

[campus]

JOURNÉE PROFESSIONNELLE 2015 – DANS LE CADRE DU CAMPUS ASCHWANDEN
Fiabilité de la construction: un tout

Aschwanden

Plus en performance. Plus en valeur.

ORATEURS

Dr Stefan Lips, Responsable technique R&D, F.J. Aschwanden AG, Lyss
Prof. Dr Albin Kenel, École technique supérieure de Rapperswil HSR

EXPOSÉS

- 3 **Éléments d'armature thermo-isolants ARBO et nouveau système ARBO Plus**
Exigences en matière de liaisons avec les dalles en porte-à-faux et explications concernant le dimensionnement
Dr Stefan Lips
- 23 **Colonnes mixtes acier-béton ORSO-V**
Capacité de charge importante et résistance au feu élevée
Prof. Dr Albin Kenel
- 37 **Armature de poinçonnement DURA**
Application de la norme SIA 262:2013 dans des situations de dimensionnement proches de la réalité
Dr Stefan Lips et Prof. Dr Albin Kenel



ARBO®



Éléments d'armature thermo-isolants ARBO et nouveau système ARBO Plus

Dr Stefan Lips

Sommaire

Introduction

Sécurité structurale

Aptitude au service

Isolation thermique

Resumé

Avantages pour le client

Introduction – Aperçu des produits Type ARBO

ARBO-300

Pour petits porte-à-faux



ARBO-400

ARBO-400Plus

Avec une isolation thermique plus performante



ARBO-500

ARBO-500Plus

Avec une isolation thermique plus performante



Introduction – Aperçu des produits Type ARBO

ARBO-600

ARBO-600Plus

Avec une isolation thermique plus performante



ARBO Silent-700 Avec isolation contre les bruits de choc



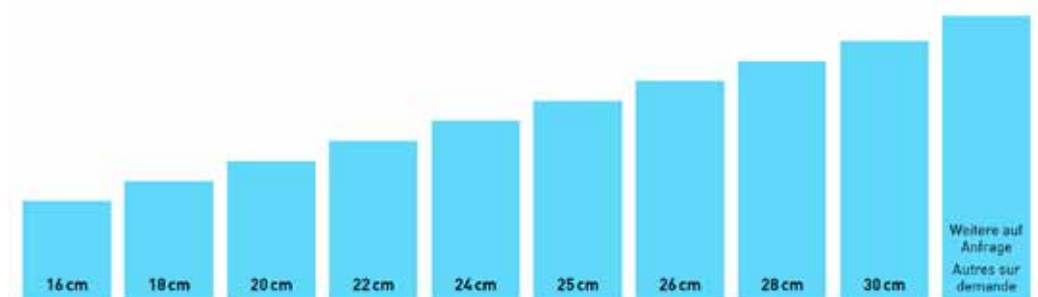
ARBO-800

Liaison entre dalles en escalier



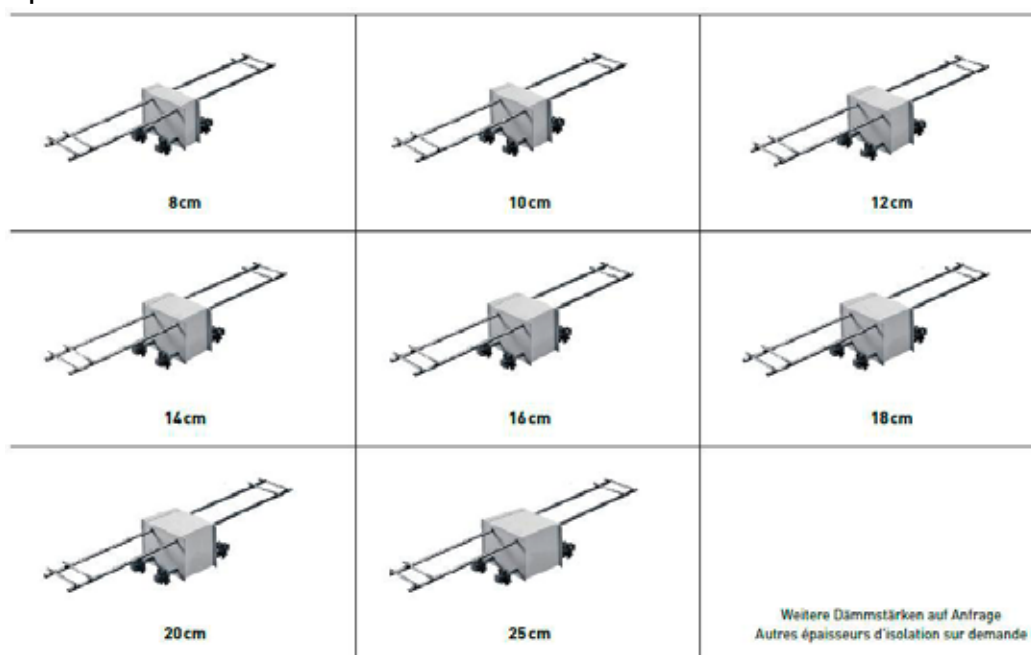
Introduction – Aperçu des produits Hauteurs d'élément standard

Hauteurs d'élément standard / épaisseur de dalles de 16 cm à 30 cm



Introduction – Aperçu des produits Épaisseurs d'isolation standard

Épaisseurs d'isolation standard de 8 à 25 cm



Introduction – Aperçu des produits Utilisations spécifiques

ARBO-400 o+u Z

Barres tendues
en haut et en bas



ARBO-400E o+u Z

Élément d'angle avec barres
tendues en haut et en bas



ARBO-400 Solution spéciale



ARBO-400ED

Élément d'angle en association avec un panier DURA



ARBO-400C

Effort tranchant



Introduction – Documents de base Introduction à la conception et au dimensionnement

LEITUNG / INTRODUCTION **ARBO®**

**Wärmedämmende Bewehrungs-
elemente zum Anschluss
von Stahlbetonbauteilen** **Éléments d'armature thermo-
isolants pour la liaison d'éléments
structuraux en béton armé**

**Einführung in die Projektierung und Bemessung
von Anschlüssen mit ARBO-Bewehrungselementen** **Introduction à la conception et au dimensionnement
des liaisons avec les éléments d'armature ARBO**

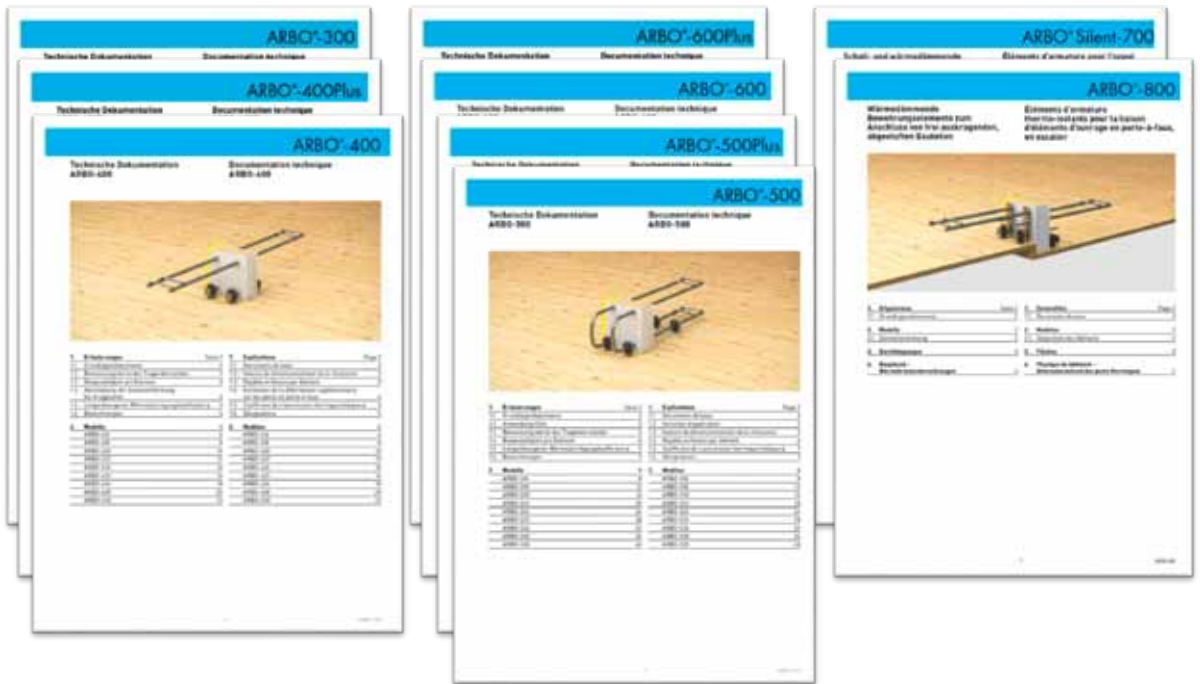


| Versity der ARBO-Produktlinie | Seite 7 | Reihenfolge der Typen der Produkte ARBO | Seite 7 |
|--|---------|--|---------|
| 1. Abgrenzung | 8 | 3. Einzelwerte | 8 |
| 2. Produktfamilie und Anwendung | 9 | 2. Arten der Produkte und der Nutzung | 9 |
| 3. Qualitätsniveau / Sicherheitsanforderungen | 21 | 4. Funktionelle Eigenschaften / Spezifische Anforderungen | 21 |
| 4. Bemessung | 27 | 5. Dimensionierung | 27 |
| 5. Bruchverhalten bei Kragmomentenlasten | 37 | 6. Verhalten bei Bruch von Stahlbeton in der Praxis | 37 |
| 6. Bewehrungen | 41 | 7. Zusammenfassung | 41 |
| 7. Normen | 42 | 8. Normen | 42 |

ARBO Einführung 7 ARBO Zusammenfassung 42

- Généralités
- Aperçu des produits et de leur utilisation
- Fonctionnalités complémentaires / Utilisations spécifiques
- Dimensionnement
- Résistance au feu au niveau des liaisons de dalles en porte-à-faux

Introduction – Documents de base Documentation technique



Introduction – Documents de base Documentation technique

Géométrie

Résistance

Rigidité en flexion

Déformation supplémentaire sur les dalles en porte-à-faux

Coefficient de transmission thermique linéique

Introduction – Documents de base

Exposé technique



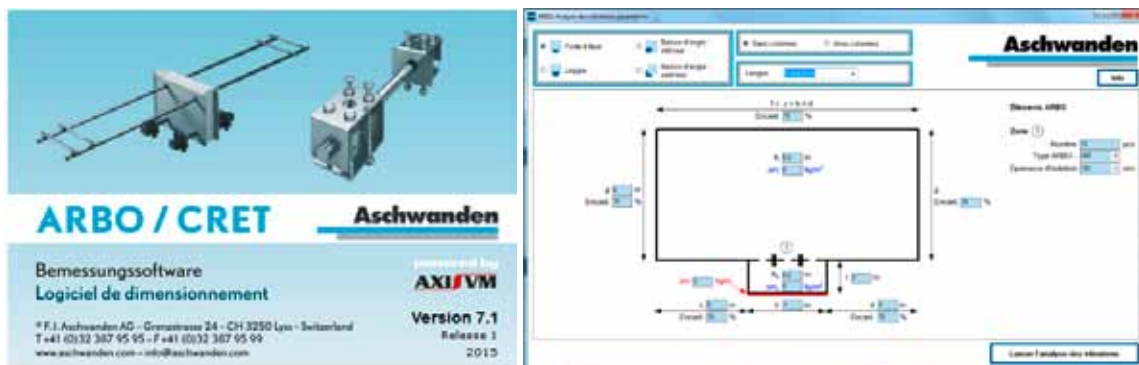
- Introduction
- Documents concernant le dimensionnement
- Sécurité structurale
- Aptitude au service
- Isolation thermique
- Exemple

(disponible uniquement en format pdf)

Introduction – Logiciel de calcul

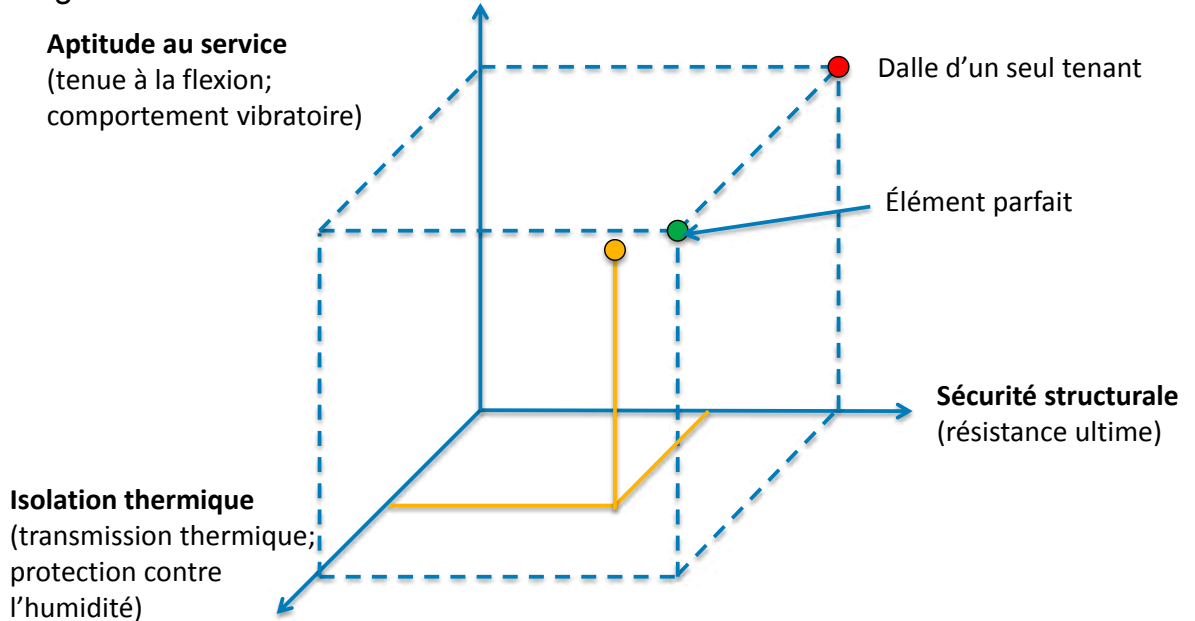
Logiciel de calcul:

- logiciel de calcul ARBO/CRET d'Aschwanden
- plug-in ARBO/CRET pour le logiciel Axis VM
- outil d'analyse des vibrations paramétré

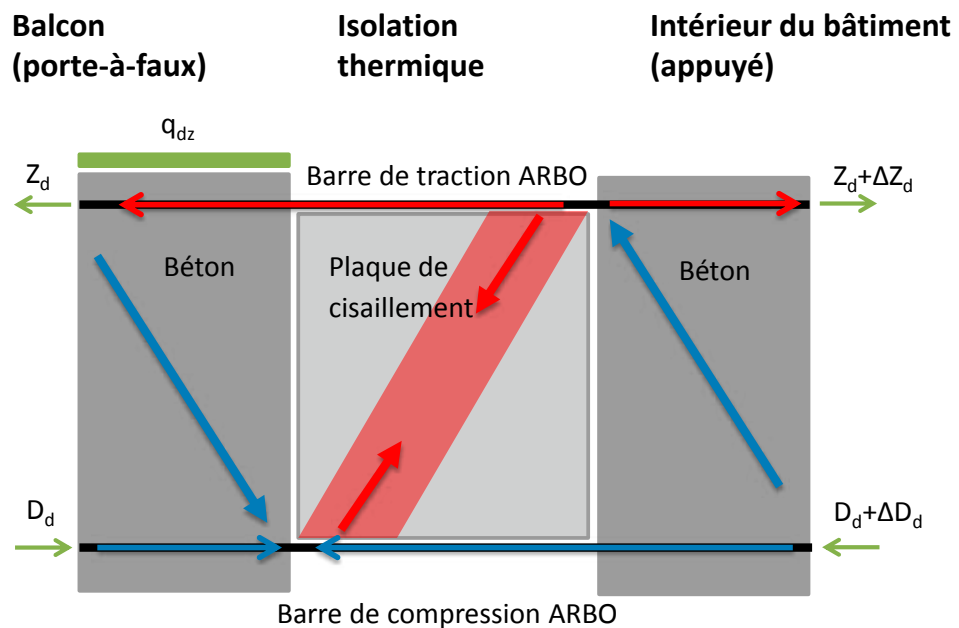


Introduction – Exigences concernant le dimensionnement

Les éléments d'armature thermo-isolants doivent répondre à des exigences tridimensionnelles

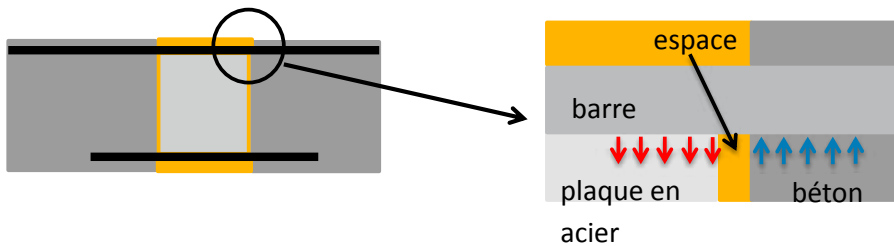


Sécurité structurale – Flux des forces



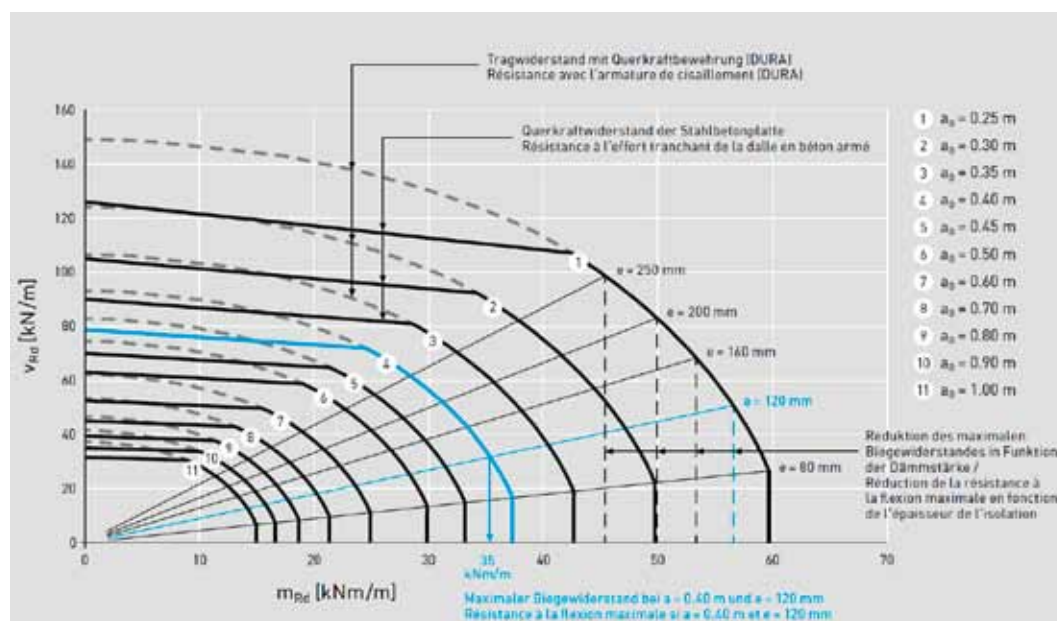
Sécurité structurale – Mode de rupture

- Résistance des barres de traction/compression (Interaction N-M-V)

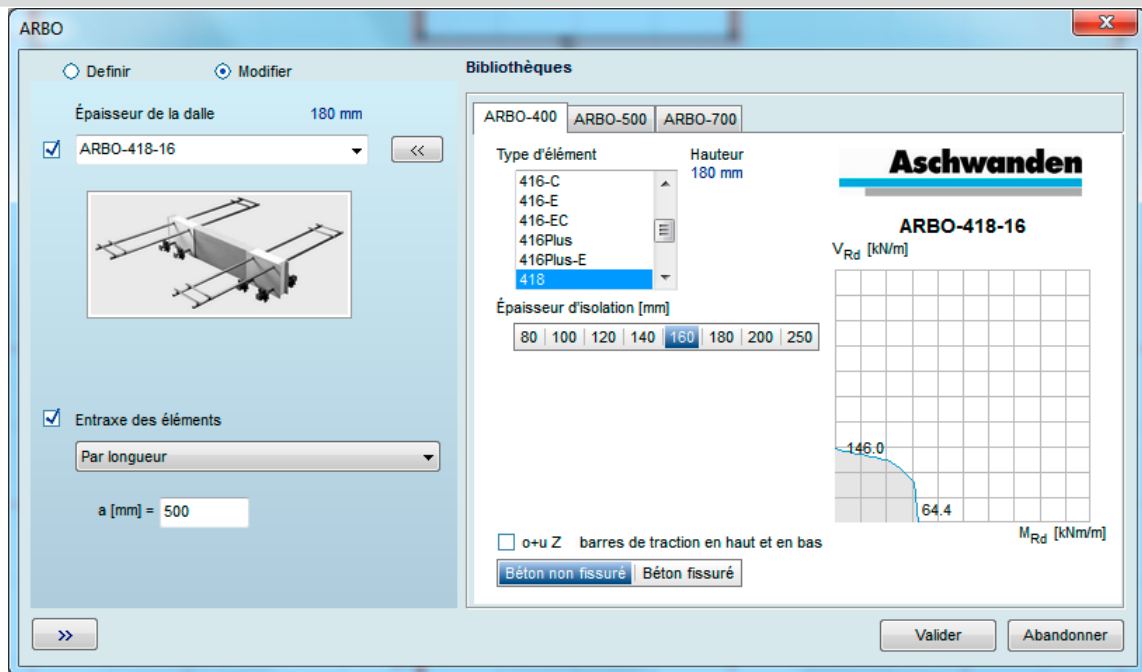


- Flambage de la barre de compression
- Résistance de la plaque de cisaillement
- Résistance à l'effort tranchant des dalles en béton armé

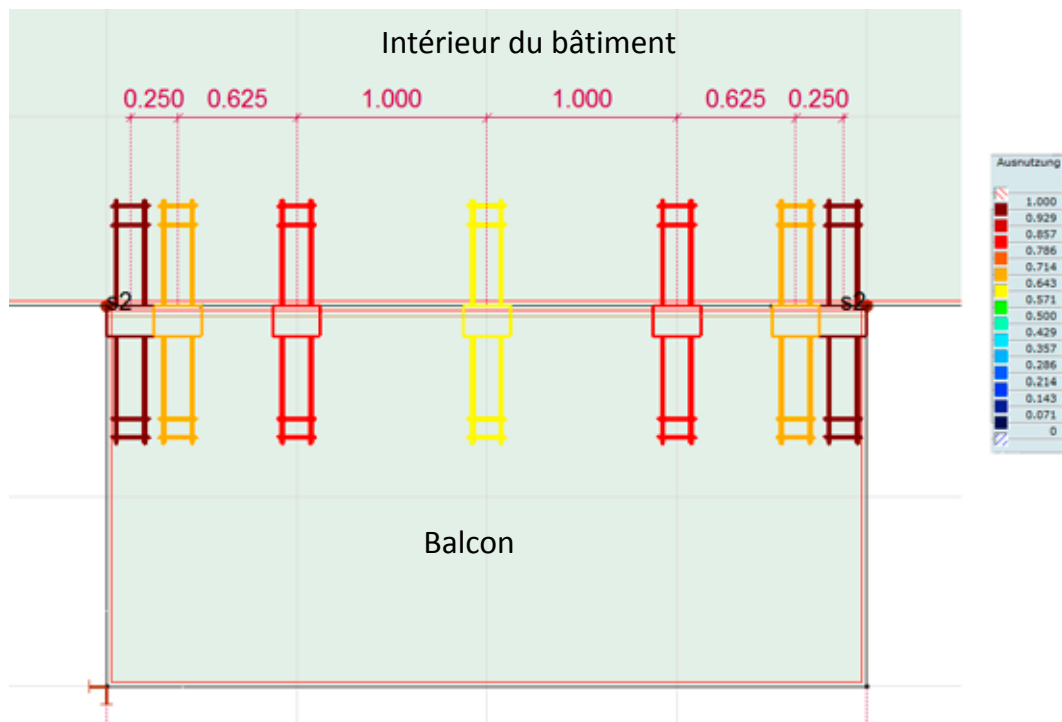
Sécurité structurale Diagramme des résistances ultime



Sécurité structurale – Logiciel de calcul



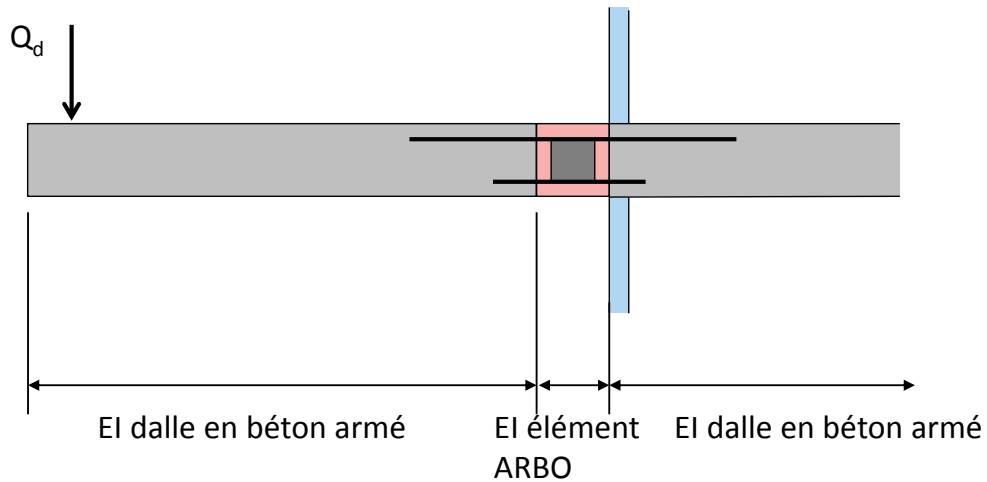
Sécurité structurale – Logiciel de calcul



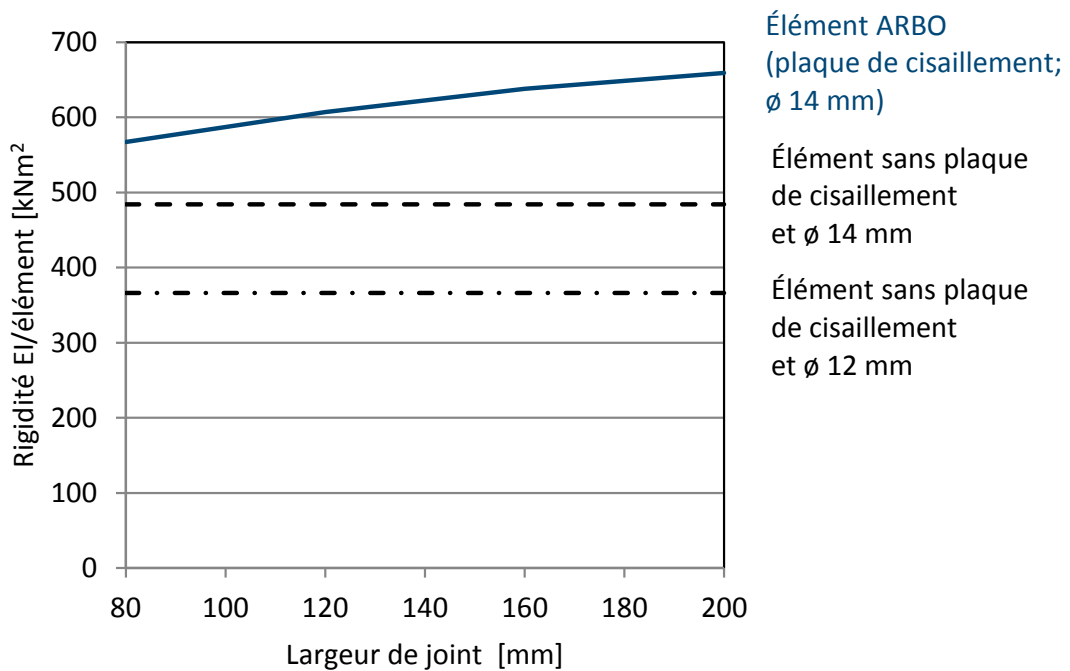
Aptitude au service

Flèches et vibrations

- Rigidité de la dalle en béton armé
- Conditions au bord (conditions d'appui)
- Rigidité des éléments ARBO



Aptitude au service – Rigidité en flexion



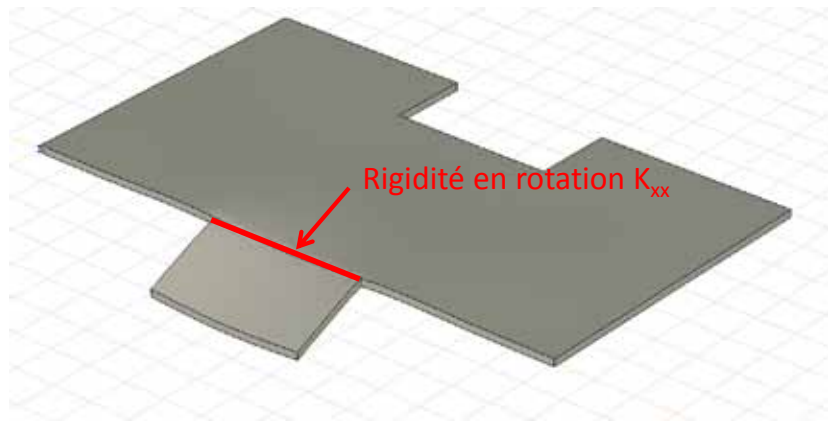
Aptitude au service – Rigidité en flexion

Rigidité en rotation parallèlement à la direction des joints:

$$K_{xx} = EI_{EL} \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{1}{e}$$

a : entraxe des éléments ARBO

e : épaisseur de l'isolation



Aptitude au service – Rigidité en flexion

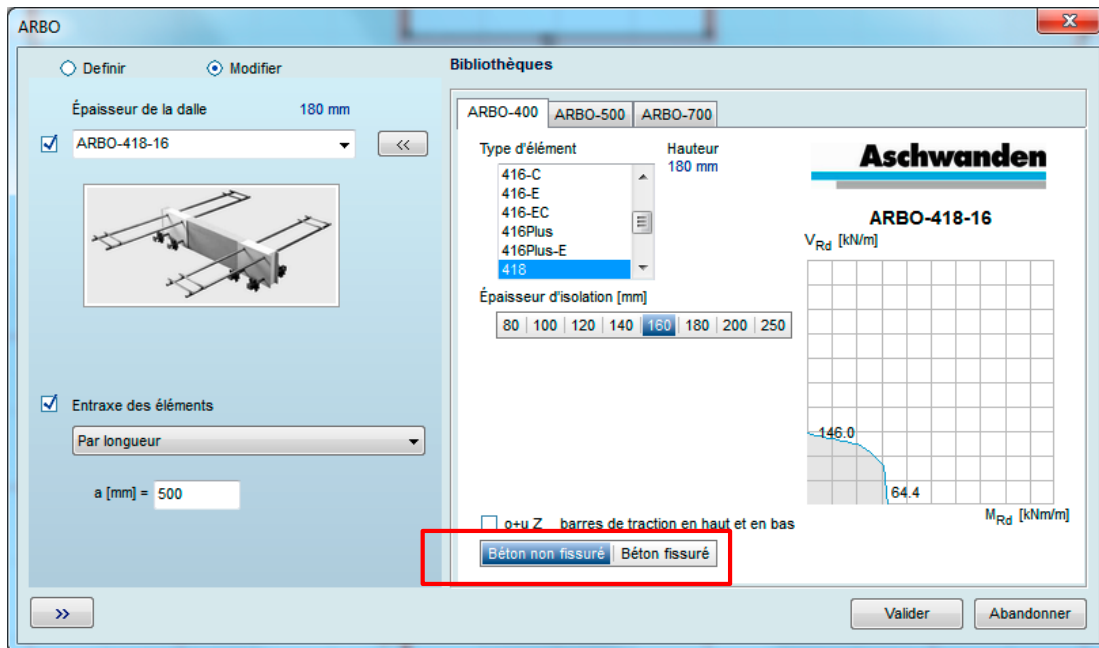
Calcul des flèches:

- Calcul linéaire (modélisation de section non fissurée sans fluage)
→ augmentation consécutive des flèches
- Calcul non linéaire (modélisation de section fissurée avec fluage)
→ détermination directe des flèches (ou bien analyse des vibrations)

| Dämmstärke Épaisseur de l'isolation | Für linear-elastische FEM Berechnung (ungerissen) Pour un calcul FEM linéaire-élastique (non fissuré) | Für nichtlineare FEM Berechnung (gerissen) Pour un calcul FEM non linéaire (fissuré) |
|--|--|---|
| e = 80 mm | $EI_{EL} = 1125 \text{ kNm}^2$ | $EI_{EL} = 275 \text{ kNm}^2$ |
| e = 120 mm | $EI_{EL} = 1175 \text{ kNm}^2$ | $EI_{EL} = 300 \text{ kNm}^2$ |
| e = 160 mm | $EI_{EL} = 1225 \text{ kNm}^2$ | $EI_{EL} = 300 \text{ kNm}^2$ |
| e = 200 mm | $EI_{EL} = 1250 \text{ kNm}^2$ | $EI_{EL} = 300 \text{ kNm}^2$ |
| e = 250 mm | $EI_{EL} = 1250 \text{ kNm}^2$ | $EI_{EL} = 300 \text{ kNm}^2$ |

Dans un calcul linéaire, pour compenser l'augmentation consécutive des flèches, la rigidité des éléments ARBO a été adaptée.

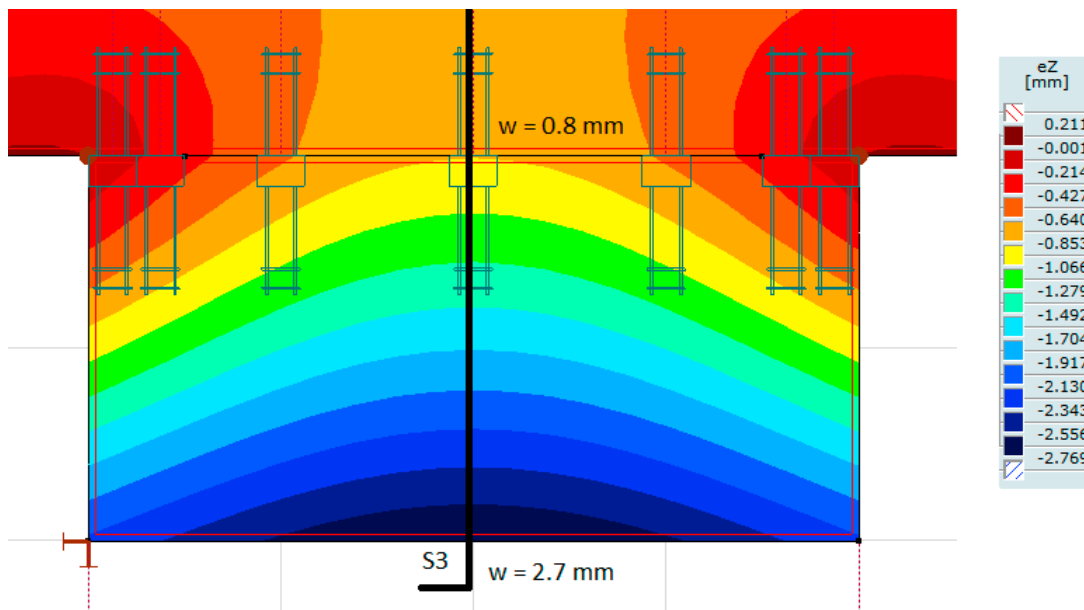
Aptitude au service – Flèches



Modélisation de la dalle en béton armé: $E_c = 30'000 - 35'000 \text{ N/mm}^2$

Aptitude au service – Flèches

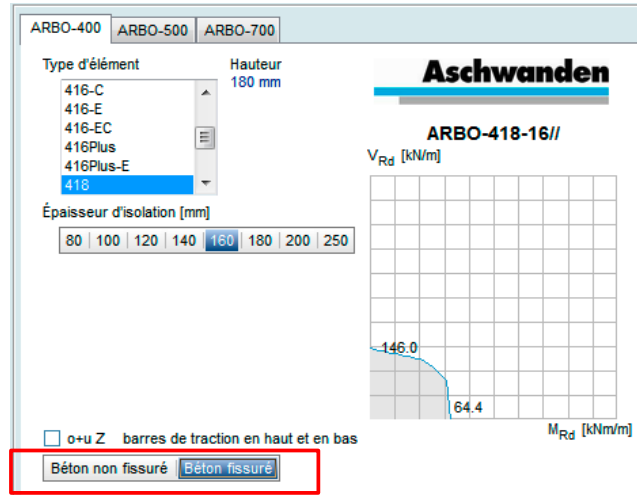
$$w = \frac{1 - 20 \cdot \rho'}{10 \cdot \rho^{0.7}} \cdot (0.75 + 0.1 \cdot \varphi) \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^3 \cdot w_c \quad w_c = 2.7 - 0.8 = 1.8 \text{ mm}$$



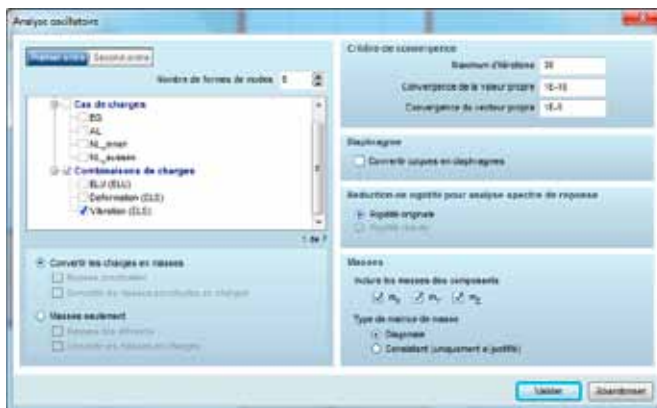
Aptitude au service – Vibrations

Prise en compte de la section fissurée

- Réduction de l'e-module $E_{modell} = \frac{E_{c0}}{3}$ (modélisation des dalles)
- Rigidité élément ARBO (section fissurée)

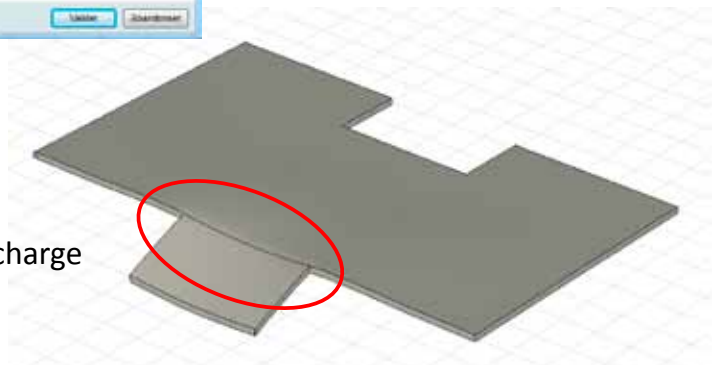


Aptitude au service – Vibrations



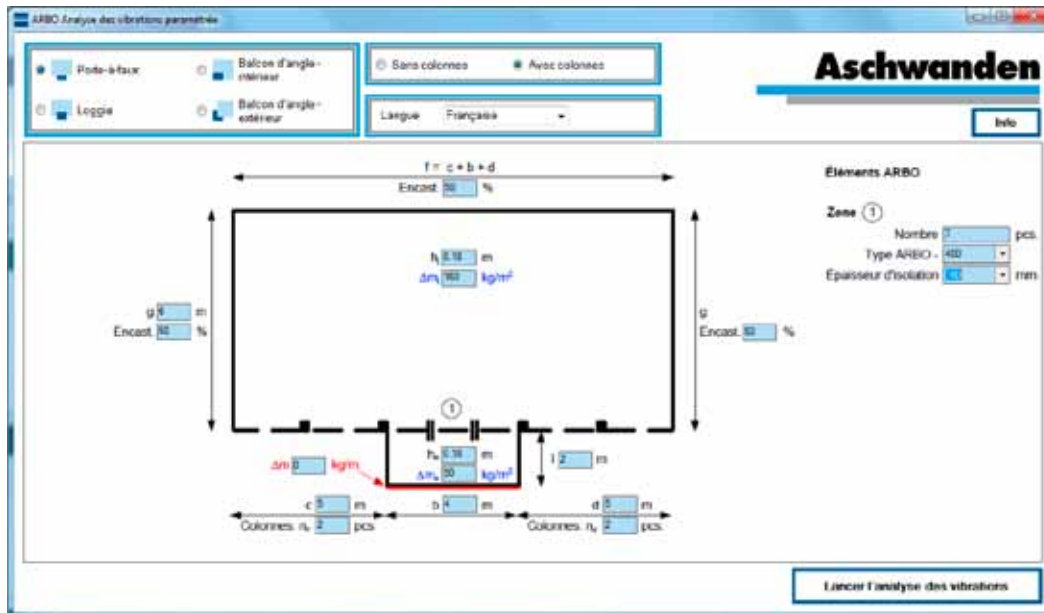
-> fréquence propre

Prise en compte de la flèche en charge
de la dalle attenante



Aptitude au service – Vibrations Outil d'analyse des vibrations paramétré

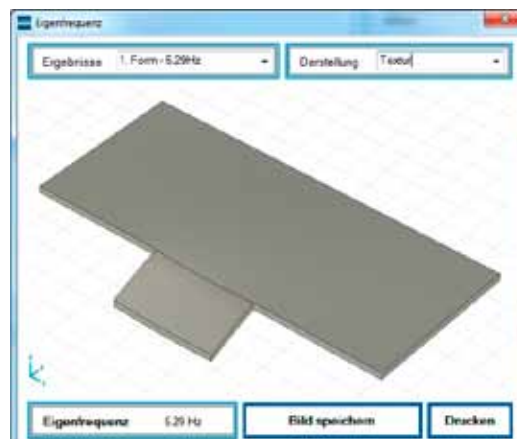
Analyse simplifiée avec outil d'analyse des vibrations paramétré



Aptitude au service – Vibrations Outil d'analyse des vibrations paramétré

La norme SIA 260 prescrit des valeurs de référence pour la fréquence de résonance, mais pas directement pour les structures en porte-à-faux.

à titre indicatif: Passerelles: $f > 4.5 \text{ Hz}$ ou $f < 1.6 \text{ Hz}$
Locaux de danse et salles de concert: $f > 7 \text{ Hz}$



Isolation thermique

– Bilan thermique

- SIA 380/1:2009 L'énergie thermique dans les bâtiments
- Modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC) 2014
- (SIA 380/1:2015 Besoins en chauffage)

→ Transmission thermique par les ponts thermiques

– Confort

- SIA 180:2014

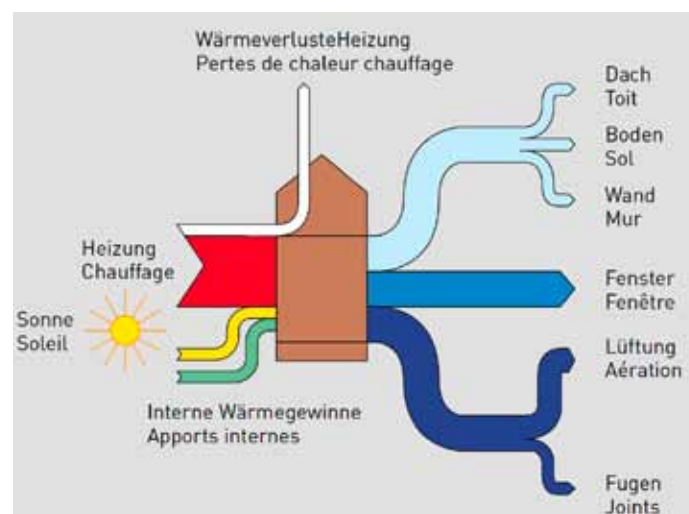
Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments

→ Apparition d'humidité en cas de ponts thermiques

Isolation thermique – Énergie thermique Performance globale requise

Performance globale requise

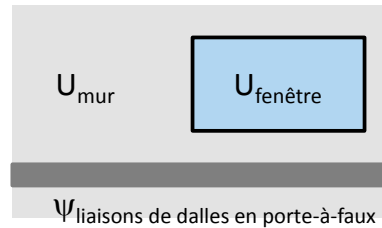
- Qualité requise de l'enveloppe considérée dans son ensemble



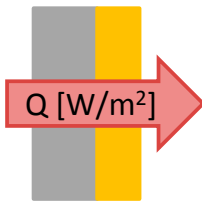
Isolation thermique – Énergie thermique

Performances ponctuelles requises

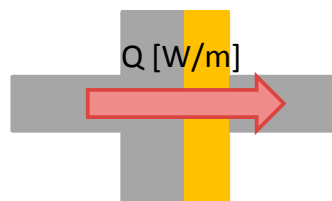
Performances ponctuelles requises
 – Exigences imposées à chaque élément d'enveloppe pour la transmission thermique, comme p. ex. murs, fenêtres, portes, et pour les ponts thermiques



p. ex. murs



p.ex. liaisons de dalles en porte-à-faux



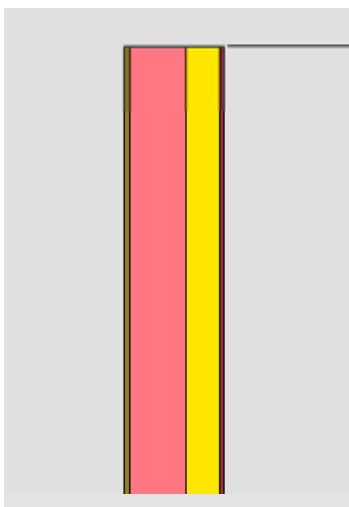
Q = transmission thermique

Isolation thermique – Énergie thermique

Vérification des ponts thermiques

Pour la vérification des ponts thermiques, le coefficient de transmission thermique linéique est déterminant.

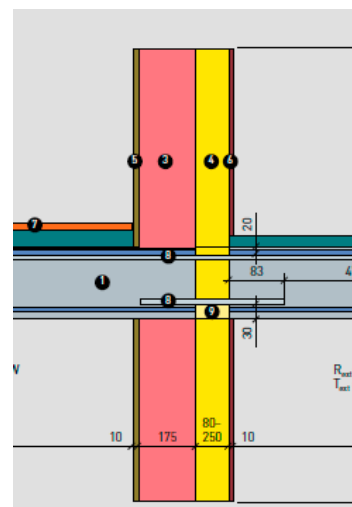
Transmission thermique Q_0



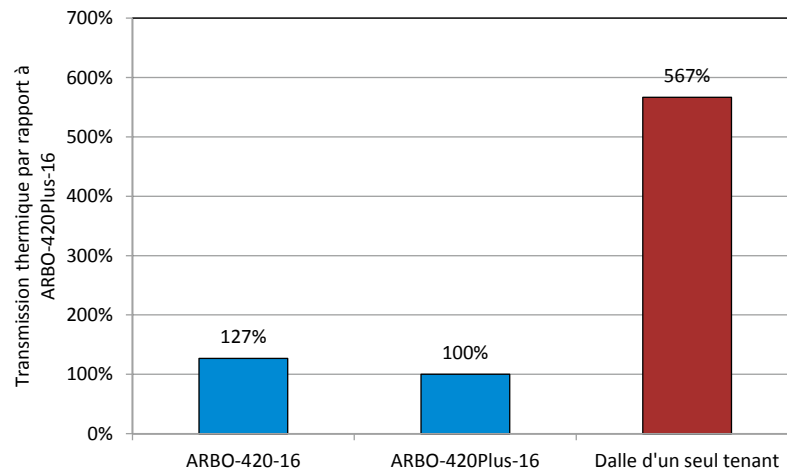
$$\psi = \frac{Q_1 - Q_0}{L \cdot \Delta T}$$

$$\psi [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

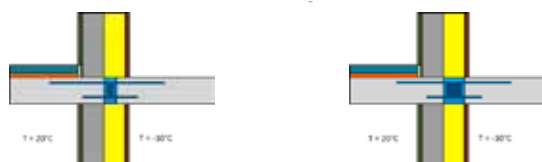
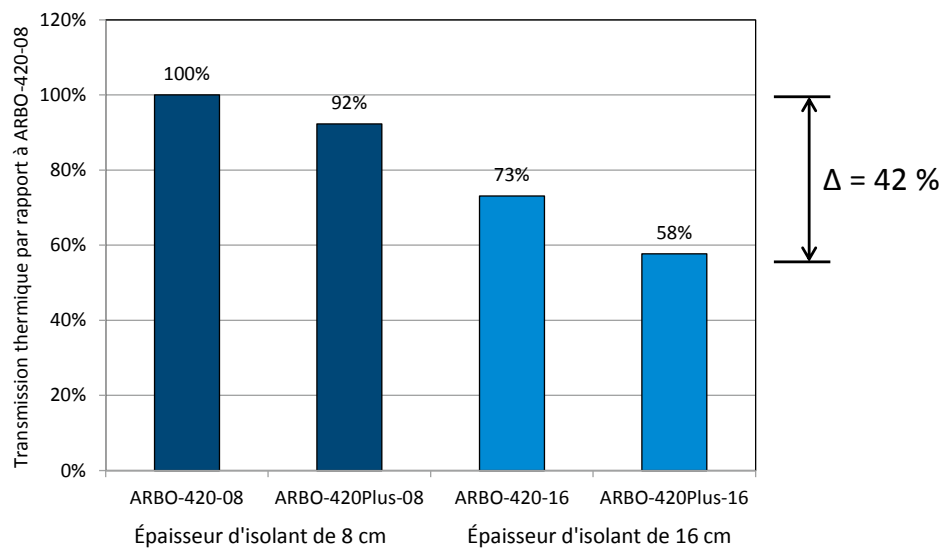
Transmission thermique Q_1



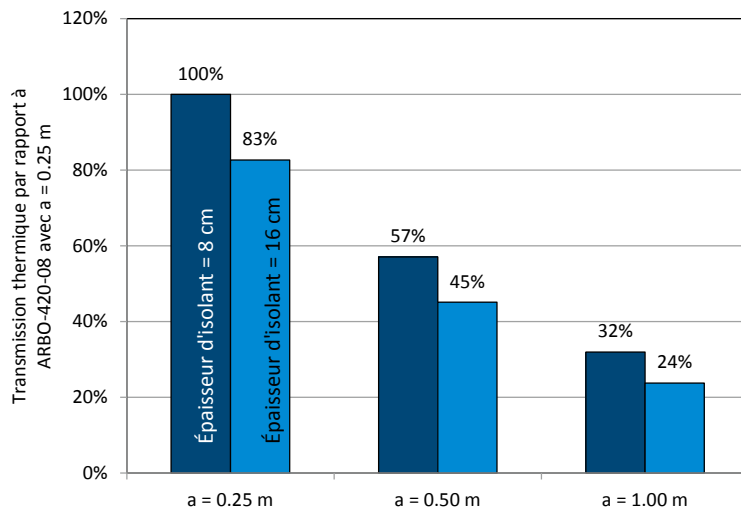
Isolation thermique Influence des éléments ARBO



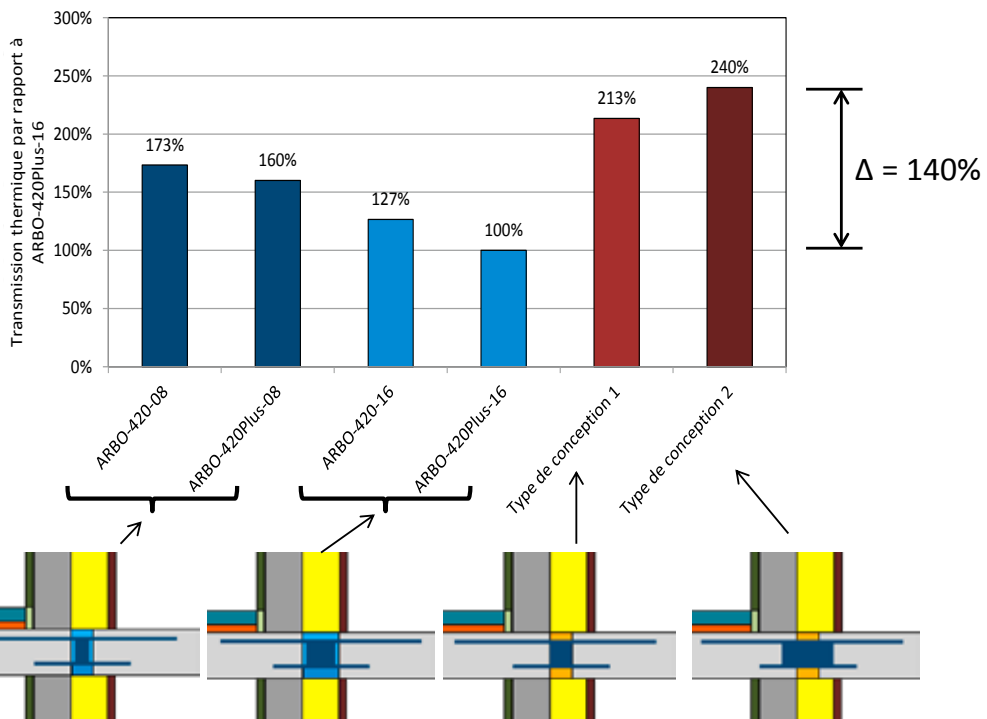
Isolation thermique Influence de l'épaisseur de l'isolation



Isolation thermique Influence de l'entraxe des éléments



Isolation thermique Influence du mode de conception



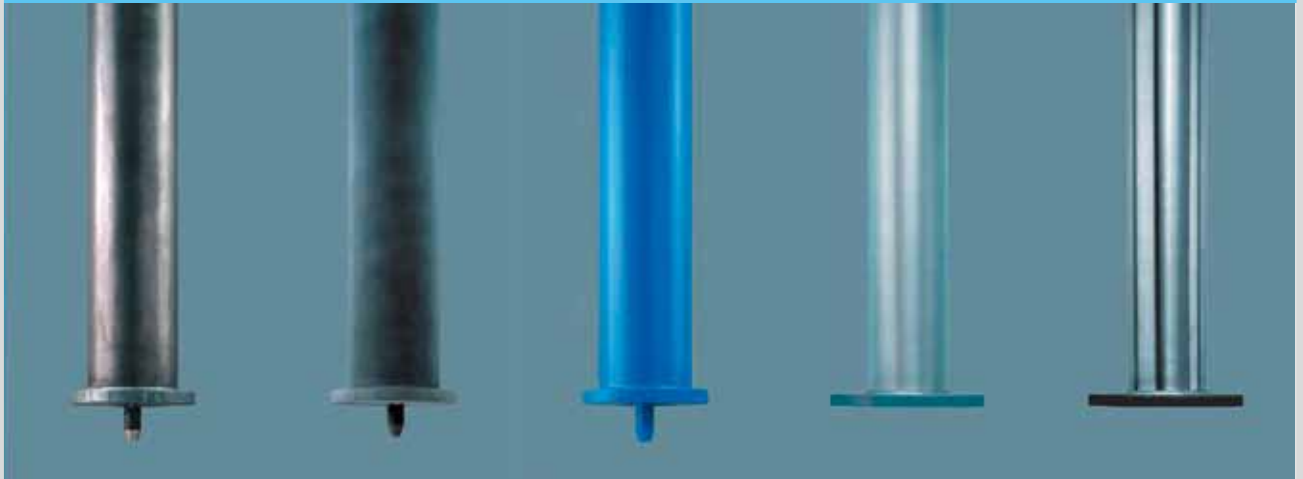
Résumé

Les éléments ARBO sont adaptés de manière optimale aux exigences (sécurité structurale; aptitude au service; isolation thermique)

- **Sécurité structurale**
 - Modèle bielle et tirant pour la transmission des forces
 - Prise en compte du flambage
 - Prise en compte de la transmission de l'effort tranchant dans la dalle en béton attenante
- **Aptitude au service**
 - La rigidité en flexion (éléments et dalle en béton armé) est déterminante pour la tenue à la flexion et le comportement vibratoire
 - La flèche en charge de la dalle en béton armé attenante doit être prise en compte
 - Le diamètre des barres et le nombre de plaques de cisaillement ont une grande influence sur la rigidité en flexion des éléments attenants
- **Isolation thermique**
 - Une épaisseur d'isolant plus importante augmente l'isolation thermique
 - Un entraxe des éléments plus important augmente l'isolation thermique
 - Les éléments ARBO Plus offrent une isolation thermique supplémentaire

Avantages pour le client

- Épaisseurs d'isolation standard de 8 cm à 25 cm
- Hauteurs standard des éléments de 16 cm à 30 cm
- Épaisseur d'isolation spécifique à chaque projet et hauteur des éléments selon la demande du client
- **Éléments ARBO Plus avec une isolation thermique supplémentaire**
- Réduction directe de la charge grâce à une disposition optimisée des éléments
- Produits standard facilitant le contrôle du chantier
- Valeurs calculées en fonction de la physique du bâtiment
- Versions en acier inoxydable
- Documentation technique claire
- Logiciel de calcul convaincant
- **Outil d'analyse des vibrations**
- Assistance pour le calcul des solutions spécifiques personnalisées par nos services Engineering



Colonnes mixtes acier-béton ORSO-V: capacité de charge importante et résistance au feu élevée

Prof. Dr. Albin Kenel

Vue d'ensemble

- **Écaillage de l'enrobage en cas d'incendie**
- **Dimensionnement «à froid» et «à chaud»**
- **Prédimensionnement avec l'app**
- **Avantages pour le client**

Écaillage de l'enrobage en cas d'incendie

Problématique principale des colonnes en béton armé:

Écaillage de l'enrobage en cas d'incendie

→ SIA 262:2013 chiffre 4.3.10.5.2

Éviter les défaillances non prévenues par cette procédure de vérification comme **l'écaillage de l'enrobage**,

la perte d'adhérence de l'armature ou le flambage de l'armature comprimée grâce à des mesures constructives.



Photo: V.K.R. Kodur, L. Phanb; Critical factors governing the fire performance of high strength concrete systems; Fire Safety Journal 42 (2007) 482–488

Écaillage de l'enrobage en cas d'incendie

Création du groupe de travail «Incendie» de la CN SIA 262

Dans le cadre des discussions susmentionnées, la CN SIA 262 a par ailleurs chargé ce groupe de travail «Incendie» de résumer dans un **article l'état actuel des connaissances** et de présenter les principaux objectifs et les étapes futures de la CN SIA 262. Cet article a été discuté lors de plusieurs séances du GT «Incendie» et de la CN SIA 262 et sa publication a été approuvée le 11 avril 2014. Il est disponible sur le site

www.sia.ch/korrigenda > SIA 262

et il sera actualisé si nécessaire.

Écaillage de l'enrobage en cas d'incendie

Écaillage

SIA 262 exige généralement la vérification de l'absence d'écaillage du béton.

EC2 indique des méthodes permettant d'éviter l'écaillage:

- A treillis d'armature supplémentaire,
- B béton qui a été testé et n'a montré aucun écaillage (essais, expérience),
- C enrobage supplémentaire de protection contre les incendies et
- D mélange de béton ayant plus de 2 kg/m³ de fibres PP

Pour les bétons à haute résistance selon SN EN 1992-1-2 (dès C 55/67), seules les **méthodes B et C peuvent être utilisées en toute sécurité**. Pour les **méthodes A et D, on a le choix entre réaliser des essais** ou effectuer la vérification détaillée.

Écaillage de l'enrobage en cas d'incendie

Écaillage: citations extraites de l'article du groupe de travail «Incendie»

«Il n'est **aujourd'hui pas encore possible** de donner des règles quantitatives précises, propres à **éviter totalement l'écaillage**.»

«Si l'**écaillage est empêché de façon éprouvée**, les **méthodes de vérification au moyen de méthodes d'ingénierie ou par calcul aux éléments finis** sont **possibles**. Les lois des matériaux utilisées doivent être basées sur des hypothèses solides et vérifiées. Comme alternative, les autorités peuvent reconnaître l'**utilisation directe sur la base d'essais**. Le champ d'application directe comprend, par exemple, des colonnes avec la même section transversale, une charge équivalente ou plus faible et une longueur identique ou inférieure à celle de la colonne testée.»

Écaillage de l'enrobage en cas d'incendie

Le béton des colonnes en béton armé ORSO-B:

- est autoplaçant et à haute résistance
- est de la classe de résistance C80/95
- est un mélange breveté
- ne s'écaille pas en cas d'incendie
- a été mis au point et testé au cours d'essais de résistance au feu (MFPA, Leipzig, 2013; BAM, Berlin, 2013)

Les prestations proposées par différents fabricants doivent être comparables.

Lors d'un appel d'offres de R90, les soumissions ne doivent pas comporter la mention «**Protection incendie non fournie**».

Principes du dimensionnement des colonnes ORSO-V

- **Dimensionnement à froid selon la norme SIA 264:2014**
 - Vérification pour les colonnes sous contrainte quasi centrale
 - Vérification de la compression avec flexion
 - Choc
- **Dimensionnement à chaud selon la norme SN EN 1994-1-2:2005**
 - Vérification pour les colonnes sous contrainte quasi centrale
 - Vérification de la compression avec flexion

Dimensionnement à froid

Vérification de la sécurité structurale:

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

Vérification pour les colonnes sous contrainte quasi centrale (SIA 264:2014 chiffre 5.3.2)

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

χ_K : facteur de réduction du flambage selon la norme SIA 263:2013

$N_{pl,Rd}$: valeur calculée de la résistance plastique 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 de la compression avec flexion

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

$$\mu_d = \frac{M_{pl,N,Rd}}{M_{pl,Rd}} \rightarrow \text{M-N diagramme d'interaction}$$

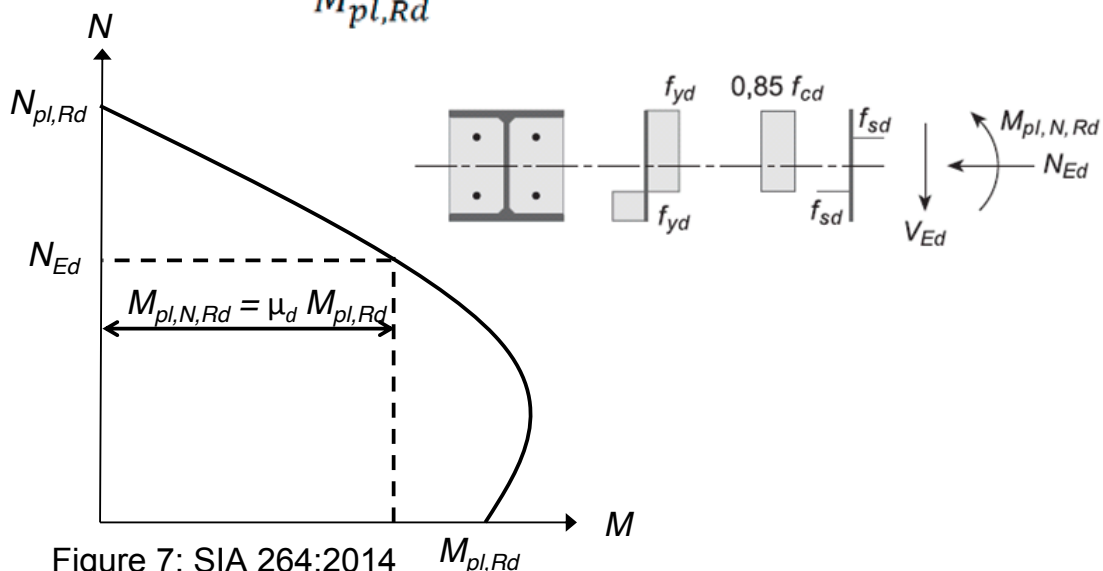
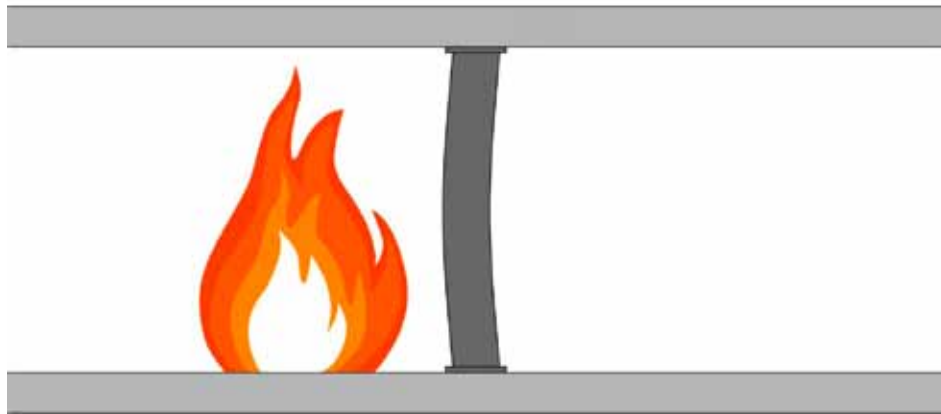


Figure 7: SIA 264:2014

Dimensionnement à chaud

– Situation de calcul Incendie

- Calcul jusqu'à la classe de résistance au feu R240
- Agrément anti-incendie de l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI)



Dimensionnement à chaud

Vérification de la sécurité structurale:

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

Vérification pour les colonnes sous contrainte quasi centrale (SN EN-1994-1-2:2005 chiffre 4.3.5.1)

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

χ : facteur de réduction du flambage selon la norme EN-1993-1-1 chiffre 6.3.1

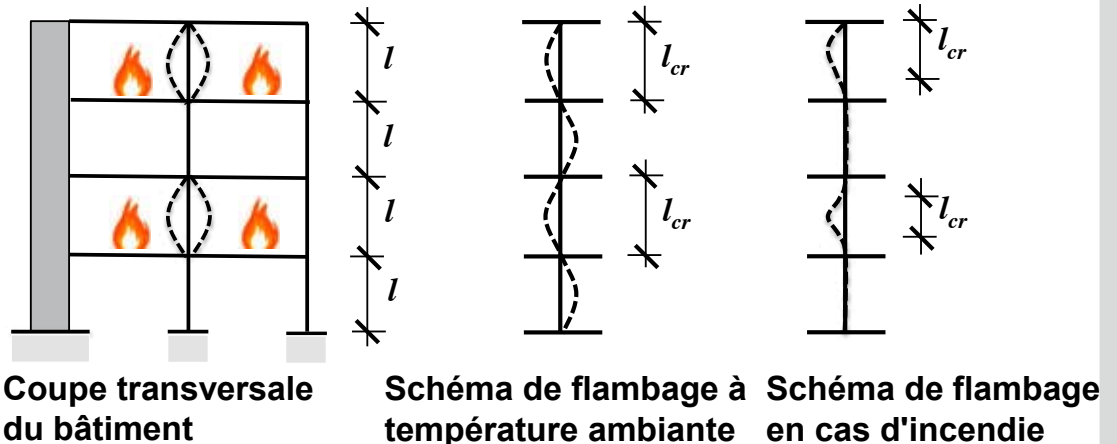
$N_{fi,pl,Rd}$: valeur calculée de la résistance plastique à l'effort normal

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

Dimensionnement à chaud

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

- $l_{cr} = 0.5 \cdot l$ pour les colonnes intérieures
- $l_{cr} = 0.7 \cdot l$ pour les colonnes intérieures du dernier étage
- $l_{cr} = 0.7 \cdot l$ pour les colonnes situées au bord
- $l_{cr} = 1.0 \cdot l$ pour les constructions de volume important (p.ex. bâtiments avec patio) où l'incendie peut s'étendre à plusieurs étages



Dimensionnement à chaud

Vérification de la compression avec flexion

SN EN-1994-1-2:2005 Annexe G:

Procédé de calcul de la résistance au feu des colonnes mixtes en cas de flambage en flexion autour de l'axe faible et de l'exposition au feu de tous côtés selon la courbe de température-temps

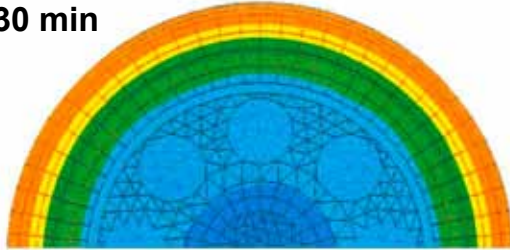
$$|N_{equ}| \leq |N_{fi,Rd}|$$

N_{equ} : effort normal calculé équivalent augmenté

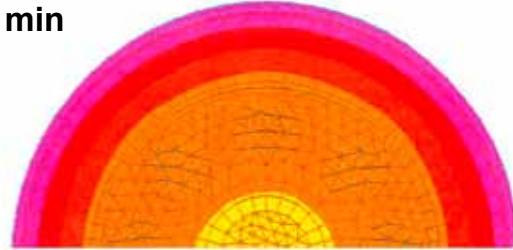
Dimensionnement à chaud

Prise en compte de l'influence de la température à travers des études numériques complètes (calcul non stationnaire de la chaleur) pour chaque section

30 min



90 min



60 min

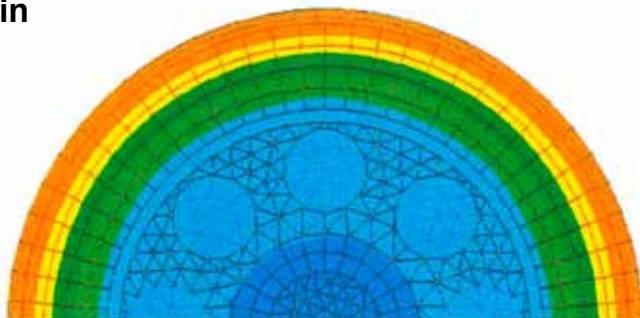


150 min

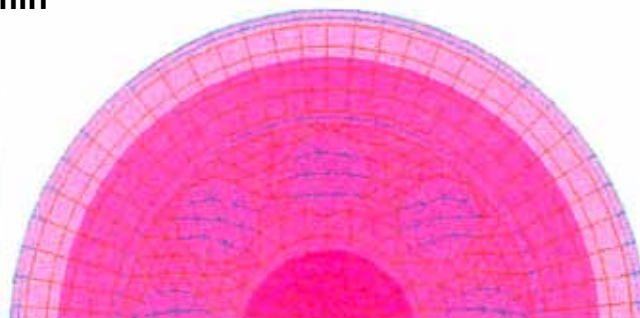


Dimensionnement à chaud

30 min



240 min



1200 °C

0 °C

$\Delta T = 100$ °C

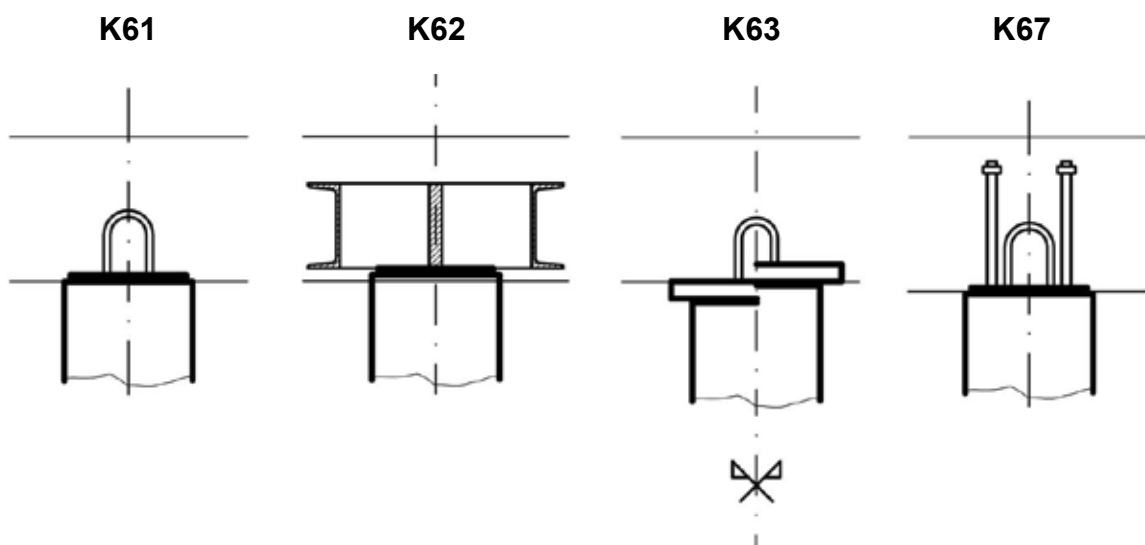


Détails de la tête et du pied

Lors du choix des détails de la tête et du pied, il faut tenir compte en particulier des éléments suivants:

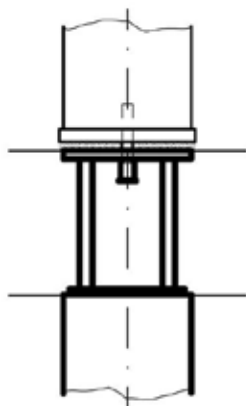
- modèle de colonne retenu
- positionnement de la colonne (colonne intérieure, de bord ou d'angle avec prise en compte du porte-à-faux du bord de la dalle)
- épaisseur et type de béton de la dalle de plafond et de la dalle de plancher
- transmission de l'effort éventuellement nécessaire au niveau du plafond
- si c'est prévu: tête en acier pour la résistance au poinçonnement

Détails de la tête et du pied

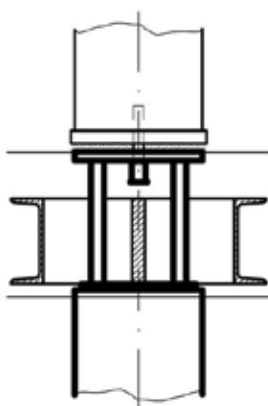


Détails de la tête et du pied

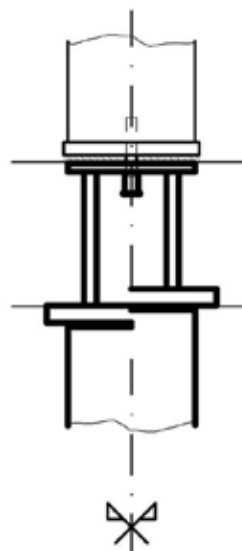
K64



K65

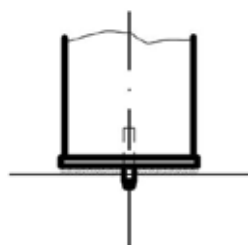


K66

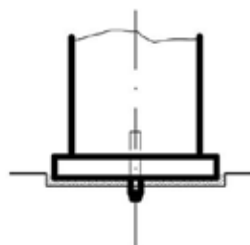


Détails de la tête et du pied

F61



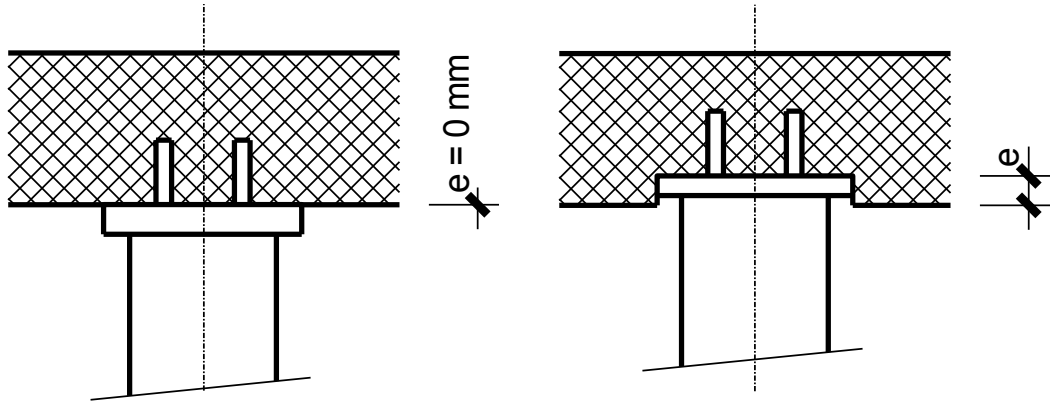
F62



Détails de la tête et du pied

Creux au niveau des détails de la tête et du pied

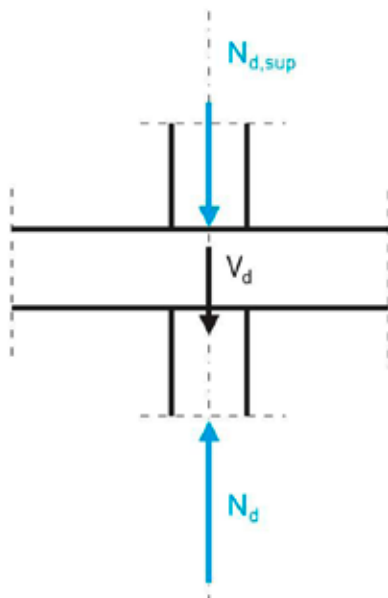
→ Conséquences concernant la résistance au poinçonnement



Détails de la tête et du pied

Indications complémentaires en cas de transmission de la charge:

- effort à transmettre
- forme et dimension de la plaque d'appui de la colonne supportée



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

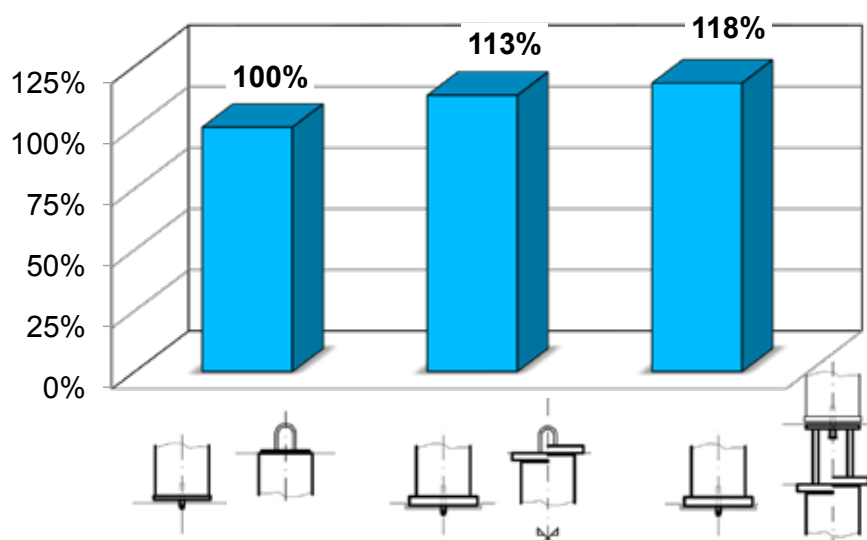
Détails de la tête et du pied

Comparatif des coûts

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



300 x 300 mm



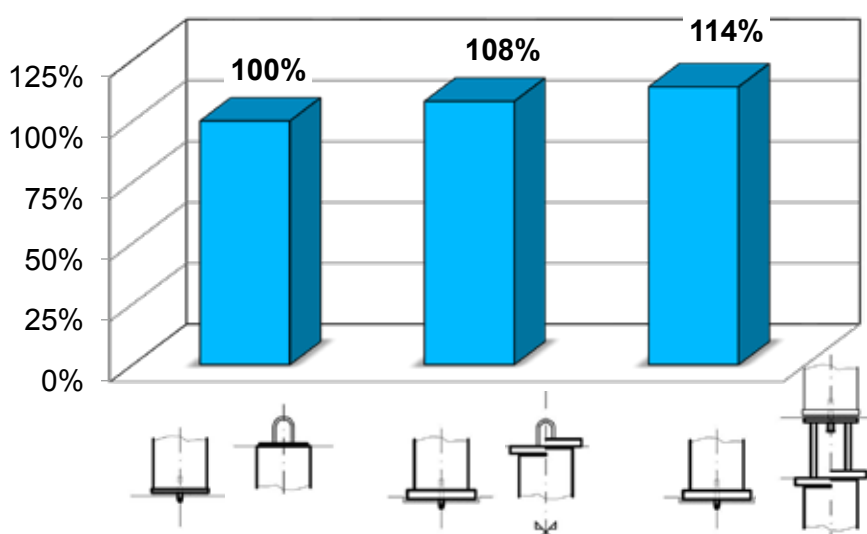
Détails de la tête et du pied

Comparatif des coûts

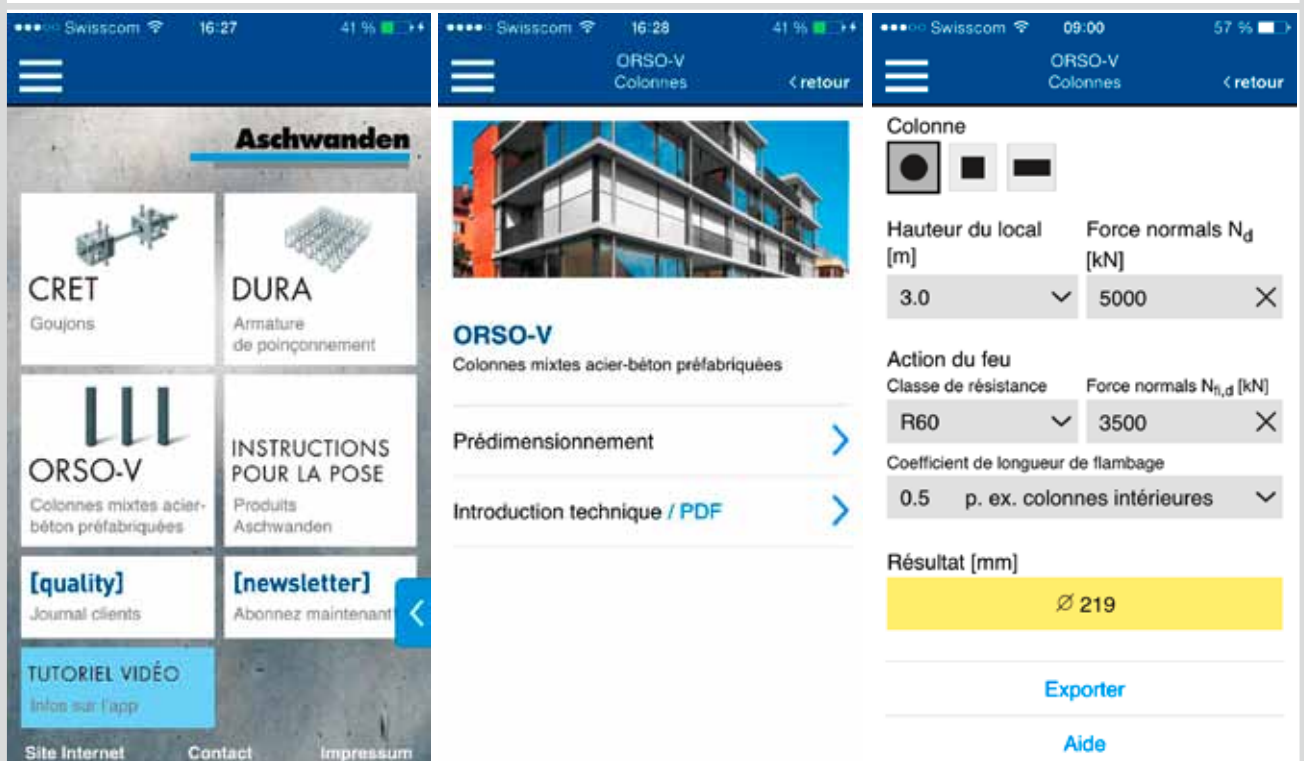
- Cas 1: colonne et détails K61 et F61 (prix de base 100%)
- Cas 2: colonne et détails K63 et F62
- Cas 3: colonne et détails K66 et F62



Ø 244,5 mm



Prédimensionnement avec l'app



Résumé

- **Situation de calcul Incendie**
 - Le calcul s'effectue sur la base des normes SIA et de l'eurocode
 - La méthode de calcul est certifiée par l'AEAI
 - Le calcul se base sur des études numériques complètes
- **Outils de calcul d'Aschwanden**
 - Diagrammes de flambage
 - **App Aschwanden**
 - Logiciel de calcul
- **Détails de la tête et du pied**
 - La transmission de la charge est un «détail» important
 - **Les détails de la tête et du pied ont une incidence sur les coûts et font partie intégrante de l'offre**

Avantages des colonnes ORSO-V pour le client

- Colonnes fines et ultrarésistantes d'où une solution séduisante au plan esthétique
- Meilleures performances que les systèmes concurrents pouvant aller jusqu'à 20 %
- Agrément anti-incendie de l'AEAI
- Combinaison possible avec le système anti-poinçonnement DURA® et le système RINO® Exo
- Colonne bétonnée déplaçable avec plaques d'appui et plaques de tête (la qualité de fabrication en usine est supérieure à celle du bétonnement sur site)
- Calcul simple grâce au logiciel d'aide au processus
- Les colonnes peuvent être réalisées avec différents états de surface



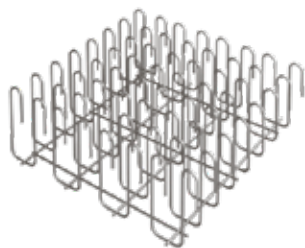
Application de la norme SIA 262:2013 dans des situations de dimensionnement proches de la réalité

Prof. Dr Albin Kenel et Dr Stefan Lips

Vue d'ensemble

- **Vue d'ensemble des éléments DURA**
- **Situation de calcul «angle de mur»**
- **Documentation «Introduction au logiciel de calcul»**
- **Prédimensionnement**
- **App**
- **Avantages pour le client**

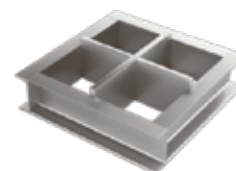
Système DURA – Vue d'ensemble



Paniers DURA



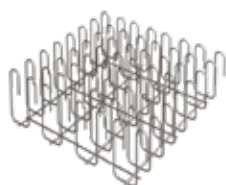
Élément DURA-S



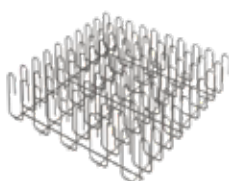
Tête en acier DURA

Système DURA – Paniers

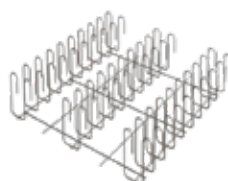
s = 100 mm



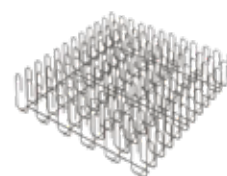
DURA-70



DURA-90



DURA-90L



DURA-110

s = 150 mm



DURA-45



DURA-45L



DURA-75

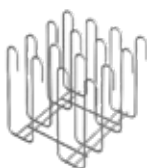


DURA-75L

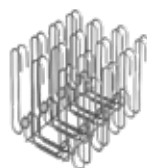
s = 200 mm



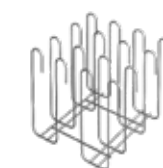
DURA-60



DURA-60L

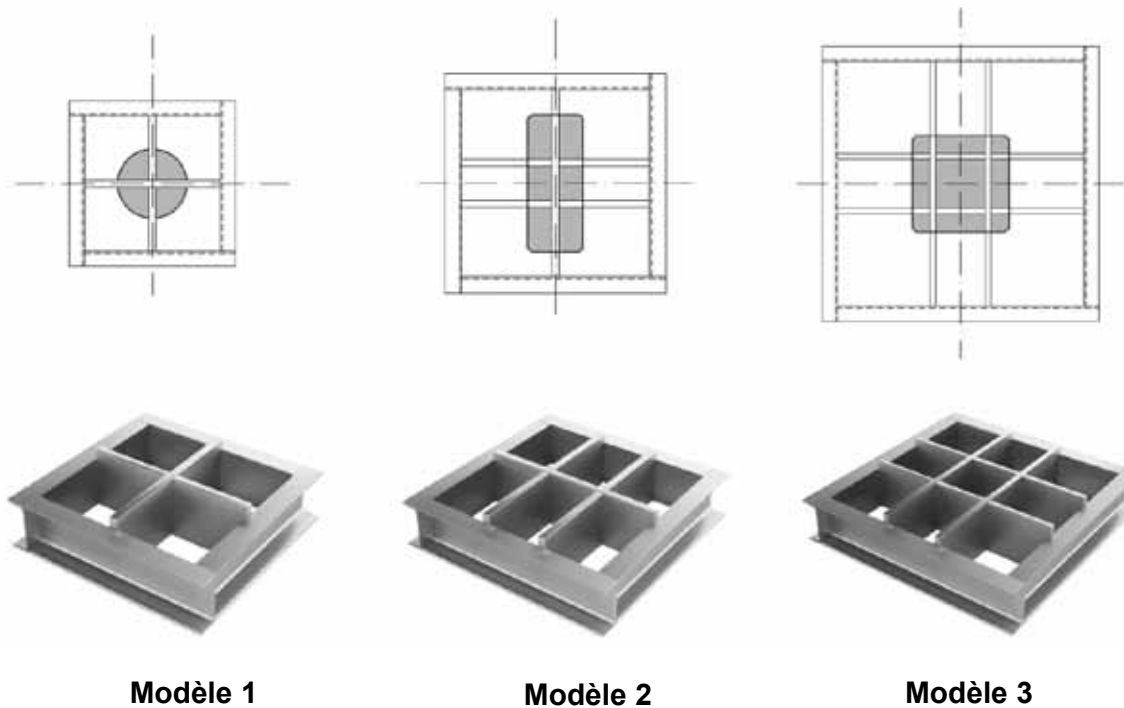


DURA-60F

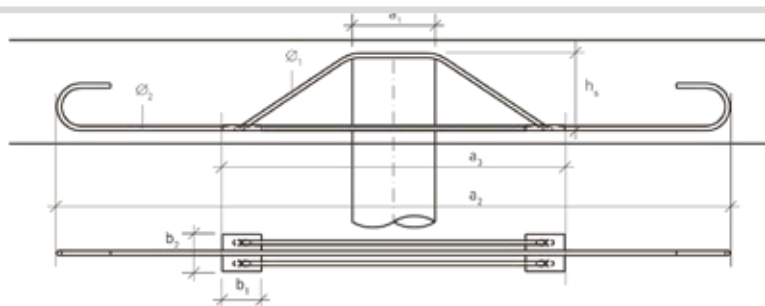


DURA-60FL

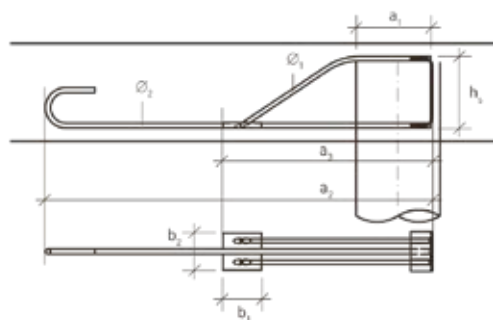
Système DURA – Têtes



Système DURA – Éléments S













Éléments S DURA








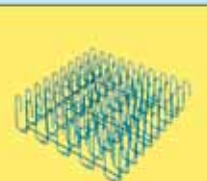
Éléments SR DURA

Système DURA – Possibilités de combinaisons

| | | | |
|--|---|--|---|
| |  Bügelkörbe Panier d'étriers |  S-Elemente Éléments S |  Stahlpilze Têtes en acier |
| DURA Bügelkörbe Panier d'étriers |  |  |  |
| DURA S-Elemente Éléments S |  |  | keine Kombination pas de combinaison |
| DURA Stahlpilze Tête en acier |  | keine Kombination pas de combinaison |  |

La norme SIA 262:2013 une plus grande ductilité → têtes plus petites + paniers

Système DURA – Testé de manière expérimentale dans le système

| 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> |

Situation de calcul «angle de mur»

- Question qui se pose souvent en pratique lors du calcul
- Certains fabricants d'armature de poinçonnement proposent un calcul avec un niveau d'approximation 2
- Consultation SIA 262:2013 / Commentaire Aschwanden AG:
«Les angles rentrants se rencontrent fréquemment dans les calculs pratiques. Dans le décompte, il convient d'indiquer dans cette situation un calcul par approximation des moments moyens m_{sd} dans les bandes d'appui.

$$\text{Proposition: } m_{sd} = V_d \cdot \left(\frac{1}{6} + \frac{e_{u,i}}{b_s} \right)$$

- Réponse de la commission de normalisation SIA 262:
«Pour ces cas il est raisonnable d'utiliser la méthode préconisée par le chiffre 4.3.6.4.8»
→ **Utiliser le niveau d'approximation 3!**
→ **Proposition Aschwanden non applicable dans tous les cas**

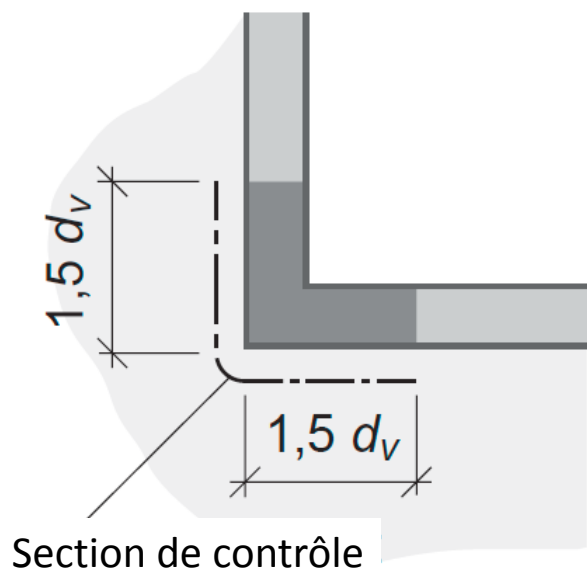
Angle de mur – Exemple



Épaisseur de la dalle: $h = 0.30$ m,
reliée au mur de façon monolithique
Hauteur statique : $d \approx 0,25$ m
Épaisseur du mur: $t = 0,20$ m
Taille de la colonne fictive: $1,5 \times 0,25 = 0,375$ m

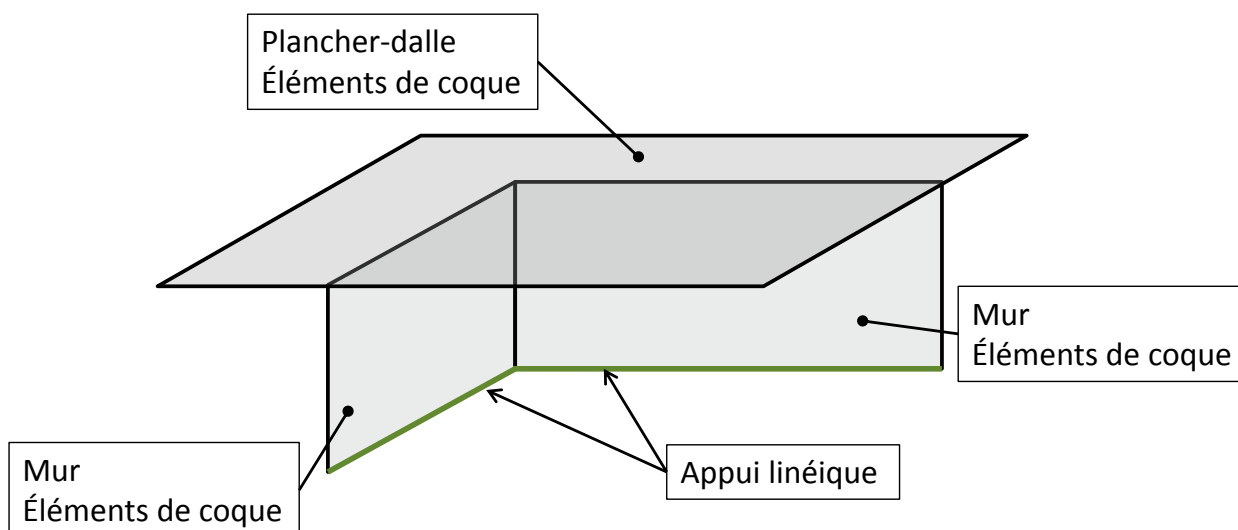


Angle de mur – diamètre b (section de contrôle)

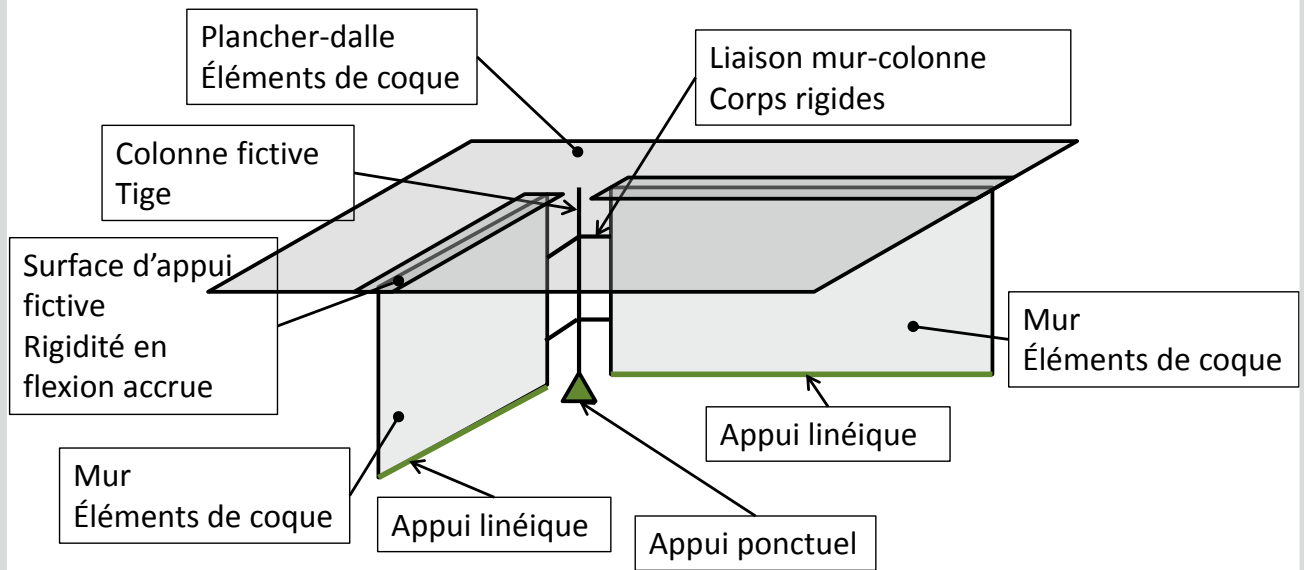


$$b = d_v \cdot \sqrt{\frac{60 + \pi}{4 \cdot \pi}} \approx 2.24 \cdot d_v$$

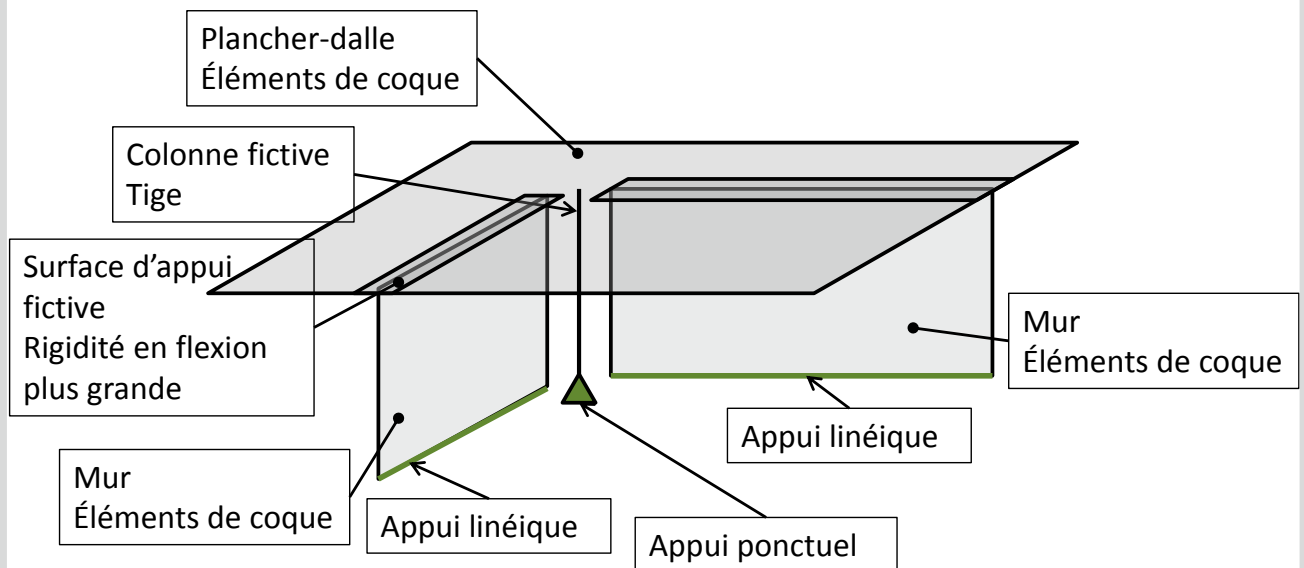
Modélisation avec murs (a)



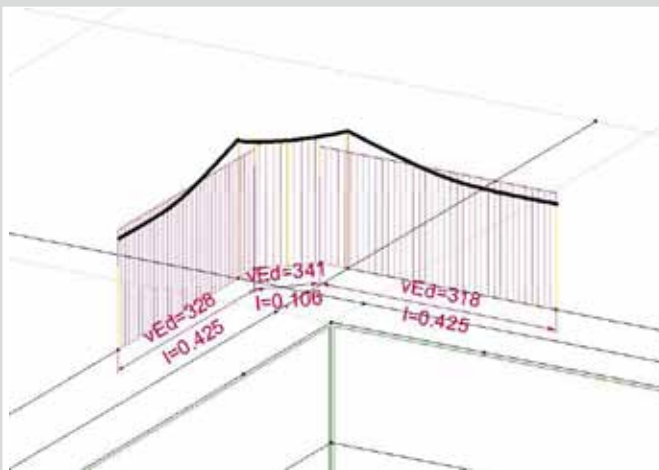
Modélisation avec colonnes et corps rigides (b)



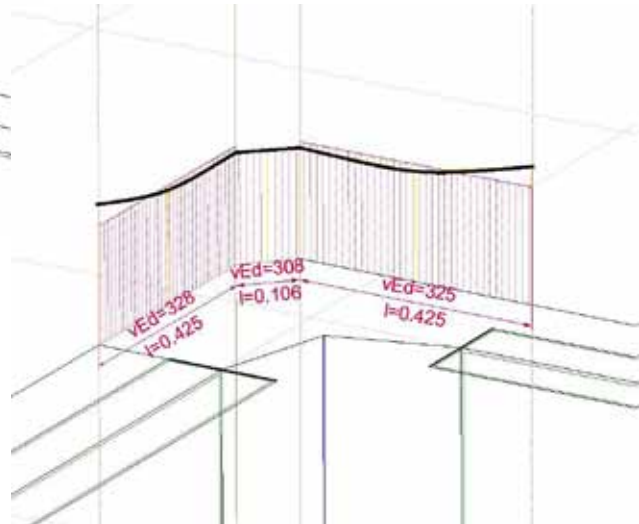
Modélisation avec colonnes (c)



Évolution de l'effort tranchant dans la section de référence



Modélisation sous forme de mur (a)
 $\rightarrow V_d$ issue de la somme $v_{Ed} \cdot \text{longueur}$



Modélisation sous forme de
 colonne (b)
 $\rightarrow V_d$ de l'effort de la colonne

Résultats FEM du modèle (a) – murs

$$r_{sx} = 1.57 \text{ m}$$

$$V_d = 310 \text{ kN}$$

$$r_{sy} = 1.17 \text{ m}$$

$$v_{d,max} = 372 \text{ kN/m}$$

$$b_s = 1.5 \sqrt{1.57 \cdot 1.17} = 2.0 \text{ m}$$

$$v_{d,moyen} = 325 \text{ kN/m}$$

$$m_{sdx} = 134 \text{ kNm/m}$$

$$k_e = \frac{v_{d,moyen}}{v_{d,max}} = \frac{325}{372} = 0.87$$

$$m_{sdy} = 105 \text{ kNm/m}$$

Résultats FEM pour le calcul avec un niveau d'approximation 3:

La distance par rapport au zéro du moment et les moments de flexion dans la bande d'appui ne changent que de manière non significative pour les modèles restants.

Résultats FEM: vue d'ensemble

| Modèle | (a) | (b) | (c) |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| Effort tranchant V_d | 310 kN | 332 kN | 254 kN |
| M_{xd} | - | 27 kNm | 16 kNm |
| M_{yd} | - | 39 kNm | 24 kNm |
| k_e | 0.87 | 0.86 | 0.83 |

Le modèle (c) fournit un effort tranchant calculé V_d inférieur puisque la colonne est plus flexible que l'angle du mur (propagation de la charge).

Comparaison du logiciel: vue d'ensemble

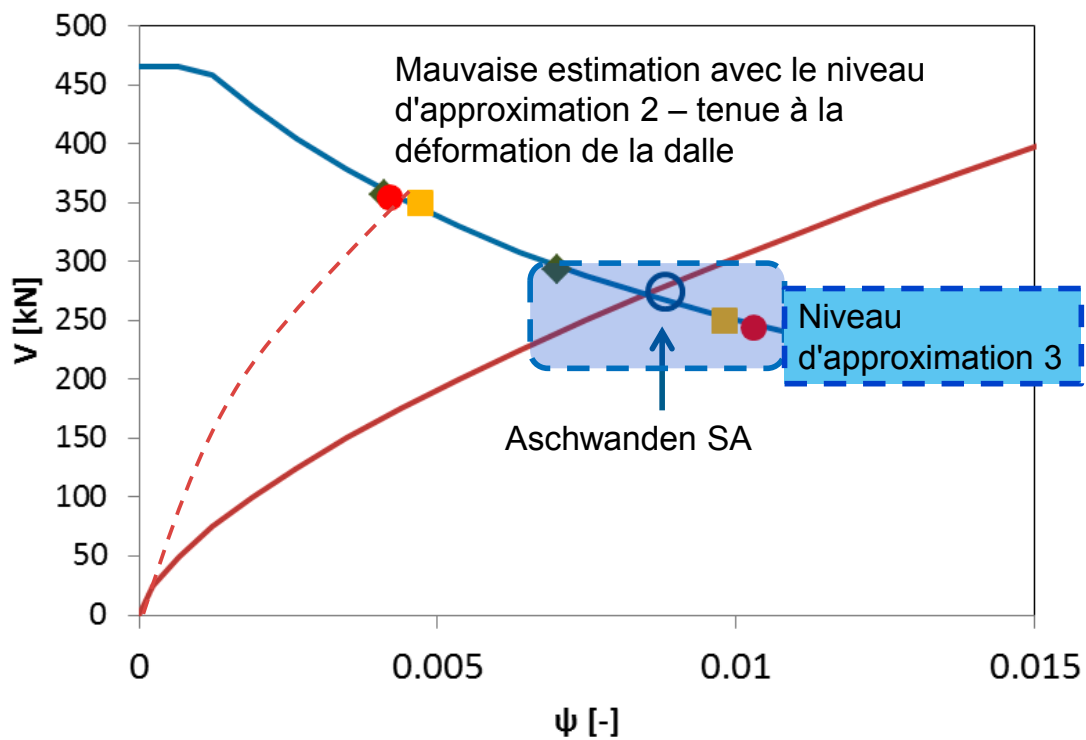
Valeurs enregistrées identiques pour tous les niveaux d'approximation

| Logiciel de la société | Aschwanden SA | A | B | C |
|---------------------------------|---------------|--------|--------|--------|
| Niveau d'approximation 2 | | | | |
| Résistance ultime V_{Rdc} | - | 350 kN | 357 kN | 354 kN |
| Rotation ψ | - | 0.0047 | 0.0041 | 0.0042 |
| Niveau d'approximation 3 | | | | |
| Résistance ultime V_{Rdc} | 274 kN | 250 kN | 293 kN | 244 kN |
| Rotation ψ | 0.0087 | ? | 0.0070 | 0.0103 |

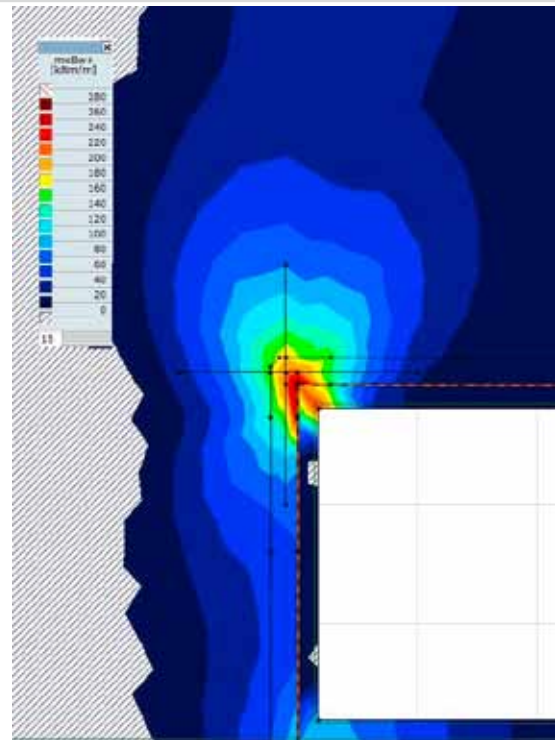
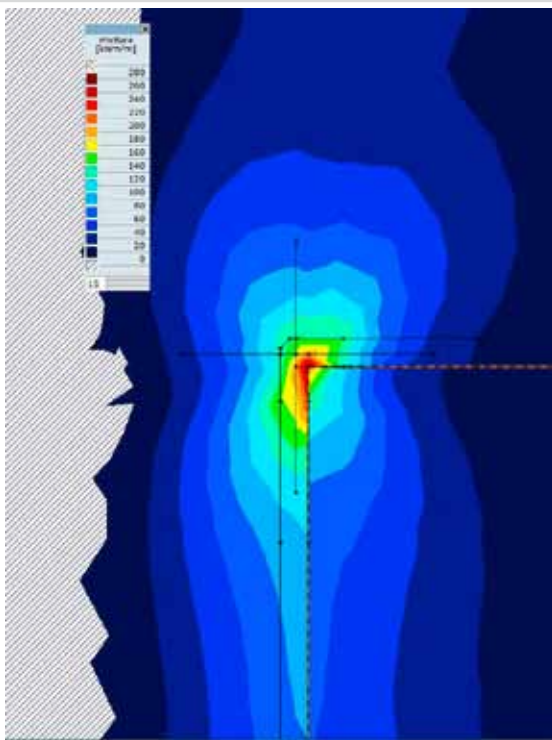
Les résistances ultimes V_{Rdc} calculées avec le niveau d'approximation 2 sont nettement surévaluées! Il est probable que les moments de référence m_{sd} dans la bande d'appui sont sous-évalués.

Les différences de résultats sont importantes malgré des valeurs enregistrées identiques!

Comparaison du logiciel: vue d'ensemble



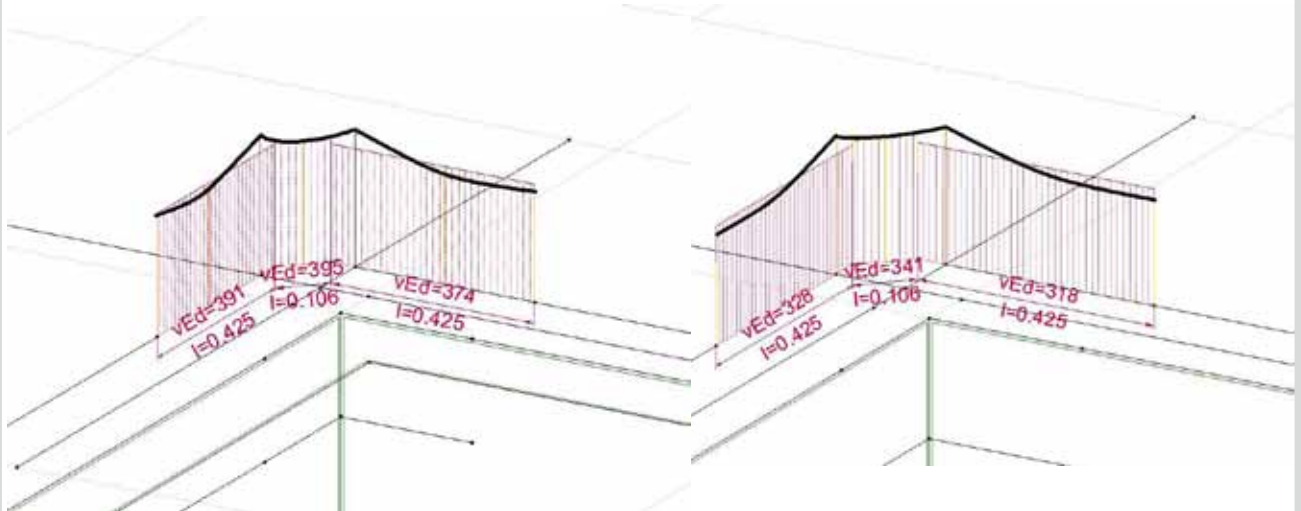
Évolution du moment / avec et sans évidement



Évolution de l'effort tranchant / évidement

Avec évidement (v_d +15 à 20%)

Sans évidement



Remarque : évidement au niveau de l'angle du mur et/ou liaison au mur articulée

- Par suite de l'encastrement réduit (évidement ou liaison au mur articulée), les moments sont concentrés sur l'angle du mur
- L'effort tranchant se concentre dans la section de référence en fonction de l'évolution du moment.
- Le transfert des charges de la dalle est globalement inférieur sur les portions de mur adjacentes.
- La tenue à la déformation de l'angle du mur est proche de celle d'une colonne d'angle avec la réduction des encastremements (dans les murs ou les dalles sous tension plus importante).

Conséquences tirées de l'exemple «Angle de mur»

- Il n'est pas possible de donner une explication pertinente de la tenue à la déformation de la dalle au niveau des angles de mur sans étude plus poussée. C'est-à-dire que pour un calcul fiable, comme l'exige la norme SIA 262:2013, il convient d'effectuer un calcul avec un niveau d'approximation 3.
- Pour la modélisation, il est recommandé d'utiliser la variante de modèle (a) avec les éléments de voile comme murs. Toutefois il est possible d'utiliser une autre modélisation dans d'autres cas. Il est de la responsabilité de l'ingénieur d'élaborer pour la situation de calcul concernée un modèle FE fiable pour déterminer les paramètres de saisie.
- L'analyse des résultats donne l'estimation suivante pour m_{sd} :

$$m_{sd} = V_d \cdot \left(\frac{1}{2...4} + \frac{e_{u,i}}{b_s} \right)$$

Documentation «Introduction au logiciel de calcul»

[campus]



EXPOSÉ TECHNIQUE - DANS LE CADRE DU CAMPUS ASCHWANDEN
DURA Poinçonnement
Introduction au logiciel de calcul

Dr Stefan Ujan,
Docteur technique RSC, F.J. Aschwanden AG, Lyon
Prof. Dr. Albin Kessel,
Professeur de statique et construction, Haute école spécialisée de Bâlestad (HEB)

| Table des matières | |
|--|----|
| Introduction | 3 |
| Processus du logiciel de calcul DURA | 8 |
| Mise en œuvre du programme | 7 |
| Exemples: Principes | 27 |
| Exemple 1: Colonne intérieure rectangulaire | 27 |
| Exemple 2: Colonne de bord carrée | 49 |
| Notations | 63 |
| Annexe A: Diagrammes d'évaluation de la capacité portante | 67 |
| Annexe B: Tableaux annexes pour la détermination de k_{α} | 75 |
| Annexe C: Fiche technique FEM | 81 |
| Annexe D: Conditions de déformation | 83 |

Version 13.2015

Aschwanden
Plus en performance. Plus en confort.

Table des matières

| |
|--|
| Introduction |
| Processus du logiciel de calcul DURA |
| Mise en œuvre du programme |
| Exemples: Principes |
| Exemple 1: Colonne intérieure rectangulaire |
| Exemple 2: Colonne de bord carrée |
| Notations |
| Annexe A: Diagrammes d'évaluation de la capacité portante |
| Annexe B: Tableaux annexes pour la détermination de k_{α} |
| Annexe C: Fiche technique FEM |
| Annexe D: Conditions de déformation |

Documentation «Introduction au logiciel de calcul»

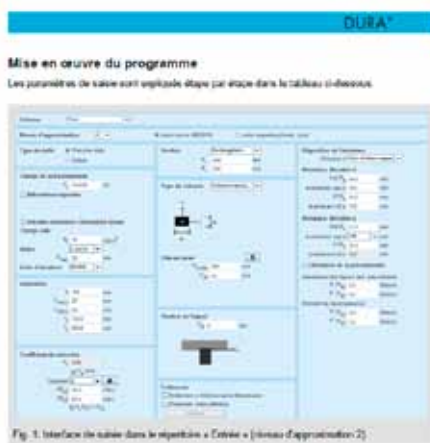


Fig. 3. Interface de saisie dans le répertoire « Entrée » (niveau d'approximation 2).

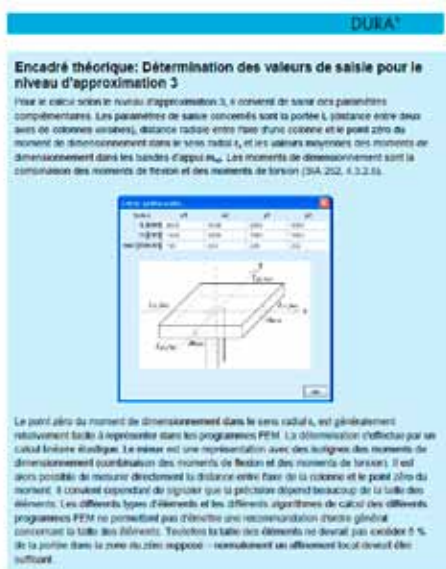
| Paramètre de saisie | Valeur | Explication |
|-------------------------|-------------------------|---|
| Niveau d'approximation | 1, 2, 3 | On débute en prenant le plus bas niveau d'approximation de dimensionnement. |
| Base de dimensionnement | Norme / expertise | L'utilisateur a la possibilité de choisir un dimensionnement selon la norme SIA 262-2013 ou selon l'expertise DURAS. |
| Type de dalle | Plancher-dalle / radier | Déterminer s'il s'agit d'un plancher-dalle ou d'un radier. Pour la dalle de Fermeture, il convient d'observer que le côté de traction par flexion sera placé au-dessus ou en dessous en fonction du choix effectué. |

campus [campus]

DURA - Introduction au logiciel de calcul - Version 13.10.13

Les valeurs enregistrées sont expliquées étape par étape et pour chaque niveau d'approximation.

Documentation «Introduction au logiciel de calcul»



campus [campus]

DURA - Introduction au logiciel de calcul - Version 13.10.13

Dans les encadrés théoriques, plusieurs thèmes sont expliqués plus en détail:

- Détermination des valeurs de saisie pour le niveau d'approximation 3
- Détermination des moments d'encastrement des colonnes
- Relation moments d'encastrement des colonnes/valeur k_e
- Quelle est la meilleure solution?
- Résistance à la rupture et rotation de rupture
- Qu'est-ce que la valeur k_{sys} ? / Calcul d'après l'expertise
- Ce qu'il faut savoir sur les radiers / les semelles isolées
- D'autres suivront...

Documentation

«Introduction au logiciel de calcul»

DURA®

Vérification de la section à la main
 Pour être sûr du résultat, il est indispensable de vérifier la cohérence des résultats calculés par le logiciel à partir de calculs à la main simples. Il n'est pas nécessaire de refaire intégralement tous les calculs. Cependant la complexité de la norme rend la vérification à la main déjà assez longue.

| | | | | |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|--|
| Matériaux: | $f_{ct} = 16.7 \text{ N/mm}^2$ | $f_{td} = 24 \text{ N/mm}^2$ | Surface de l'armature: | $A_{st} = 13.07 \text{ cm}^2/\text{m}$ |
| | $f_{cd} = 1.3 \text{ N/mm}^2$ | $f_{td} = 4.95 \text{ N/mm}^2$ | | $A_{st} = 15.59 \text{ cm}^2/\text{m}$ |

| | | | |
|-------------------|--|---------------------|-------------------|
| Hauteur statique: | $e_s = 330 - 25 - \frac{25}{2} = 313 \text{ mm}$ | Taux des armatures: | $\rho_s = 0.47\%$ |
| | $e_d = 313 - 14 = 300 \text{ mm}$ | | $\rho_p = 0.50\%$ |
| | $d = 215 \text{ mm}$ | | |
| | $e_s = 313 \text{ mm}$ | | |

Vérification de la valeur k_s
 La valeur k_s est vérifiée en premier lieu. Sur une colonne intérieure sans raidisseurs (c'est-à-dire que le centre de gravité de la section de contrôle se trouve au centre de la colonne), l'excentricité e_s se calcule à partir des moments d'accroissement des sommets et de leur action V_s :

$$e_s = \frac{\frac{M_{1d} + M_{2d}}{l_c} + \frac{M_{1d} - M_{2d}}{2} \cdot \frac{1}{1.10l_c}}{1.10l_c} = 0.3 \text{ m}$$

Le diamètre d'une surface représentée à un cercle plein à l'intérieur de la section de contrôle s'écrivent pour une colonne intérieure comme suit:

$$b = \frac{b}{\sqrt{2}} \left[(s_x + e_s) - (s_y + e_s) - e_s \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right]$$

$$b = \frac{b}{\sqrt{2}} \left[(300 + 313) - (330 + 313) - 313 \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right] = 360 \text{ mm}$$

Le coefficient k_s se calcule à partir de b et e_s :

$$k_s = \frac{1}{1 + \frac{e_s}{b}} = \frac{1}{1 + \frac{313}{360}} = 0.52$$

Et d'autre que la valeur k_s calculée à la main correspond bien à la valeur k_s fournie par le logiciel

campus DURA - Introduction au logiciel de calcul / Version 02/2015

Pour un calcul fiable, il est impératif de vérifier que les résultats calculés par le logiciel sont plausibles à l'aide de calculs simples effectués à la main. Il n'est pas nécessaire de refaire intégralement tous les calculs. Cependant la complexité de la norme rend la vérification à la main déjà assez longue.

La mise en œuvre de la norme et du logiciel de calcul est expliqué à l'aide de quelques exemples.

Documentation

«Introduction au logiciel de calcul»

DURA®

Colonnes intérieures rectangulaires
 Colonne carrée: $a = a_x = a_y$ Colonne rectangulaire: $a = (a_x + a_y)/2$

Résistance au poinçonnement sans raidisseurs (EN1992)

Résistance au poinçonnement avec des raidisseurs (EN1992)

campus DURA - Introduction au logiciel de calcul / Version 02/2015

DURA®

Excentricité de mur

$$e_{s,x} = \frac{M_{1d}}{V_s} - \frac{d^2 + (e_y + d_s) \cdot \left(\frac{5d_s}{4}\right)}{5d_s + a_y}$$

$$e_{s,y} = \frac{M_{2d}}{V_s}$$

$$e_s = \sqrt{e_{s,x}^2 + e_{s,y}^2}$$

$$b = \sqrt{\frac{b}{2} \left[2d_s \cdot (e_y + d_s) - \frac{d_s^2}{2} \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right]}$$

Angle de mur

$$e_{s,x} = \frac{M_{1d}}{V_s} - \left(\frac{3d_s}{4} - e_y\right)$$

$$e_{s,y} = \frac{M_{2d}}{V_s} + \left(\frac{3d_s}{4} - e_x\right)$$

$$e_y = \frac{(1.5d_s - e_s) \cdot (1.5d_s - e_x) - \frac{d_s^2}{2}}{(1.5d_s)^2 - (1.5d_s - e_s) \cdot (1.5d_s - e_x)}$$

$$e_x = \frac{(1.5d_s - e_s) \cdot (1.5d_s - e_y) - \frac{d_s^2}{2}}{(1.5d_s)^2 - (1.5d_s - e_s) \cdot (1.5d_s - e_y)}$$

$$e_s = \sqrt{e_{s,x}^2 + e_{s,y}^2}$$

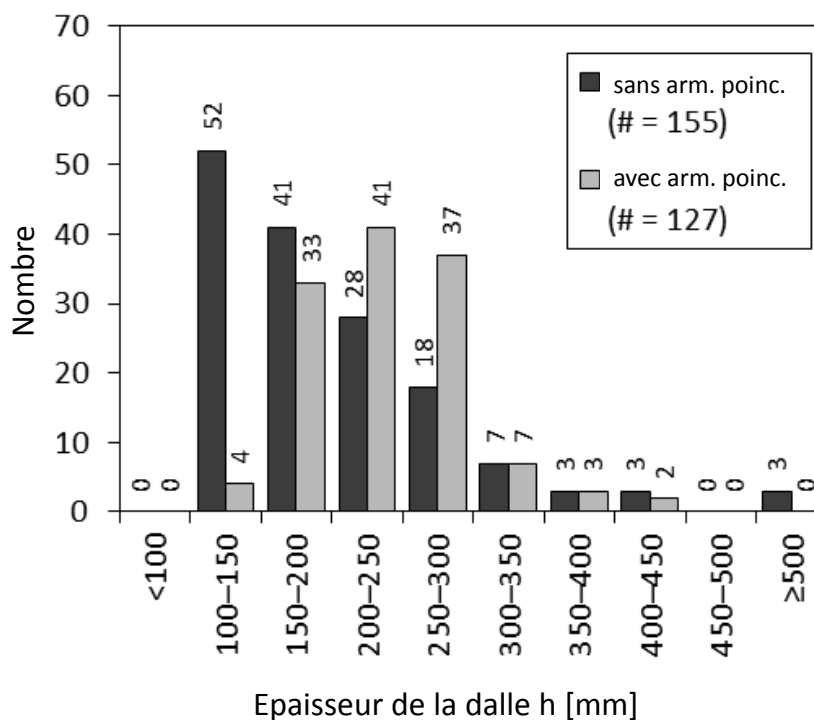
$$b = \sqrt{\frac{b}{2} \left[4d_s^2 - \frac{d_s^2}{2} \cdot \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \right]}$$

Diagrammes de prédimensionnement et formules de détermination de l'excentricité

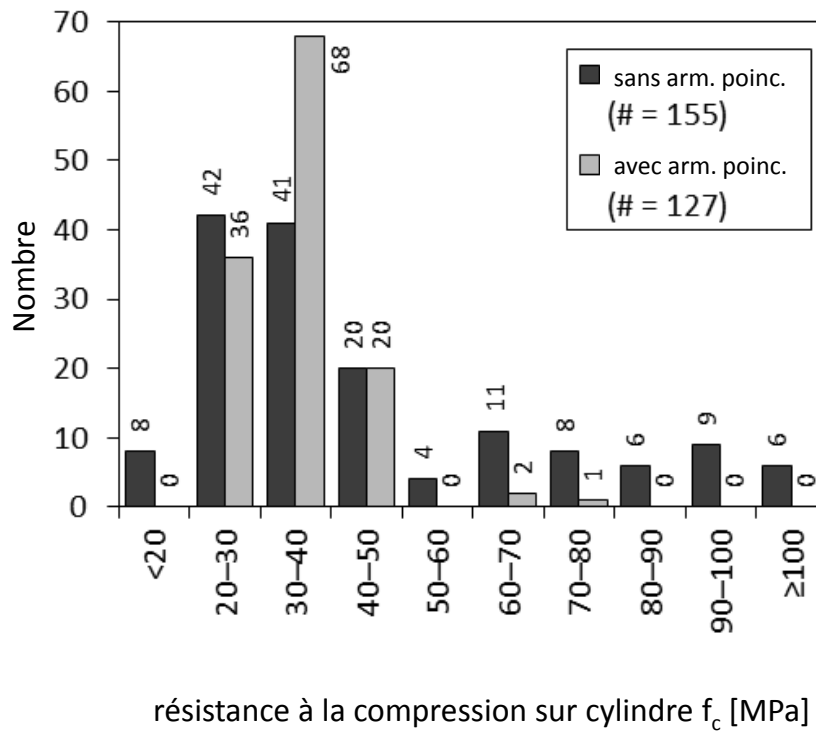
Prédimensionnement – Principes

- Évaluation systématique des essais de poinçonnement depuis 1956
155 essais de poinçonnement **sans** armature de poinçonnement
127 essais de poinçonnement **avec** armature de poinçonnement
- Modélisation simplifiée basée sur SIA 162:1993 / ACI 318
Comparatif $V_{R,exp} / V_{R,mod}$ dans la moyenne 1,03 (avec dispersion ou COV = 0,18)
- Calcul avec armature de poinçonnement d'après des modèles «modernes», c'est-à-dire additifs
- Prise en compte de la rupture en compression du béton

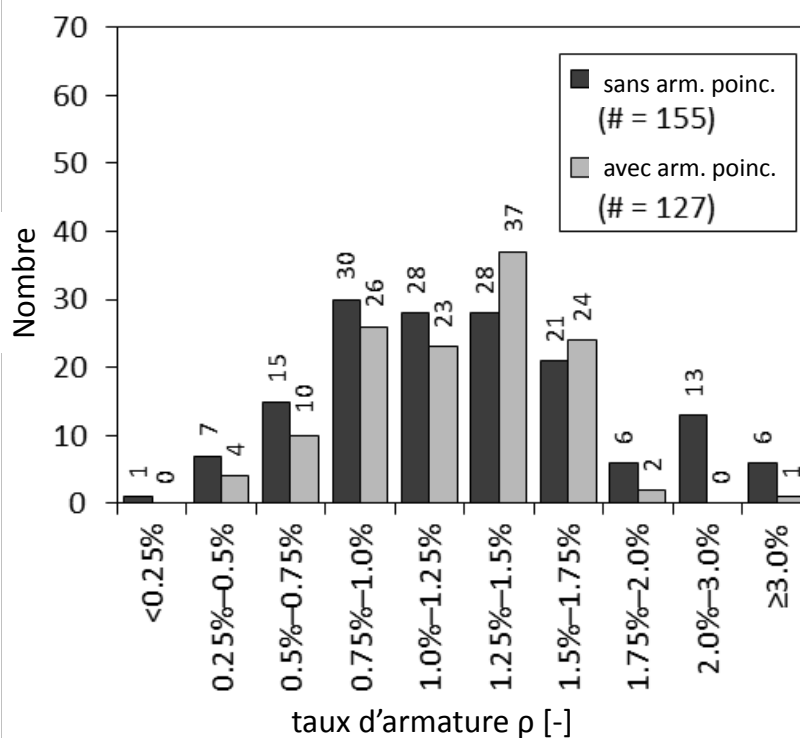
Prédimensionnement – Principes



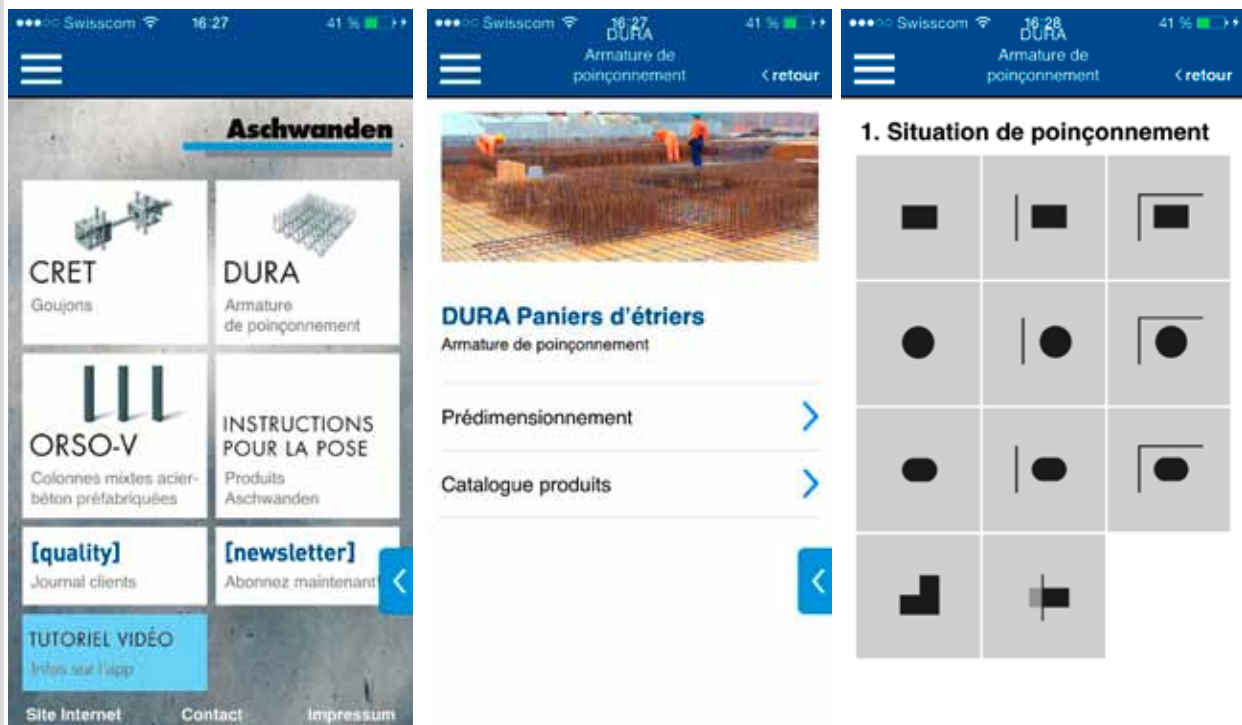
Prédimensionnement – Principes



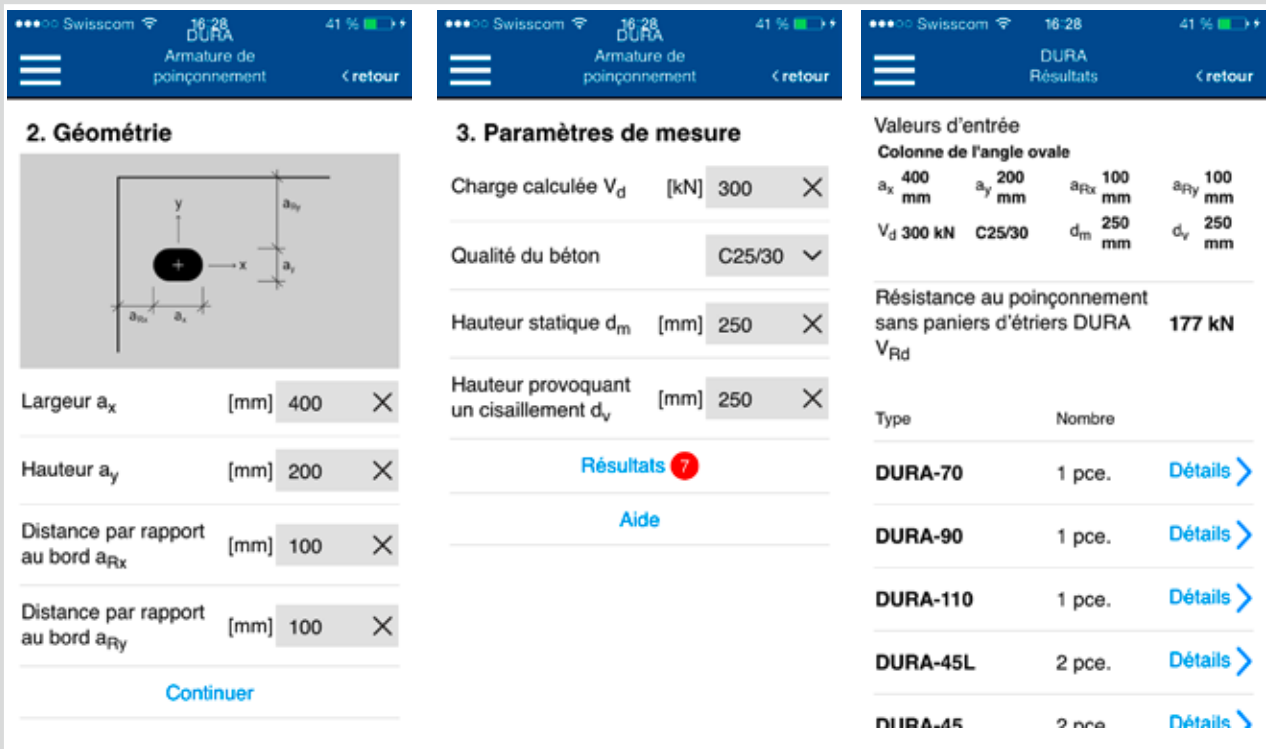
Prédimensionnement – Principes



Prédimensionnement – App

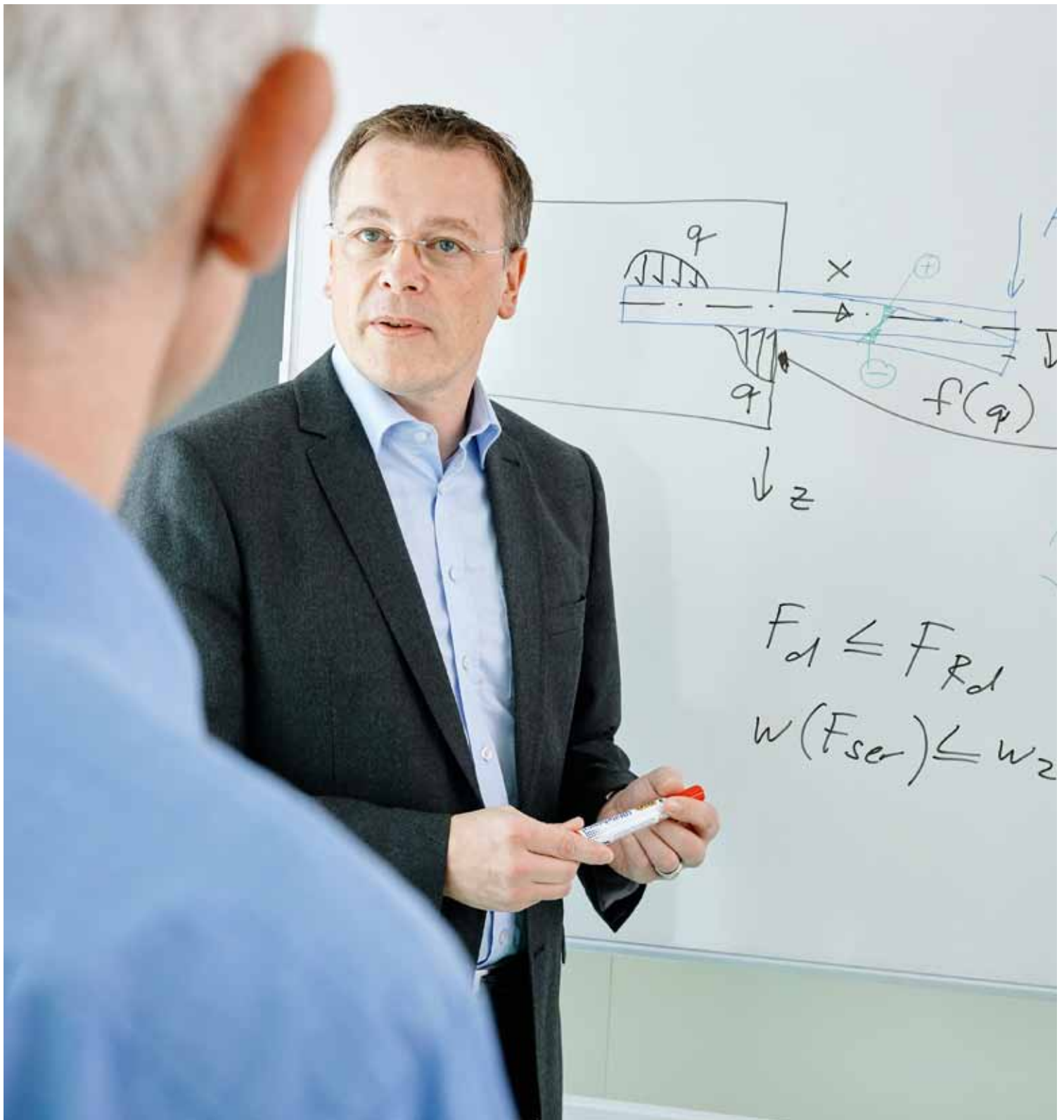


Prédimensionnement – App



Avantages pour le client du système DURA

- Solutions optimales et économiques grâce à la grande souplesse de l'ensemble
- Calcul selon SIA 262 conforme aux normes ou d'après l'expertise de Prof. Dr. A. Kenel / Dr. S. Lips
- Contrôlé lors de 24 tests récents et évalués scientifiquement
- Documentation claire et transparente sur Internet et dans des classeurs
- **Document d'introduction avec aides à l'application et diagrammes de prédimensionnement**
- Logiciel de planification original et efficace
- **App de prédimensionnement**
- En association avec l'armature, le système DURA constitue un ensemble solide lors de la pose, et par conséquent un système de poinçonnement adapté au chantier
- Versions spéciales sur demande
- Instructions de montage habituelles
- Important gain de temps lors du contrôle du chantier



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



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