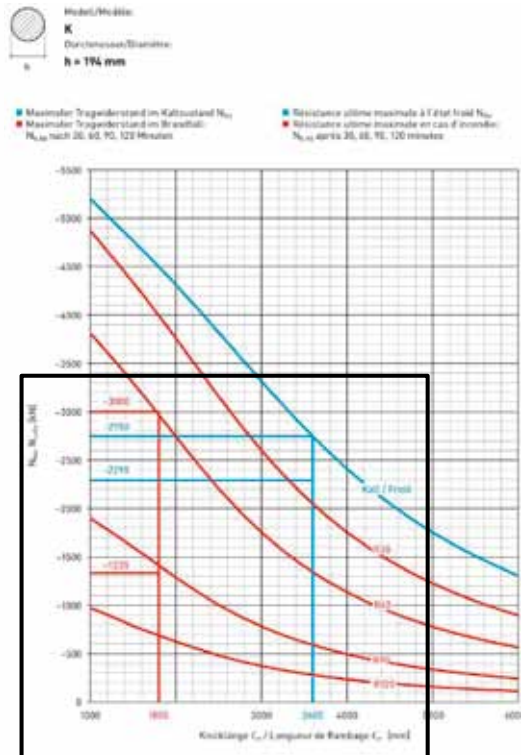
30 min



240 min



Dimensionnement avec diagrammes de flambage



Dimensionnement avec diagrammes de flambage

■ Dimensionnement à froid

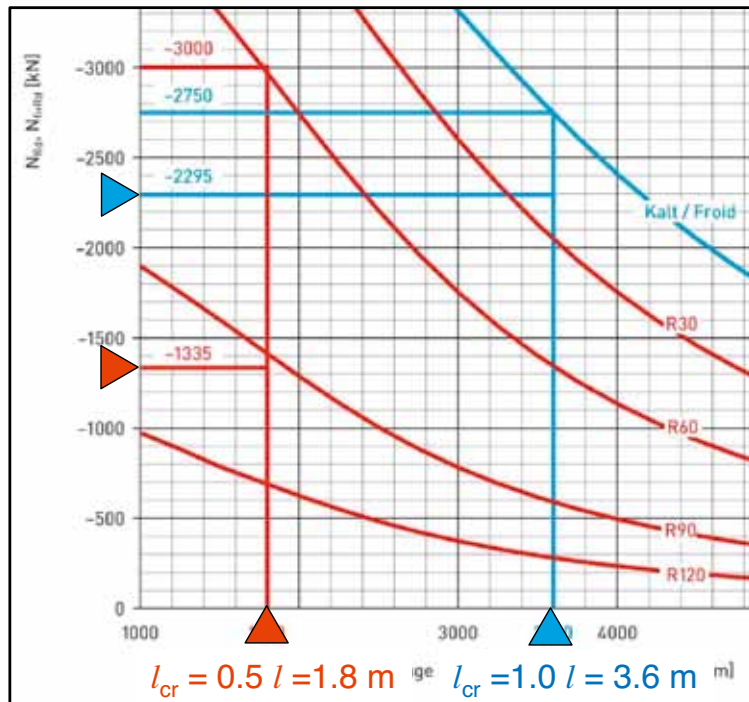
■ Dimensionnement à chaud

$$N_{fi,Rd} = -3000 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = -2750 \text{ kN}$$

$$N_d = -2295 \text{ kN}$$

$$N_d = -1335 \text{ kN}$$



Dimensionnement avec logiciel

Interface de dimensionnement ORSO-V. Les entrées de dimensionnement à froid sont $N_d = -2295 \text{ kN}$ et $N_d/N_{Rd} = 0.8$. Les entrées de dimensionnement à chaud sont $N_d = -1335 \text{ kN}$ et $k_{eff} = 0.7$. Les propositions de solution sont listées dans la section Résultats.

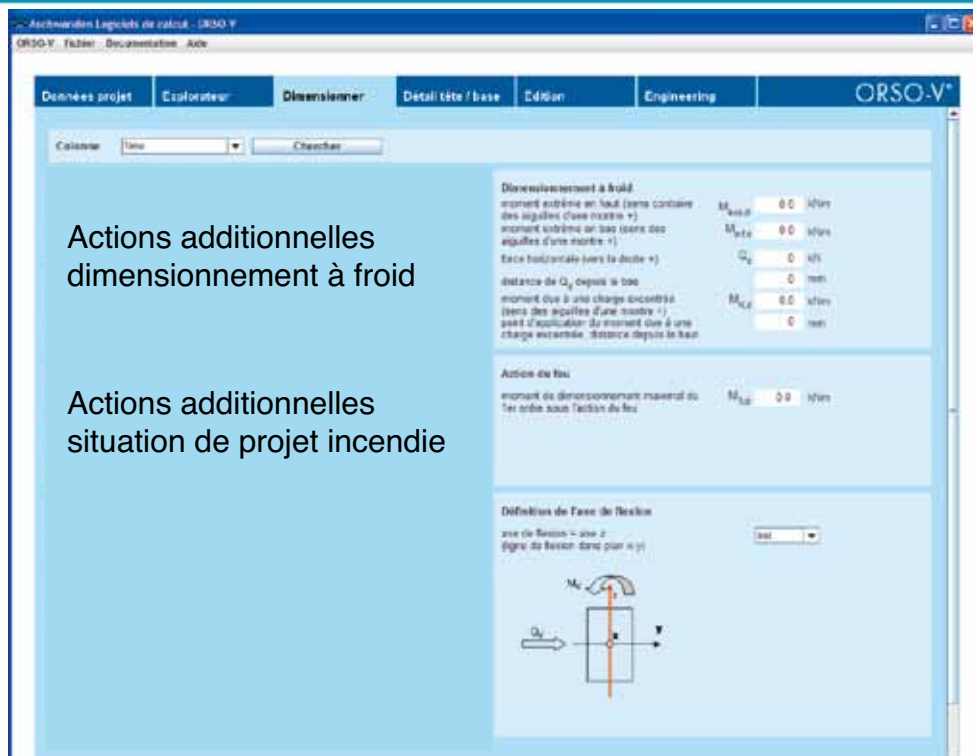
Géométrie

Entrées
dimensionnement à froid

Entrées
situation de projet incendie

Propositions de solution

Dimensionnement avec logiciel



Actions additionnelles
dimensionnement à froid

Actions additionnelles
situation de projet incendie

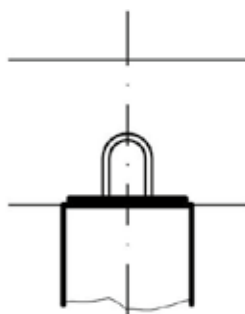
Détail base et tête

- **Lors du choix des détails base et tête, les données suivantes doivent en particulier être prises en compte**
 - modèle de colonne choisi
 - position de la colonne (colonne intérieure, de bord ou d'angle, avec prise en compte de la saillie du bord de dalle)
 - épaisseur et type de béton du plancher-dalle et du radier
 - transmission de force éventuellement nécessaire dans la zone de la dalle
 - si prévu: tête en acier pour la sécurité au poinçonnement

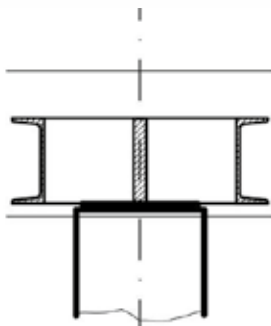
Détail base et tête

Sans transmission de la charge

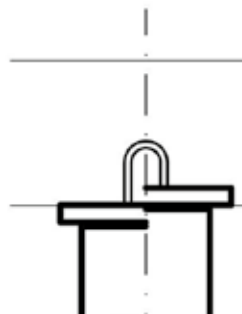
K61



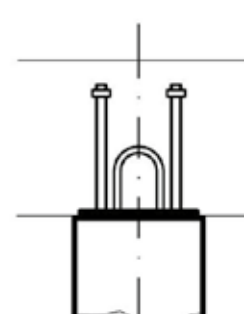
K62



K63



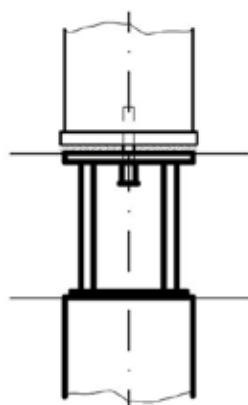
K67



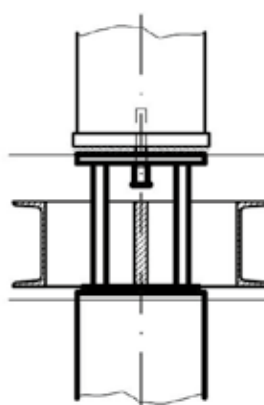
Détail base et tête

Avec transmission de la charge

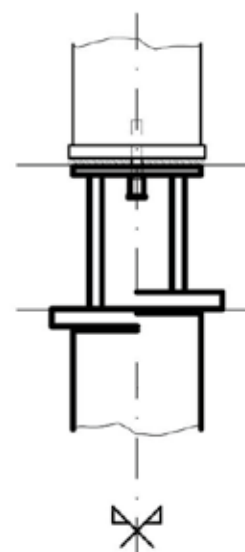
K64



K65

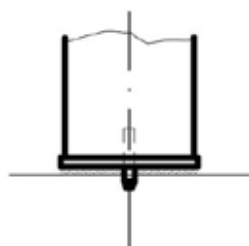


K66

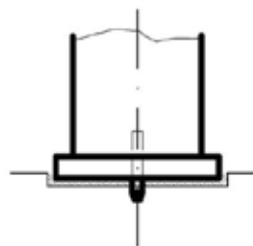


Détail base et tête

F61

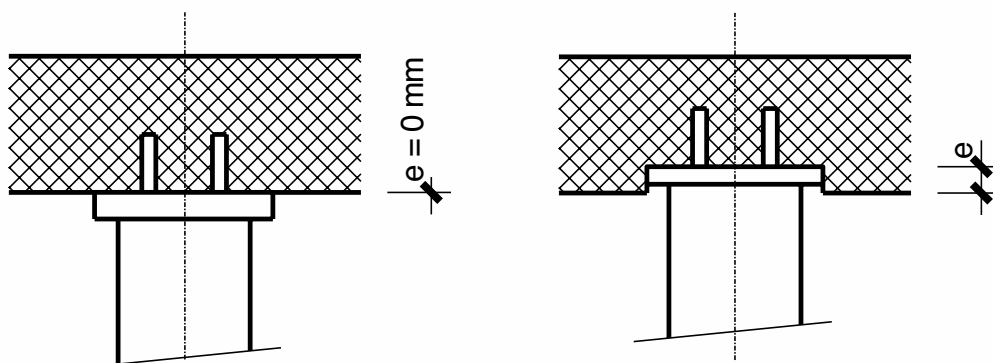


F62



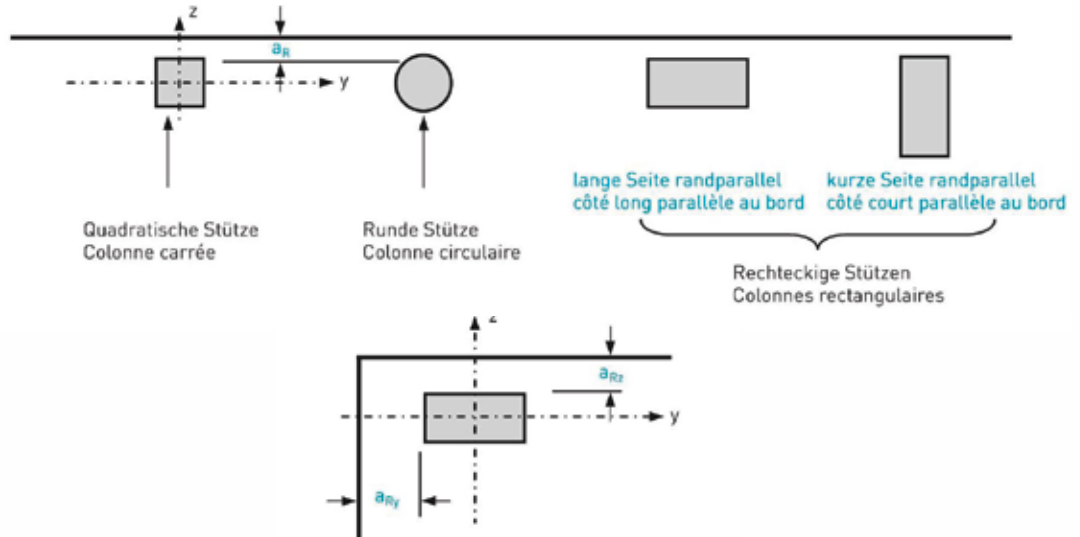
Détail base et tête

Déformation au niveau du détail base et et tête



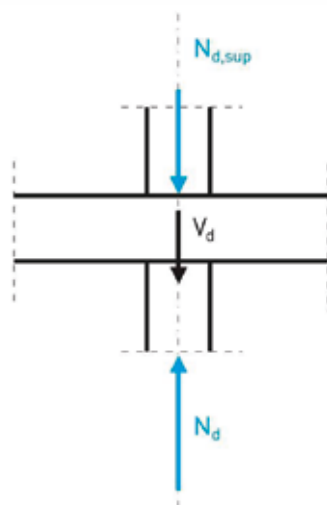
Détail base et tête

- **Données supplémentaires pour colonnes de bord et d'angle**
 - Distance du bord
 - Orientation de la colonne (seulement pour colonnes de bord rectangulaires)



Détail base et tête

- **Données supplémentaires pour transmission de la charge**
 - Force à transmettre
 - Forme et dimensions de la plaque d'appui de la colonne supérieure

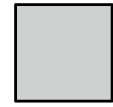


$$|N_{d,sup}| + V_d = |N_d|$$

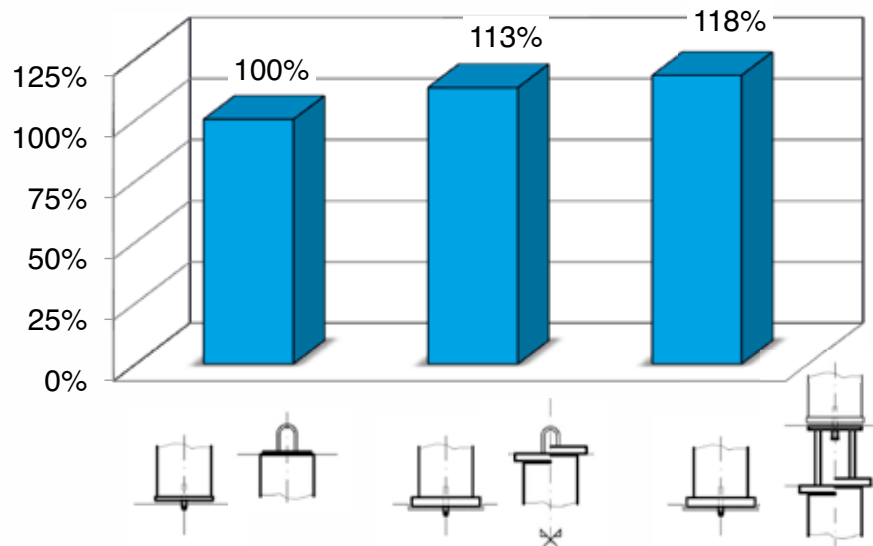
Détail base et tête

- **Comparaison du coût**

- Cas 1: colonne & détail K61 et F61 (prix de base 100%)
- Cas 2: colonne & détail K63 et F62
- Cas 3: colonne & détail K66 et F62



300 x 300 mm



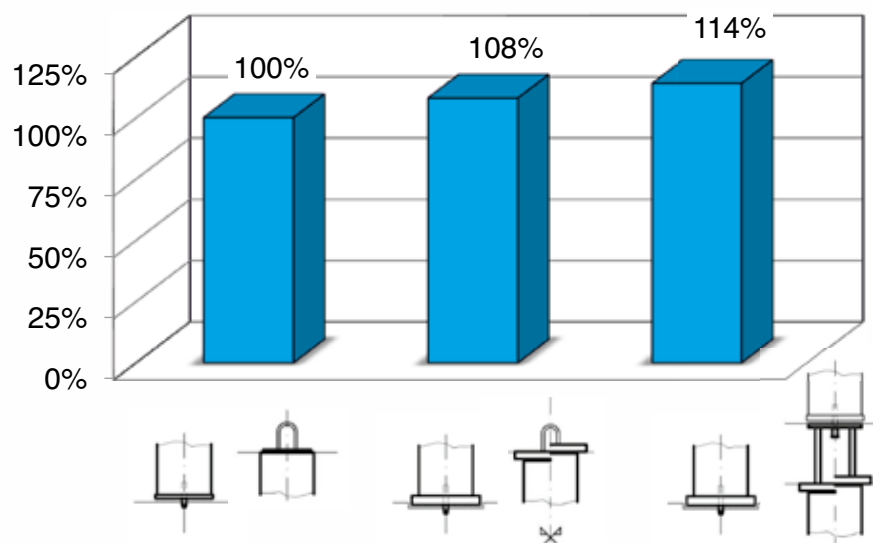
Détail base et tête

- **Comparaison du coût**

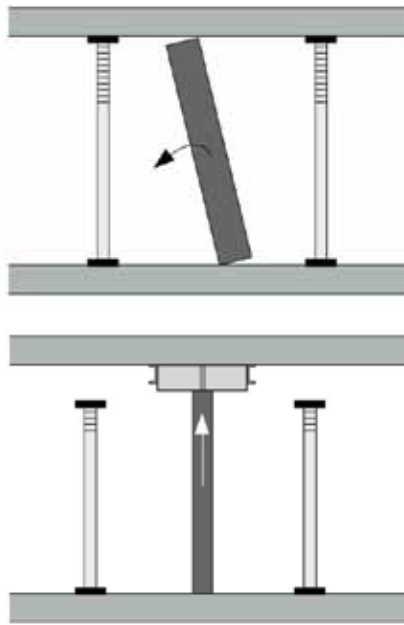
- Cas 1: colonne & détail K61 et F61 (prix de base 100%)
- Cas 2: colonne & détail K63 et F62
- Cas 3: colonne & détail K66 et F62



Ø244.5 mm



ORSO-V combinée avec RINO



Enlever la colonne existante

Mise en place d'une colonne ORSO-V avec tête en acier intégrée

→ Dans de nombreux cas, une colonne ORSO-V plus mince, de force portante plus élevée, suffit.

Résumé

- **Situation de projet incendie**
 - Le dimensionnement s'effectue sur la base des normes SIA et de l'eurocode
 - L'approche de dimensionnement est certifiée par l'AEAI
 - Le dimensionnement se base sur des analyses numériques détaillées
- **Aides de calcul de Aschwanden**
 - Diagrammes de flambage
 - Aschwanden App
 - Logiciel de calcul
- **Détail base/tête**
 - L'introduction de la charge est un „détail“ essentiel
 - Les détails base et tête sont importants pour le coût



F.J. Aschwanden SA
Grenzstrasse 24 CH-3250 Lyss
T +41 (0)32 387 95 95 F +41 (0)32 387 95 99
E-mail info@aschwanden.com
www.aschwanden.com

DURA® RINO® ORSO® CRET® RIBA® SILENT® ARBO®