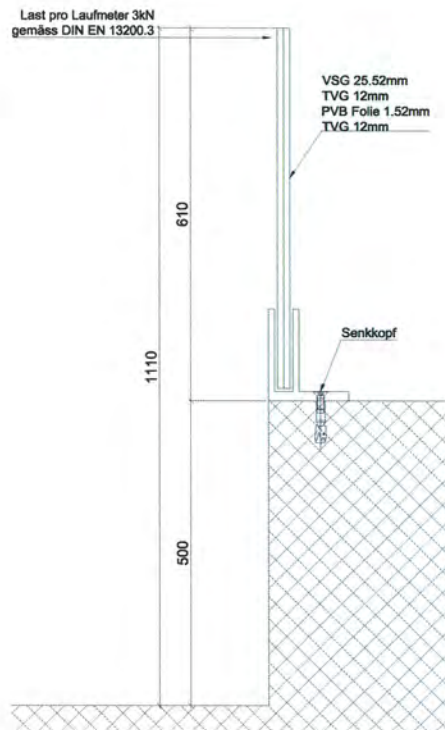


ETUDE TECHNIQUE

FONSEGRIVE

VERIFICATION DU GARDE CORPS EN VERRE



Projet 15-158 : Etude garde-corps – Fonsegrive
Auteur du rapport : Robin Fontaine

Sommaire

1. Données du mandat	3
2. Résumé de la mission	4
3. Description du système	5
4. Matériaux	6
4.1 Aluminium EN AW 6060 T66	6
4.2 Verre	6
5. Charges	7
6. Vérifications	8
6.1 Vérification des verres	8
6.1.1 <i>Contraintes et déformations admissibles</i>	8
6.1.2 <i>Cas de charges</i>	10
6.1.3 <i>Vérification</i>	10
6.2 Vérification du profilé de maintien	12
6.2.1 <i>Contrainte admissible</i>	12
6.2.2 <i>Vérification</i>	12
6.3 Vérification des ancrages	14

1. Données du mandat

Mandat de conseil pour la réalisation de profils de balustrades en verres

Mandant

Fonsegrive GmbH
 Sägeweg 15
 CH - 4304 Giebenach
 Tel: +41 (0)61 816 20 00
 Fax: +41 (0)61 816 20 01
info@fonsegrive.ch
www.fonsegrive.ch

Mandataire

Robin Fontaine
 Architecte DE / Ingénieur Génie Civil
 BIFF SA
 Bureau d'Ingénieurs Fenêtres & Façades SA
 Rue du Petit-Chêne 38
 1006 LAUSANNE
 T 021 601 83 23 - F 021 601 83 24 - E rf@ing-facade.ch

Confirmation du mandat

Le mandat a été confirmé en date du 05 novembre 2015.

2. Résumé de la mission

Etude statique du système de garde-corps et édition d'un rapport écrit :

- Vérification du vitrage (contrainte et déformation)
- Vérification du profilé métallique
- Vérification des ancrages par chevilles à têtes fraisées et détermination du nombre de chevilles nécessaires

Environ une dizaine d'heures avec un petit rapport de synthèse : coût environ HT 2'000.00

3. Description du système

Il s'agit d'un garde-corps en verre tenu en pied par un profil continu en aluminium éloxé ou thermopoudré, avec ou sans main-courante, développé par la société Fonsegrive SA.

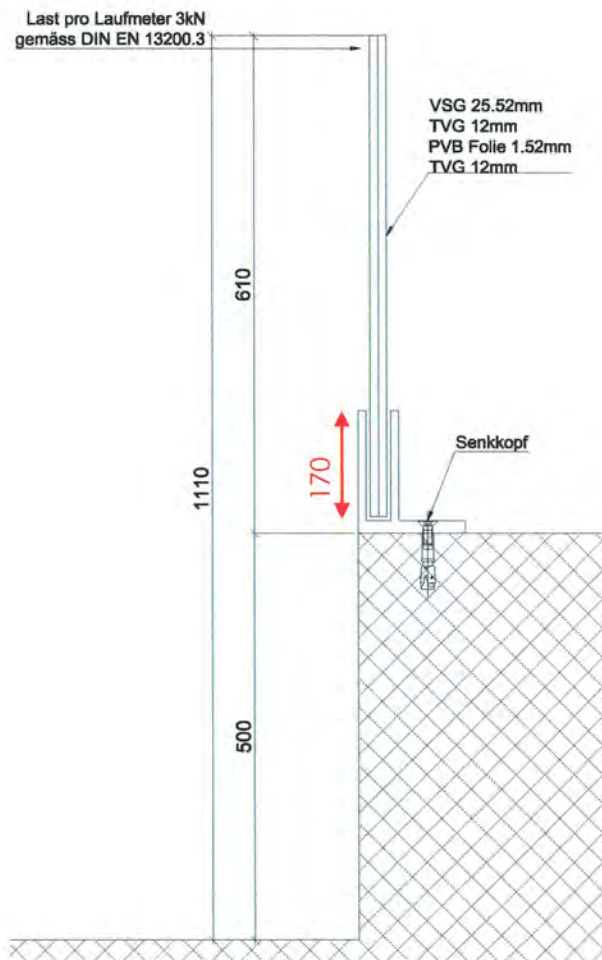


Image 1 Coupe sur le système

Le garde-corps se situe en intérieur et est positionné sur un parapet en béton d'une hauteur de 500 mm. Le système de garde-corps mesure 610 mm de haut. Le système total mesure 1110 mm de hauteur.

Le verre est un verre feuilleté de sécurité composé de deux verres durcis d'épaisseur 12 mm et d'un intercalaire PVB de 1.52 mm. Il est glissé dans le profilé en U et est maintenu sur une hauteur de 170 mm environ.

4. Matériaux

4.1 Aluminium EN AW 6060 T66

Tableau 1 Caractéristiques du matériau

Caractéristiques	Valeur
Résistance ultime à la traction f_u	195 N/mm ²
Résistance à la charge d'épreuve de 0,2 %	150 N/mm ²
Masse unitaire ρ	2 700 kg/m ³
Module d'élasticité E	70 000 N/mm ²
Module de cisaillement G	27 000 N/mm ²
Coefficient de poisson ν	0.3
Coefficient de dilatation thermique α	23 x 10 ⁻⁶ 1/K

4.2 Verre

Tableau 2 Caractéristiques du matériau

Caractéristiques	Valeur	
Résistance caractéristique à la flexion	Verre durci	70 N/mm ²
Masse unitaire ρ	2 550 kg/m ³	
Module d'élasticité E	70 000 N/mm ²	
Coefficient de poisson ν	0.23	
Coefficient de dilatation thermique α	1 x 10 ⁻⁵ par 1/K	

5. Charges

La charge à prendre en compte est une charge horizontale d'exploitation appliquée à la hauteur de la main courante du garde-corps :

$$q_k = 3\text{kN/ml}$$

Selon la norme SIA 261, cette charge correspond à une zone où un rassemblement de personne est possible.

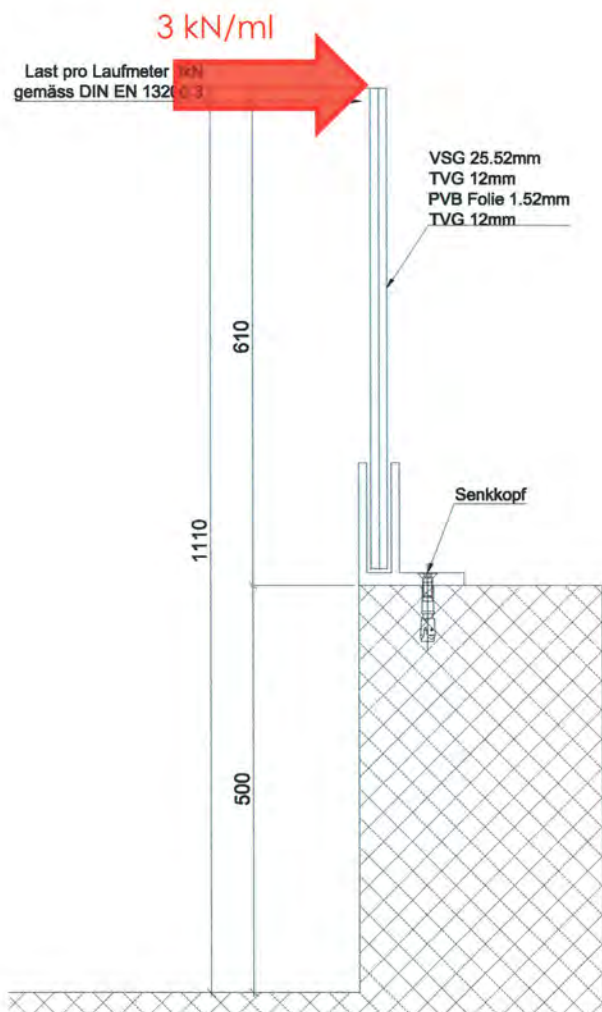


Image 2 Application de la charge de poussée sur le garde-corps

6. Vérifications

6.1 Vérification des verres

Les verres composant le garde-corps sont composés de verre feuilleté de sécurité durci 2x12 mm et de l'intercalaire PVB de 1.52 mm.

6.1.1 Contraintes et déformations admissibles

Valeurs techniques pour le verre

Combinaisons de verre		Contrainte admissible	Flexion ¹⁾
VFS – Float/Float	des 4 côtés dans le cadre	22 N/mm ²	l/100
VFS – Float/Float	avec bord libre	18 N/mm ²	l/100 ²⁾
VFS – Float/Imprimé	des 4 côtés dans le cadre	15 N/mm ²	l/100
VFS – Float/Imprimé	avec bord libre	12 N/mm ²	l/100 ²⁾
VFS – VD Float/VD Float	des 4 côtés dans le cadre	30 N/mm ²	l/100
VFS – VD Float/VD Float	avec bord libre	30 N/mm ²	l/100
VFS – VD Float/ VD Imprimé	des 4 côtés dans le cadre	25 N/mm ²	l/100
VFS – VD Float/ VD Imprimé	avec bord libre	20 N/mm ²	l/100
VFS – VT Float/VT Float	des 4 côtés dans le cadre	50 N/mm ²	l/100
VFS – VT Float/VT Float	avec bord libre	50 N/mm ²	l/100
VFS – VT Float/ VT Imprimé	des 4 côtés dans le cadre	35 N/mm ²	l/100
VFS – VT Float/ VT Imprimé	avec bord libre	30 N/mm ²	l/100

1) La distance entre les points d'appuis est décisive pour la flexion (voir art. 4.3 et 4.5)

2) Tous les bords libres doivent être au moins radés ou polis et les coins doivent être mouchés

Image 3 Contraintes et déformations admissibles selon les combinaisons de verres

Pour la limite de déformation on utilise l'hypothèse de la charge à titre de remplacement préconisée par la SIGAB

$$F_{Rd} = (423 \times 2) / 100$$

$$F_{Rd} = 8.46 \text{ mm}$$

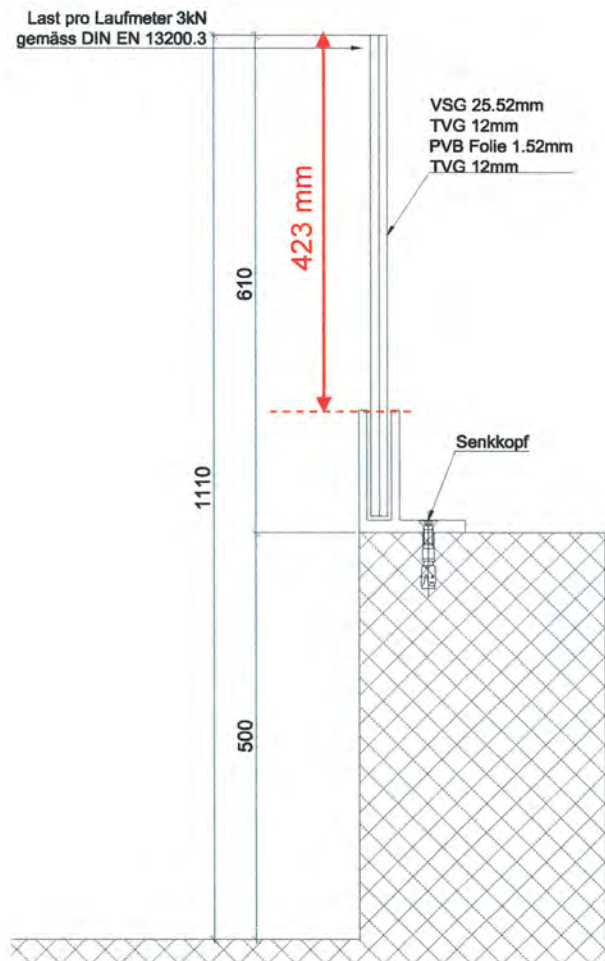


Image 4 Hauteur de vitrage prise en compte pour la vérification

6.1.2 Cas de charges

La limite de déformation est étudiée à l'ELS. La limite de contrainte est étudiée à l'ELU

N° du cas de charge	Cas de charge	Combinaison d'action
1	ELS	1.0 x q _k
2	ELU	1.5 x q _k

6.1.3 Vérification

La vérification est effectuée avec le logiciel de calcul SJ MEPLA 3.0.6

Tableau 3 Résultats de la vérification

Cas de charge	$\sigma_{Ed,1}$ (N/mm ²)	$\sigma_{Ed,2}$ (N/mm ²)	σ_{Rd} (N/mm ²)	F _{Ed} (mm)	F _{Rd} (mm)	Statut
ELS	-	-	-	2.63	8.46	✓
ELU	25.06	29.73	30.00	-	-	✓

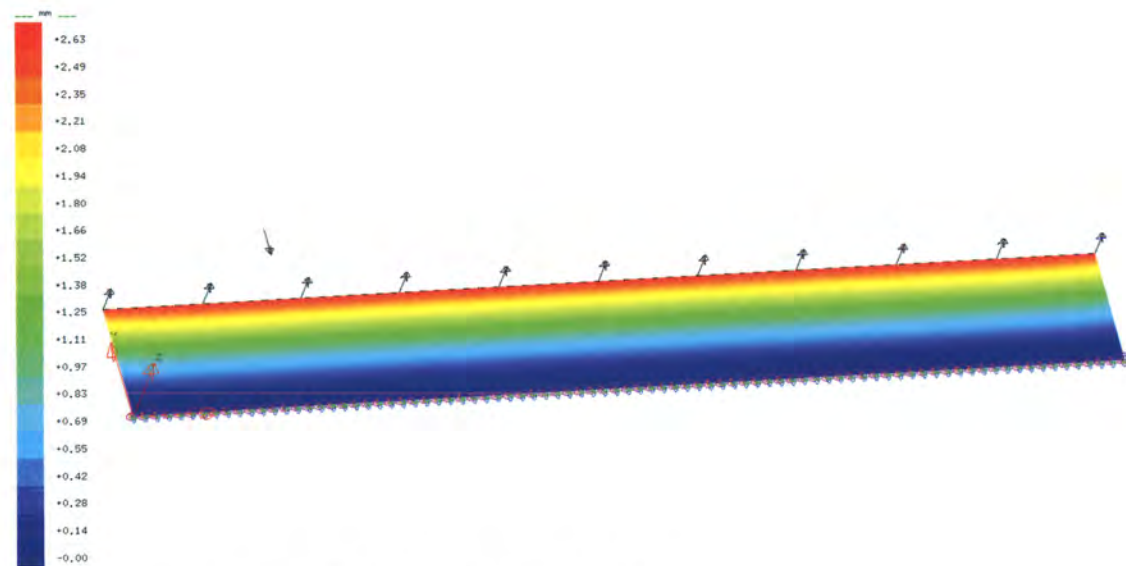


Image 5 Déformation du garde-corps à l'ELS

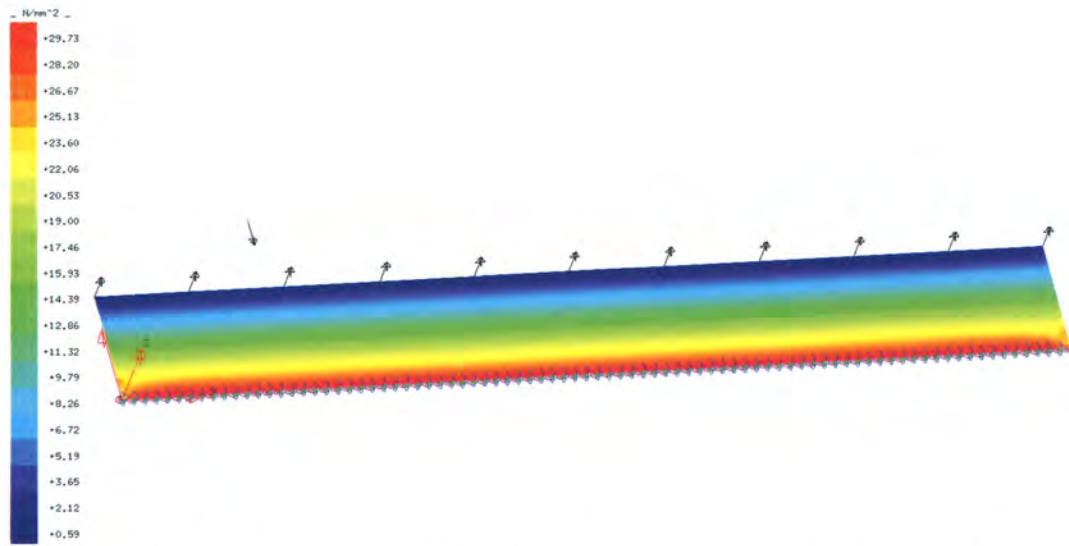


Image 6 *Contrainte principale de traction maximale dans le verre à l'ELU*

6.2 Vérification du profilé de maintien

6.2.1 Contrainte admissible

La contrainte admissible prise en compte pour les calculs est :

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_o}{\gamma_{M1}} = \frac{15}{1.1} = 13.6 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Rd} = 13.6 \text{ kN/cm}^2$$

6.2.2 Vérification

L'excentricité de la charge conduit à un moment en pied qui est transposé en couple de force s'appliquant sur le profilé U en aluminium. Les calculs sont faits avec une longueur de référence de 1 mètre.

$$F_x = 3 \times 1.5 = 4.5 \text{ kN/m}$$

$$M_y = 4.5 \text{ kN} \times 61 \text{ cm} = 274.5 \text{ kNcm/m}$$

$$\text{Couple de force } C = 274.5 \text{ kNcm/m} / 17 \text{ cm}$$

$$C = 16.14 \text{ kN}$$

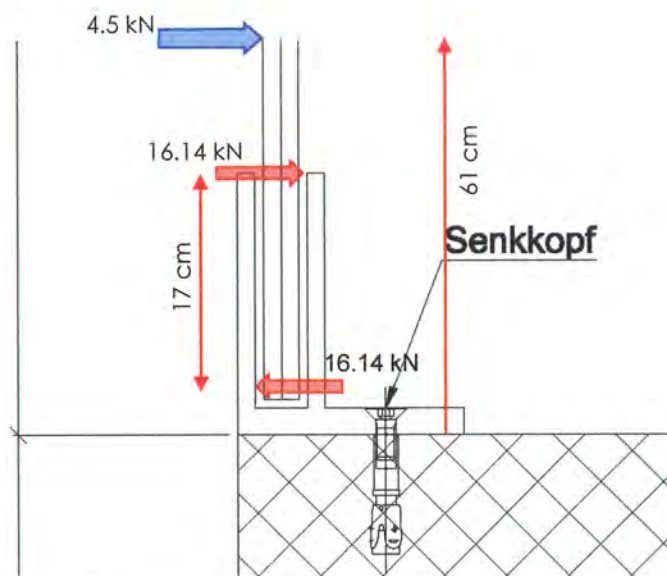


Image 7 Couple de force résultant du moment en pied de garde-corps

$$M = 16.14 \text{ kN} \times 17.5 \text{ cm} = 282.45 \text{ kNcm}$$

$$W = (100 \times 1.22) / 6 = 24 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{Ed} = 282.45 / 24 = 11.76 \text{ kN/cm}^2$$

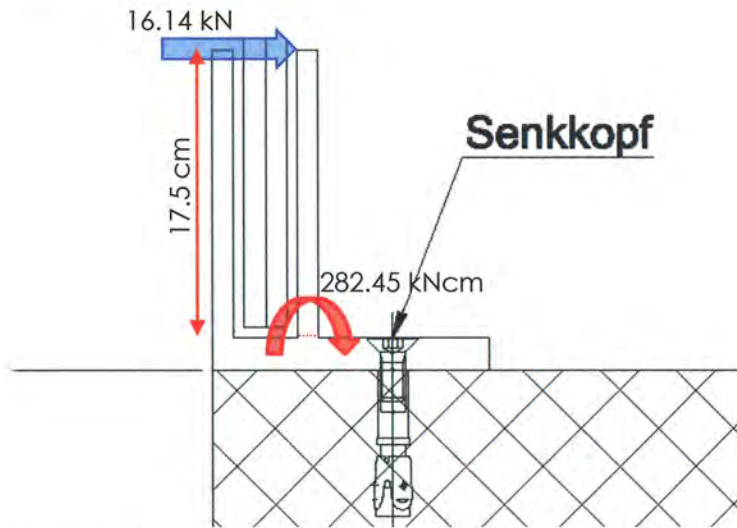


Image 8 Moment en dans le profilé aluminium du au couple de force

$$\sigma_{Rd} = 13.6 \text{ kN/cm}^2 > \sigma_{Ed} = 11.76 \text{ kN/cm}^2$$

Vérfifié

6.3 Vérification des ancrages

Le poseur est responsable d'utiliser les bonnes fixations dans le béton pouvant reprendre la réaction selon les charges appliquées sur le verre.

Efforts s'appliquant en pied de balustrade :

Effort de cisaillement :

$$F_x = 4.5 \text{ kN/ml}$$

Moment dû à l'excentricité d'application de la charge :

$$M_y = 4.5 \times 0.610$$

$$M_y = 2.74 \text{ kNm/ml}$$

Les calculs ont été effectués avec l'hypothèse d'un béton C25/30.

Prévoir **4 chevilles Fischer M10 FH II-SK(A4) 15/15 par mètre linéaire** (Chevilles à têtes fraisées) avec une profondeur d'ancrage de 70 mm ou équivalent.

Les chevilles auront un entraxe de 250 mm et une distance en bord de profilé de 125 mm. A cause des charges appliquées et des têtes fraisées, les chevilles doivent se situer à une distance minimale de 80 mm de l'arrête de béton et à une distance minimale de 23.5 mm du bord du profilé.

Ancrage

Système	fischer Cheville haute performances FH II
Ancrage	Ancrage haute performance FH II 15/15 SK A4, Acier inoxydable, Classe de qualité A4-70
Profondeur d'ancrage	70 mm



Image 9 Références des chevilles à mettre en place.

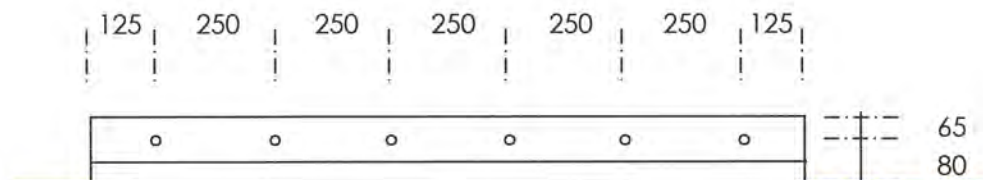
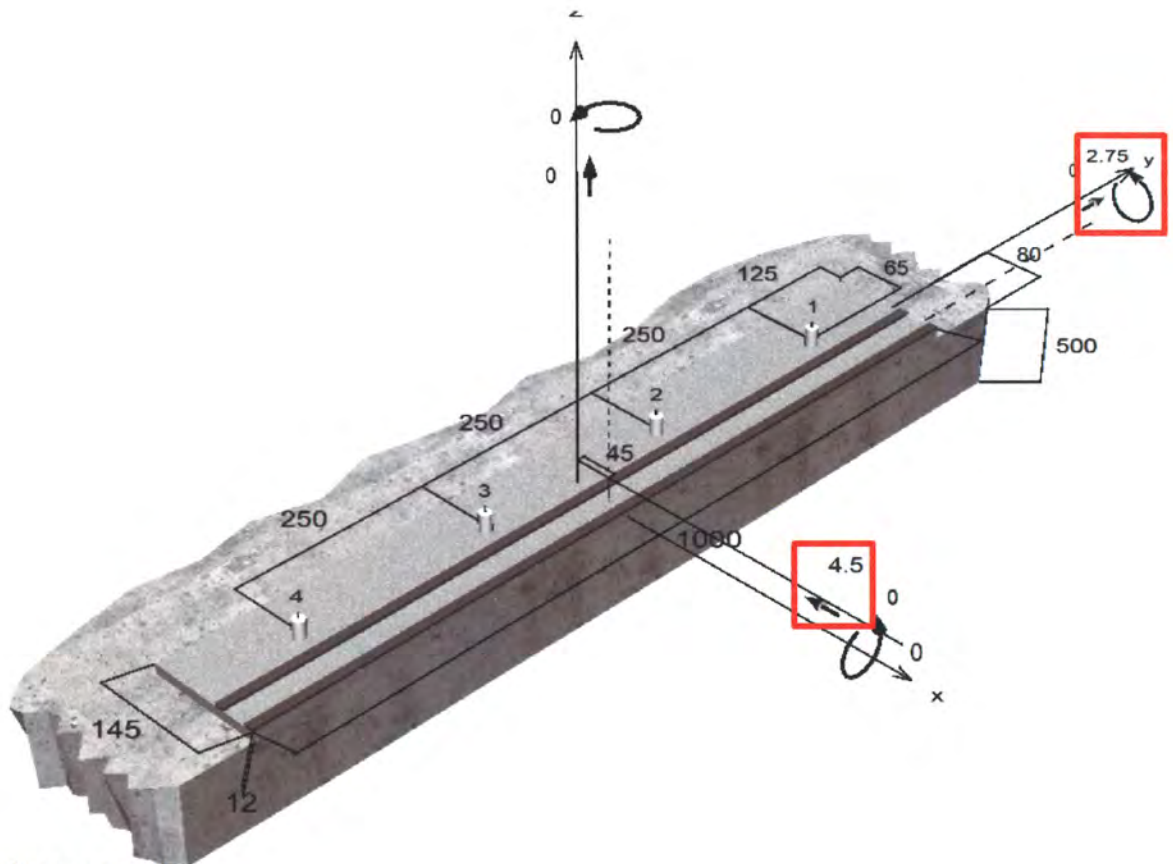


Image 10 Positionnement des trous de fixations



Echelle non respectée

Image 11 Modélisation de l'ancrage avec efforts appliqués

Tableau 4 Taux d'utilisation des chevilles

Résistance aux charges de traction	Résistance aux charges de cisaillement	Résistance aux charges combinées de traction et de cisaillement
96.4 %	7.0 %	84.1 %

Lausanne le 6 novembre 2015

Raul Corrales

Robin Fontaine