

DOSSIER D'APPROBATION DES PLANS

GARE DE LA TINE ET VOIE DE GARAGE AU LANCIAU

Projet partiel :

Référence projet :

Objet(s) :

MZ 12.54

Rapport d'examen GC

Pièce n°

Mur MZ 25.030-MU-G-AV + Bâtiment technique

17.2

Référence : 17.1 Rapport examen GC.docx



Ligne :	Montreux - Zweisimmen		
PK :	Km 24.405 à 26.606		
Commune :	Rossinière (VD)		
Echelle :	-	Format :	A4
Statut :	VERSION FINALE		

☒ Auteur du plan

MONOD-PIGUET + Associés Ingénieurs Conseils SA Avenue de Cour 32 1007 Lausanne 	STRATA ARCHITECTURE Route de Saint-Julien 40 1227 Carouge Genève 	COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER MONTREUX OBERLAND BERNOIS SA Rue de la Gare 22 – CP 1426 1820 Montreux 1 Service : 
Furrer+Frey AG Thunstrasse 35 3000 Bern 6 	GESTE ENGINEERING SA Rue de la Gare de Triage 5 1020 Renens 	Perret-Gentil SA Av. des Découvertes 12 1400 Yverdon-les-Bains 

Version	Date	Etabli par	Contrôlé par	Modifications
-	07.07.2022	LF/RdB	NB	Version initiale V3

Maître de l'ouvrage :

COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER MONTREUX OBERLAND BERNOIS SA

Yves Pittet
Resp. Domaine Infrastructure
Alain Morand
Resp. Département Projets
Jennifer Desponds
Cheffe de projet


.....

.....

.....

Auteur du projet :

Nicolas Bize
Chef de projet


.....
.....

Date :

Montreux, le

TABLE DES MATIÈRES

1	MANDAT	3
1.1	MAÎTRE DE L'OUVRAGE	3
1.2	DESCRIPTION DU MANDAT	3
1.3	AUTEUR DU PROJET	4
1.4	AUTODÉCLARATION DE LA COMPÉTENCE PROFESSIONNELLE PAR L'EXPERT	4
2	BASE DE L'EXPERTISE	4
2.1	DOCUMENTS EXAMINÉS	4
2.2	NORMES	4
3	ETENDUE DE L'EXAMEN	5
4	MÉTHODE DE L'EXAMEN	5
5	GEOLOGIE, HYDROGEOLOGIE	6
5.1	GÉOLOGIE	6
5.2	HYDROLOGIE	6
6	CONCEPT DE LA STRUCTURE	7
6.1	BÂTIMENT DE SERVICE	7
6.2	MURS DE SOUTÈNEMENT	7
6.3	PAROI BERLINOISE PROVISOIRE	7
7	RÉSULTATS DE L'EXAMEN	7
7.1	CONVENTION D'UTILISATION	7
7.2	BASE DE PROJET	8
7.3	CONCEPTION STRUCTURALE ET DÉTAILS DE CONSTRUCTION	8
7.4	NOTE DE CALCULS	8
7.5	PLANS	9
8	CALCUL DE COMPARAISON	10
8.1	BÂTIMENT DE SERVICE	10
8.2	MUR DE SOUTÈNEMENT CÔTÉ MONTBOVON	13
8.3	MUR DE SOUTÈNEMENT CÔTÉ ROSSINIÈRE	14
8.4	PAROI BERLINOISE PROVISOIRE	16
9	CONCLUSIONS	17
10	CHARGES	17
11	RECOMMANDATIONS	17
12	AUTEUR DU RAPPORT DE CONTRÔLES	18

Historique des modifications :

Indice	Date	Resp.	Modification
-	25.04.2022	N.B.	Version initiale
a	29.04.2022	RdB	Ajout paroi berlinoise et paroi clouée
B	07.07.2022	LF/RdB	Réponse prise de position de l'AP du 01.07.2022

Chemin interne :

R:\Data\Affaires\22013 MOB Gare de la Tine - Expertise\Administration\08_Rapports\22013RA01aNBRdB_Rapport de contrôle
NDC_20220429 - MZ25.030.docx

1 MANDAT

1.1 MAÎTRE DE L'OUVRAGE

Le MOB assume la fonction de Maître d'Ouvrage pour ce projet.

1.2 DESCRIPTION DU MANDAT

La gare de la Tine se situe sur la ligne à voie métrique Montreux-Zweisimmen exploitée par la compagnie de chemin de fer Montreux Oberland Bernois (MOB). Cette gare se situe entre les gares de Montbovon et de Rossinière.

Le MOB prévoit dans le cadre du renouvellement de la gare de la Tine et de la voie de garage au Lanciau de réaliser un nouveau bâtiment technique ainsi qu'un mur de soutènement comprenant un escalier d'accès et un abri voyageurs. Ces ouvrages sont situés à l'aval des voies ferroviaires.

La construction de ces ouvrages nécessite le terrassement du talus actuel. Afin de limiter les emprises du terrassement et de maintenir l'exploitation ferroviaire durant les travaux, une paroi provisoire type berlinoise ancrée sera mise en place. Le projet de la gare prévoit notamment d'élargir la plateforme des voies actuelles notamment pour y créer un quai central. Cela a également une incidence sur la route du Revers qui longe la plateforme des voies.

Les éléments suivants ont été vérifiés dans le cadre de notre mandat :

Bâtiment de service

Le bâtiment de service est enterré sur sa partie arrière et fait office également de soutènement à la plateforme ferroviaire. Le bâtiment de service est de forme parallélépipède rectangle dont les dimensions sont d'environ 26m de longueur par 5,60 à 7,80m de largeur et 6,40m de hauteur. Le bâtiment est subdivisé en 4 compartiments avec des murs de refend également en béton armé.

Mur de soutènement Montbovon (avec escalier d'accès).

Le mur de soutènement est dans le prolongement du local technique côté Montbovon du km 25.030 au km 25.060). C'est un mur en « L » en béton armé coulé en place d'une longueur de 30m ayant une hauteur totale variant de 2,30 à 4,50.

Mur de soutènement Rossinière

Le mur de soutènement est dans le prolongement du local technique côté Rossinière. C'est un mur en « L » en béton armé coulé en place d'une longueur de 16m ayant une hauteur totale variant de 3,60m à 6,30m. Un talus d'une pente de 2/3 se situe à l'arrière du mur de soutènement.

Paroi berlinoise ancrée provisoire

La paroi est située entre les km 25.052 à km 25.086 soit sur une longueur de 34m. Elle est constituée de profilés HEB 180 espacés tous les 2m. La hauteur de la paroi varie de 6 à 8m et elle est ancrée par 2 à 3 rangs d'ancrage sur sa hauteur.

Paroi clouée provisoire

La paroi est située entre les km 25.087 et 25.109 sur une longueur de 22m. La hauteur de la paroi varie de 5.0 à 6.3m et est ancrée par 3 à 4 rangs de clous.

L'expertise est établie par M. Nicolas Bize du bureau Perret-Gentil SA à Yverdon-les-Bains. Il est secondé dans sa tâche par les ingénieurs de projet Mme Rachel de Blaireville et Lucas Ferrari ainsi que par le bureau de géotechnique FOG GEO Sàrl.

L'abri voyageurs n'a pas été expertisé dans le cadre de notre mandat.

1.3 AUTEUR DU PROJET

Le projet a été établi par le bureau MONOD-PIGUET + ASSOCIES Ingénieurs Conseils S.A. à Lausanne.

1.4 AUTODÉCLARATION DE LA COMPÉTENCE PROFESSIONNELLE PAR L'EXPERT

L'expert, auteur de ce document, déclare :

- Posséder la compétence professionnelle requise et s'estime apte à effectuer les examens nécessaires.
- Avoir effectué les examens personnellement avec le soutien d'ingénieurs de projet pour les calculs de comparaison.
- N'avoir fourni à aucun moment pendant les phases précédentes du projet des prestations de planification ou de conseil en rapport avec l'objet à examiner.

2 BASE DE L'EXPERTISE

2.1 DOCUMENTS EXAMINÉS

Le rapport de contrôle est établi sur la base des pièces suivantes du dossier d'ouvrage :

- Pièce 12.4.4 – Convention d'utilisation du 01.07.2022
- Pièce 12.4.5 – Base de projet du 01.07.2022
- Pièce 12.4.8 – Note de calculs du 01.07.2022
- Pièce 12.2.1 – Plan de situation de la Gare du 4.03.2022
- Pièce 12.2.8 – MZ 25.030-MU-G-AV (y compris bâtiment technique enterré) – plan de situation élévation et coupes de l'ouvrage du 01.07.2022
- Pièce 12.2.3 – Plan de situation des réseaux souterrains 4.03.2022
- Pièce 12.2.4 – Profils type ferroviaires du 4.03.2022

NORMES

- Les normes SIA en vigueur au moment de la rédaction du présent document, soit en particulier :
 - o SIA 260 – Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses
 - o SIA 261 – Actions sur les structures porteuses
 - o SIA 262 – Construction en béton
 - o SIA 263 – Construction en acier
 - o SIA 267 – Géotechnique
- Les prescriptions légales, LCdF, OCF, DE-OCF

3 ETENDUE DE L'EXAMEN

Le présent rapport d'expertise se fonde sur l'analyse des documents mentionnés ci-dessus.

Un calcul de comparaison est établi pour l'ensemble des ouvrages afin de vérifier les ordres de grandeur des sollicitations et déformations déterminées par l'auteur du projet.

4 MÉTHODE DE L'EXAMEN

La méthode d'examen est la suivante :

- Vérification du contenu de la convention d'utilisation et de la base du projet par rapport aux normes et contrôle de leur cohérence avec les autres pièces du dossier.
- Contrôle des notes de calcul sur la base de pointages et des résultats du calcul de comparaison.
- Contrôle des plans et détails constructifs principaux.

5 GEOLOGIE, HYDROGEOLOGIE

5.1 GÉOLOGIE

Une étude géotechnique a été conduite par le bureau Karakas & Français le 09.04.2021, étude décrivant des informations détaillées quant à la nature des sols en place.

Le tableau ci-dessous décrit les caractéristiques géomécaniques des sols rencontrés lors de l'étude :

Couche de sol	Epaisseur [m]	Valeur caractéristique du sol de fondation	
Remblais	~3,30m	$\varphi'_k = 35^\circ - 37^\circ$ $\gamma_\varphi = \tan(\varphi'_k)/1,2$ $C'_k = 0 \text{ kN/m}^2$ $\gamma_c = 1,5$	$\gamma_k = 20 - 21 \text{ kN/m}^2$ $E = 20 - 30 \text{ MN/m}^2$ $q_{\text{serv pente } 0^\circ} = 310 \text{ kN/m}^2$ $q_{\text{serv pente } 25^\circ} = 100 \text{ kN/m}^2$
Ancien sol	~0,60m	$\varphi'_k = 30 - 33^\circ$ $\gamma_\varphi = \tan(\varphi'_k)/1,2$ $C'_k = 2 - 4 \text{ kN/m}^2$ $\gamma_c = 1,5$	$\gamma_k = 19,5 - 20,5 \text{ kN/m}^2$ $E = 5 - 15 \text{ MN/m}^2$ $q_{\text{serv}} = 105 \text{ kN/m}^2$
Eboulis de pente	Inconnue	$\varphi'_k = 35 - 37^\circ$ $\gamma_\varphi = \tan(\varphi'_k)/1,2$ $C'_k = 2 - 4 \text{ kN/m}^2$ $\gamma_c = 1,5$	$\gamma_k = 22 - 23 \text{ kN/m}^2$ $E = 20 - 30 \text{ MN/m}^2$

Le coefficient de poussée des terres est déterminé conformément aux DE-OCF pour un mur supportant des charges dues au trafic ferroviaire :

- Stabilité de l'ouvrage (ELU type 1 + 3) :
 - o Glissement : Poussée des terres active majorée
 - o Renversement : Poussée des terres au repos
- Sécurité structurale (ELU type 2) : Poussée des terres au repos
- Aptitude au service (ELS) : Poussée des terres au repos

5.2 HYDROLOGIE

L'ouvrage se situe en zone de protection des eaux AU.

Le mur est drainé à sa base, aucune pression d'eau n'est à considérer sur la structure.

6 CONCEPT DE LA STRUCTURE

Les différents éléments de l'ouvrage présentent les concepts suivants :

6.1 BÂTIMENT DE SERVICE

Le bâtiment de service est enterré sur sa partie arrière et fait office également de soutènement à la plateforme ferroviaire. Le bâtiment de service est de forme parallélépipède rectangle dont les dimensions sont d'environ 26m de longueur par 5,60 à 7,80m de largeur et 6,40m de hauteur. Le bâtiment est subdivisé en 4 compartiments avec des murs de refend également en béton armé.

6.2 MURS DE SOUTÈNEMENT

Mur de soutènement Montbovon (avec escalier d'accès).

Le mur de soutènement est dans le prolongement du local technique côté Montbovon du km 25.030 au km 25.060). C'est un mur en « L » en béton armé coulé en place d'une longueur de 30m ayant une hauteur totale variant de 2,30m à 4,50m.

Mur de soutènement Rossinière

Le mur de soutènement est dans le prolongement du local technique côté Rossinière. C'est un mur en « L » en béton armé coulé en place d'une longueur de 16m ayant une hauteur totale variant de 3,60m à 6,30m. Un talus d'une pente de 2/3 se situe à l'arrière du mur de soutènement.

6.3 PAROI BERLINOISE ET PAROI CLOUÉE PROVISOIRES

Paroi berlinoise ancrée provisoire

La paroi est située entre les km 25.052 à km 25.086 soit sur une longueur de 34m. Elle est constituée de profilés HEB 180 espacé tous les 2m. La hauteur de la paroi varie de 6 à 8m et elle est ancrée par 2 à 3 rangs d'ancrage sur sa hauteur.

Paroi clouée provisoire

La paroi est située entre les km 25.087 et 25.109 sur une longueur de 22m. La hauteur de la paroi varie de 5.0 à 6.3m et est ancrée par 3 à 4 rangs de clous.

7 RÉSULTATS DE L'EXAMEN

7.1 CONVENTION D'UTILISATION

Le contenu de la convention d'utilisation appelle les commentaires suivants :

- Chap. 6.7 : le choc routier a été rajouté dans la CU. Il faut encore en tenir compte pour les vérifications dans la note de calcul.

7.2 BASE DE PROJET

Le contenu de la base de projet appelle les commentaires suivants :

- Chap. 4.3 :
 - Pour le béton de la paroi gunitée : $f_{ck} = 25$ MPa.
- Chap. 5 :
 - La définition des actions considérées pour les parois provisoires manque.
- Chap. 8.1 :
 - Pour un béton sorte G (ou F), la classe d'exposition aux chlorure est XD3, or pour cette classe d'exposition, l'enrobage nécessaire est de 55mm selon le tableau 18 de la SIA 262.
 - Sur quelle base est-ce que la classe XA1 a été définie ?

7.3 CONCEPTION STRUCTURALE ET DÉTAILS DE CONSTRUCTION

- Selon l'annexe 10, schéma d'armature mur de soutènement Rossinière, il est prévu une barre façonnée en diamètre 26mm en position « attente et barre supérieure ». A notre avis, Il va être difficile de façonner cette barre vu les dimensions de celle-ci et les rayons de pliage à respecter pour du diamètre 26mm. Ce point doit être vérifié. La géométrie de la barre prévue doit de plus être parfaitement façonnée pour respecter les enrobages définis (pas de jeu de mise en œuvre). Nous vous proposons de créer 2 barres distinctes afin d'avoir du jeu dans la mise en œuvre et de disposer également un crochet sur la barre en attente pour des questions de sécurité. [Point à approfondir lors de la phase exécution.](#)

7.4 NOTE DE CALCULS

Le contenu de la note de calculs appelle les commentaires suivants :

- Chap. 3.1.2.1 :
 - La hauteur de remblai mesurée sur l'élévation n'est toujours pas claire pour nous. Une coupe au niveau de l'abri voyageurs permettrait de mieux appréhender les différentes épaisseurs des couches à l'arrière du mur. Il serait également utile d'ajouter un trait représentant le niveau du terrain à l'arrière du mur sur l'élévation du mur.
- Chap. 6.1.1 :
 - Le dimensionnement de la paroi dans la zone avec deux niveaux d'ancrages manque. [Cette coupe n'est pas déterminante et le même principe constructif que pour la coupe critique a été considéré. A approfondir en phase d'exécution.](#)
- Chap. 6.1.1.1 :
 - Le calcul de la rigidité K des ancrages est à expliciter (la valeur considérée semble faible).

- Chap. 6.1.1.5 :
 - Le calcul de la résistance externe des ancrages considère la longueur scellée totale. La longueur à prendre en compte est celle qui se trouve derrière le cercle de glissement selon calcul de la stabilité générale.
 - Le chiffre 10.5.3.2 de la norme SIA 267 doit également être respecté.
 - La valeur du moment résistant semble élevée **et le calcul des efforts dans le blindage n'est pas explicité**. Nous conseillons d'augmenter l'épaisseur de la gunite.
 - La vérification de la résistance en pointe des profilés manque.
- Chap. 6.1.2 :
 - Le dimensionnement de la paroi dans la zone avec trois niveaux d'ancrages manque. **Cette coupe n'est pas déterminante et le même principe constructif que pour la coupe critique a été considéré. A approfondir en phase d'exécution.**
 - La prise en compte d'un facteur K_a non majoré semble trop favorable.
 - La prise en compte de P_0 dans le contrôle de la résistance ultime interne de l'ancrage manque.
 - Dans le paragraphe 6.2, la poussée des terres est distribuée sur la hauteur de la paroi. Ceci est trop favorable. Nous conseillons de l'intégrer sur une hauteur de 1.0 m en pied de paroi (endroit déterminant).
 - L'enrobage considéré pour le treillis dans la gunite est à mentionner.
 - La vérification des déformations manque.
- Chap. 6.1.2.1 :
 - La paroi se trouve proche des voies. Une limitation des déformations de la paroi est à définir et contrôler. La pente de la paroi considérées à 20/1 paraît élevée. Au vu de la présence de terrains peu cohésifs nous recommandons vivement de la limiter à 10/1. Selon nous, une prolongation de la paroi berlinoise serait judicieuse car les déformations seront moindres. Le choix d'une paroi clouée est à justifier ainsi que celui de son importante inclinaison. **Ces différents éléments sont à mentionner dans la note de calculs et à approfondir lors du projet d'exécution.**

7.5 PLANS

Pièce 12.2.7 – Plan MZ 24.916-MU-G-AV – Variante accès tiers

- Indiquer la force d'ancrage P_0 des clous de la paroi clouée

Pièce 12.2.8 – Plan MZ 25.030-MU-G-AV – Bâtiment technique

- Les talus projetés ne sont pas clairement identifiables notamment vers le mur de soutènement Rossinière
- Indiquer la longueur totale et l'espacement des profilés verticaux ainsi que l'espacement des ancrages de la paroi berlinoise

8 CALCUL DE COMPARAISON

8.1 BÂTIMENT DE SERVICE

Le bâtiment de service est modélisé en 3 dimensions sur le logiciel de calcul Axis VM X6.

Annexe 1	p.1 :	- Modèle 3D de la structure - Poids propre de la structure
Annexe 1	p.2 :	Charges permanentes remblais + enrobé bitumineux Charges permanentes abri voyageurs
Annexe 1	p.3 :	Poussée des terres au repos Charge de terre sur la semelle
Annexe 1	p.4 :	Charges utiles local technique Charge de neige sur le local
Annexe 1	p.5 :	Poussée des terres dues au train voie 1 Poussée des terres due au train voie 2
Annexe 1	p.6 :	Force centrifuge Tableau de combinaison des charges
Annexe 1	p.7 :	Contrainte au sol, ELU type 1 Contrainte maximale = 142 kN/m^2 Contrainte au sol, ELS quasi-permanent Contrainte maximale = 116 kN/m^2
Annexe 1	p.8 :	Contrainte au sol, ELS fréquent Contrainte maximale = 130 kN/m^2
Annexe 1	p.9 :	Mur contre terre, myD-, ELS fréquent Moment maximal = 112 kNm/m' Mur contre terre, myD+, ELS fréquent Moment maximal = 35 kNm/m'
Annexe 1	p.10 :	Dalle, mxD-, ELS fréquent Moment maximal = 18 kNm/m' Dalle, mxD+, ELS fréquent Moment maximal = 67 kNm/m'
Annexe 1	p.11 :	Dalle, myD-, ELS fréquent Moment maximal = 52 kNm/m' Dalle, myD+, ELS fréquent Moment maximal = 87 kNm/m'

Annexe 1	p.12 :	Radier, mxD-, ELU type 2 Moment maximal = 208 kNm/m'
		Radier, mxD+, ELU type 2 Moment maximal = 149 kNm/m'
Annexe 1	p.13 :	Radier, myD-, ELU type 2 Moment maximal = 213 kNm/m'
		Radier, myD+, ELU type 2 Moment maximal = 293 kNm/m'
Annexe 1	p.14 :	Radier, vxz, ELU type 2 Effort tranchant maximal = 550 kN/m'
		Radier, vyz, ELU type 2 Effort tranchant maximal = 660 kNm/m'
Annexe 1	p.15 :	Mur contre terre, myD-, ELU type 2 Moment maximal = 158 kNm/m'
		Mur contre terre, myD+, ELU type 2 Moment maximal = 48 kNm/m'
Annexe 1	p.16 :	Mur contre terre, vyz, ELU type 2 Effort tranchant maximal = 363 kN/m'
Annexe 1	p.17 :	Dalle, mxD-, ELU type 2 Moment maximal = 24 kNm/m'
		Dalle, mxD+, ELU type 2 Moment maximal = 102 kNm/m'
Annexe 1	p.18 :	Dalle, myD-, ELU type 2 Moment maximal = 72 kNm/m'
		Dalle, myD+, ELU type 2 Moment maximal = 134 kNm/m'
Annexe 1	p.19 :	Dalle, vxz, ELU type 2 Effort tranchant maximal = 177 kN/m'
		Dalle, vyz, ELU type 2 Effort tranchant maximal = 223 kNm/m'
Annexe 1	p.20 :	Mur contre terre, myD-, ELS Quasi-permanent

Moment maximal = 81 kNm/m'

Mur contre terre, myD+, ELS Quasi-permanent

Moment maximal = 23 kNm/m'

Annexe 1	p.21 :	Contrainte au sol, ELU accidentel sans remblais Contrainte maximale = 101 kN/m ²
Annexe 1	p.22 :	Stabilité générale Renversement : Degré de conformité S_R = 2,89 OK ! Glissement : Résistance au glissement = 10'512 kN Force horizontale = 7'768 kN OK !
Annexe 1	p.23 :	Armature minimale de fissuration en flexion Radier : $m_{Rd} = 412 \text{ kNm/m}' > 49 \text{ kNm/m}'$ OK ! Mur contre terre Base ext. : $m_{Rd} = 132 \text{ kNm/m}' > 81 \text{ kNm/m}'$ OK ! Mur contre terre Haut ext. : $m_{Rd} = 98 \text{ kNm/m}' > 50 \text{ kNm/m}'$ OK !
Annexe 1	p.24 :	Armature minimale de fissuration à la flexion Mur contre terre int. : $m_{Rd} = 71 \text{ kNm/m}' > 23 \text{ kNm/m}'$ OK ! Mur extérieur sommet. : $m_{Rd} = 139 \text{ kNm/m}' > 80 \text{ kNm/m}'$ OK ! Dalle de couverture : $m_{Rd} = 120 \text{ kNm/m}' > 80 \text{ kNm/m}'$ OK !
Annexe 1	p.25 :	Armature minimale de retrait pour un béton C30/37 Radier : $A_{s,min} = 2367 \text{ mm}^2/\text{m} \Rightarrow \text{Ø22 e=15 OK !}$ Mur contre terre : $A_{s,min} = 870 \text{ mm}^2/\text{m} \Rightarrow \text{Ø14 e=15 OK !}$
Annexe 1	p.26 :	Armature minimale de retrait pour un béton C30/37 Mur extérieur : $A_{s,min} = 1859 \text{ mm}^2/\text{m} \Rightarrow \text{Ø20 e=15 OK !}$ Dalle de couverture : $A_{s,min} = 1179 \text{ mm}^2/\text{m} \Rightarrow \text{Ø16 e=15 OK !}$
Annexe 1	p.27 :	Armature de flexion, ELU type 2 Radier : $m_{Rd} = 795 \text{ kNm/m}' > 360 \text{ kNm/m}'$ OK ! Mur contre terre, face intérieur : $m_{Rd} = 108 \text{ kNm/m}' > 47 \text{ kNm/m}'$ OK ! Mur contre terre, face extérieur : $m_{Rd} = 244 \text{ kNm/m}' > 160 \text{ kNm/m}'$ OK !
Annexe 1	p.28 :	Armature de flexion, ELU type 2 Mur extérieur, face extérieur : $m_{Rd} = 172 \text{ kNm/m}' > 140 \text{ kNm/m}'$ OK ! Dalle de couverture : $m_{Rd} = 197 \text{ kNm/m}' > 134 \text{ kNm/m}'$ OK !

Le calcul de comparaison ne soulève aucune différence majeure avec la note de calcul de l'auteur du projet. Les efforts de dimensionnement sont similaires et les armatures proposées garantissent la sécurité structurale ainsi que l'état limite de service.

8.2 MUR DE SOUTÈNEMENT CÔTÉ MONTBOVON

Une coupe type a été modélisée au droit du mur de soutènement partie centrale (coupe S2 de la NDC).

Le calcul de comparaison est effectué avec un modèle 2D du mur en « L » et du terrain, sur le logiciel de calcul LARIX-8.

- Nouveau mur de soutènement à l'état final
- Prise en compte du séisme
- Poussée des terres active majorée

Annexe 2	p.1 :	Modèle d'analyse Charges trafic ferroviaire modèle 7
Annexe 2	p.2 :	Charge de neige Charge des piétons
Annexe 2	p.3 :	Action accidentelle séisme Les actions accidentelles n'ont pas été prises en compte par l'auteur du projet. Elles seront par la suite déterminantes pour l'ELU type 2. Enveloppe La vérification au poinçonnement n'est pas satisfaite. Il faut affiner le calcul en tenant compte de la présence de la route en aval ou avec un calcul à la main en tenant compte de la rugosité de la semelle, ce que ne fait pas LARIX-8. Poinçonnement : $n = 0,44 < 1$ KO !
Annexe 2	p.4 :	Moment de flexion ELS quasi-permanent Le moment de flexion de service obtenu est similaire à celui de l'auteur du projet. Pression au sol ELS quasi-permanent La pression au sol de service obtenue est similaire à celle de l'auteur du projet.
Annexe 2	p.5 :	Enveloppes des efforts intérieurs du mur de soutènement Les efforts intérieurs sont légèrement supérieurs à ceux obtenus par l'auteur du projet (+10%).
Annexe 2	p.6 :	Armature minimale de retrait Armature minimale pour la semelle : $1526\text{mm}^2/\text{m} \Rightarrow \text{Ø18 } e=15 \text{ OK !}$ Armature minimale pour le mur : $1526\text{mm}^2/\text{m} \Rightarrow \text{Ø18 } e=15 \text{ OK !}$
Annexe 2	p.7 :	Armature minimale fissuration de service Semelle: $\text{Ø18 } e=15$: $m_{Rd} = 180\text{kNm}/\text{m}' > 43 \text{ kNm}/\text{m}' \text{ OK!}$ Mur: $\text{Ø18 } e=15$: $m_{Rd} = 180\text{kNm}/\text{m}' > 50 \text{ kNm}/\text{m}' \text{ OK!}$
Annexe 2	p.8 :	Résistance interne du mur Mur en flexion : $\text{Ø18 } e=15$: $m_{Rd} = 320\text{kNm}/\text{m}' > 115 \text{ kNm}/\text{m}' \text{ OK!}$

Semelle sans armature d'effort tranchant : $V_d = 378 \text{ kN/m}' > 78 \text{ kN/m}'$ **OK!**

Annexe 2 p.9 : **Vérification au poinçonnement**
Degré de conformité sans considérer que la semelle est enterrée :
Semelle lisse $n = 1,16$ **OK !** (Idem LARIX)
Semelles rugueuse $n = 1,6$ **OK !**

8.3 MUR DE SOUTÈNEMENT CÔTÉ ROSSINIÈRE

Une coupe type a été modélisée au milieu du mur de soutènement partie haute. La coupe a été modélisée au km 25.085

Le calcul de comparaison est effectué avec un modèle 2D du mur en « L » et du terrain, sur le logiciel de calcul LARIX-8.

- Nouveau mur de soutènement à l'état final
- Prise en compte des charges accidentelles
- Poussée des terres active majorée

Annexe 3 p.1 : **Modèle d'analyse**
Charges trafic ferroviaire modèle 7, 2 voies

Annexe 3 p.2 : **Charge de neige**
Action accidentelle déraillement modèle 1
Les actions accidentelles n'ont pas été prises en compte par l'auteur du projet. Elles seront par la suite déterminantes pour l'ELU type 2.

Annexe 3 p.3 : **Action accidentelle séisme**
Les actions accidentelles n'ont pas été prises en compte par l'auteur du projet. Elles seront par la suite déterminantes pour l'ELU type 2.

Enveloppe

La vérification au poinçonnement n'est plus satisfaite avec comme cas de charge déterminant le cas accidentel sismique. Il faut affiner le calcul en tenant compte de la présence de la route en aval ou avec un calcul à la main en tenant compte de la rugosité de la semelle, ce que ne fait pas LARIX-8.
Poinçonnement $n = 0,28 < 1$ KO ! Un calcul supplémentaire considérant que la semelle est enterrée se trouve aux pages 9-10

Annexe 3 p.4 : **Moment de flexion ELS quasi-permanent**
Le moment de flexion est légèrement supérieur à celui considéré par l'auteur du projet, cette différence vient du fait que la section de contrôle considérée n'est pas tout à fait la même.

Pression au sol ELS quasi-permanent

La pression au sol est légèrement supérieure à celle considérée par l'auteur du projet, cette différence vient du fait que la section de contrôle considérée

n'est pas tout à fait la même. La contrainte au sol reste inférieure à la limite :
 $240 \text{ kN/m}^2 < 310 \text{ kN/m}^2$ OK !

Annexe 3	p.5 :	Enveloppe des efforts intérieurs du mur de soutènement Les efforts intérieurs maximaux sont également supérieurs aux valeurs considérées par l'auteur du projet, pour les mêmes raisons citées précédemment. Les vérifications montrent que les armatures prévues sont tout de même suffisantes.
Annexe 3	p.6 :	Armature minimale de retrait pour un béton C30/37 Armature minimale pour la semelle : $2300 \text{ mm}^2/\text{m} \Rightarrow \text{Ø}22 \text{ e}=15$ OK ! Armature minimale pour le mur : $1526 \text{ mm}^2/\text{m} \Rightarrow \text{Ø}18 \text{ e}=15$ OK !
Annexe 3	p.7 :	Armature minimale fissuration de service Semelle: $\text{Ø}26 \text{ e}=15$: $m_{\text{Rd}} = 515 \text{ kNm/m}' > 400 \text{ kNm/m}'$ OK! Mur: $\text{Ø}26 \text{ e}=15$: $m_{\text{Rd}} = 515 \text{ kNm/m}' > 405 \text{ kNm/m}'$ OK!
Annexe 3	p.8 :	Résistance interne du mur Mur en flexion : $\text{Ø}26 \text{ e}=15$: $m_{\text{Rd}} = 1091 \text{ kNm/m}' > 700 \text{ kNm/m}'$ OK! Semelle sans armature d'effort tranchant : $V_d = 417 \text{ kN/m}' > 270 \text{ kN/m}'$ OK!
Annexe 3	p.9 :	Vérification au poinçonnement Degré de conformité sans considérer que la semelle est enterrée : Semelle lisse $n = 1,01$ OK ! (Idem LARIX) Semelles rugueuse $n = 1,39$ OK !

8.4 PAROI BERLINOISE ET PAROI CLOUÉE PROVISOIRES

Paroi berlinoise

Une coupe type a été modélisée au droit de la paroi berlinoise, au km 25.076.

Le calcul de comparaison est effectué avec un modèle 2D de la paroi, sur le logiciel RIDO.

Un diamètre de forage de 400 mm est considéré pour les profilés verticaux de la paroi berlinoise.

Annexe 4 : **Vérification des efforts internes dans les profilés de la paroi**

Flexion: $M_{Rd,él} = 144 \text{ kNm} > M_{Ed} = 45 \text{ kNm}$ **OK !**

Effort tranchant : $V_{Rd,él} = 275 \text{ kN} > V_{Ed} = 147 \text{ kN}$ **OK !**

Annexe 4 : **Vérification des efforts internes dans le blindage de la paroi**

Flexion: $m_{Rd} = 41 \text{ kNm} < m_{Ed} = 47 \text{ kNm}$ **KO !**

Effort tranchant : $v_{Rd} = 102 \text{ kN} < v_{Ed} = 104 \text{ kN}$ **KO !**

Annexe 4 : **Vérification des efforts internes dans les ancrages**

$R_{a,d} = 233 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 213 \text{ kN}$ **OK !**

$0.3P_{pk} \leq P \leq 0.7P_{pk}$ **KO !**

$P_0 \leq 0.6P_{pk}$ **OK !**

Avec $P_{pk} = 798 \text{ kN}$, $P = 202 \text{ kN}$ et $P_0 = 200 \text{ kN}$

Annexe 4 : **Vérification de la déformation de la paroi**

Calcul de comparaison : 3mm

Calcul de l'auteur du projet : 4mm

Paroi clouée

Une coupe type a été modélisée au droit de la paroi clouée, au km 25.097.

Le calcul de comparaison est effectué avec un modèle 2D de la paroi, sur le logiciel de calcul Talren v5.

Annexe 4 : **Vérification de la paroi clouée km 24.921**

Degré de conformité :

$n = 0.81$ **KO !**

Le calcul de comparaison de la paroi clouée montre une résistance insuffisante du système considéré. Il est nécessaire que l'auteur de projet effectue un calcul par étape afin de contrôler que la sécurité structurale fonctionne pour chacune d'entre elle. Nous conseillons d'allonger les deux premiers rangs d'ancrage et d'augmenter le diamètre de forage des clous.

Le calcul de comparaison n'a pas été mis à jour. Avec une hauteur plus faible d'excavation (suppression de la charge de remblais considérée par l'expert) un facteur de sécurité supérieur à 1.0 devrait être obtenu. Le calcul par étapes de l'auteur du projet doit néanmoins être détaillé pour chacune des phases.

9 CONCLUSIONS

L'examen du dossier des éléments provisoires et le calcul de comparaison conduisent aux conclusions suivantes :

- La conception générale des ouvrages est judicieuse
- Le calcul de comparaison conduit à des résultats similaires à ceux évalués par l'auteur du projet.
- Le dimensionnement des parois provisoires est à étudier plus en détails selon remarques des chapitres 7.1 à 7.4.

10 CHARGES

Les charges suivantes sont formulées pour le projet d'exécution :

1. Adapter la convention d'utilisation selon remarques du chapitre 7.1
2. Adapter la base du projet selon remarques du chapitre 7.2
3. Vérifier la faisabilité du détail mentionné au chapitre 7.3
4. Adapter la note de calcul selon remarques 7.4
5. Adapter le plan MZ 25.030-MU-G-AV – Bâtiment technique selon remarques chapitre 7.5
6. Les charges émises devront être traitées lors du projet d'exécution.

11 RECOMMANDATIONS

Des sondages sont à réaliser au démarrage des travaux afin de confirmer les couches de sol rencontrées et le phasage des travaux en dessous de la nappe phréatique.

12 AUTEUR DU RAPPORT DE CONTRÔLES

Perret-Gentil S.A.



N. Bize

Yverdon-les-Bains, le 7 juillet 2022

13 ANNEXES :

- Annexe 1 : Calcul de comparaison Bâtiment technique
- Annexe 2 : Calcul de comparaison Mur direction Montbovon
- Annexe 3 : Calcul de comparaison Mur direction Rossinière
- Annexe 4 : Calcul de comparaison des parois clouée et berlinoise

Annexe 1 : Calcul de comparaison bâtiment technique

Projet

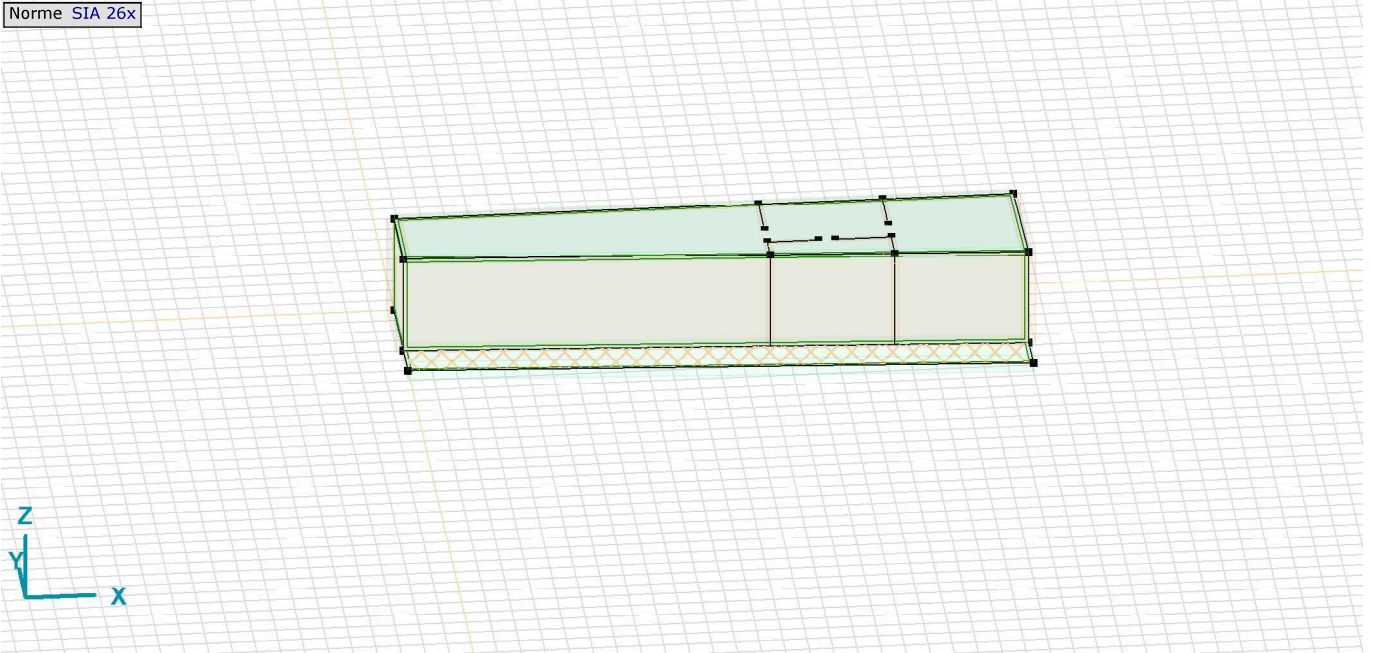
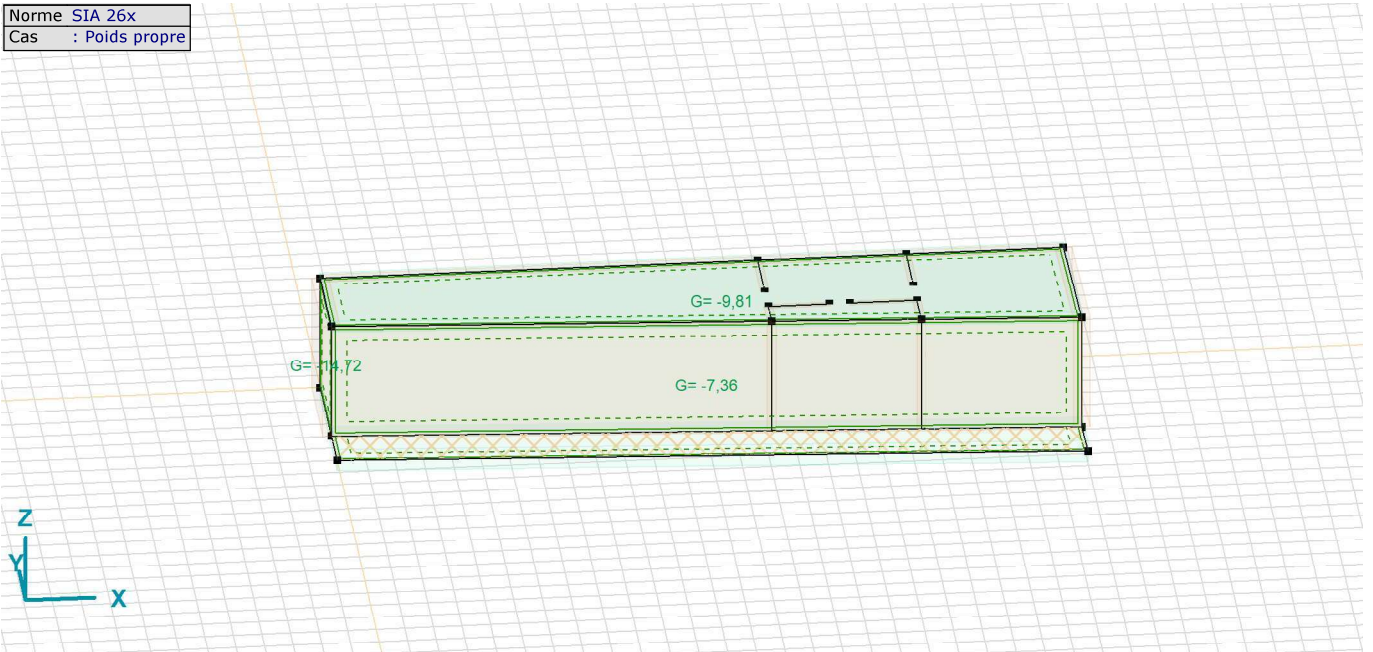
Analysé par Perret-Gentil SA

Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 1

Norme SIA 26x

*Vue d'ensemble de la structure*Norme SIA 26x
Cas : Poids propre*Poids propre*

Projet

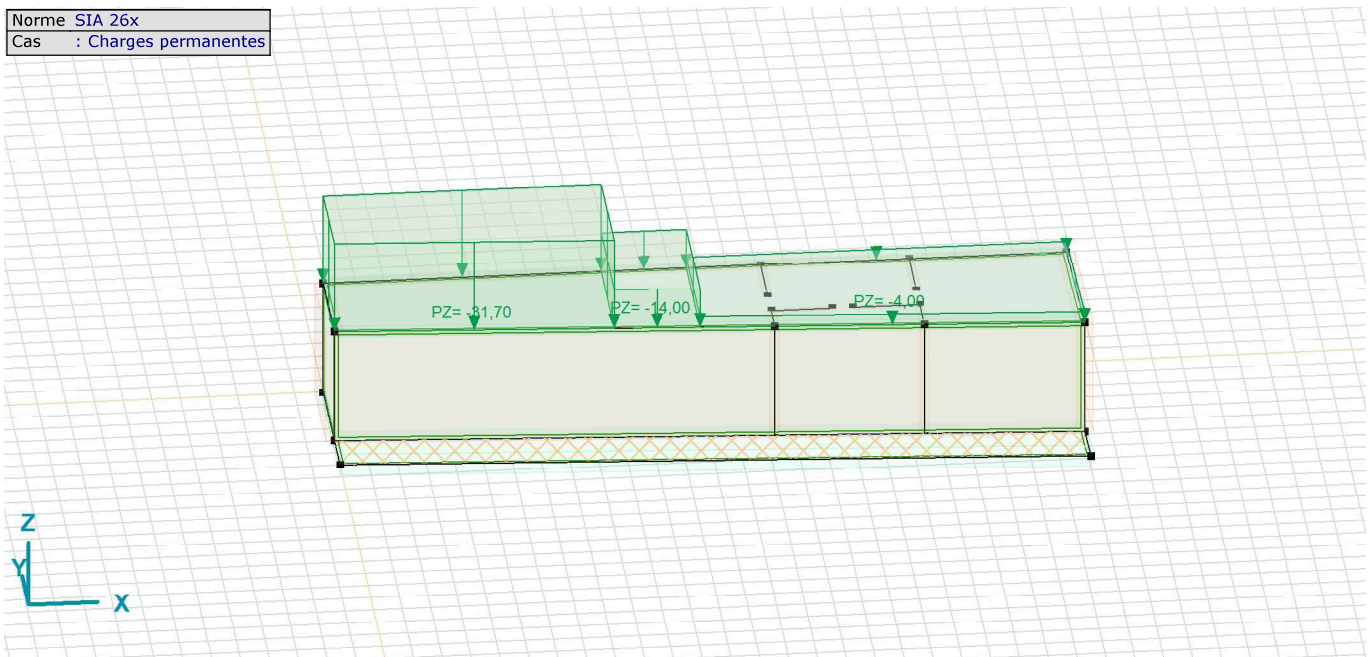
Analyse par Perret-Gentil SA

Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

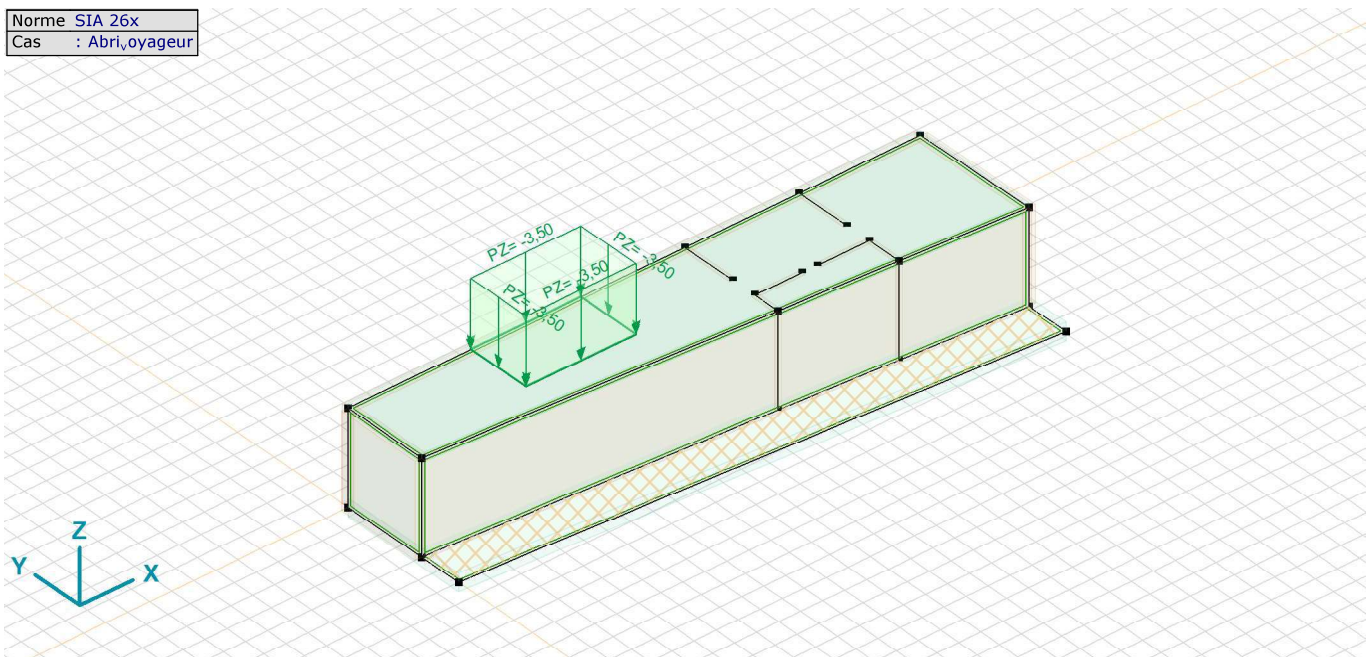
21.04.2022

Page 2

Norme	SIA 26x
Cas	: Charges permanentes

*Charges permanentes*

Norme	SIA 26x
Cas	: Abri_voyageur

*Abri_voyageur*

Projet

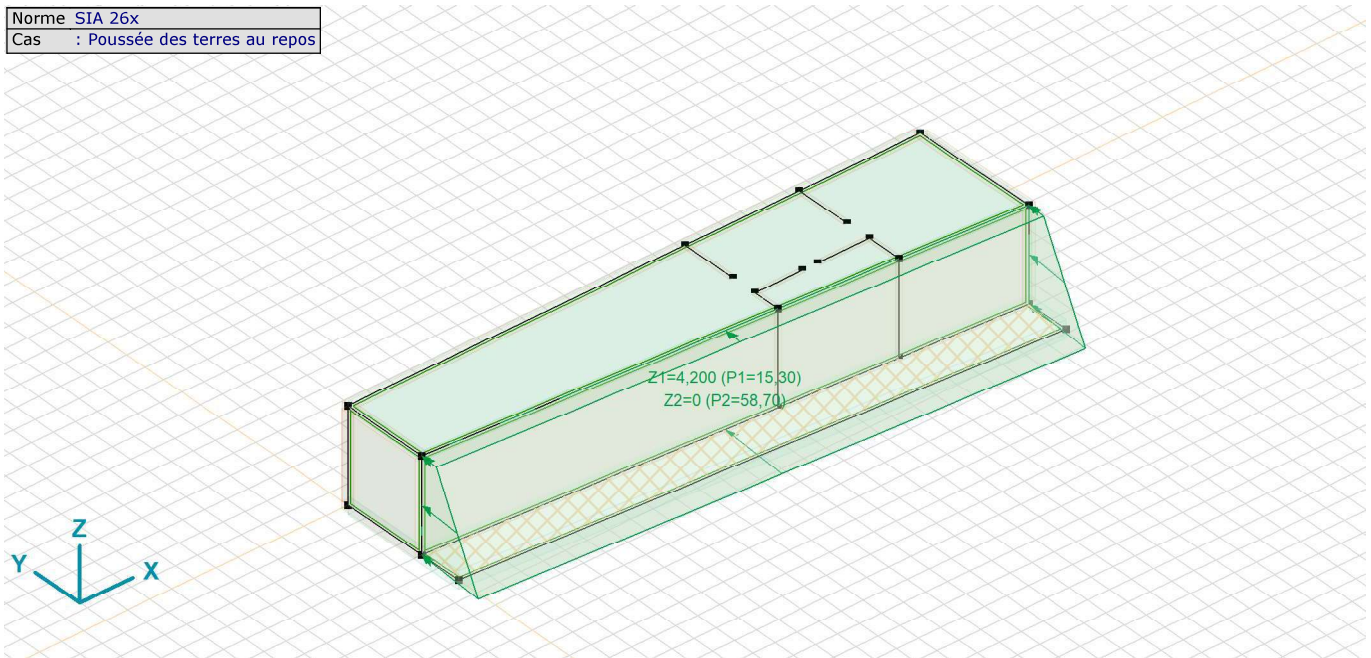
Analysé par Perret-Gentil SA

Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

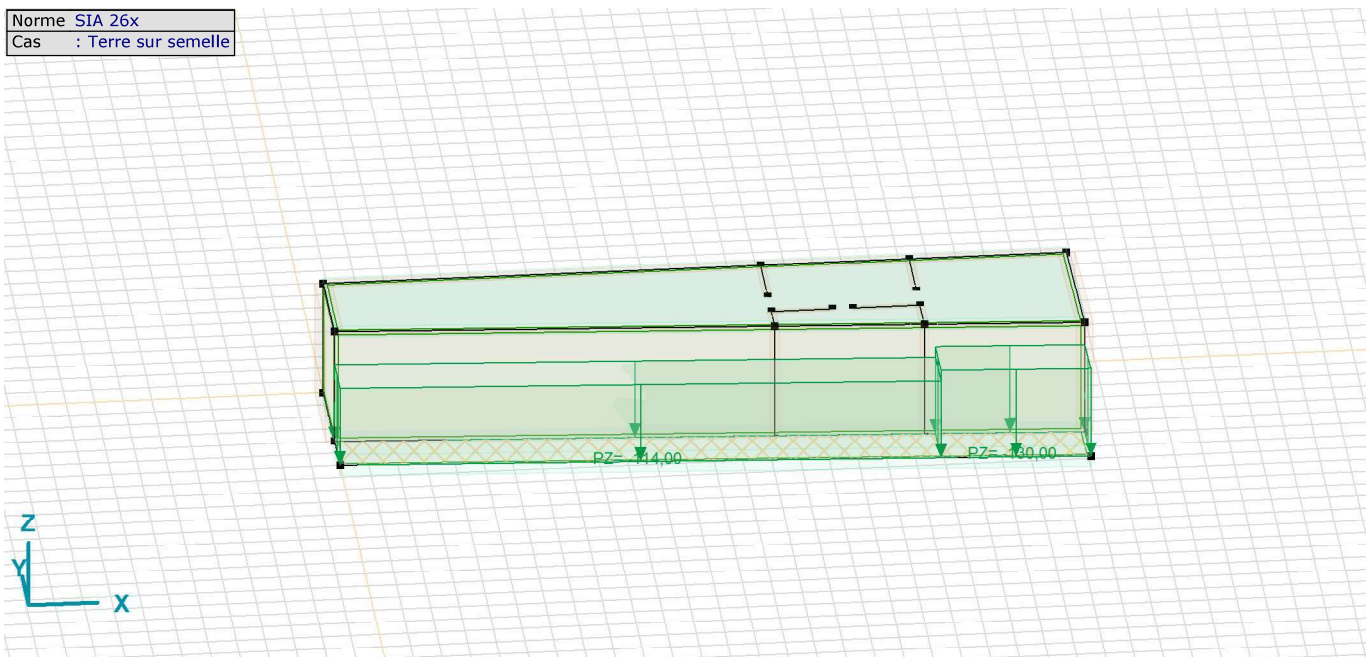
21.04.2022

Page 3

Norme	SIA 26x
Cas	: Poussée des terres au repos

*Poussée des terres au repos*

Norme	SIA 26x
Cas	: Terre sur semelle

*Terre sur semelle*

Projet

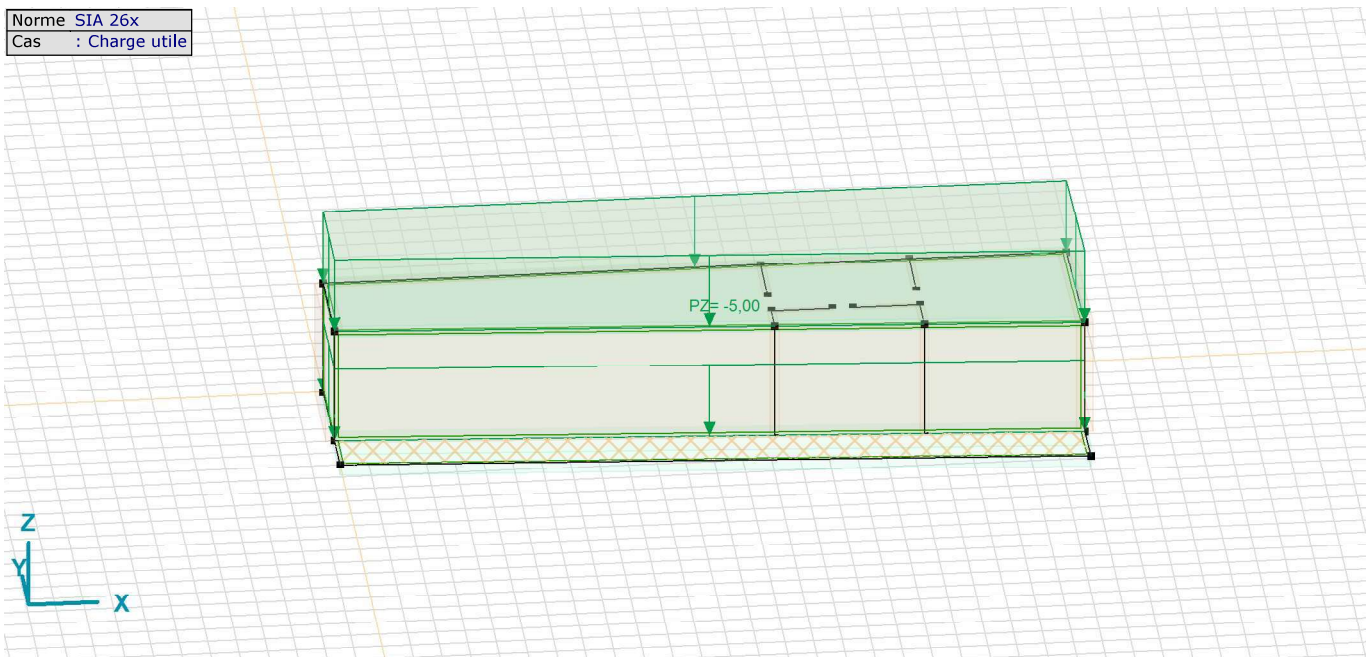
Analyse par Perret-Gentil SA

Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

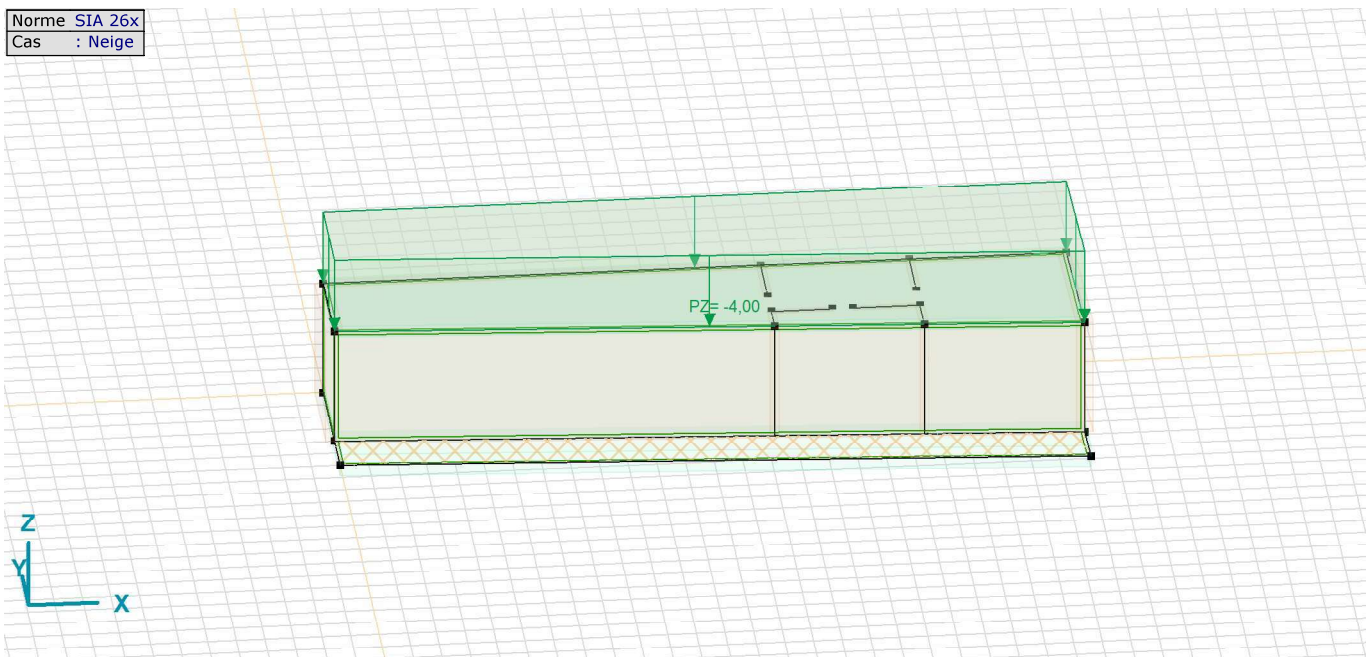
21.04.2022

Page 4

Norme	SIA 26x
Cas	: Charge utile

*Charge utile*

Norme	SIA 26x
Cas	: Neige

*Neige*

Projet

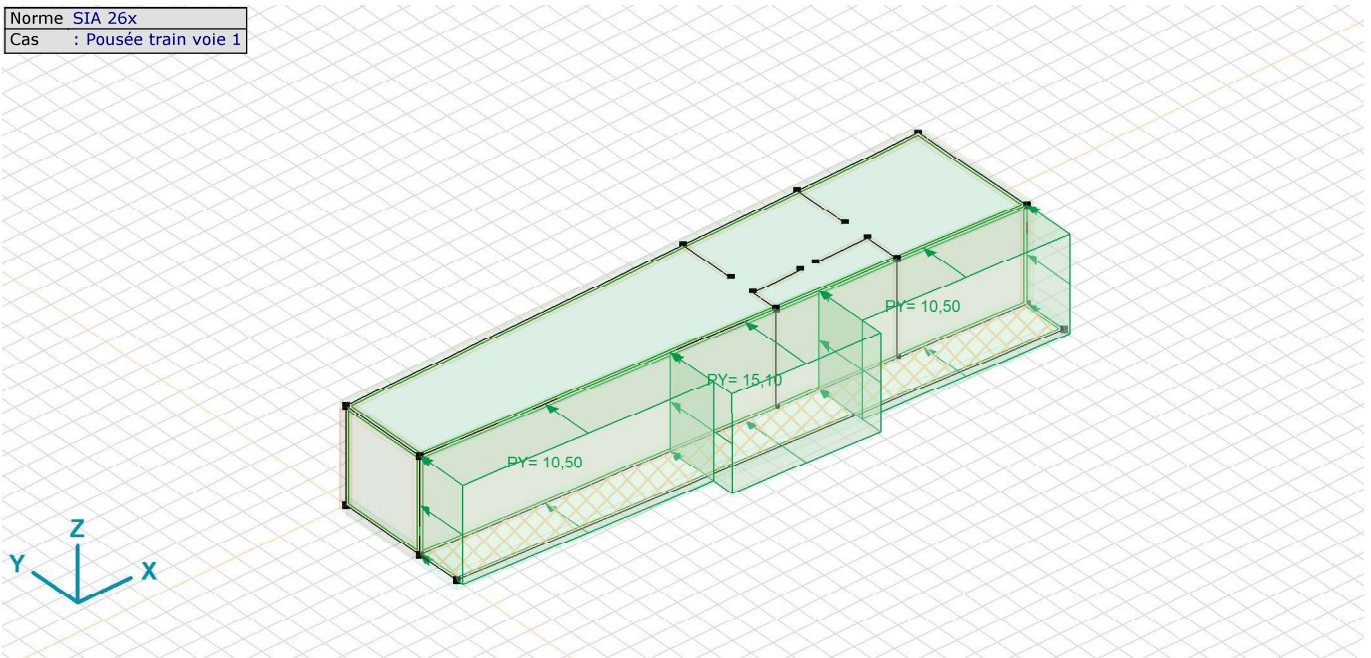
Analysé par Perret-Gentil SA

Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

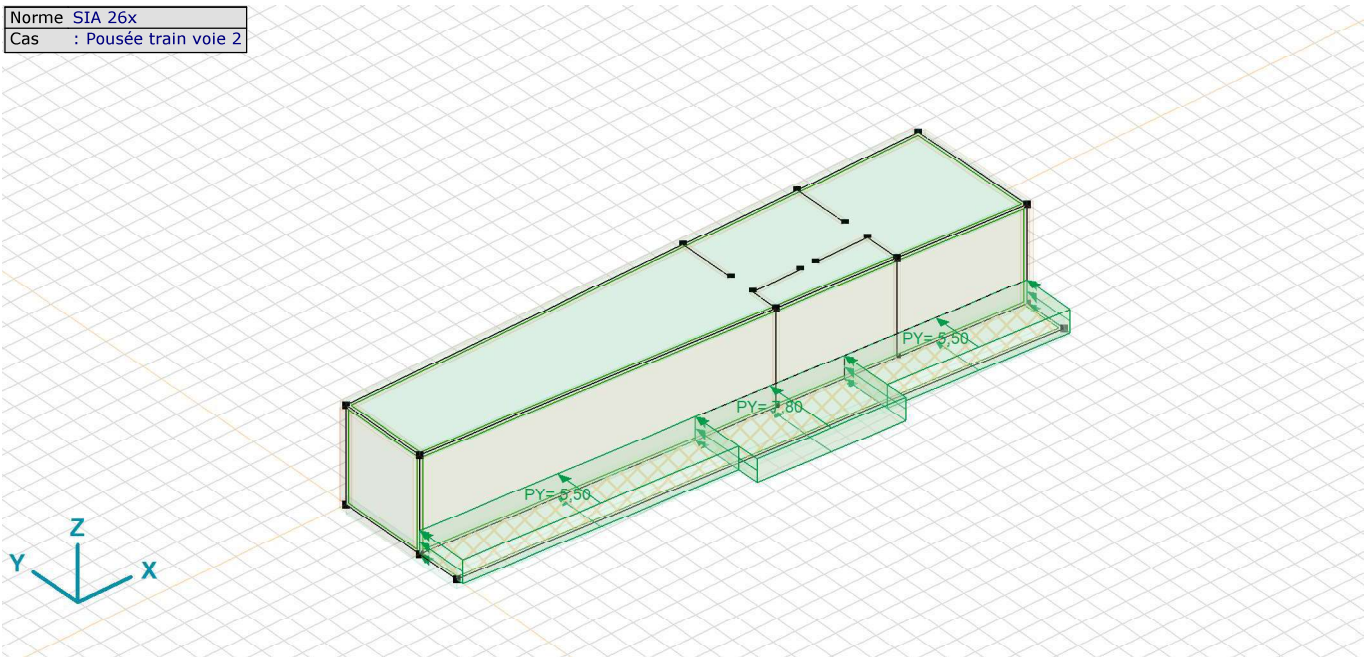
21.04.2022

Page 5

Norme	SIA 26x
Cas	: Pousée train voie 1

*Pousée train voie 1*

Norme	SIA 26x
Cas	: Pousée train voie 2

*Pousée train voie 2*

Projet

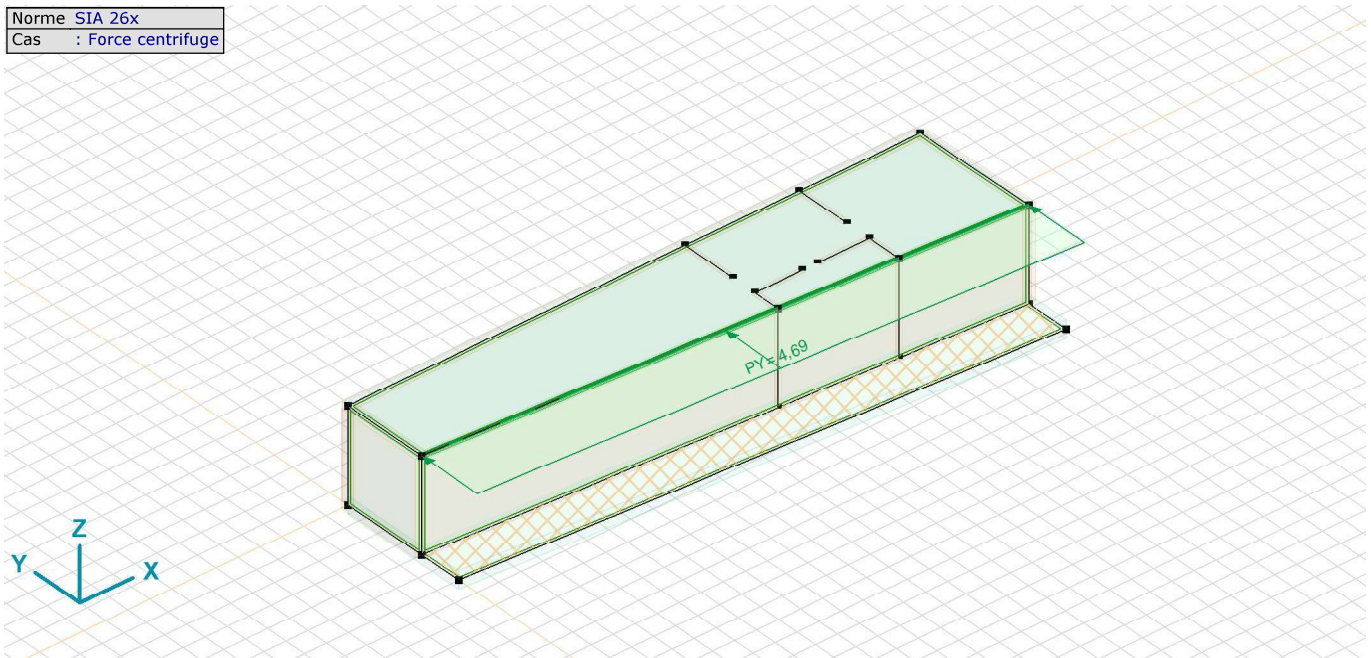
Analysé par Perret-Gentil SA

Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 6

Norme	SIA 26x
Cas	: Force centrifuge



Force centrifuge

Combinaisons de charges personnalisées par cas de charges

	Nom	Type	Charges permanentes	Neige	Charge utile	Terre sur semelle
1	ELU type 1	ELU	0,90	0,94	0	0,90
2	ELU type 2	ELU	1,35	0,94	1,50	1,35
3	ELS Quasi-permanent	ELS Quasi-permanent	1,00	0,05	0,30	1,00
4	ELS fréquent	ELS Fréquent	1,00	0,05	0,30	1,00
5	ELU accidentel sans remblais	ELU	0	0,94	0	0,90

	Poussée des terres au repos	Poussée train voie 1	Poussée train voie 2	Force centrifuge	Abri_voyageur	Poids propre
1	1,35	1,64	1,64	1,64	0,90	0,90
2	1,35	1,64	1,64	1,64	1,35	1,35
3	1,00	0	0	0	1,00	1,00
4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	1,35	0	1,64	1,64	0,90	0,90

	Remarque
1	
2	
3	
4	
5	

Nom: Nom de combinaison de charge; **Type:** Type de combinaison des charges;

Charges permanentes, Neige, Charge utile, Terre sur semelle, Poussée des terres au repos, Poussée train voie 1, Poussée train voie 2, Force centrifuge, Abri_voyageur, Poids propre: Coe..

Projet

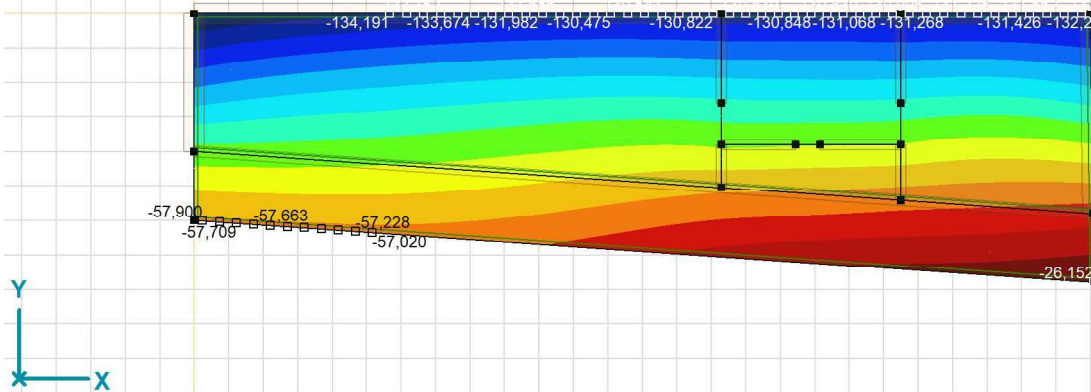
Analysé par Perret-Gentil SA

Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

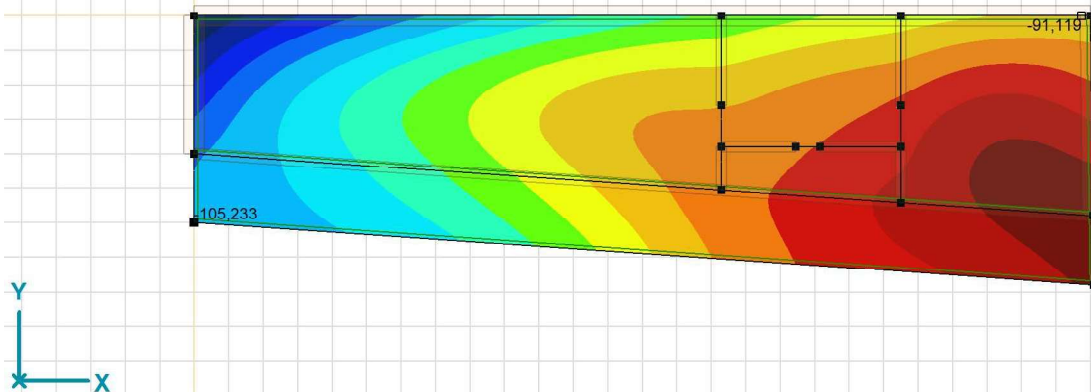
Page 7

Analyse linéaire	
Norme	SIA 26x
Cas	: ELU type 1
E (P)	: 1,80E-8
E (W)	: 1,80E-8
E (Eq)	: 1,65E-11
Compos.	: Rz [kN/m ²]
Max	: -26,152
Min	: -142,475



ELU type 1 (ELU), Rz (app. surf.)

Analyse linéaire	
Norme	SIA 26x
Cas	: ELS Quasi-permanent
E (P)	: 1,80E-8
E (W)	: 1,80E-8
E (Eq)	: 1,65E-11
Compos.	: Rz [kN/m ²]
Max	: -78,284
Min	: -116,117



ELS Quasi-permanent (ELS Quasi-permanent), Rz (app. surf.)

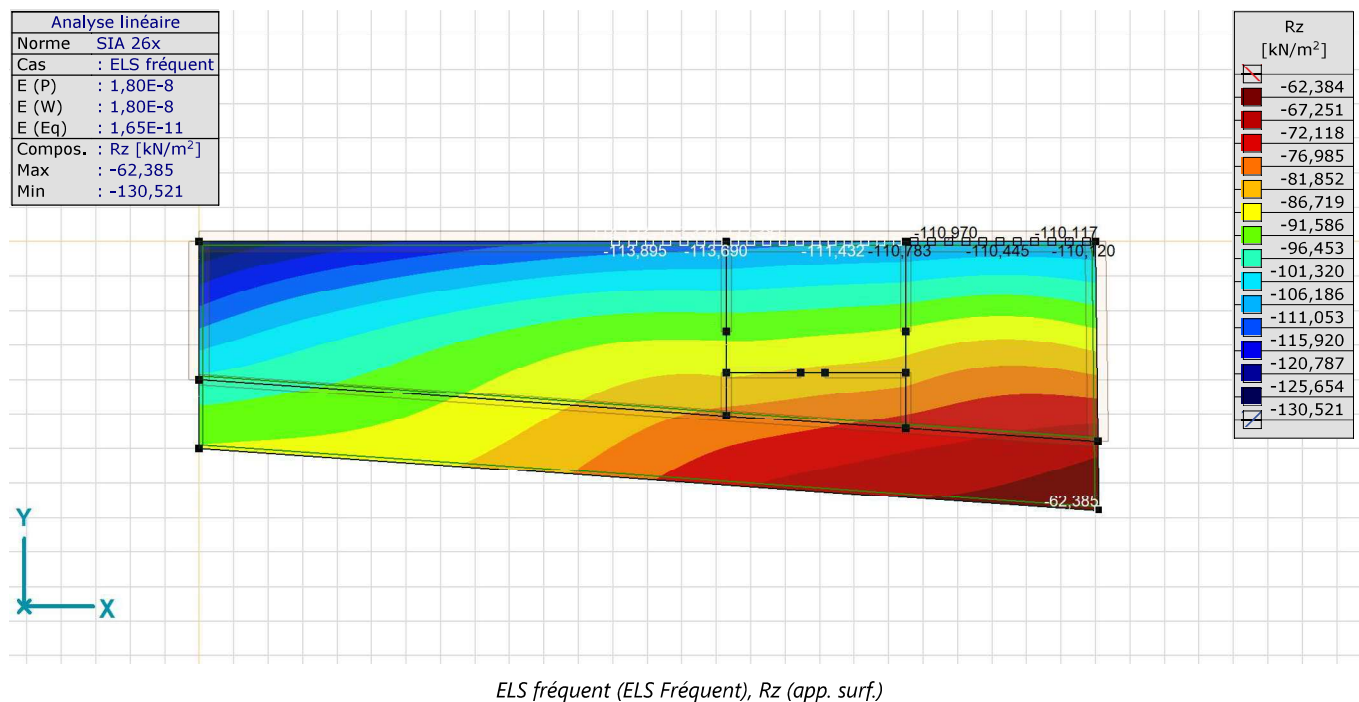
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

Projet: 22013_KM25030_batimentdeservice.axs

21.04.2022

Page 8



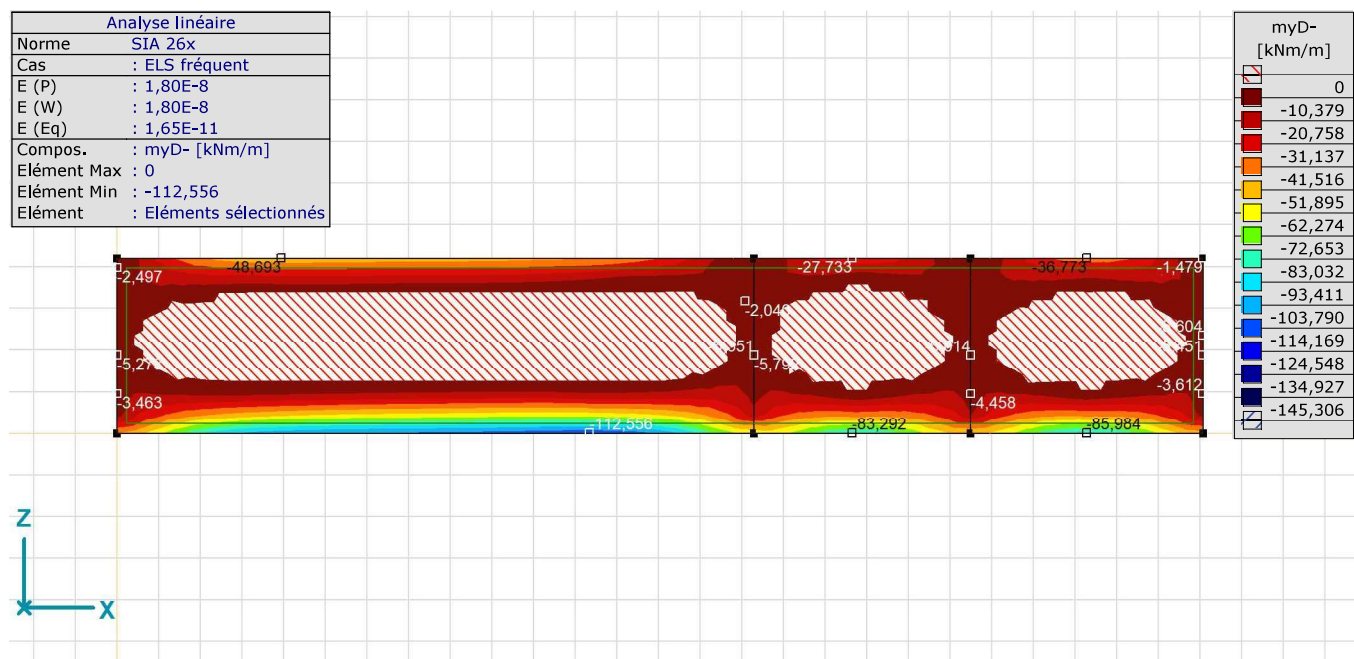
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

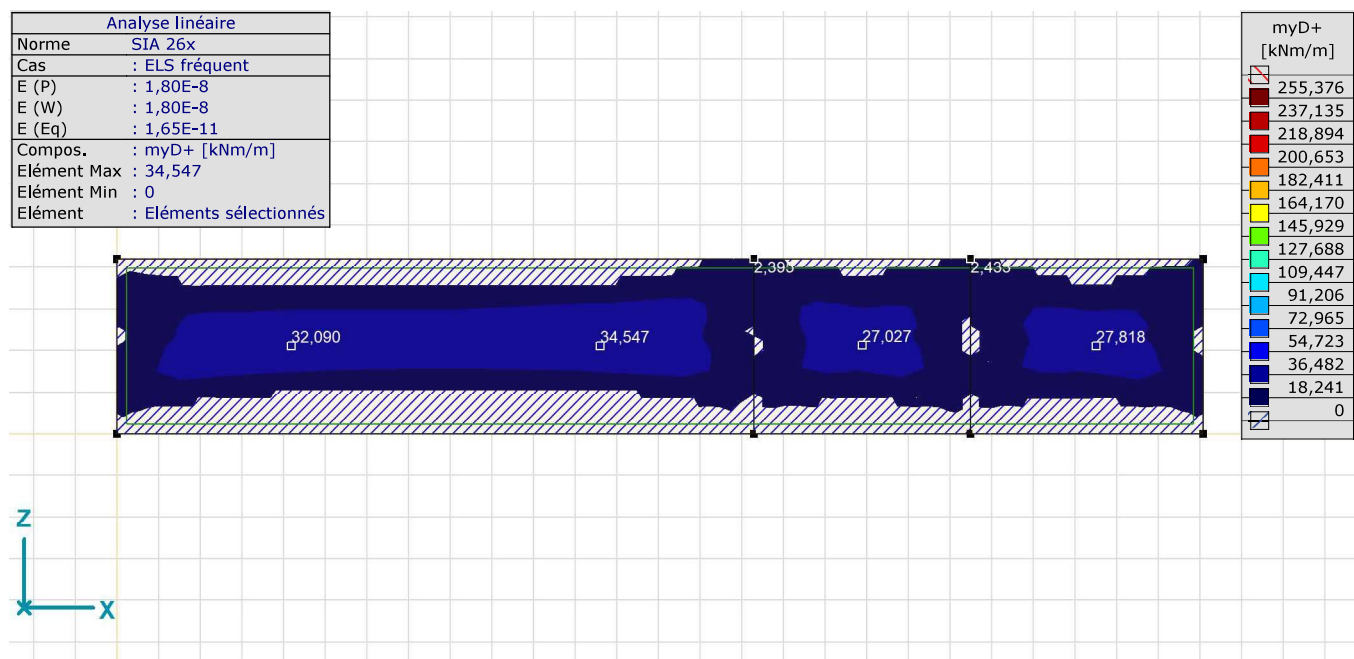
Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 9



Mur contre terre, ELS fréquent (ELS Fréquent), myD-



Mur contre terre, ELS fréquent (ELS Fréquent), myD+

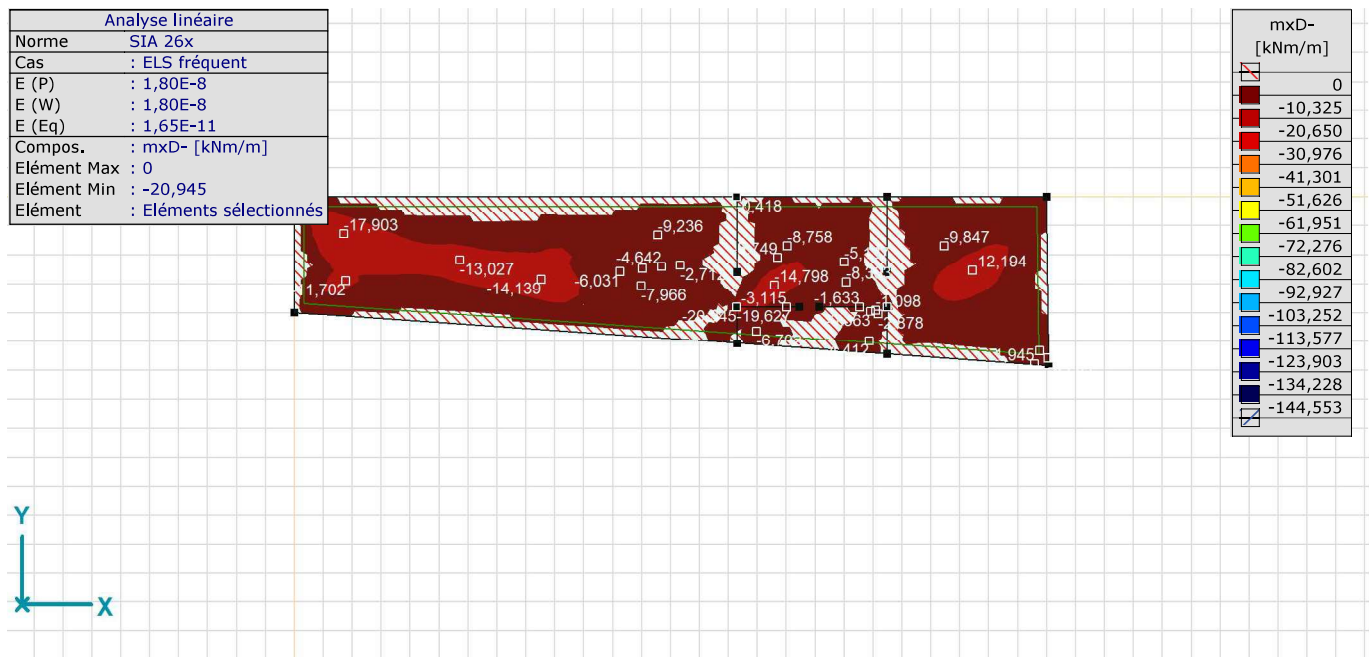
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

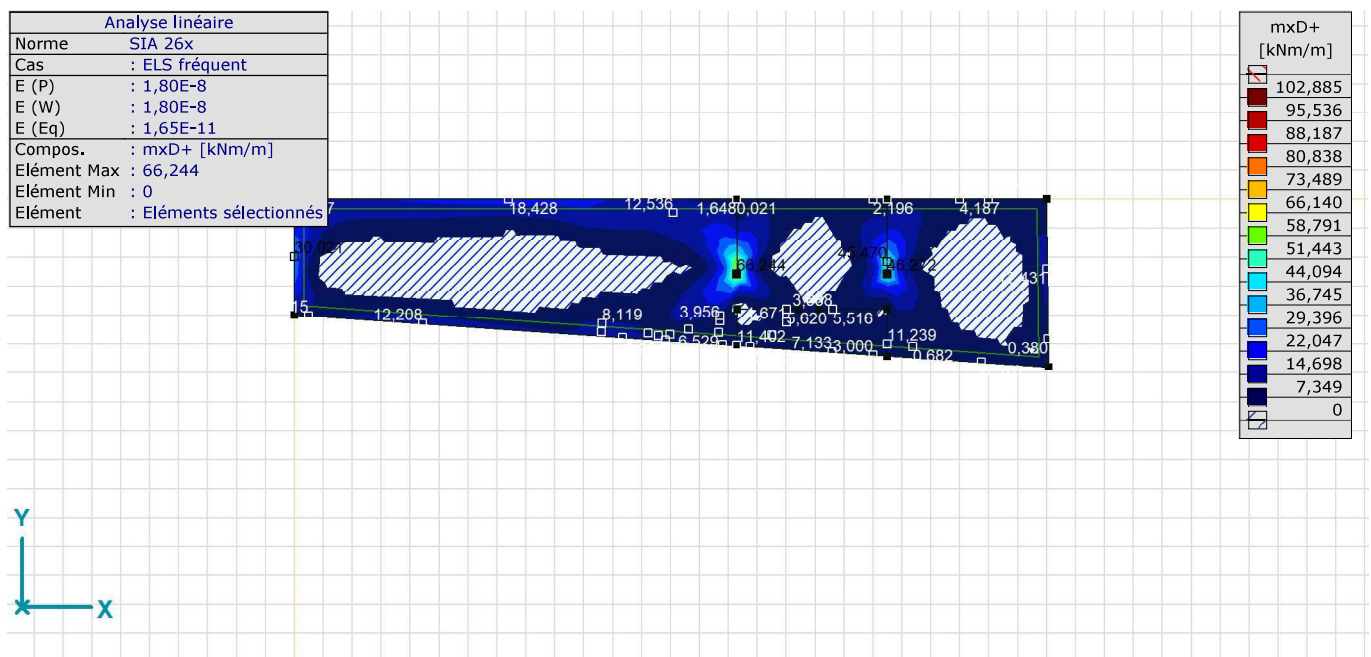
Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 10



Dalle, ELS fréquent (ELS Fréquent), mxD-



Dalle, ELS fréquent (ELS Fréquent), mxD+

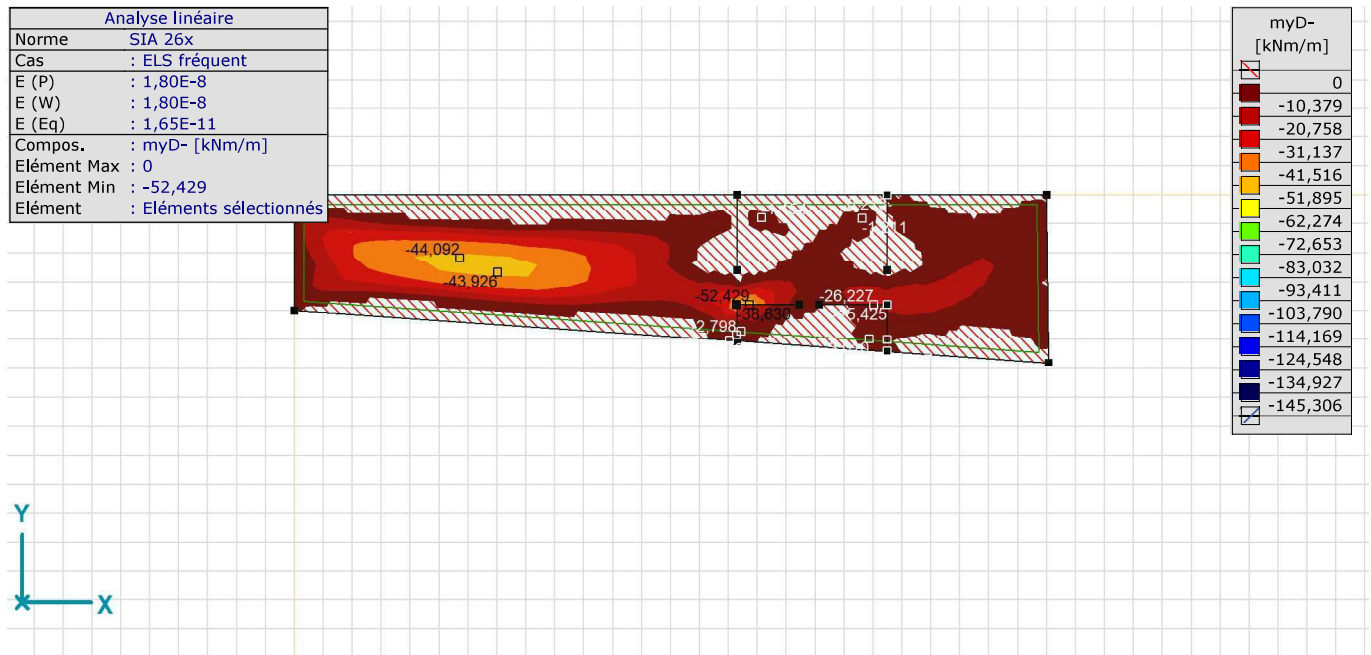
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

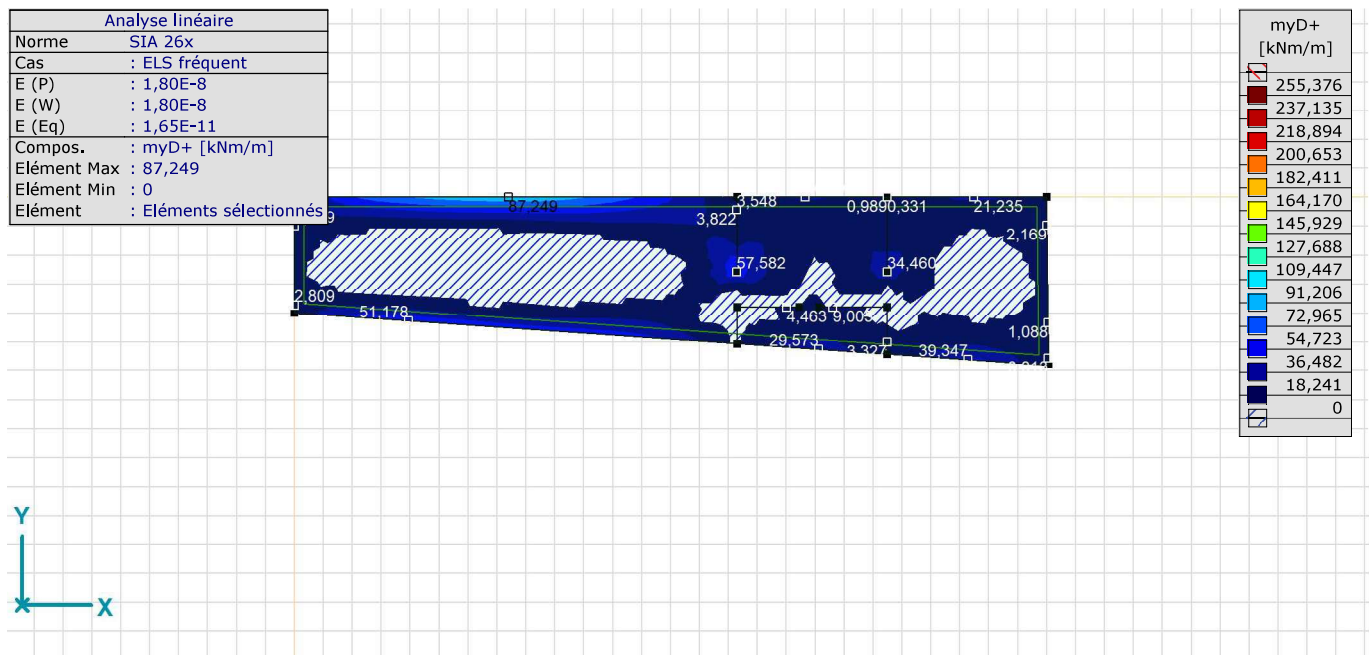
Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 11



Dalle, ELS fréquent (ELS Fréquent), myD-



Dalle, ELS fréquent (ELS Fréquent), myD+

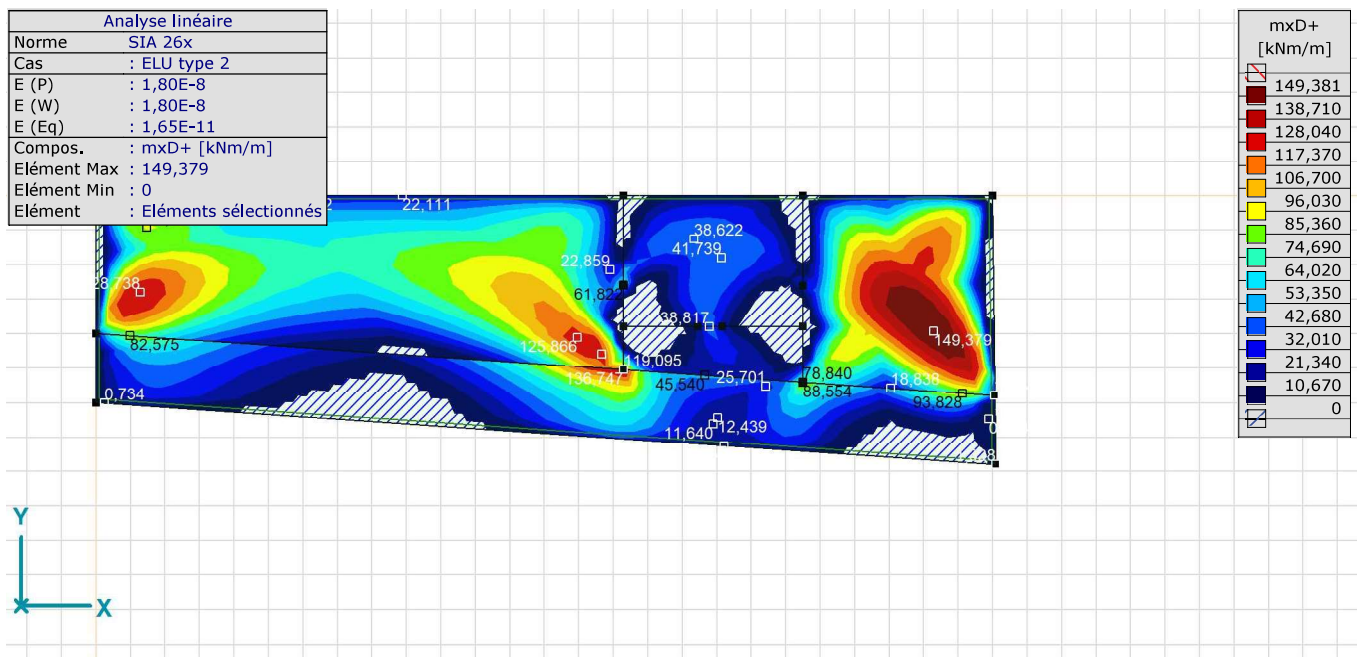
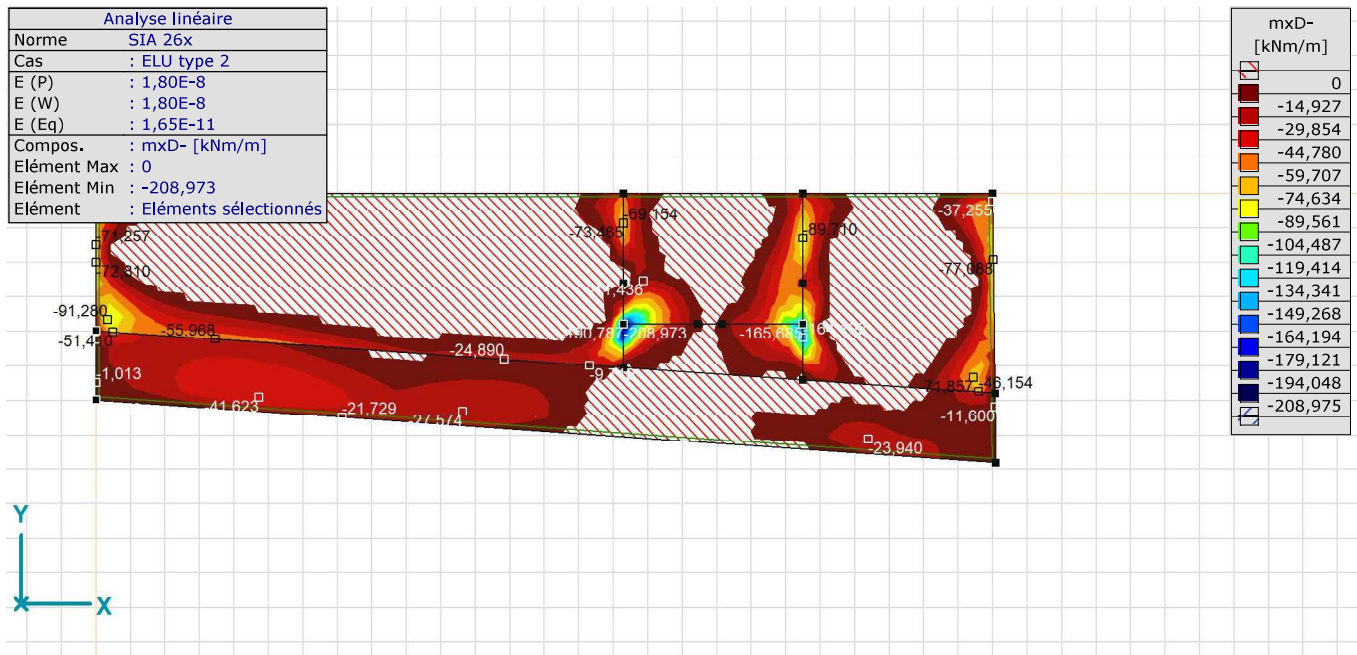
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 12



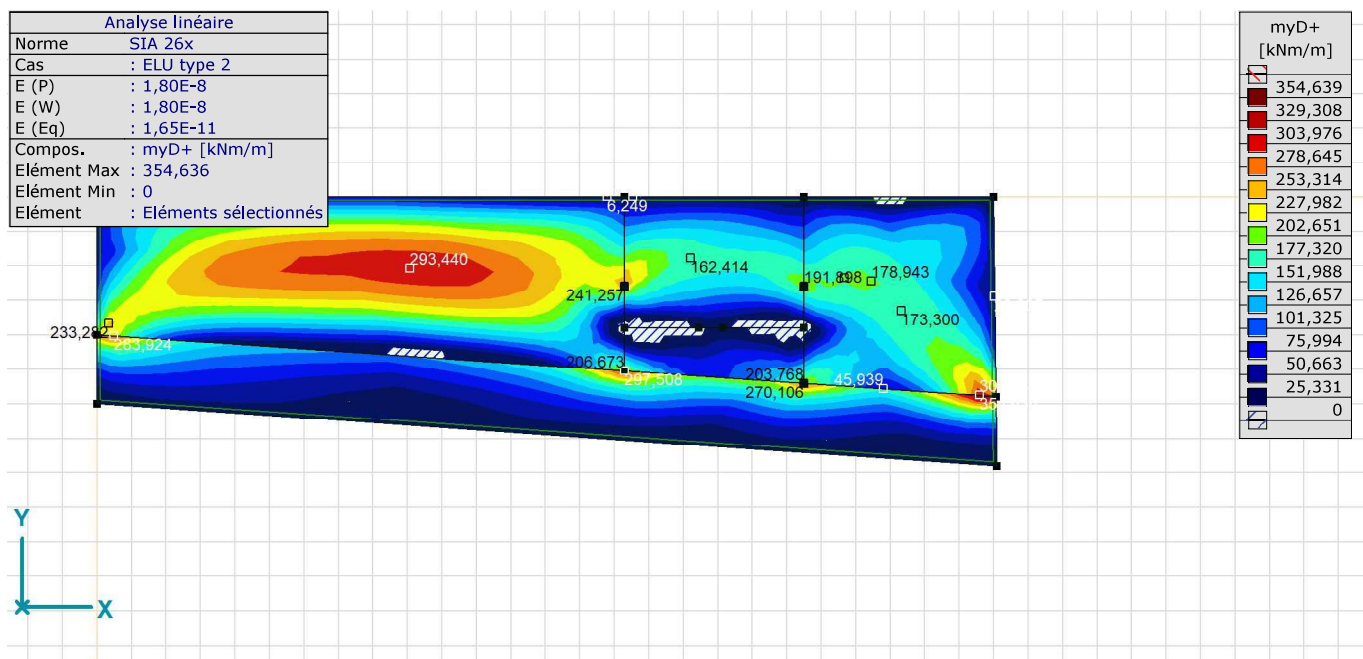
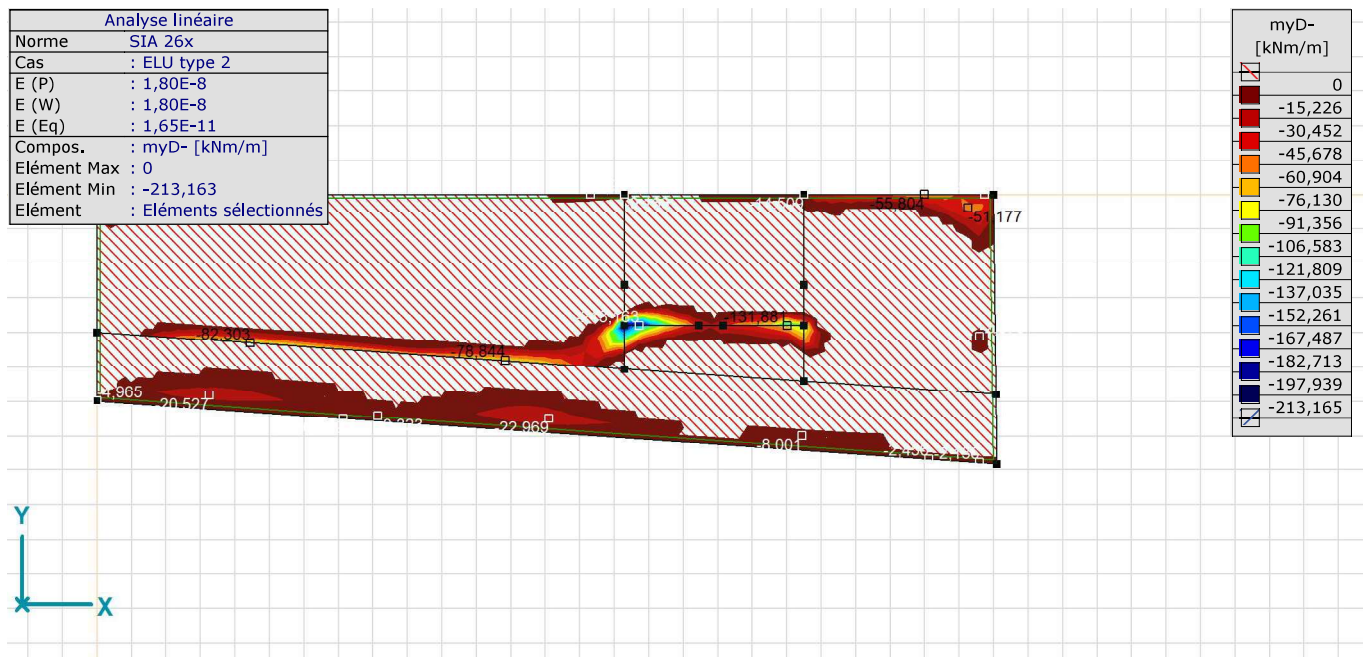
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 13



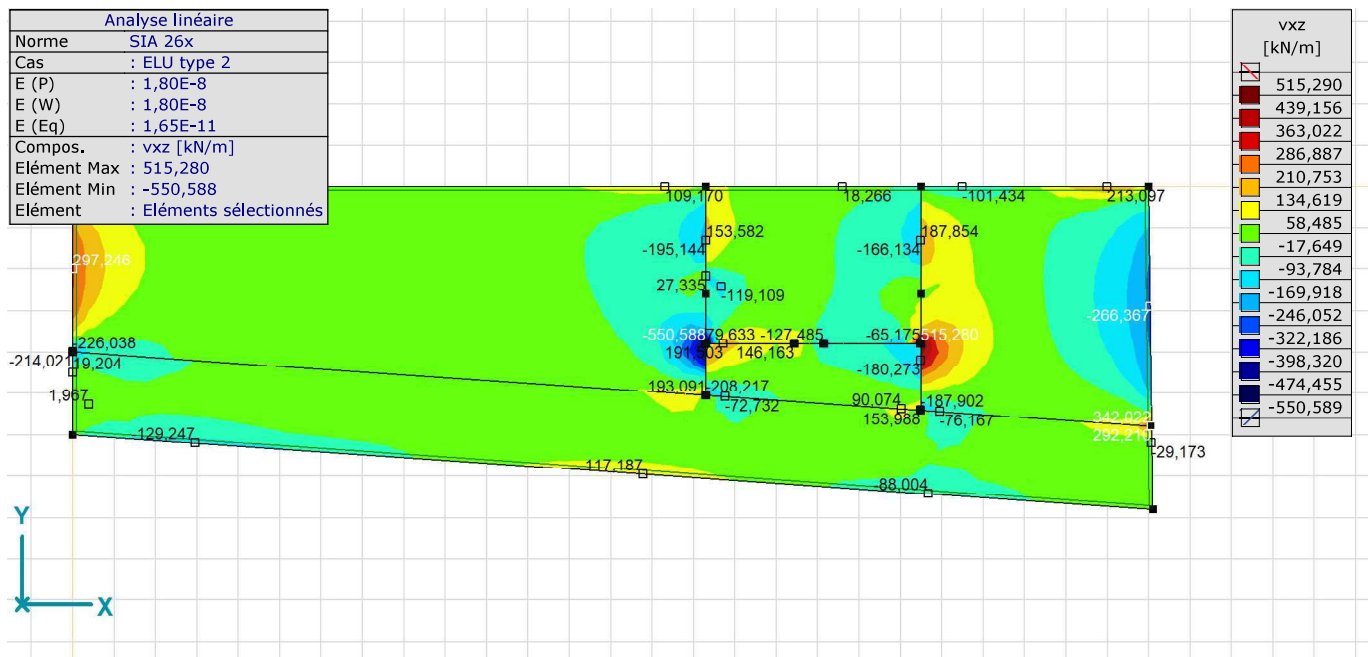
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

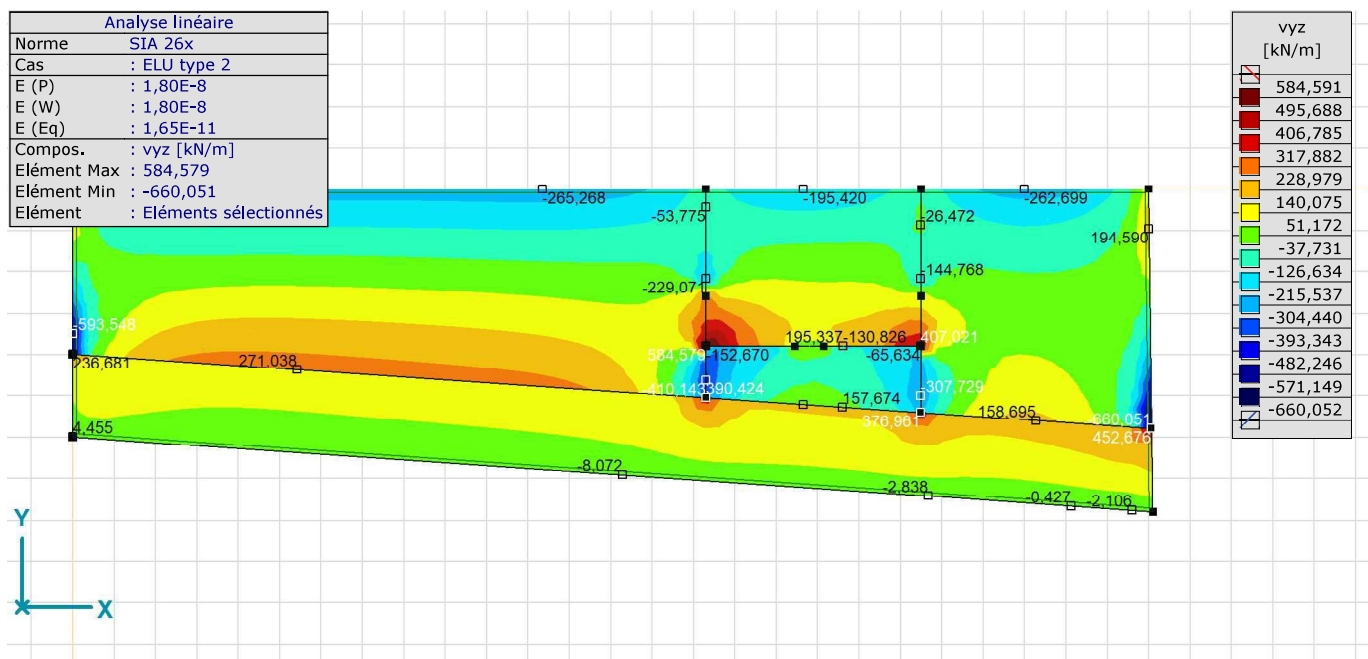
Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 14



Radier, ELU type 2 (ELU), vxz



Radier, ELU type 2 (ELU), vyz

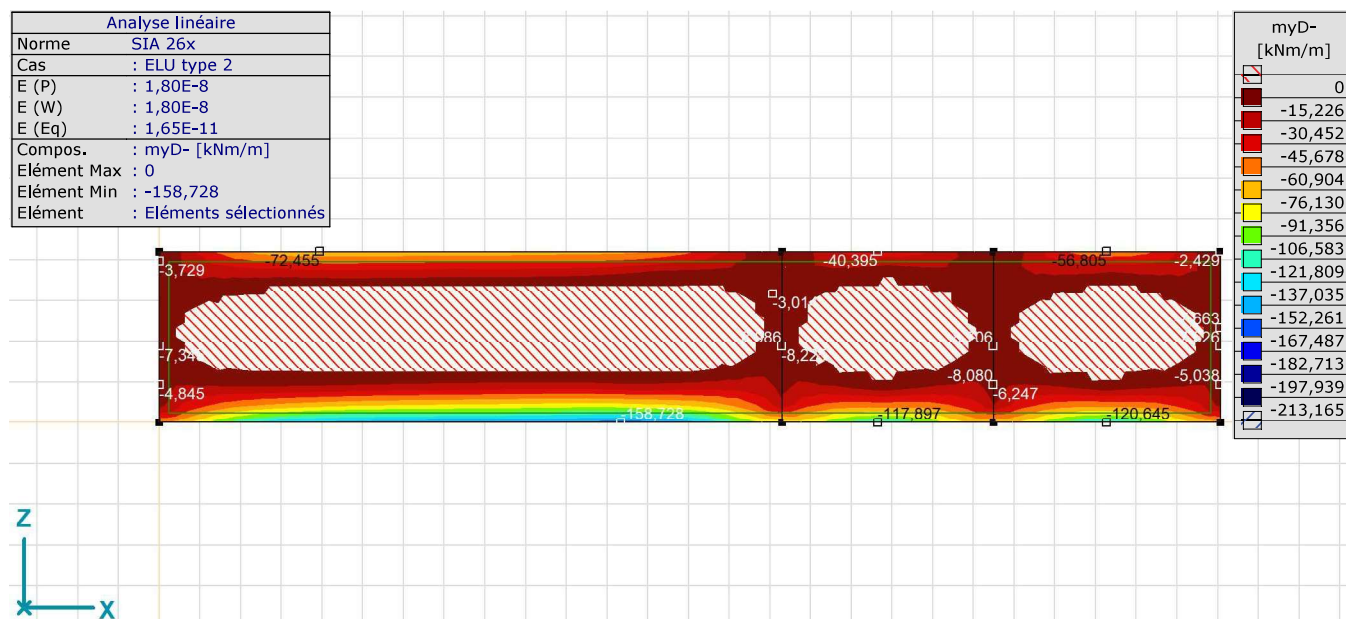
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

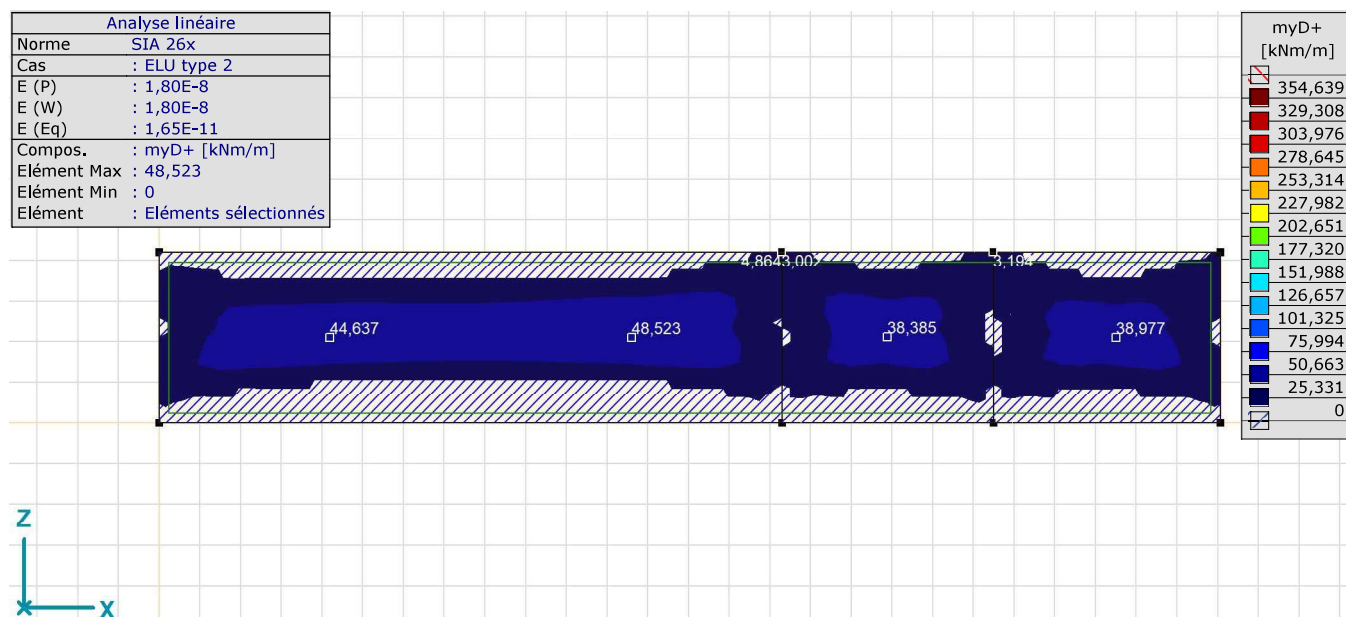
Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 15



Mur contre terre, ELU type 2 (ELU), myD-



Mur contre terre, ELU type 2 (ELU), myD+

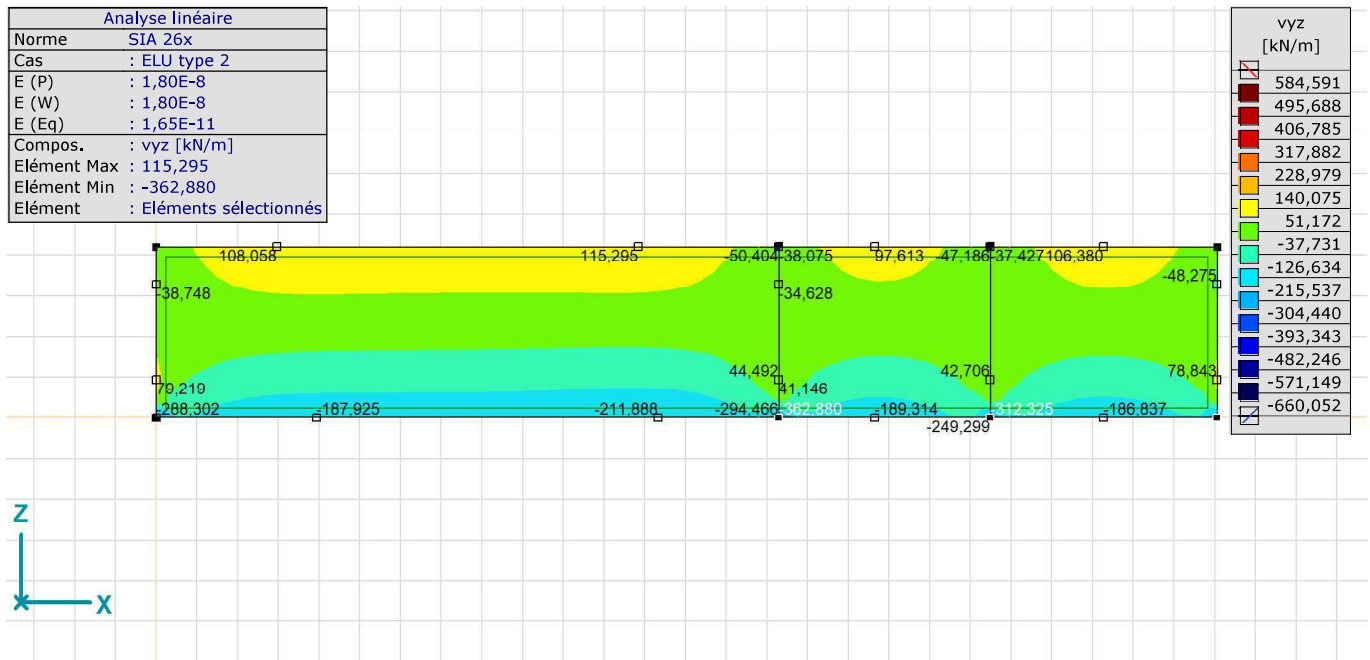
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 16



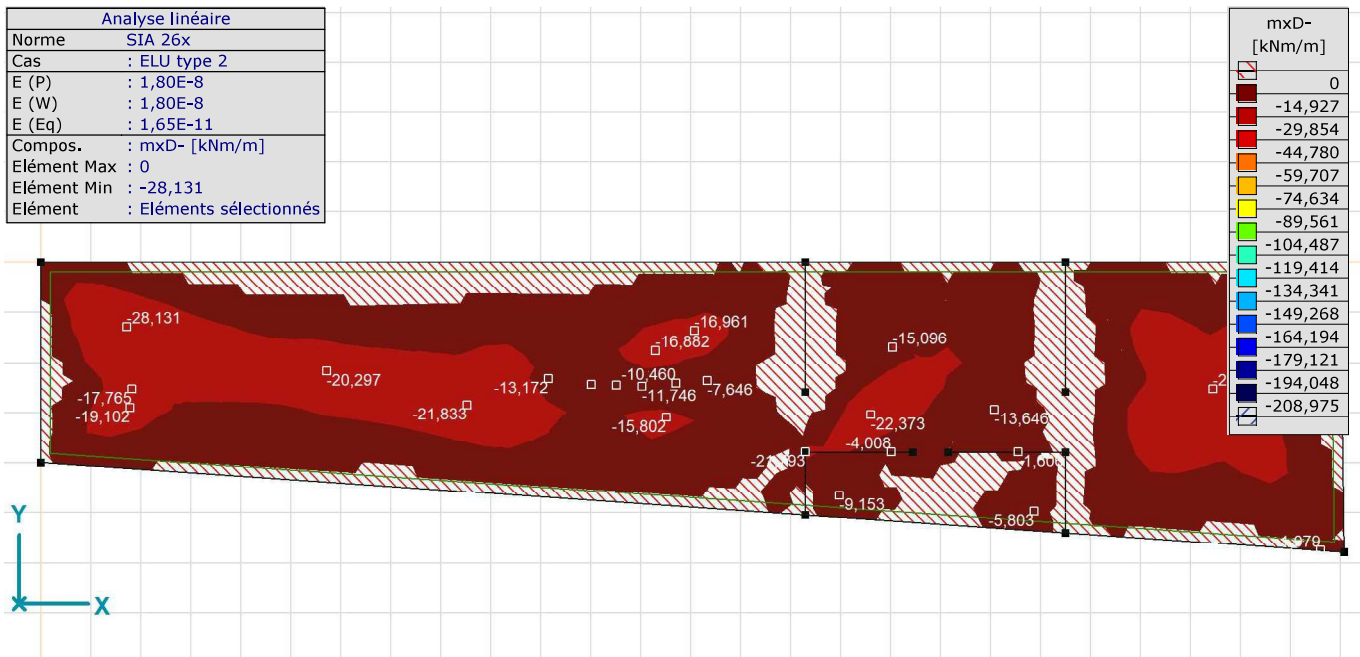
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

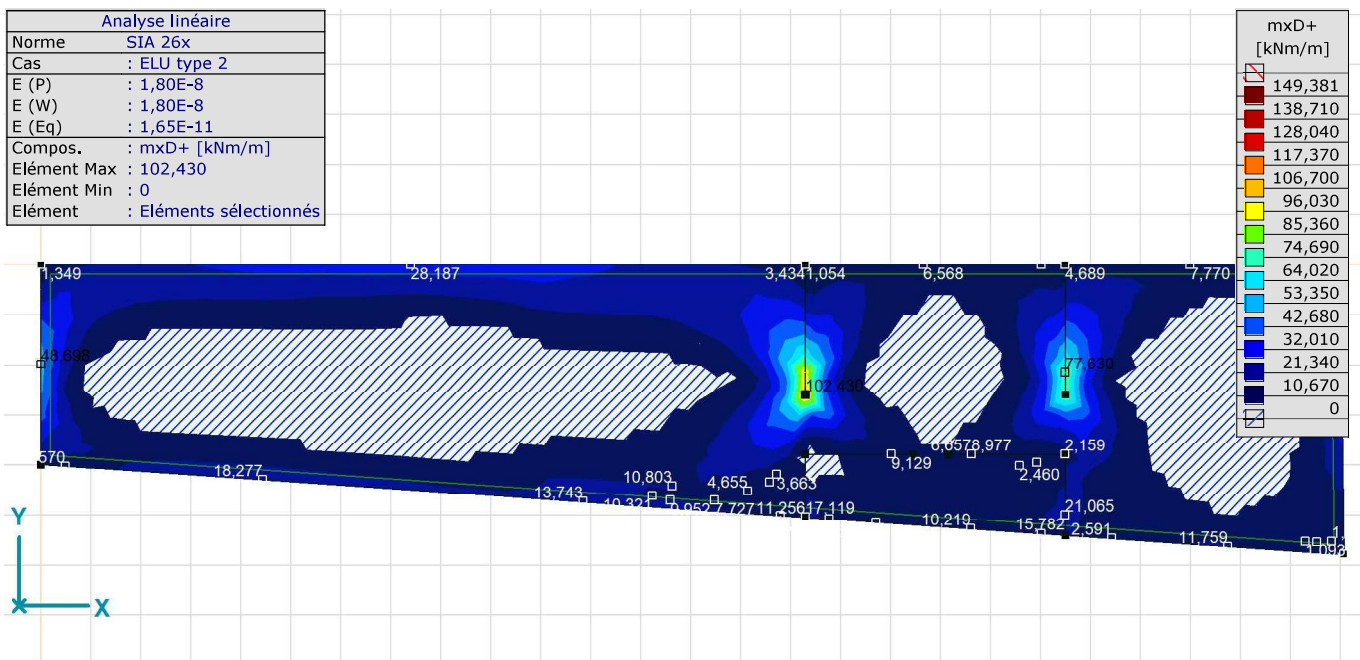
Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 17



Dalle, ELU type 2 (ELU), mxD-



Dalle, ELU type 2 (ELU), mxD+

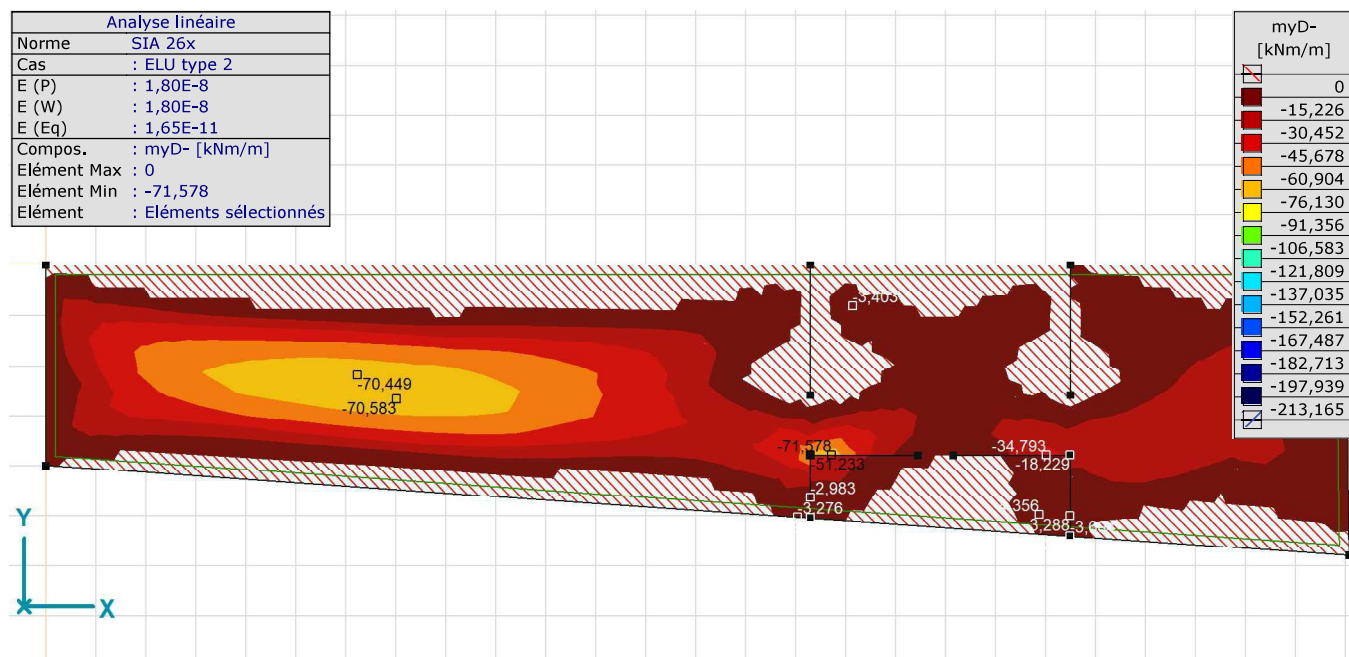
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

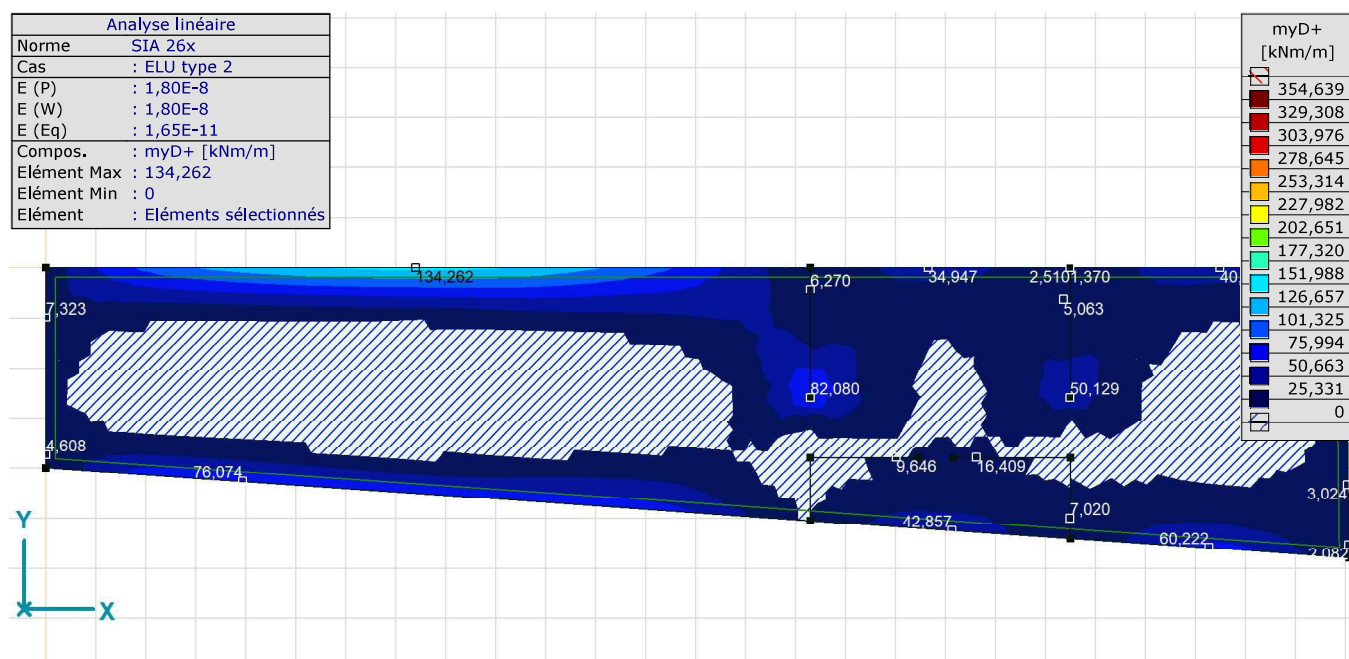
Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 18



Dalle, ELU type 2 (ELU), myD-



Dalle, ELU type 2 (ELU), myD+

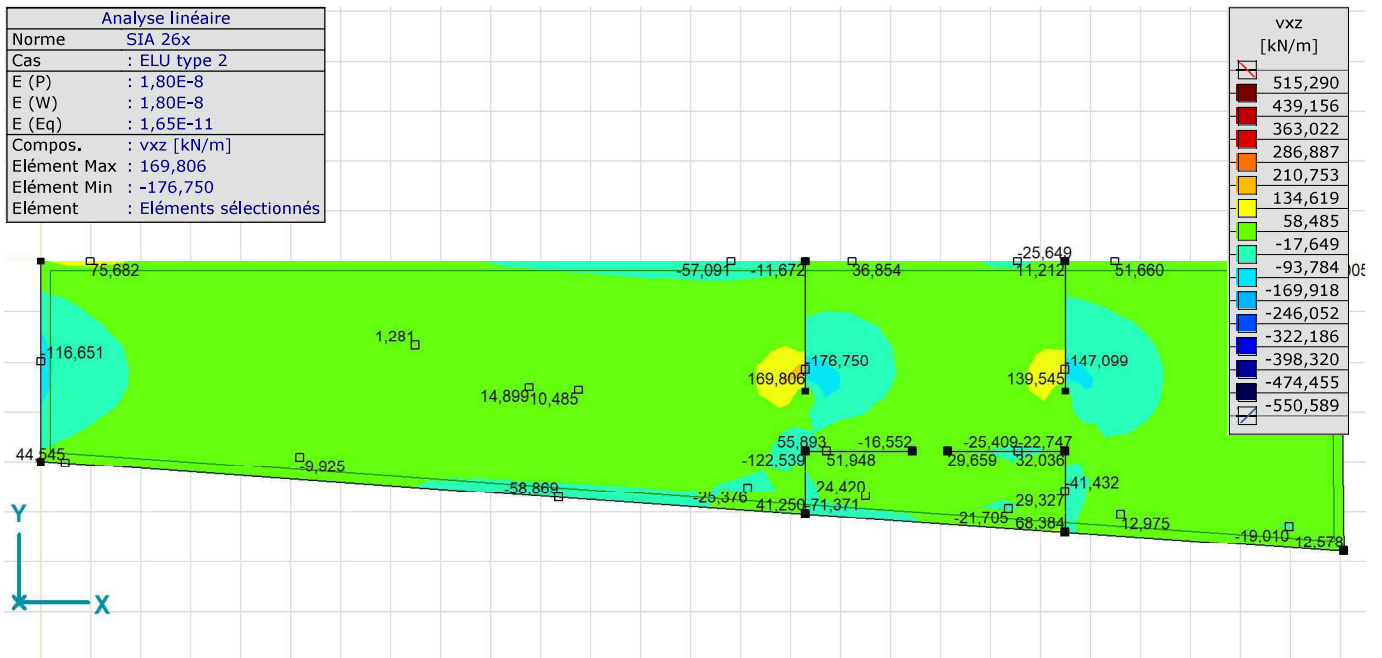
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

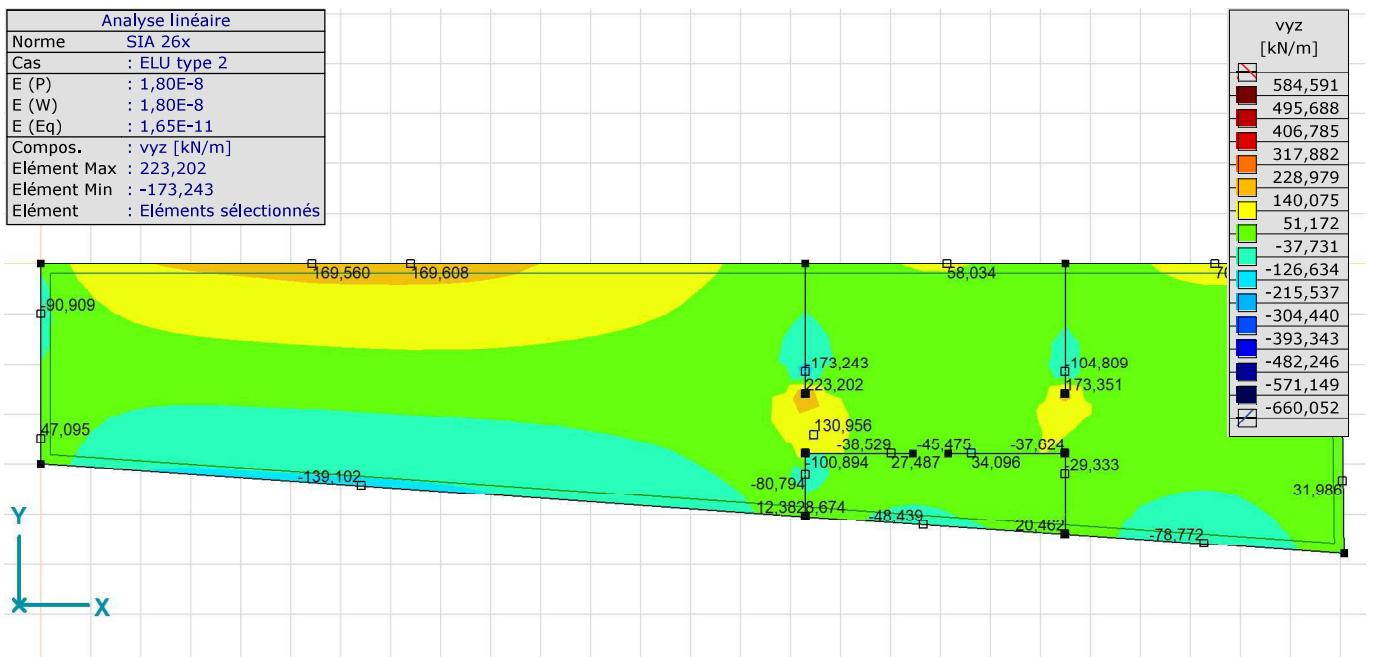
Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 19



Dalle, ELU type 2 (ELU), vxz



Dalle, ELU type 2 (ELU), vyz

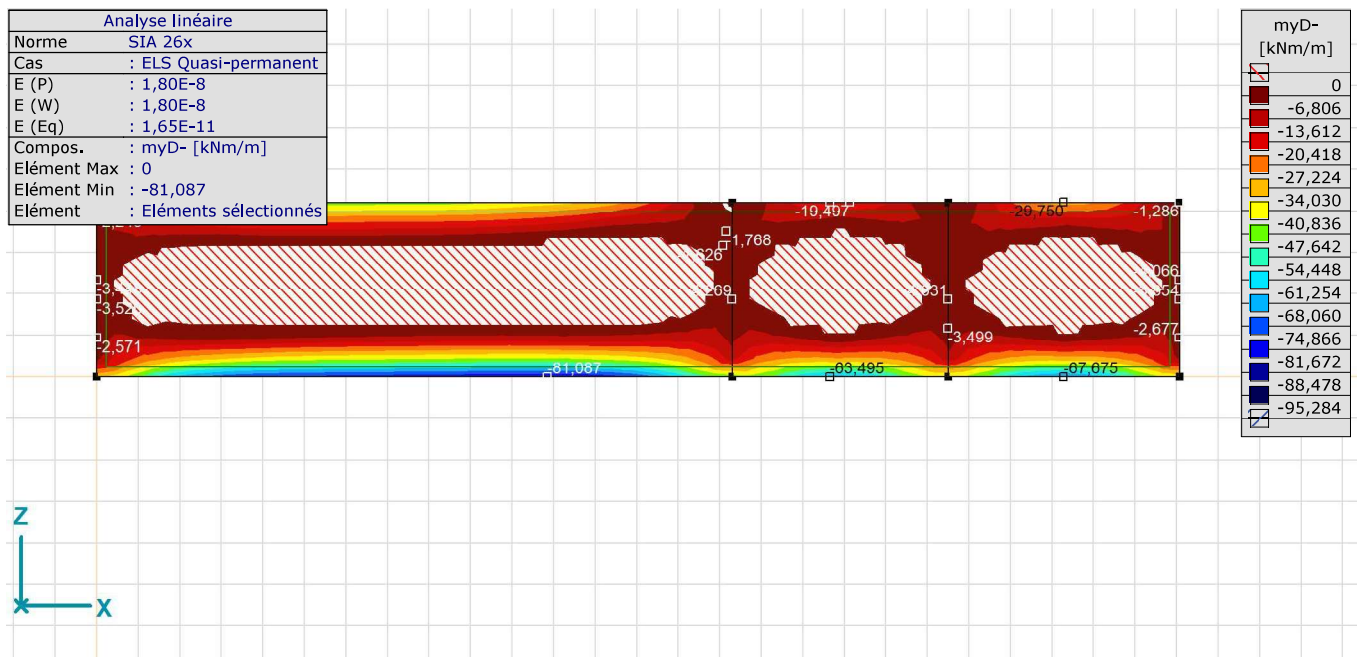
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

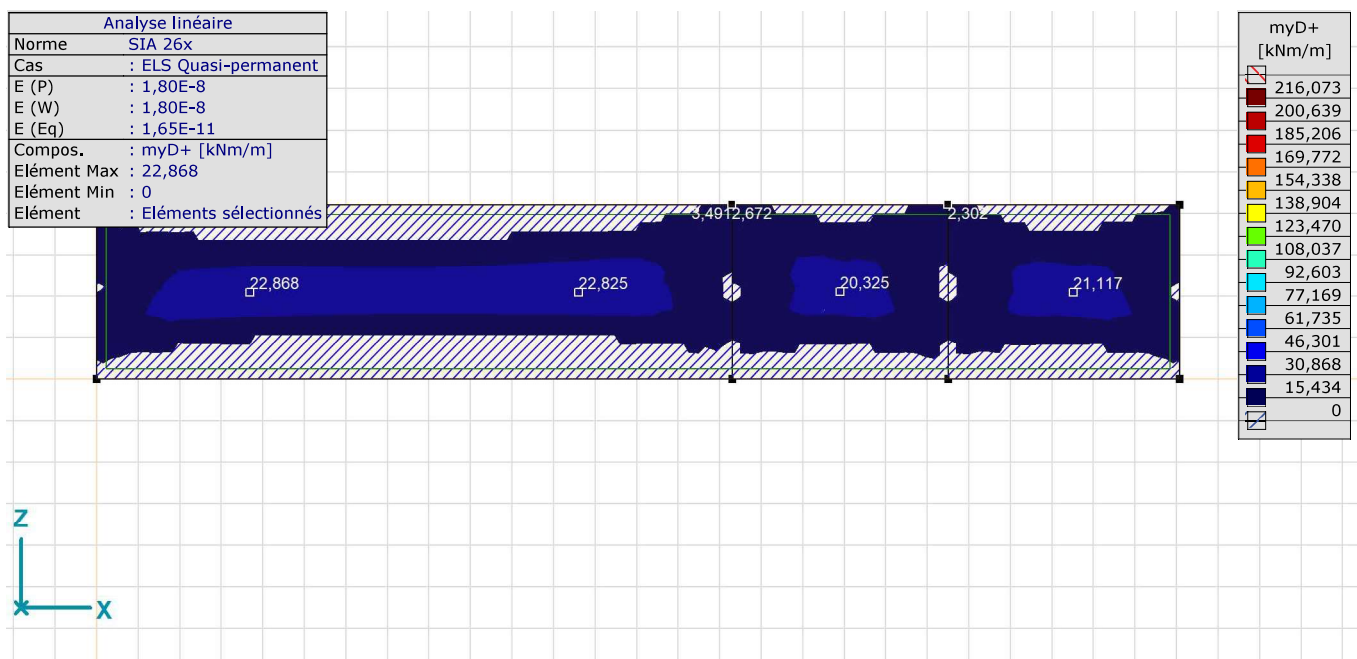
Projet: **22013_KM25030_batimentdeservice.axs**

21.04.2022

Page 20



Mur contre terre, ELS Quasi-permanent (ELS Quasi-permanent), myD-



Mur contre terre, ELS Quasi-permanent (ELS Quasi-permanent), myD+

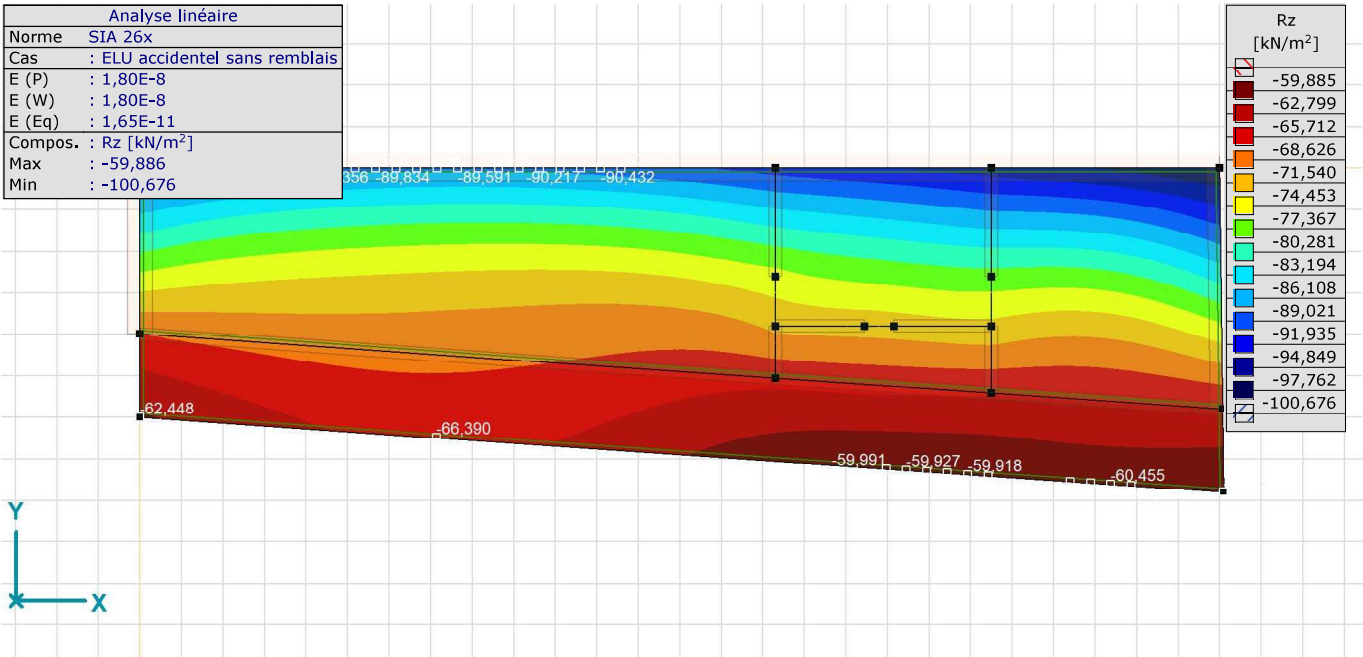
Projet

Analysé par Perret-Gentil SA

Projet: 22013_KM25030_batimentdeservice.axs

21.04.2022

Page 21



22'013 – MOB Gare de la Tine - Expertise

Pages : ...22...

Partie d'ouvrage : km 25'030 Bâtiment technique

Auteur :
L.F

Date :
.....

Stabilité générale :

Renversement :

Hypothèse de l'auteur du projet de placer les résultantes à mi-hauteur du mur et au centre de masse de l'ouvrage Ok!

$$\Rightarrow D_y = 3,7m$$

$$D_z = 2,4m$$

Contrainte moyenne sur le sol :

$$R_z = 83,69 \text{ kN/m}^2$$

$$R_y = 44,65 \text{ kN/m}^2$$

$$S_R = \frac{D_y \cdot R_z}{D_z \cdot R_y} = \frac{3,7 \cdot 83,69}{2,4 \cdot 44,65} = 2,89 \text{ Ok!}$$

Glissement :

$$R_{T,d} = \frac{1}{\gamma_R} \cdot F_v \cdot \tan(\varphi') = 1 \cdot (83,69 \cdot 179,4) \cdot \tan(35) = 10'512 \text{ kN}$$

$$> 7768 \text{ kN}$$

Ok!

Armature minimale de fissurationRadier:

- exigences élevées
 - $\phi 22$ e 15
- $\left. \vphantom{\begin{array}{l} - \text{exigences élevées} \\ - \phi 22 \text{ e } 15 \end{array}} \right\} \sigma_{s, adm} = 220 \text{ N/mm}^2$

$$A_s = 2534 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 800 - 40 - 11 = 749 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{2534 \cdot 220}{1000 \cdot 20} = 28 \text{ mm}$$

$$\left. \vphantom{\begin{array}{l} A_s = 2534 \text{ mm}^2/\text{m} \\ d_v = 749 \text{ mm} \\ x_{pl} = 28 \text{ mm} \end{array}} \right\} m_{red} = 2534 \cdot 220 \cdot \left(749 - \frac{28}{2} \right) = 412 \text{ kNm/m}$$

$$\gg 49 \text{ kNm/m ok!}$$

Mur contre Ferme:

Base Ext:

- exigences élevées
 - $\phi 22$ e 15
- $\left. \vphantom{\begin{array}{l} - \text{exigences élevées} \\ - \phi 22 \text{ e } 15 \end{array}} \right\} \sigma_{s, adm} = 220 \text{ N/mm}^2$

$$A_s = 2534 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 300 - 40 - 11 = 249 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{2534 \cdot 220}{1000 \cdot 20} = 28 \text{ mm}$$

$$\left. \vphantom{\begin{array}{l} A_s = 2534 \text{ mm}^2/\text{m} \\ d_v = 249 \text{ mm} \\ x_{pl} = 28 \text{ mm} \end{array}} \right\} m_{red} = 2534 \cdot 220 \cdot \left(249 - \frac{28}{2} \right) = 132 \text{ kNm/m}$$

$$> 81 \text{ kNm/m}$$

Haut Ext:

- exigences élevées
 - $\phi 18$ e 15
- $\left. \vphantom{\begin{array}{l} - \text{exigences élevées} \\ - \phi 18 \text{ e } 15 \end{array}} \right\} \sigma_{s, adm} = 240 \text{ N/mm}^2$

$$A_s = 1696 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 300 - 40 - 9 = 251 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{1696 \cdot 240}{1000 \cdot 20} = 20 \text{ mm}$$

$$\left. \vphantom{\begin{array}{l} A_s = 1696 \text{ mm}^2/\text{m} \\ d_v = 251 \text{ mm} \\ x_{pl} = 20 \text{ mm} \end{array}} \right\} m_{red} = 1696 \cdot 240 \cdot \left(251 - \frac{20}{2} \right) = 98 \text{ kNm/m}$$

$$> 50 \text{ kNm/m}$$

$$\text{ok!}$$

22'013 – MOB Gare de la Tine - Expertise

Pages : 24.....

Partie d'ouvrage : km 25'030 Bâtiment technique

Auteur :
L.F

Date :
.....

Mur contre terre, intérieur

- exigences élevées
- $\phi 14$ e 15

$$\left. \begin{array}{l} \text{exigences élevées} \\ \phi 14 \text{ e } 15 \end{array} \right\} \sigma_{s, adm} = 280 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s = 1026 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 300 - 40 - 7 = 253 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{1026 \cdot 280}{1000 \cdot 20} = 14 \text{ mm}$$

$$m_{rd} = 1026 \cdot 280 \cdot (253 - \frac{14}{2}) = 71 \text{ kNm/m}$$

$$> 23 \text{ kNm/m}$$

Ok!

Mur extérieur Sommet

- exigences élevée
- $\phi 18$ e 15

$$\left. \begin{array}{l} \text{exigences élevée} \\ \phi 18 \text{ e } 15 \end{array} \right\} \sigma_{adm} = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s = 1696 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 400 - 40 - 9 = 351 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{1696 \cdot 240}{1000 \cdot 20} = 20 \text{ mm}$$

$$m_{rd} = 1696 \cdot 240 \cdot (351 - \frac{20}{2}) = 139 \text{ kNm/m}$$

$$> 80 \text{ kNm/m} \quad \text{Ok!}$$

Dalle de couverture :

Face inférieure :

- exigences élevées
- $\phi 16$ e 15

$$\left. \begin{array}{l} \text{exigences élevées} \\ \phi 16 \text{ e } 15 \end{array} \right\} \sigma_{adm} = 260 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s = 1340 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 400 - 40 - 8 = 352 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{1340 \cdot 260}{1000 \cdot 20} = 16 \text{ mm}$$

$$m_{rd} = 1340 \cdot 260 \cdot (352 - \frac{16}{2}) = 120 \text{ kNm/m}$$

$$\text{face inf.} : > 50 \text{ kNm/m} \quad \text{Ok!}$$

$$\text{face sup.} : > 80 \text{ kNm/m} \quad \text{Ok!}$$

22'013 – MOB Gare de la Tine - Expertise

Pages : 25

Partie d'ouvrage : km 25030 Bâtiment technique

Auteur :
L.F.

Date :

Armature minimale de retrait

Radier :

$$\left. \begin{array}{l} - \text{exigences accrues} \\ - \phi 22 \text{ e } 15 \end{array} \right\} \sigma_{s,adm} = 350 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = k_T \cdot f_{ctm} = \frac{1}{1+0,5 \cdot 0,8} \cdot 2,9 = 2,07 \text{ N/mm}^2 \quad \text{pour un béton C30/37}$$

$$\Rightarrow A_{s,min} = \frac{2,07 \cdot 1000 \cdot 800}{350} = 4735 \text{ mm}^2/\text{m} \Rightarrow 2367 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ par nappe}$$

$$\Rightarrow \phi 22 \text{ e } 15 = 2534 \text{ mm}^2/\text{m} \\ \text{Ok!}$$

Mur contre terre :

$$\left. \begin{array}{l} - \text{exigences accrues} \\ - \phi 14 \text{ e } 15 \end{array} \right\} \sigma_{s,adm} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = k_T \cdot f_{ctm} = \frac{1}{1+0,5 \cdot 0,3} \cdot 2,9 = 2,5 \text{ N/mm}^2 \quad \text{pour un béton C30/37}$$

$$\Rightarrow A_{s,min} = \frac{2,5 \cdot 1000 \cdot 300}{435} = 1738 \text{ mm}^2/\text{m} \Rightarrow 870 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ par nappe}$$

$$\Rightarrow \phi 14 \text{ e } 15 = 1026 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ Ok!}$$

22'013 – MOB Gare de la Tine - Expertise

Pages : 26

Partie d'ouvrage : km 25'030 Bâtiment Technique

Auteur :
L. F.

Date :

Mur extérieur :

épaisseur moyenne : 0,6 m

$$\left. \begin{array}{l} - \text{exigences accrues} \\ - \phi 20 \text{ e } 15 \end{array} \right\} \sigma_{s,adm} = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = k_T \cdot f_{ctm} = \frac{1}{1+0,5 \cdot 0,6} \cdot 2,9 = 2,23 \text{ N/mm}^2 \text{ pour un béton C30/37}$$

$$\Rightarrow A_{s,min} = \frac{1000 \cdot 600 \cdot 2,23}{360} = 3718 \text{ mm}^2/\text{m} \Rightarrow 1859 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ par nappe}$$

$$\Rightarrow \phi 20 \text{ e } 15 = 2094 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ ok!}$$

Dalle de couverture :

$$\left. \begin{array}{l} - \text{exigences accrues} \\ - \phi 16 \text{ e } 15 \end{array} \right\} \sigma_{s,adm} = 410 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = k_T \cdot f_{ctm} = \frac{1}{1+0,5 \cdot 0,4} \cdot 2,9 = 2,42 \text{ N/mm}^2 \text{ pour un béton C30/37}$$

$$\Rightarrow A_{s,min} = \frac{1000 \cdot 400 \cdot 2,42}{410} = 2358 \text{ mm}^2/\text{m} \Rightarrow 1179 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ par nappe}$$

$$\Rightarrow \phi 16 \text{ e } 15 = 1265 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ ok!}$$

22'013 – MOB Gare de la Tine - Expertise		Pages : 27.....
Partie d'ouvrage : Km 25'030 - Bâtiment technique	Auteur : L F	Date :

Armature de flexion, ELU type 2

Radier :

$$A_s = \phi 22 \text{ e } 15 = 2534 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 800 - 40 - 11 = 749 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{2534 \cdot 435}{1000 \cdot 20} = 55 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow m_{rd} = 2534 \cdot 435 \cdot \left(749 - \frac{55}{2}\right) = 795 \text{ kNm/m}$$

> 360 kNm/m Ok !

↳ my, nappe sup.

Mur contre terre :

$$A_s = \phi 14 \text{ e } 15 = 1026 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 300 - 40 - 7 = 253 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{1026 \cdot 435}{1000 \cdot 20} = 22 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow m_{rd} = 1026 \cdot 435 \cdot \left(253 - \frac{22}{2}\right) = 108 \text{ kNm/m}$$

> 47 kNm/m Ok !

↳ my, face intérieur

Face extérieure, base

$$A_s = \phi 22 \text{ e } 15 = 2534 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 300 - 40 - 11 = 249 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{2534 \cdot 435}{1000 \cdot 20} = 55 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow m_{rd} = 2534 \cdot 435 \cdot \left(249 - \frac{55}{2}\right) = 244 \text{ kNm/m}$$

> 160 kNm/m Ok !

22'013 – MOB Gare de la Tine - Expertise

Pages : 28

Partie d'ouvrage : km 25'030 - Bâtiment technique

Auteur :
L.F

Date :

Mur extérieur :

$$A_s = \emptyset 18 \text{ e } 15 = 1696 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 300 - 40 - 9 = 251 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{1696 \cdot 435}{1000 \cdot 20} = 37 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow m_{Rd} = 1696 \cdot 435 \left(251 - \frac{37}{2} \right) = 172 \text{ kNm/m'}$$

> 140 kNm/m' Ok

↳ my, face extérieur

Dalle de couverture :

$$A_s = \emptyset 16 \text{ e } 15 = 1340 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 400 - 40 - 8 = 352 \text{ mm}$$

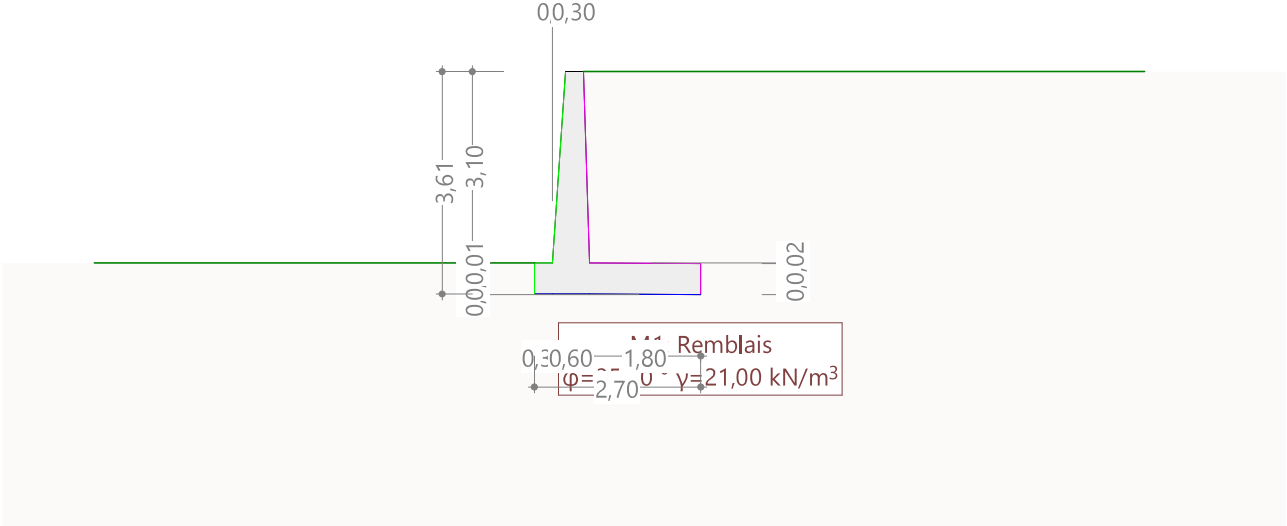
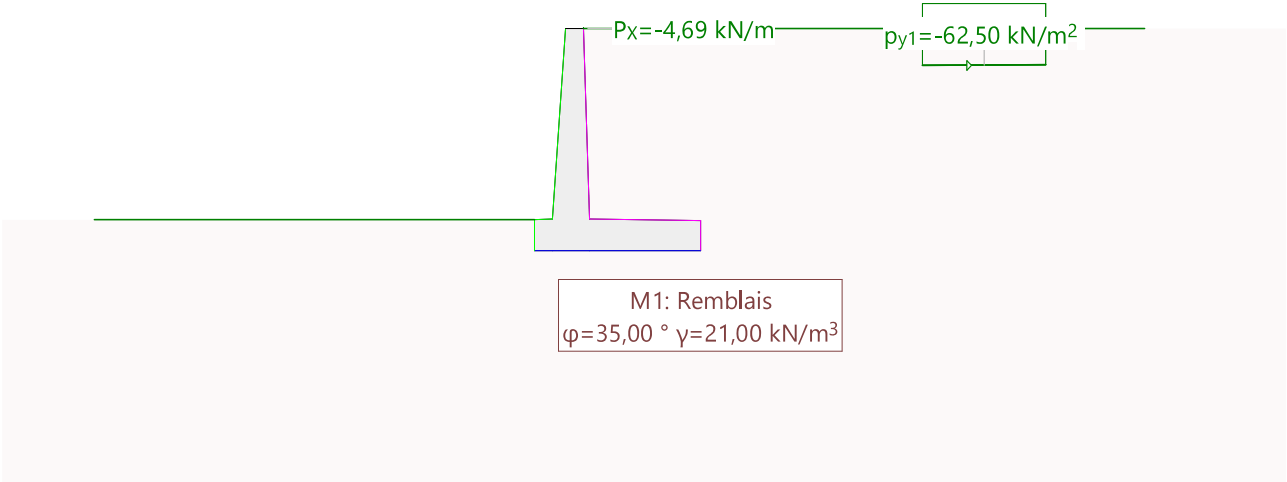
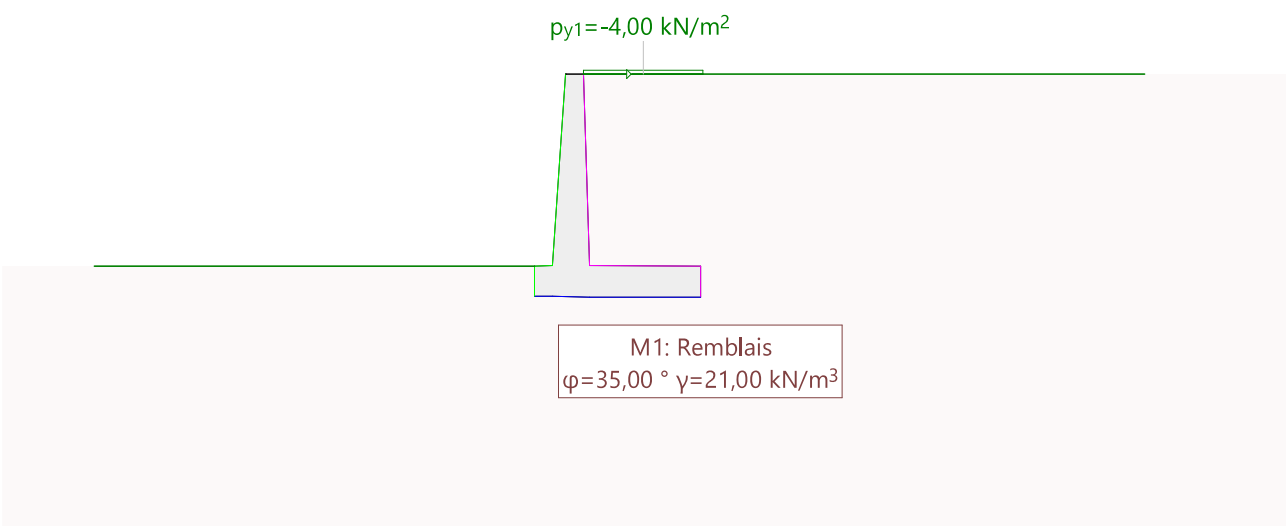
$$x_{pl} = \frac{1340 \cdot 435}{1000 \cdot 20} = 29 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow m_{Rd} = 1340 \cdot 435 \left(352 - \frac{29}{2} \right) = 197 \text{ kNm/m'}$$

> 134 kNm/m' Ok

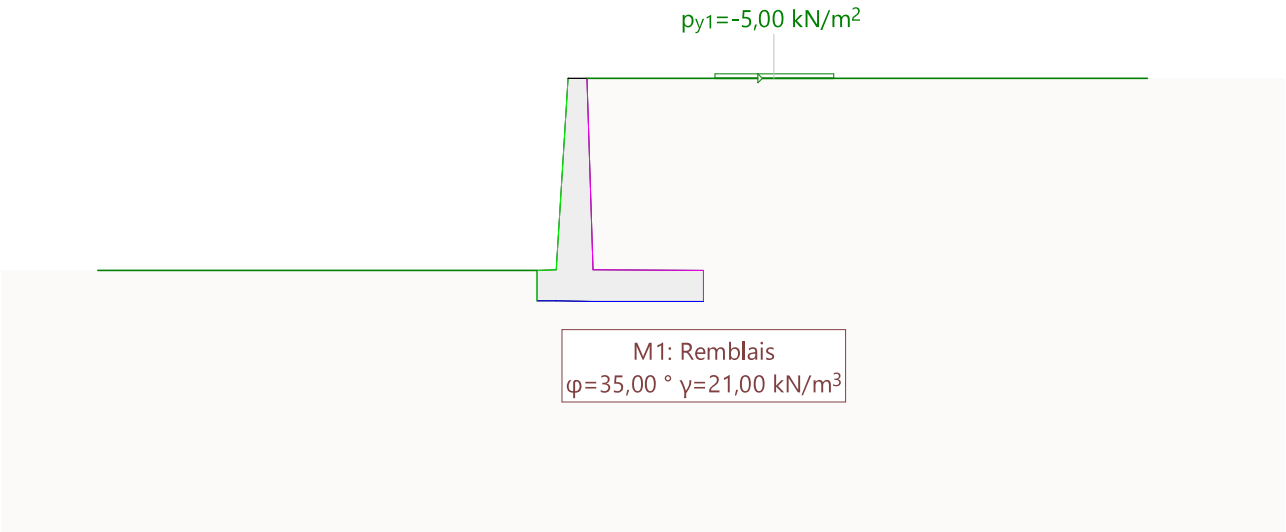
↳ my, nappe sup.

Annexe 2 : Calcul de comparaison Mur direction Montbovon

<div> <div>Mur km 25.030 MOB Tine-Rossinière</div> <div>Mur direction Montbovon</div> </div>	<div> <div>Page 1</div> <div>07.07.22, 14:26</div> </div>
<div> <div>Perret-Gentil SA 1401 Yverdon-les-Bains</div> <div>ferrari</div> </div>	<div> <div>Larix-8 - Rel. 211 (0)</div> </div>
<div> <div> <div>Modèle du massif</div> <div>Échelle 1 :122,7</div>  </div> <div> <div>Chargement CH1: Trafic ferroviaire</div> <div>Échelle 1 :122,7</div>  </div> <div> <div>Chargement Ch2: Neige</div> <div>Échelle 1 :122,7</div>  </div> </div>	
	<div>Nr.:</div>

Chargement ch3: Piétons

Échelle 1 :122,7



Enveloppe

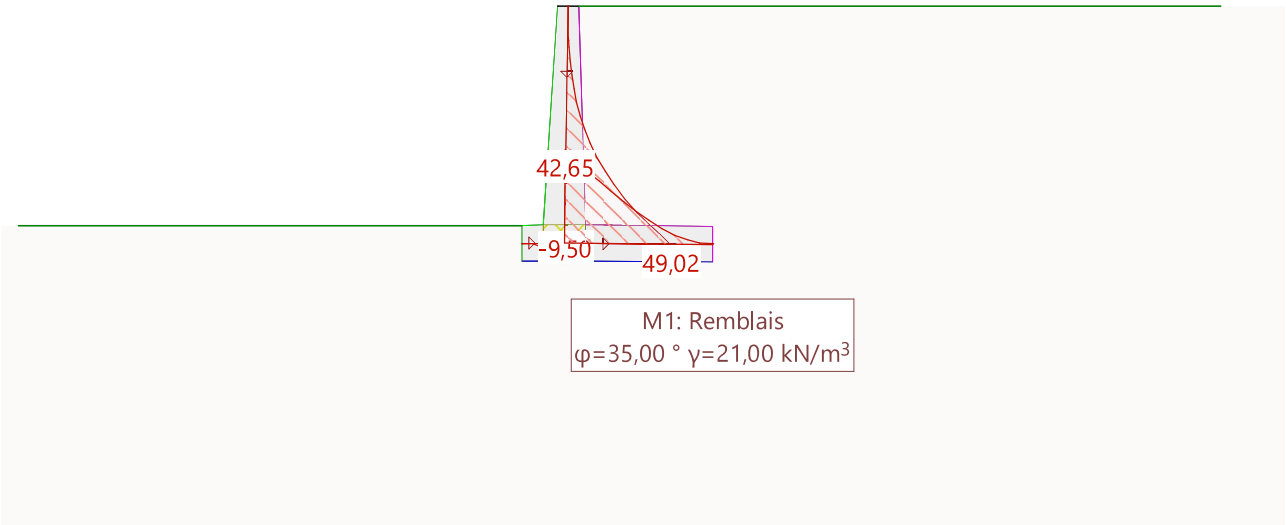
Vérifications

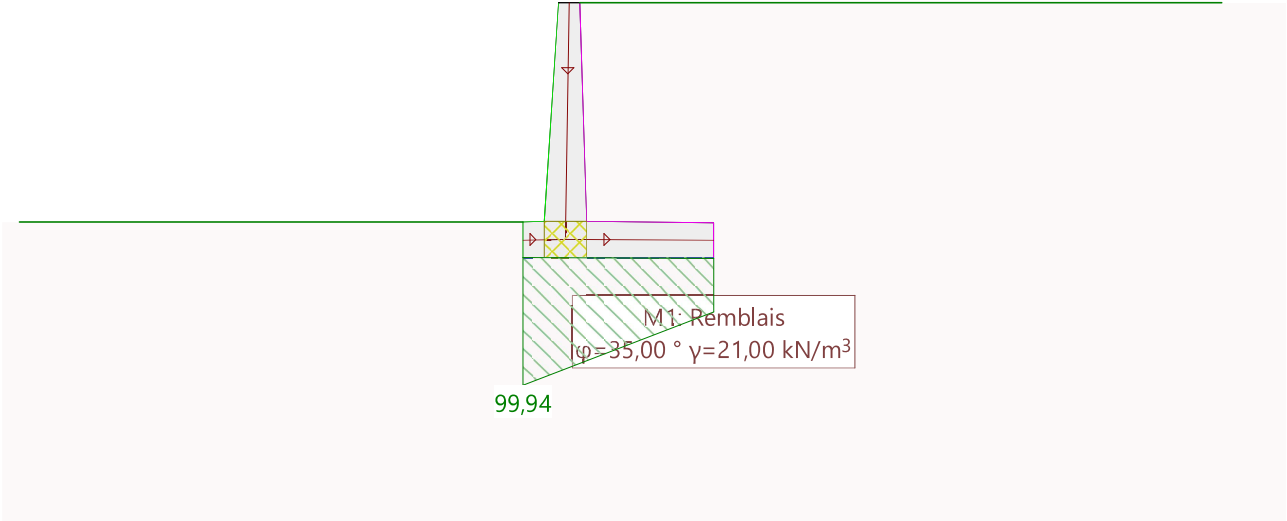
Vérification	F_{disp} [-]	F_{req} [-]	β_{disp} [‰]	β_{max} [‰]	SE	CA	
Renversement	1,67	1,00			2	20	
Glissement	1,44	1,00			5	1	
Poinçonnement	1,15	1,00			4	20	
Rotation			0,85	2,00	1	2	

- F_{disp} : Sécurité disponible
- F_{req} : Sécurité requise
- β_{disp} : Rotation calculée du mur
- β_{max} : Rotation maximale autorisée du mur
- SE : Spécification d'enveloppe
- CA : Combinaisons d'actions

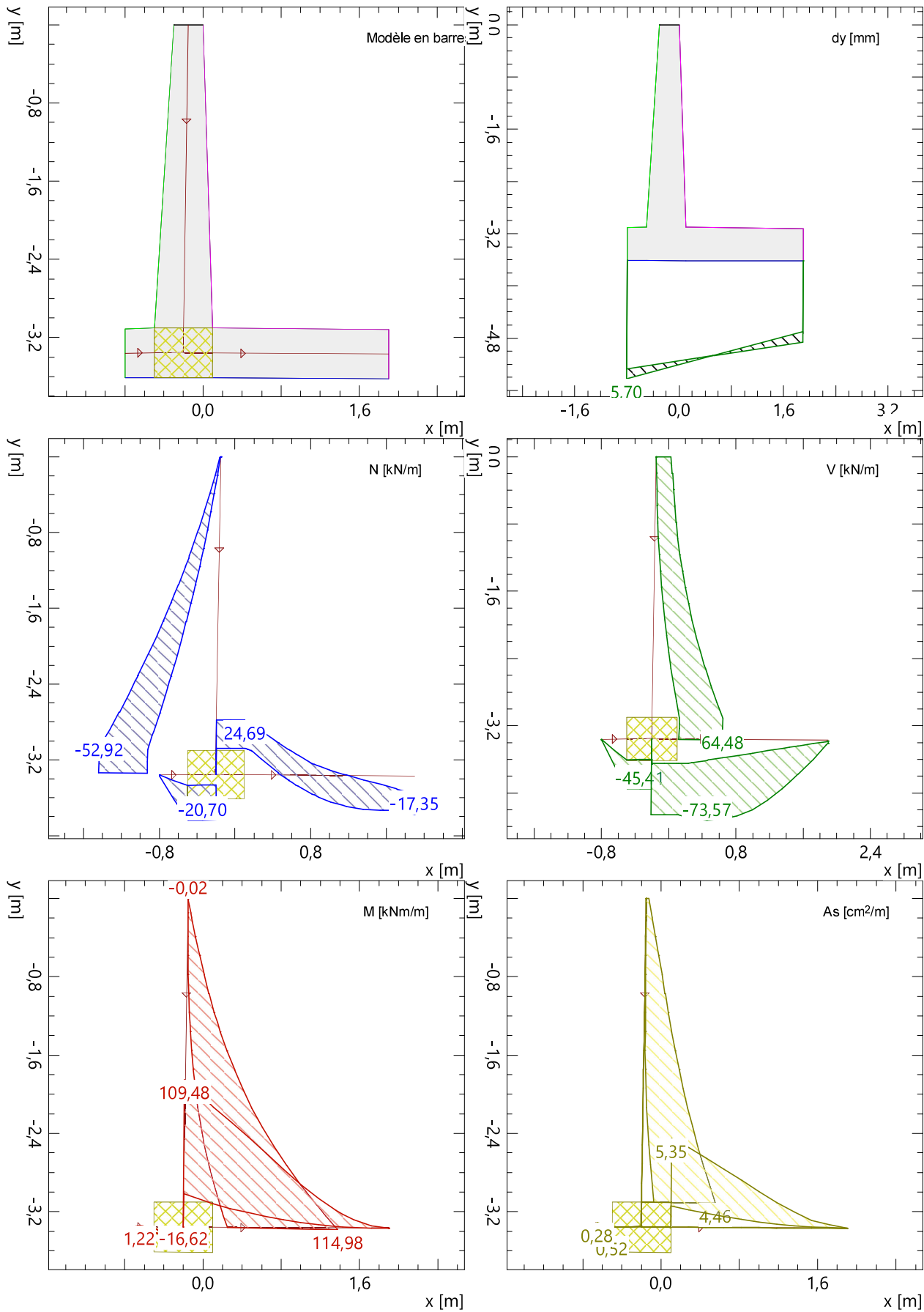
ELSquasiperm, CA 1: Moment de flexion [kNm/m]

Échelle 1 :107,2



Mur km 25.030 MOB Tine-Rossinière Mur direction Montbovon		Page 3
		07.07.22, 14:26
Perret-Gentil SA 1401 Yverdon-les-Bains	ferrari	Larix-8 - Rel. 211 (0)
<div>ELSquasiperm, CA 1: Pression au sol verticale [kN/m2]</div> <div>Échelle 1 :107,2</div> <div></div>		
		Nr.:

Enveloppe



22'013 – MOB Gare de la Tine - Expertise		Pages : 6
Partie d'ouvrage : Armature minimale		Auteur : Date :

Armature minimale de retrait :

Semelles :

- exigences accrues \Rightarrow SIA 262, Tab 17 corrigé $\Rightarrow w_{\text{nom}} = 0,5 \text{ mm}$

\Rightarrow Fig 31: $\sigma_{s, \text{adm}} = 380 \text{ N/mm}^2$ pour $\phi = 18 \text{ mm}$

$$f_{\text{ctd}} = f_{\text{ctm}} \cdot k_T = 2,9 \cdot \frac{1}{1+0,5 \cdot 0,5} = 2,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow A_{s, \text{min}} \geq \frac{1000 \cdot 500 \cdot 2,32}{380} = 3052 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$\Rightarrow 1526 \text{ mm}^2/\text{m}$ par nappe

$\Rightarrow \phi 18 \text{ e } 15 = 1696 \text{ mm}^2/\text{m}$ ok!

pour un béton C30/37

Murs :

- exigences accrues \Rightarrow SIA 262, Tab 17 corrigé $\Rightarrow w_{\text{nom}} = 0,5 \text{ mm}$

\Rightarrow Fig 31: $\sigma_{s, \text{adm}} = 380 \text{ N/mm}^2$ pour $\phi 18$

$$f_{\text{ctd}} = f_{\text{ctm}} \cdot k_T = 2,9 \cdot \frac{1}{1+0,5 \cdot 0,5} = 2,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow A_{s, \text{min}} \geq \frac{1000 \cdot 500 \cdot 2,32}{380} = 3052 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$\Rightarrow 1526 \text{ mm}^2/\text{m}'$ par nappe

$\Rightarrow \phi 18 \text{ e } 15 = 1696 \text{ mm}^2/\text{m}$ ok!

pour un béton C30/37

22'013 – MOB Gare de la Tine - Expertise

Pages : 7

Partie d'ouvrage : Fissuration service

Auteur :

Date :

Fissuration à l'ELS pour un cas de charge quasi-permanent

Semelle :

$$m_{service} = 43 \text{ kNm/m'}$$

- Exigences élevées, $\phi 18 \Rightarrow \sigma_{s,adm} = 240 \text{ N/mm}^2$ (courbe $w_{non} = 0,2 \text{ mm}$)

$$m_{rel} = A_s \cdot \sigma_{s,adm} \cdot \left(d_v - \frac{x_{pl}}{2} \right) = 1696 \cdot 240 \cdot \left(452 - \frac{19}{2} \right) = 180 \text{ kNm/m'}$$

$> 43 \text{ kNm/m'}$ Ok!

$$d_v = 500 - 40 - 8 = 452 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{1696 \cdot 240}{1000 \cdot 20} = 19 \text{ mm}$$

Murs :

$$m_{service} = 50 \text{ kNm/m'}$$

- Exigences élevées $\Rightarrow \sigma_{s,adm} = 240 \text{ N/mm}^2$ (courbe $w_{non} = 0,2 \text{ mm}$)

$$m_{rel} = A_s \cdot \sigma_{s,adm} \cdot \left(d_v - \frac{x_{pl}}{2} \right)$$

$$d_v = 500 - 40 - 8 = 452 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{1696 \cdot 240}{1000 \cdot 20} = 19 \text{ mm}$$

$$m_{rel} = 180 \text{ kNm/m'}$$

$> 50 \text{ kNm/m'}$ Ok!

22'013 – MOB Gare de la Tine - Expertise

Pages : 8

Partie d'ouvrage : Sécurité structurale

Auteur :

Date :

Mur en flexion :

$$m_{Ed} = 115 \text{ kNm/m'}$$

$$A_s = \phi 18 \text{ e } 15 = 1636 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$m_{Rd} = f_{sd} \cdot A_s \cdot (d_v - \frac{x_{pl}}{2}) = 435 \cdot 1636 \cdot (452 - \frac{37}{2}) = 320 \text{ kNm/m}$$

$$d_v = 452 \text{ mm}$$

> 115 kNm/m' Ok!

$$x_{pl} = \frac{1636 \cdot 435}{1000 \cdot 20} = 37 \text{ mm}$$

Effort tranchant dans la semelle

$$V_{Ed} = 78 \text{ kN/m'}$$

Résistance sans armature d'effort tranchant :

$$V_{Rd} = k_{ol} \cdot T_{cd} \cdot d_v$$

$$d_v = 452 \text{ mm}$$

$$T_{cd} = 1,1 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{ol} = \frac{1}{1 + \frac{E_v \cdot d_v \cdot k_g}{E_d \cdot m_{Rd}}} \quad \text{with } \frac{E_v}{E_d} = 1$$

$$E_v = \frac{f_{sd}}{E_d} \cdot \frac{m_{Ed}}{m_{Rd}} = \frac{435}{210'000} \cdot \frac{110}{320} = 0,0007$$

$$= \frac{1}{1 + 0,0007 \cdot 452 \cdot 1} = 0,76$$

$$V_{Rd} = 0,76 \cdot 1,1 \cdot 452 = 378 \text{ kN/m' } > 78 \text{ kN/m' } \text{ Ok!}$$

Vérification au poinçonnement

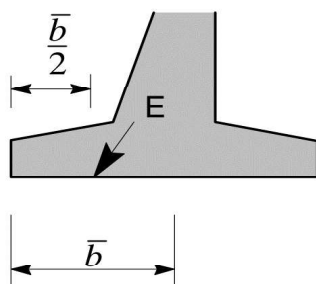
Nom du projet : 22'013 MOB Tine-Rossinière Expertise
Partie d'ouvrage : Mur km 25.030 direction Montbovon



p. 9

Valeurs depuis Larix :

Ex	81
Ey	202
b	1,72



Propriétés du sol de fondation :

Angle de frottement :	$\gamma'k$ [°]	35
	$\gamma'd$ [rad]	0,528
Cohésion du sol	ck [kN/m ²]	0
	cd [kN/m ²]	0,00
Poids propre sol	γ [kN/m ³]	21
inclinaison de la fondation	[°]	0
	[rad]	0
Inclinaison du sol	[°]	0
	[rad]	0
Profondeur	t [m]	0,5
	(γ^*t+q)	10,5
Surcharge	q [kN/m ²]	0

Facteurs de portance corrigés :

Semelle rugueuse

Nq^*	8,31
Nc^*	12,53
$N\gamma^*$	5,56

Semelle lisse (Selon Larix)

Nq^*	6,70
Nc^*	9,91
$N\gamma^*$	3,63

Résistance:

Semelle rugueuse

Pression au sol admissible	[kN/m ²]	187,68
Force verticale admissible	[kN/m']	322,81
degré de conformité	$n =$	1,60

Semelle lisse (Selon Larix)

Pression au sol admissible	[kN/m ²]	135,94
Force verticale admissible	[kN/m']	233,82
degré de conformité	$n =$	1,16

$$q_p' = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot b_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot b_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot b' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \quad [\text{kN/m}^2]$$

avec : $c' = c'_d = c'_k / \gamma_c$ valeur de calcul ($\gamma_c = 1.5$)
 $N_c, N_q, N_\gamma = f(\varphi' = \varphi'_d)$ valeur de calcul des facteurs de portance
 $\varphi'_d = \text{Arc tan}(\tan \varphi'_k / \gamma_\varphi)$ valeur de calcul ($\gamma_\varphi = 1.2$)
 $\gamma = \gamma_d = \gamma_k$ pour le poids volumique ($\gamma_\gamma = 1$)
 b' pour charge excentrée
 s_c, s_q, s_γ pour la forme de la fondation
 i_c, i_q, i_γ pour l'inclinaison de l'action
 b_c, b_q, b_γ pour l'inclinaison de la base de la fondation

La valeur de calcul de la résistance au poinçonnement du sol de fondation s'exprime par :

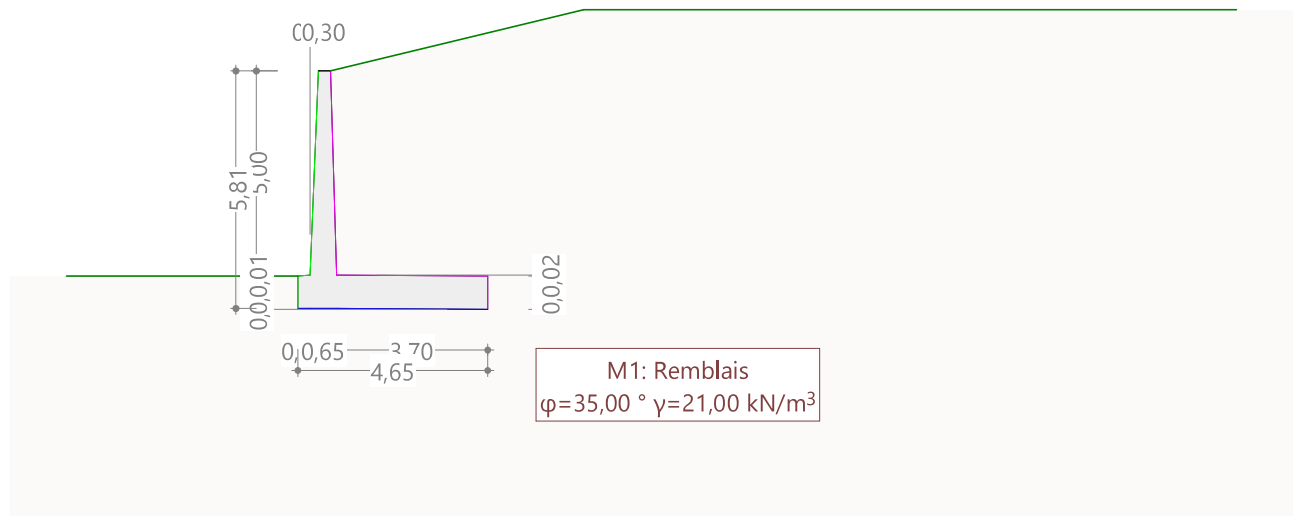
$$R_{N,d} = 1/\gamma_R \cdot q_p \cdot b' \quad [\text{kN/m}'] \text{ pour une semelle filante (de largeur utile } b') \\ R_{N,d} = 1/\gamma_R \cdot q_p \cdot b' \cdot L' \quad [\text{kN}] \text{ pour une semelle isolée (de surface utile } A' = b' \cdot L')$$

avec γ_R : facteur partiel pour l'imprécision du modèle de résistance $\gamma_R = 1 \dots 1.2$
 $\gamma_R = 1$ pour des méthodes de calcul fiables, par exemple Terzaghi ou Brinch Hansen en tenant compte de tous les facteurs de correction.

Annexe 3 : Calcul de comparaison Mur direction Rossinière

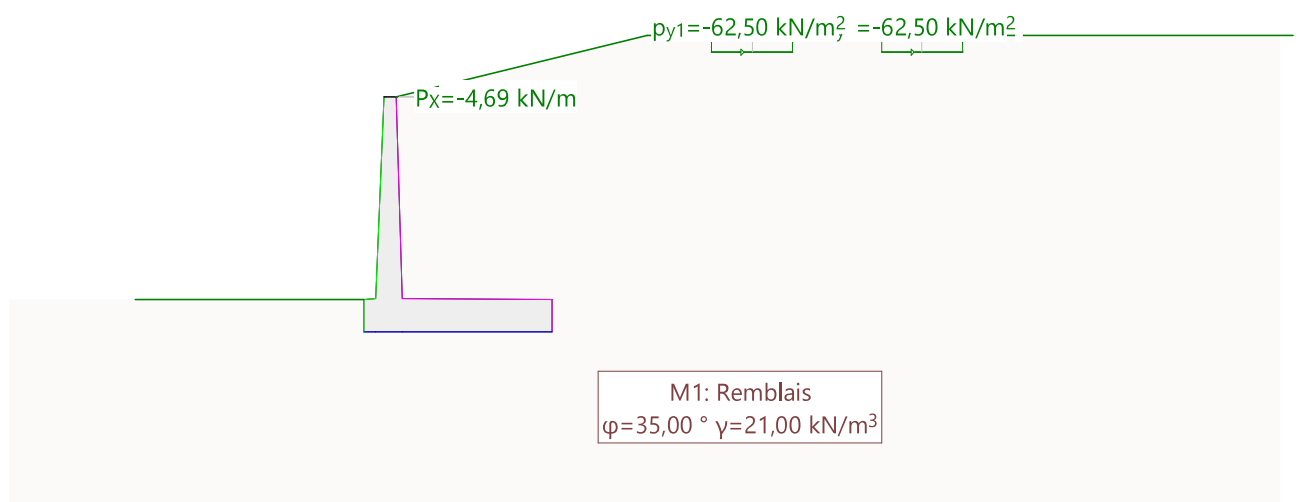
Modèle du massif

Échelle 1 :185,0



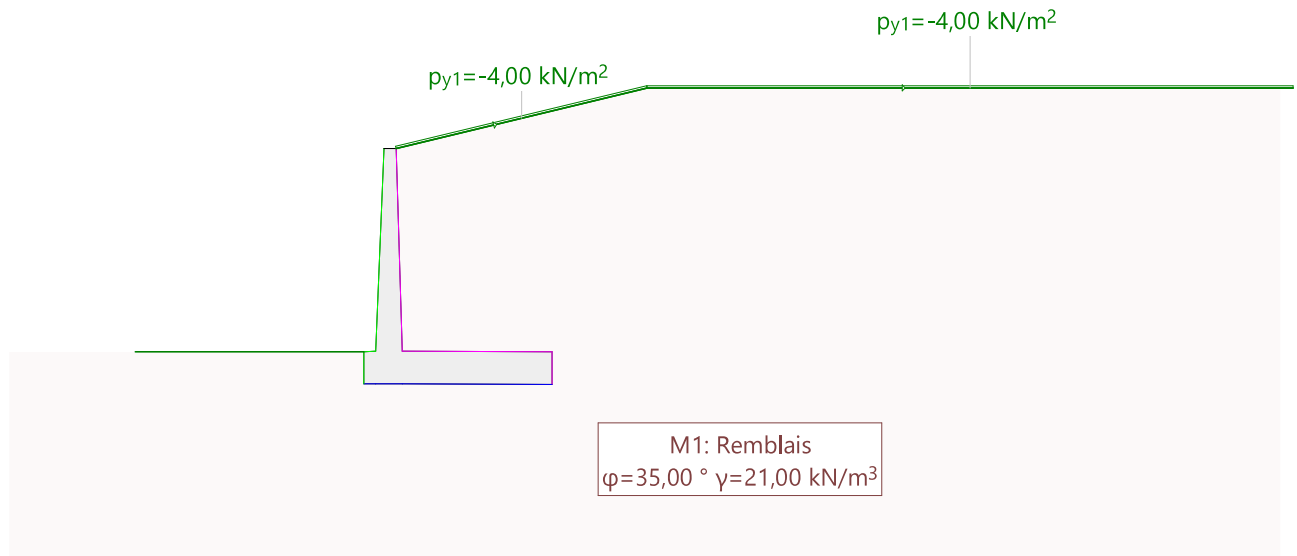
Chargement CH1: Trafic ferroviaire

Échelle 1 :186,9



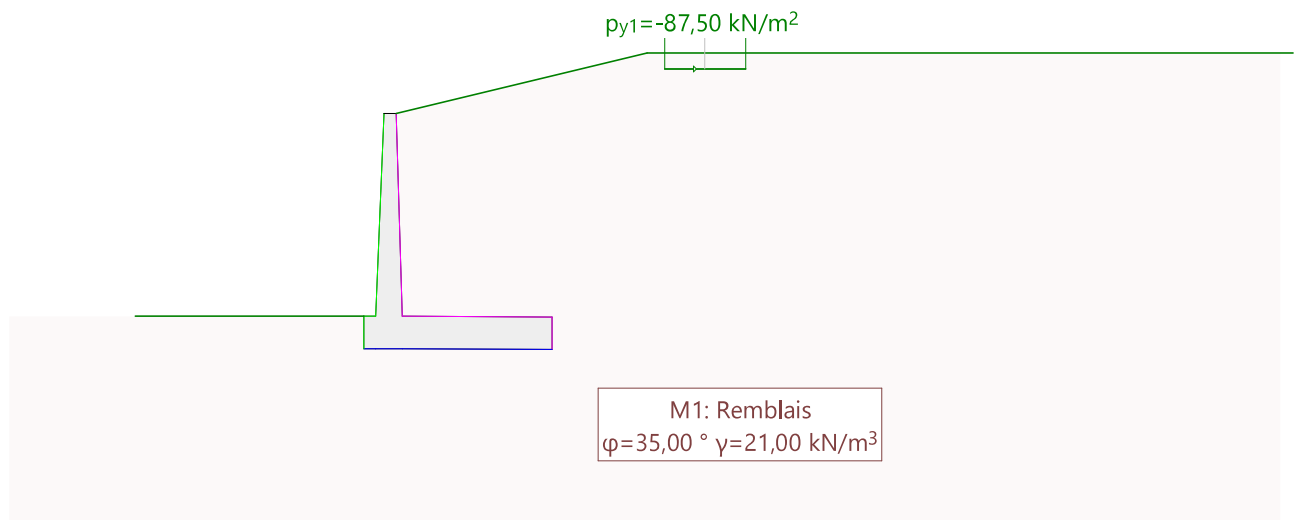
Chargement Ch2: Neige

Échelle 1 :186,9



Chargement Acc1: Déraillement 1

Échelle 1 :186,9

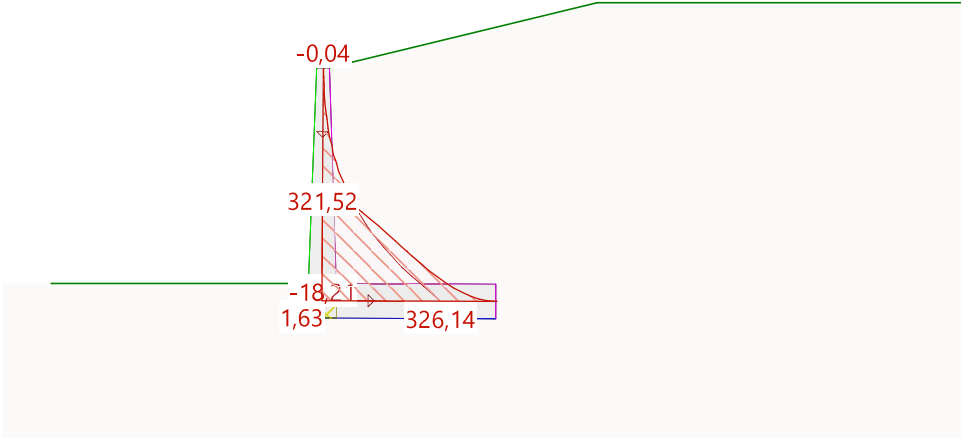
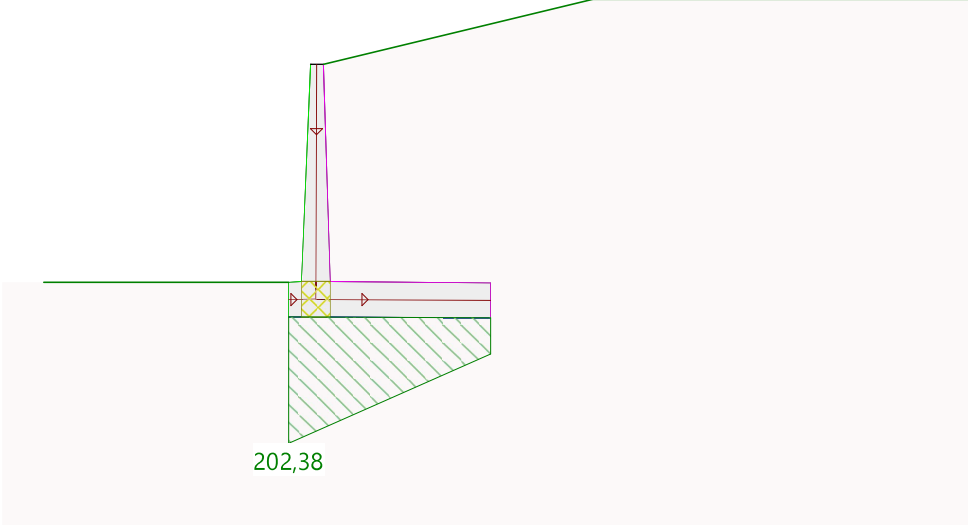


Enveloppe

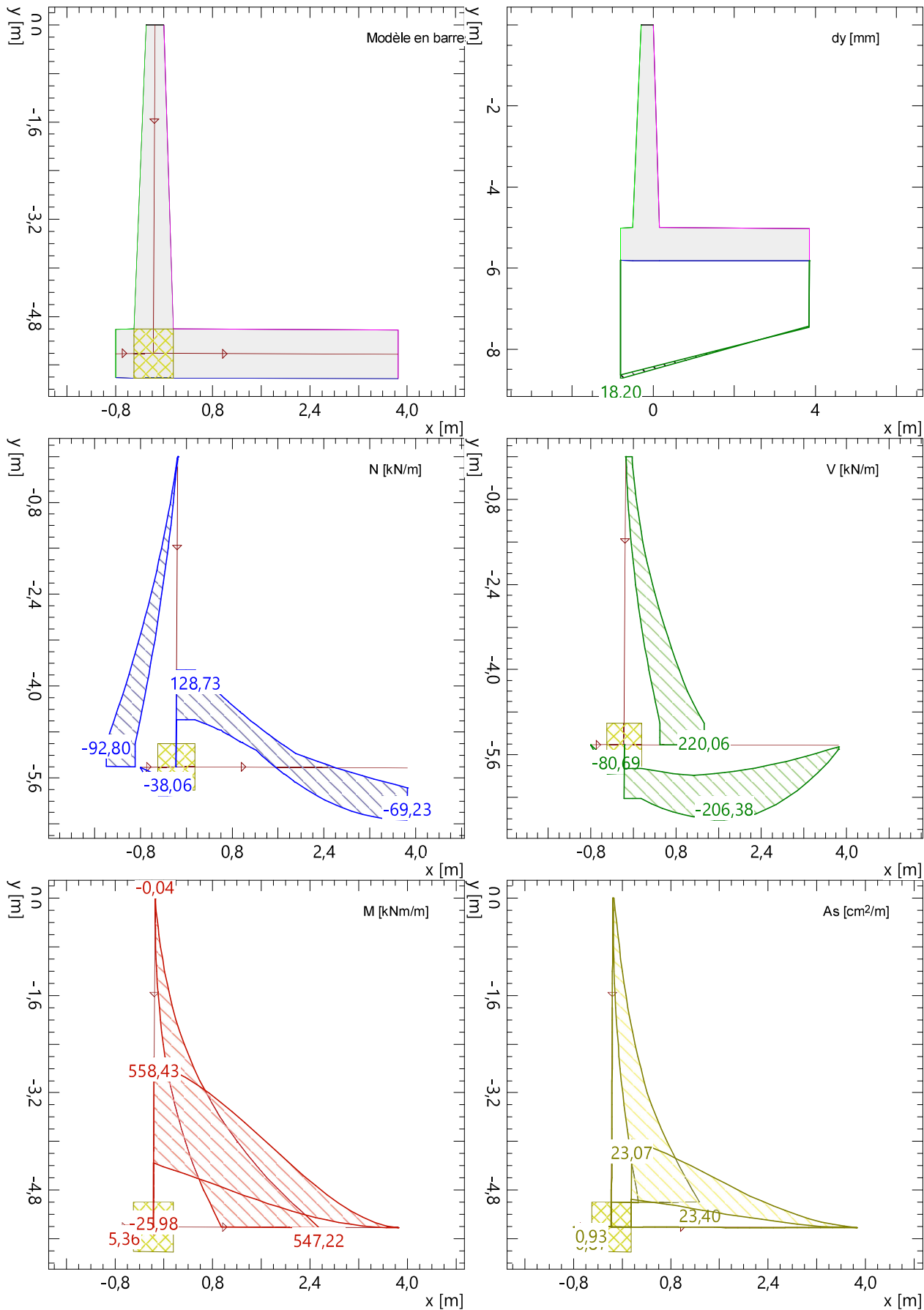
Vérifications

Vérification	F_{disp} [-]	F_{req} [-]	β_{disp} [‰]	β_{max} [‰]	SE	CA	
Renversement	2,10	1,00			2	10	
Glissement	1,33	1,00			5	10	
Poinçonnement	1,01	1,00			5	10	
Rotation			1,75	2,00	1	2	

F_{disp} : Sécurité disponible
 F_{req} : Sécurité requise
 β_{disp} : Rotation calculée du mur
 β_{max} : Rotation maximale autorisée du mur
SE : Spécification d'enveloppe
CA : Combinaisons d'actions

<div> <div>Mur km 25.030 MOB Tine rossinière</div> <div>Mur direction Rossinière</div> </div>	<div>Page 3</div>
	<div>07.07.22, 13:47</div>
<div> <div>Perret-Gentil SA 1401 Yverdon-les-Bains</div> <div>ferrari</div> </div>	<div>Larix-8 - Rel. 211 (0)</div>
<div> <div> <div>ELSquasiperm, CA 1: Moment de flexion [kNm/m]</div> <div>Échelle 1 :175,3</div>  </div> <div> <div> <div>ELSquasiperm, CA 1: Pression au sol verticale [kN/m2]</div> <div>Échelle 1 :174,2</div>  </div> </div> </div>	
	<div>Nr.:</div>

Enveloppe



22'013 – MOB Gare de la Tine - Expertise

Pages : ...6.....

Partie d'ouvrage : Mur km 25'030 - Direction Rossinière

Auteur :
L F

Date :
.....

Armature minimale de retrait :

Semelle :

- exigences accrues Pour un béton C30/37

$$\Rightarrow w_{hom} = 0,5 \text{ mm selon SIA 262, Tab 17 corrigé}$$

$$\Rightarrow \sigma_{s,adm} = 360 \text{ N/mm}^2 \text{ selon fig 31 avec } e = 15 \text{ cm}$$

$$f_{ctel} = k_T \cdot f_{ctm} = \frac{1}{1 + 0,5 \cdot 0,8} \cdot 2,9 = 2,07 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow A_{s,min} = \frac{2,07 \cdot 1000 \cdot 800}{360} = 4600 \text{ mm}^2/\text{m} \Rightarrow 2300 \text{ mm}^2/\text{m par nappe}$$

$$\Rightarrow \phi 22 \text{ e } 15 (= 2534 \text{ mm}^2/\text{m})$$

Ok !
pour un béton C30/37

Murs :

- exigences accrues pour un béton C30/37

$$\Rightarrow w_{hom} = 0,5 \text{ mm selon SIA 262, Tab 17 corrigé}$$

$$\Rightarrow \sigma_{s,adm} = 380 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctel} = k_T \cdot f_{ctm} = \frac{1}{1 + 0,5 \cdot 0,5} = 2,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow A_{s,min} = \frac{2,32 \cdot 1000 \cdot 500}{380} = 3052 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\Rightarrow 1526 \text{ mm}^2/\text{m par nappe}$$

$$\Rightarrow \phi 18 \text{ e } 15 (= 1636 \text{ mm}^2/\text{m})$$

Ok !
pour un béton C30/37

22'013 – MOB Gare de la Tine - Expertise

Pages : 7

Partie d'ouvrage : Mur km 25.030 - Direction Rossinière

Auteur :
LF

Date :

Vérification à la fissuration à l'ELS quasi-permanent

Semelle :

- exigences élevées, $w_{nom} = 0,2 \text{ mm}$

$$\Rightarrow \sigma_{s, adm} = 200 \text{ N/mm}^2$$

$$m_{service} = 400 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Rd} = \sigma_{s, adm} \cdot A_s \cdot \left(d_v - \frac{x_{pl}}{2} \right)$$

$$A_s = \phi 26 \text{ e } 15 = 3540 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 800 - 40 - 13 = 747 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{3540 \cdot 200}{1000 \cdot 20} = 39 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow m_{Rd} = 200 \cdot 3540 \cdot \left(747 - \frac{39}{2} \right) = 515 \text{ kNm/m} > 400 \text{ kNm/m} \text{ ok!}$$

Murs :

- exigences élevées, $w_{nom} = 0,2 \text{ mm}$

$$\Rightarrow \sigma_{s, adm} = 200 \text{ N/mm}^2$$

$$m_{service} = 405 \text{ kNm/m} \quad \text{ou } h = 800 \text{ mm}$$

Avec $A_s = \phi 26 \text{ e } 15 \Rightarrow$ Idem ci-dessus

$$\Rightarrow m_{Rd} = 515 \text{ kNm/m} > 405 \text{ kNm/m} \text{ ok!}$$

22'013 – MOB Gare de la Tine - Expertise

Pages : 8

Partie d'ouvrage : Mur km 25'030 - Mur direction Rossinière

Auteur : LF

Date :

Sécurité structurale :

Mur en flexion : (Valable aussi pour semelle)

$$M_{ed} = 700 \text{ kNm/m}$$

$$A_s = \phi 26 \text{ e } 15 = 3540 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$d_v = 800 - 40 - 13 = 747 \text{ mm}$$

$$x_{pl} = \frac{3540 \cdot 435}{1000 \cdot 20} = 77 \text{ mm}$$

$$M_{rd} = 3540 \cdot 435 \cdot \left(747 - \frac{77}{2}\right) = 1091 \text{ kNm/m} > 700 \text{ kNm/m} \quad \text{OK!}$$

Effort tranchant dans semelle :

$$V_{ed} = 270 \text{ kN/m'}$$

Résistance sans armature d'effort tranchant :

$$V_{rd} = k_d \cdot T_{cd} \cdot d_v$$

$$d_v = 800 - 40 - 13 = 747 \text{ mm}$$

$$T_{cd} = 1,1 \text{ N/mm}^2$$

$$k_d = \frac{1}{1 + E_v \cdot d_v \cdot k_y} = \frac{1}{1 + 0,0013 \cdot 747 \cdot 1} = 0,5$$

$$E_v = \frac{f_{ct}}{E} \cdot \frac{m_{ed}}{m_{rd}} = \frac{435}{210000} \cdot \frac{700}{1091} = 0,0013$$

$$V_{rd} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 747 = 417 \text{ kN/m' } > 270 \text{ kN/m' } \quad \text{OK!}$$

Vérification au poinçonnement

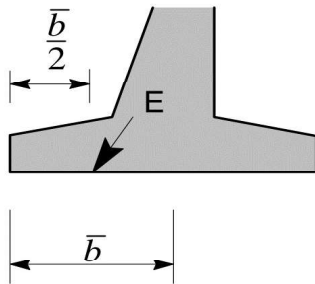
Nom du projet : 22'013 MOB Tine-Rossinière Expertide
Partie d'ouvrage : Mur km 25.030 direction Rossinière



p. 9

Valeurs depuis Larix :

Ex	291
Ey	661
b	3,3



Propriétés du sol de fondation :

Angle de frottement :	$\varphi'k$ [°]	35
	$\varphi'd$ [rad]	0,528
Cohésion du sol	c_k [kN/m ²]	0
	c_d [kN/m ²]	0,00
Poids propre sol	γ [kN/m ³]	21
inclinaison de la fondation	[°]	0
	[rad]	0
Inclinaison du sol	[°]	0
	[rad]	0
Profondeur	t [m]	0,8
	$(\gamma \cdot t + q)$	16,8
Surcharge	q [kN/m ²]	0

Facteurs de portance corrigés :

Semelle rugueuse

N_q^*	7,26
N_c^*	10,73
N_γ^*	4,54

Semelle lisse (Selon Larix)

N_q^*	5,84
N_c^*	8,39
N_γ^*	2,99

Résistance:

Semelle rugueuse

Pression au sol admissible	[kN/m ²]	279,14
Force verticale admissible	[kN/m']	921,15
degré de conformité	$n =$	1,39

Semelle lisse (Selon Larix)

Pression au sol admissible	[kN/m ²]	201,79
Force verticale admissible	[kN/m']	665,91
degré de conformité	$n =$	1,01

$$q_p' = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot b_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot b_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot b' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \quad [\text{kN/m}^2]$$

avec : $c' = c'_d = c'_k / \gamma_c$	valeur de calcul ($\gamma_c = 1.5$)
$N_c, N_q, N_\gamma = f(\varphi' = \varphi'_d)$	valeur de calcul des facteurs de portance
$\varphi'_d = \text{Arc tan}(\tan \varphi'_k / \gamma_\phi)$	valeur de calcul ($\gamma_\phi = 1.2$)
$\gamma = \gamma_d = \gamma_k$	pour le poids volumique ($\gamma_\gamma = 1$)
b'	pour charge excentrée
s_c, s_q, s_γ	pour la forme de la fondation
i_c, i_q, i_γ	pour l'inclinaison de l'action
b_c, b_q, b_γ	pour l'inclinaison de la base de la fondation

La valeur de calcul de la résistance au poinçonnement du sol de fondation s'exprime par :

$$R_{N,d} = 1/\gamma_R \cdot q_p \cdot b' \quad [\text{kN/m}'] \text{ pour une semelle filante (de largeur utile } b')$$

$$R_{N,d} = 1/\gamma_R \cdot q_p \cdot b' \cdot L' \quad [\text{kN}] \text{ pour une semelle isolée (de surface utile } A' = b' \cdot L')$$

avec γ_R : facteur partiel pour l'imprécision du modèle de résistance $\gamma_R = 1 \dots 1.2$
 $\gamma_R = 1$ pour des méthodes de calcul fiables, par exemple Terzaghi ou Brinch Hansen en tenant compte de tous les facteurs de correction.

Annexe 4 : Calcul de comparaison des parois clouée et berlinoise

Données du projet

Numéro d'affaire : 431 Gare de la Tine

Titre du calcul : Paroi clouée, profil km 25.097

Lieu : N/A

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m3

yw : 10.0

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	ϕ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Remblais		21,0	35,00	0,0	0,0	80,0	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	$\Gamma \gamma$	Γc	$\Gamma \tan(\phi)$	Type de cohésion	Courbe
1	Remblais		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	-3,399	849,910	2	0,000	847,620	3	0,305	841,382	4	40,000	841,382	7	-30,000	850,666	8	-4,466	850,666
9	-8,500	850,066	10	-6,500	850,066	13	0,034	846,920	16	0,107	845,420	19	0,181	843,920	22	0,254	842,420
24	40,000	844,920	25	0,132	844,920	27	40,000	843,420	28	0,205	843,420	30	40,000	841,920	31	0,279	841,920
33	-30,000	850,066	34	-3,619	850,066												

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
1	1	2	3	4	3	5	7	8	7	10	9	9	13	2	13	16	13	23	24	25
24	25	19	25	25	16	26	27	28	27	28	22	28	28	19	29	30	31	30	31	22
31	31	3	32	33	9	33	10	34	34	34	8	35	34	1						

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge ferroviaire	-8,500	850,066	62,5	-6,500	850,066	62,5	90,00
2	Remblai	-30,000	850,066	12,6	-3,619	850,066	12,6	90,00

Clous

	Nom	X	Y	Espacement horizontal	Inclinaison/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion	TR	Longueur	Rsc
1	Clou 1	0,034	846,920	2,000	15,00	0,500	10,00	308,0	8,000	-
2	Clou 2	0,107	845,420	2,000	15,00	0,500	10,00	308,0	8,000	-
3	Clou 3	0,181	843,920	2,000	15,00	0,500	10,00	308,0	8,000	-
4	Clou 4	0,254	842,420	2,000	15,00	0,500	10,00	308,0	8,000	-

Clous (cont.)

	Nom	Rayon équivalent	Règle de calcul	Cisaillement imposé Rcis	Moment de plastification EI	Angle critique	Traction	Cisaillement
1	Clou 1	0,064	Tcal,Cimp	0,0	-	5,00	Externe	-
2	Clou 2	0,064	Tcal,Cimp	0,0	-	5,00	Externe	-
3	Clou 3	0,064	Tcal,Cimp	0,0	-	5,00	Externe	-
4	Clou 4	0,064	Tcal,Cimp	0,0	-	5,00	Externe	-

Clous (cont.)

	Nom	qsclous issus de...	θ barre	σ_e	Valeur de TR donnée	Rsc calculée à partir de qs	Cisaillement variable le long du clou
1	Clou 1	Essais	-	-	Oui	Oui	Non
2	Clou 2	Essais	-	-	Oui	Oui	Non
3	Clou 3	Essais	-	-	Oui	Oui	Non
4	Clou 4	Essais	-	-	Oui	Oui	Non



Talren v5
v5.2.10

Imprimé le : 27 avr. 2022 17:55:05
Calcul réalisé par : FOG GEO
Projet : Paroi clouée, profil km 25.097

Données de la phase 1

Nom de la phase : Phase 1

Détermination de l'enveloppe du talus : automatique

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	1	2	Remblais	7	10	9	Remblais	9	13	2	Remblais
13	16	13	Remblais	23	24	25	Remblais	25	25	16	Remblais
32	33	9	Remblais	33	10	34	Remblais	35	34	1	Remblais

Liste des éléments activés

Surcharges réparties : Charge ferroviaire
Remblai

Clous : Clou 1

Conditions hydrauliques : Néant



Talren v5
v5.2.10

Imprimé le : 27 avr. 2022 17:55:05
Calcul réalisé par : FOG GEO
Projet : Paroi clouée, profil km 25.097

Données de la situation 1

Nom de la phase : Phase 1

Nom de la situation : Situation 1

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : SIA

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ'_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,200	$\Gamma_{c'}$	1,500	Γ_{cu}	1,500
Γ_Q	1,250	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,800	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,350	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,800	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,350	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,500
Γ_{pl}	1,200	$\Gamma_{a,clou}$	1,350	$\Gamma_{a,tirant}$	1,350	$\Gamma_{a,bande}$	1,500	Γ_{buton}	1,150	Γ_{s3}	1,125

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 0,500

Abscisse émergence limite aval : 0,039

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= 0,132; Y= 844,920

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,0198

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 851; X0= 11,80; Y0= 862,67; R= 21,24

Données de la phase 2

Nom de la phase : Phase 2

Détermination de l'enveloppe du talus : automatique

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	1	2	Remblais	7	10	9	Remblais	9	13	2	Remblais
13	16	13	Remblais	24	25	19	Remblais	25	25	16	Remblais
26	27	28	Remblais	28	28	19	Remblais	32	33	9	Remblais
33	10	34	Remblais	35	34	1	Remblais				

Liste des éléments activés

Surcharges réparties : Charge ferroviaire
Remblai

Clous : Clou 1
Clou 2

Conditions hydrauliques : Néant

Données de la situation 1

Nom de la phase : Phase 2

Nom de la situation : Situation 1

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : SIA

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ'_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,200	$\Gamma_{c'}$	1,500	Γ_{cu}	1,500
Γ_Q	1,250	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,800	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,350	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,800	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,350	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,500
Γ_{pl}	1,200	$\Gamma_{a,clou}$	1,350	$\Gamma_{a,tirant}$	1,350	$\Gamma_{a,bande}$	1,500	Γ_{buton}	1,150	Γ_{s3}	1,125

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 0,500

Abscisse émergence limite aval : 0,110

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= 0,205; Y= 843,420

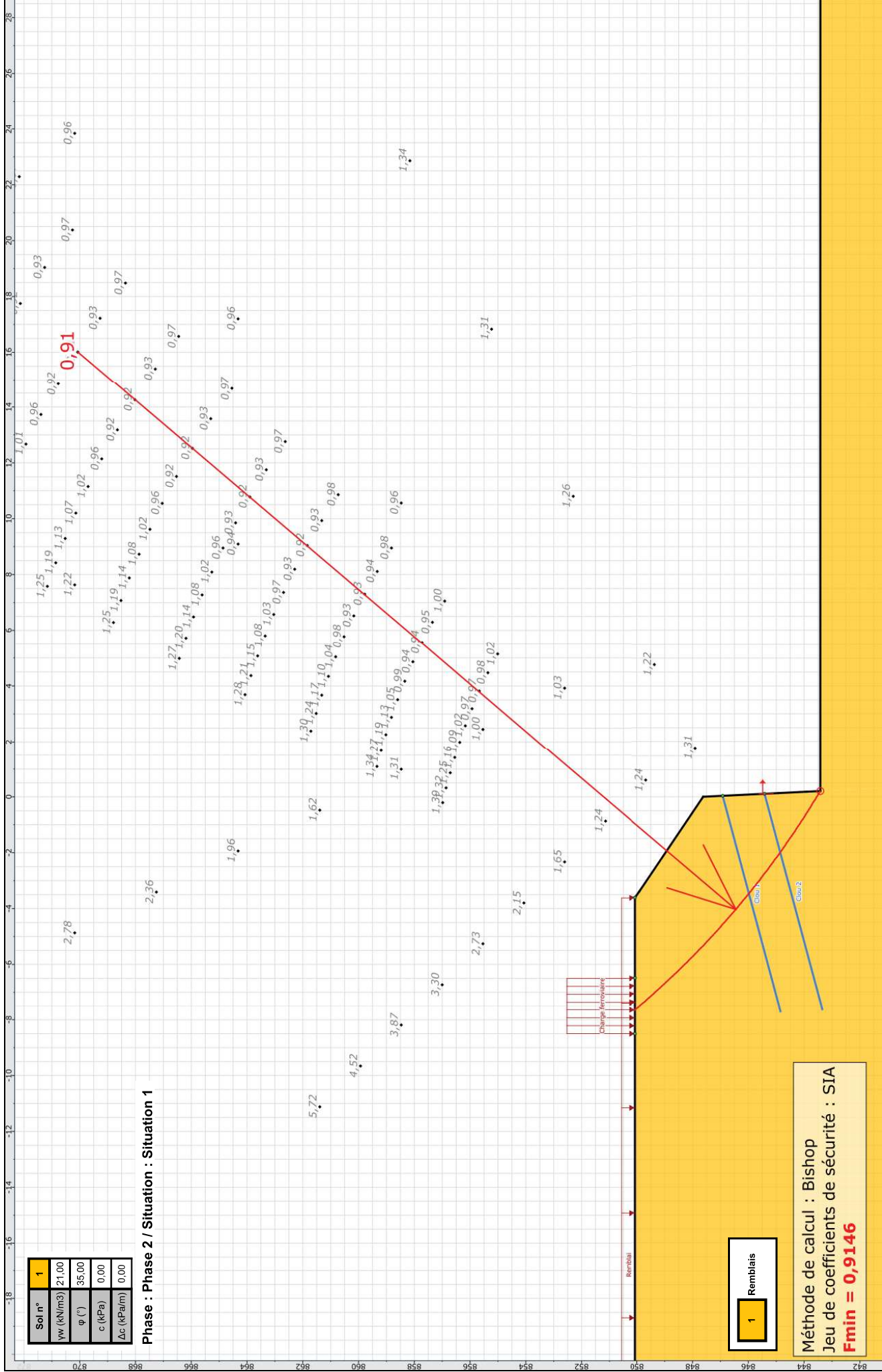
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 0,9146

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 795; X0= 16,01; Y0= 870,07; R= 30,98



Données de la phase 3

Nom de la phase : Phase 3

Détermination de l'enveloppe du talus : automatique

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	1	2	Remblais	7	10	9	Remblais	9	13	2	Remblais
13	16	13	Remblais	24	25	19	Remblais	25	25	16	Remblais
27	28	22	Remblais	28	28	19	Remblais	29	30	31	Remblais
30	31	22	Remblais	32	33	9	Remblais	33	10	34	Remblais
35	34	1	Remblais								

Liste des éléments activés

Surcharges réparties : Charge ferroviaire
Remblai

Clous : Clou 1
Clou 2
Clou 3

Conditions hydrauliques : Néant



Talren v5
v5.2.10

Imprimé le : 27 avr. 2022 17:55:06
Calcul réalisé par : FOG GEO
Projet : Paroi clouée, profil km 25.097

Données de la situation 1

Nom de la phase : Phase 3

Nom de la situation : Situation 1

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : SIA

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ'_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,200	$\Gamma_{c'}$	1,500	Γ_{cu}	1,500
Γ_Q	1,250	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,800	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,350	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,800	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,350	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,500
Γ_{pl}	1,200	$\Gamma_{a,clou}$	1,350	$\Gamma_{a,tirant}$	1,350	$\Gamma_{a,bande}$	1,500	Γ_{buton}	1,150	Γ_{s3}	1,125

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 0,500

Abscisse émergence limite aval : 0,186

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= 0,279; Y= 841,920

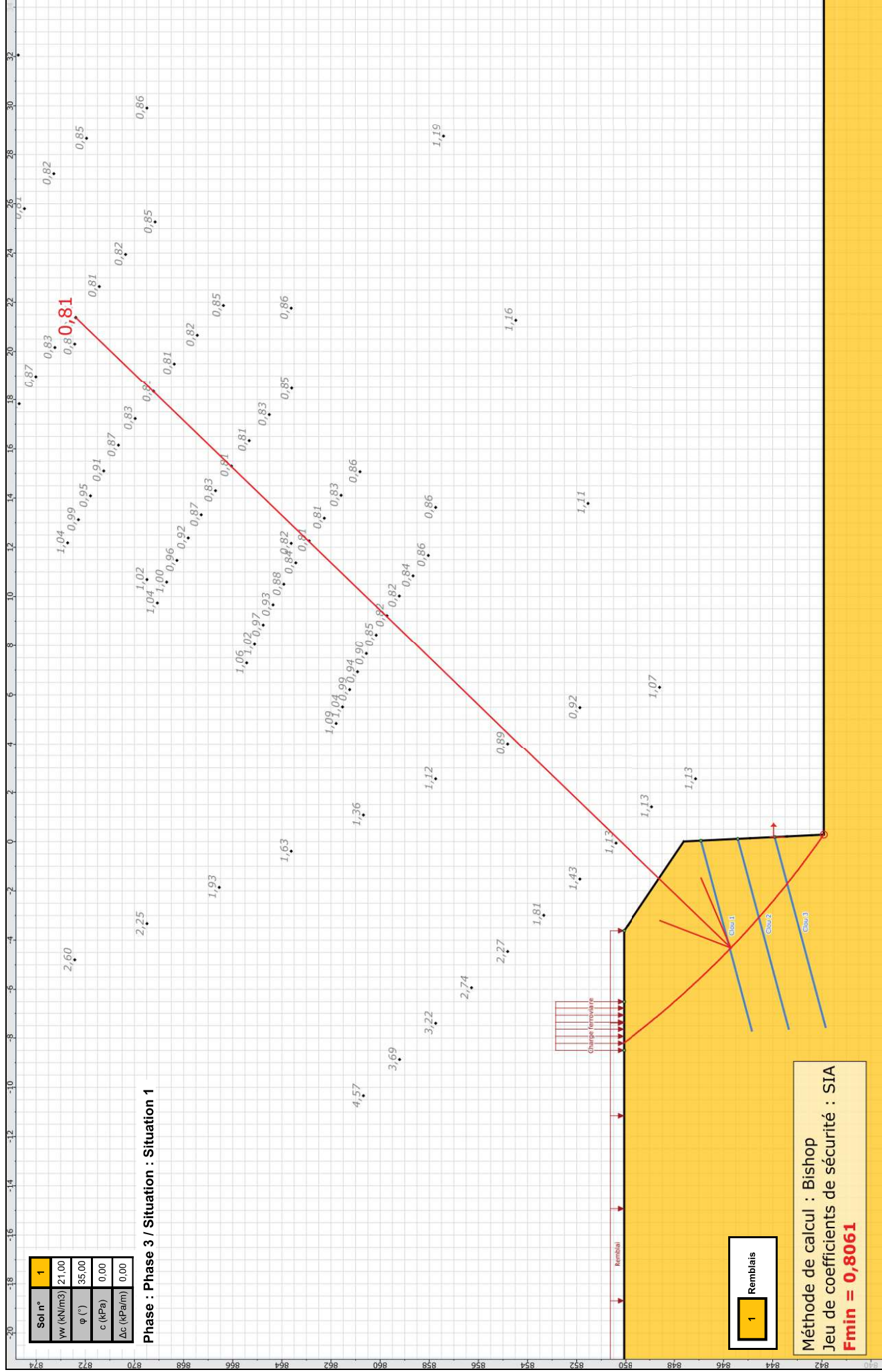
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 0,8061

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 730; X0= 21,38; Y0= 872,39; R= 37,06



Données de la phase 4

Nom de la phase : Phase 4

Détermination de l'enveloppe du talus : automatique

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	1	2	Remblais	3	4	3	Remblais	7	10	9	Remblais
9	13	2	Remblais	13	16	13	Remblais	24	25	19	Remblais
25	25	16	Remblais	27	28	22	Remblais	28	28	19	Remblais
30	31	22	Remblais	31	31	3	Remblais	32	33	9	Remblais
33	10	34	Remblais	35	34	1	Remblais				

Liste des éléments activés

Surcharges réparties : Charge ferroviaire
Remblai

Clous : Clou 1
Clou 2
Clou 3
Clou 4

Conditions hydrauliques : Néant



Talren v5
v5.2.10

Imprimé le : 27 avr. 2022 17:55:07
Calcul réalisé par : FOG GEO
Projet : Paroi clouée, profil km 25.097

Données de la situation 1

Nom de la phase : Phase 4

Nom de la situation : Situation 1

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : SIA

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γ_{min}	1,000	Γ_{s1}	1,000	Γ'_{s1}	1,000	Γ_{ϕ}	1,200	$\Gamma_{c'}$	1,500	Γ_{cu}	1,500
Γ_Q	1,250	$\Gamma_{qsl,clou,ab}$	1,800	$\Gamma_{qsl,clou,es}$	1,350	$\Gamma_{qsl,tirant,ab}$	1,800	$\Gamma_{qsl,tirant,es}$	1,350	$\Gamma_{qsl,bande}$	1,500
Γ_{pl}	1,200	$\Gamma_{a,clou}$	1,350	$\Gamma_{a,tirant}$	1,350	$\Gamma_{a,bande}$	1,500	Γ_{buton}	1,150	Γ_{s3}	1,125

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 0,500

Abscisse émergence limite aval : 0,259

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= 0,305; Y= 841,382

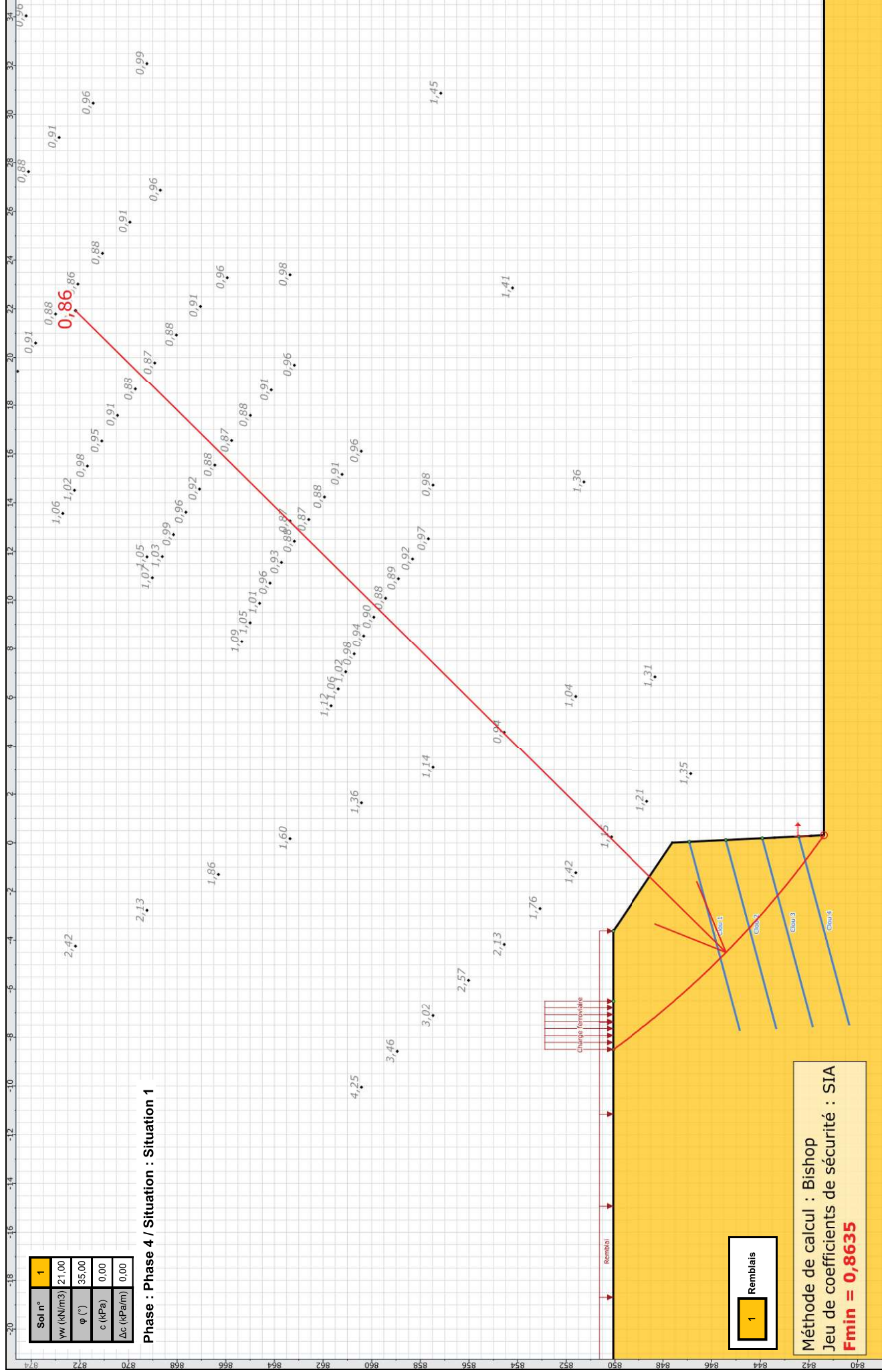
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 0,8635

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 93; X0= 21,93; Y0= 872,18; R= 37,63



Résultats détaillés par renforcement

Efforts dans les renforcements

Nom de la phase : Phase 1

Nom de la situation : Situation 1

Surface critique : N°= 851; X0= 11,80; Y0= 862,67; R= 21,24

N°= 851; X0= 11,80; Y0= 862,67; R= 21,24

	Nom	LU	TR	ITR	IPTR	Tc	ICIS	IPCI
1	Clou 1	6,040	143,390	2	1	0,000	0	0

Résultats détaillés par renforcement

Efforts dans les renforcements

Nom de la phase : Phase 2

Nom de la situation : Situation 1

Surface critique : N°= 795; X0= 16,01; Y0= 870,07; R= 30,98

N°= 795; X0= 16,01; Y0= 870,07; R= 30,98

	Nom	LU	TR	ITR	IPTR	Tc	ICIS	IPCI
1	Clou 1	4,370	103,840	2	1	0,000	0	0
2	Clou 2	5,830	138,400	2	1	0,000	0	0

Résultats détaillés par renforcement

Efforts dans les renforcements

Nom de la phase : Phase 3

Nom de la situation : Situation 1

Surface critique : N°= 730; X0= 21,38; Y0= 872,39; R= 37,06

N°= 730; X0= 21,38; Y0= 872,39; R= 37,06

	Nom	LU	TR	ITR	IPTR	Tc	ICIS	IPCI
1	Clou 1	3,440	81,720	2	1	0,000	0	0
2	Clou 2	4,690	111,330	2	1	0,000	0	0
3	Clou 3	6,030	143,310	2	1	0,000	0	0

Résultats détaillés par renforcement

Efforts dans les renforcements

Nom de la phase : Phase 4

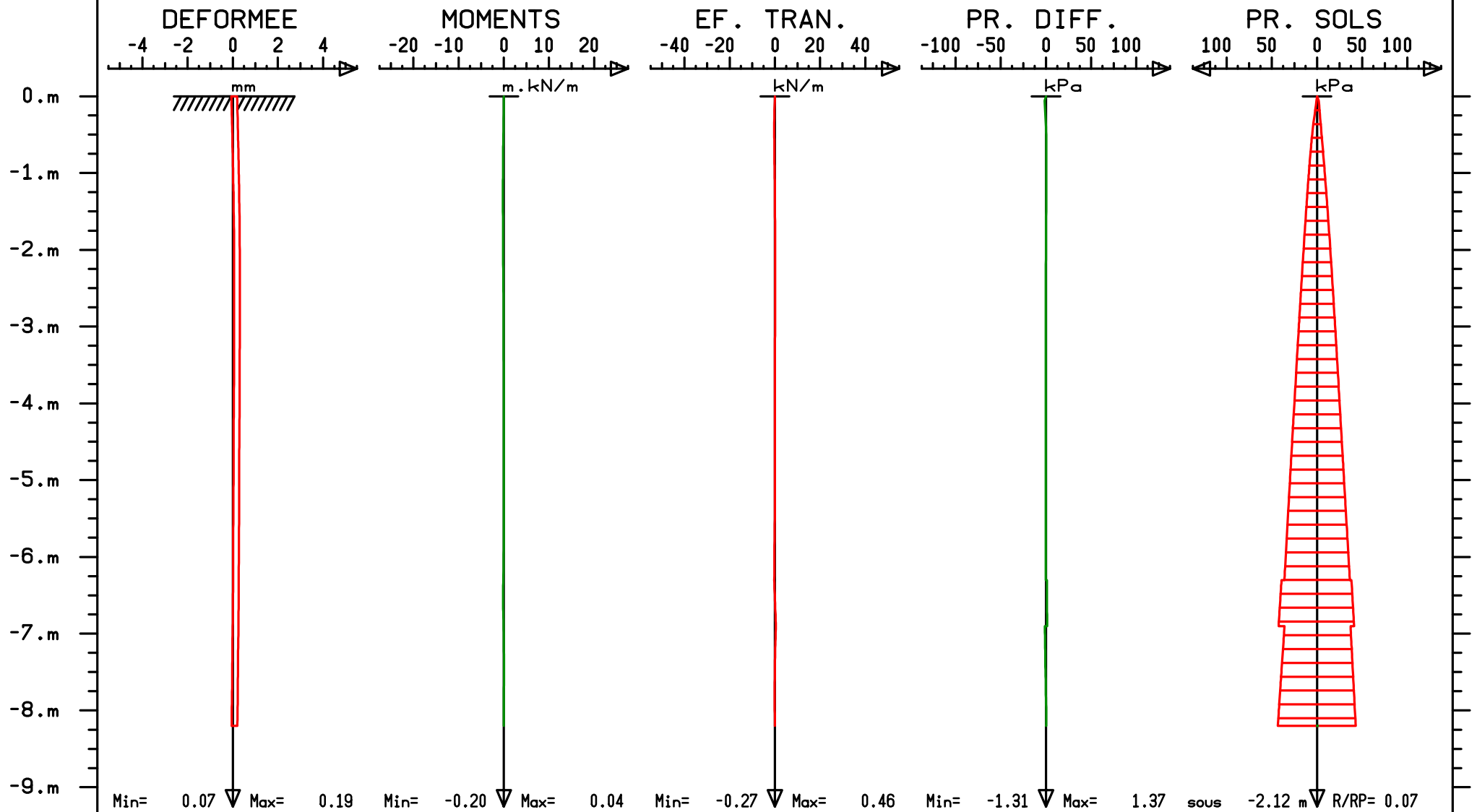
Nom de la situation : Situation 1

Surface critique : N°= 93; X0= 21,93; Y0= 872,18; R= 37,63

N°= 93; X0= 21,93; Y0= 872,18; R= 37,63

	Nom	LU	TR	ITR	IPTR	Tc	ICIS	IPCI
1	Clou 1	3,050	72,550	2	1	0,000	0	0
2	Clou 2	4,260	101,180	2	1	0,000	0	0
3	Clou 3	5,560	132,060	2	1	0,000	0	0
4	Clou 4	6,970	165,460	2	1	0,000	0	0

PB
GRAPHES DE LA PHASE No 1



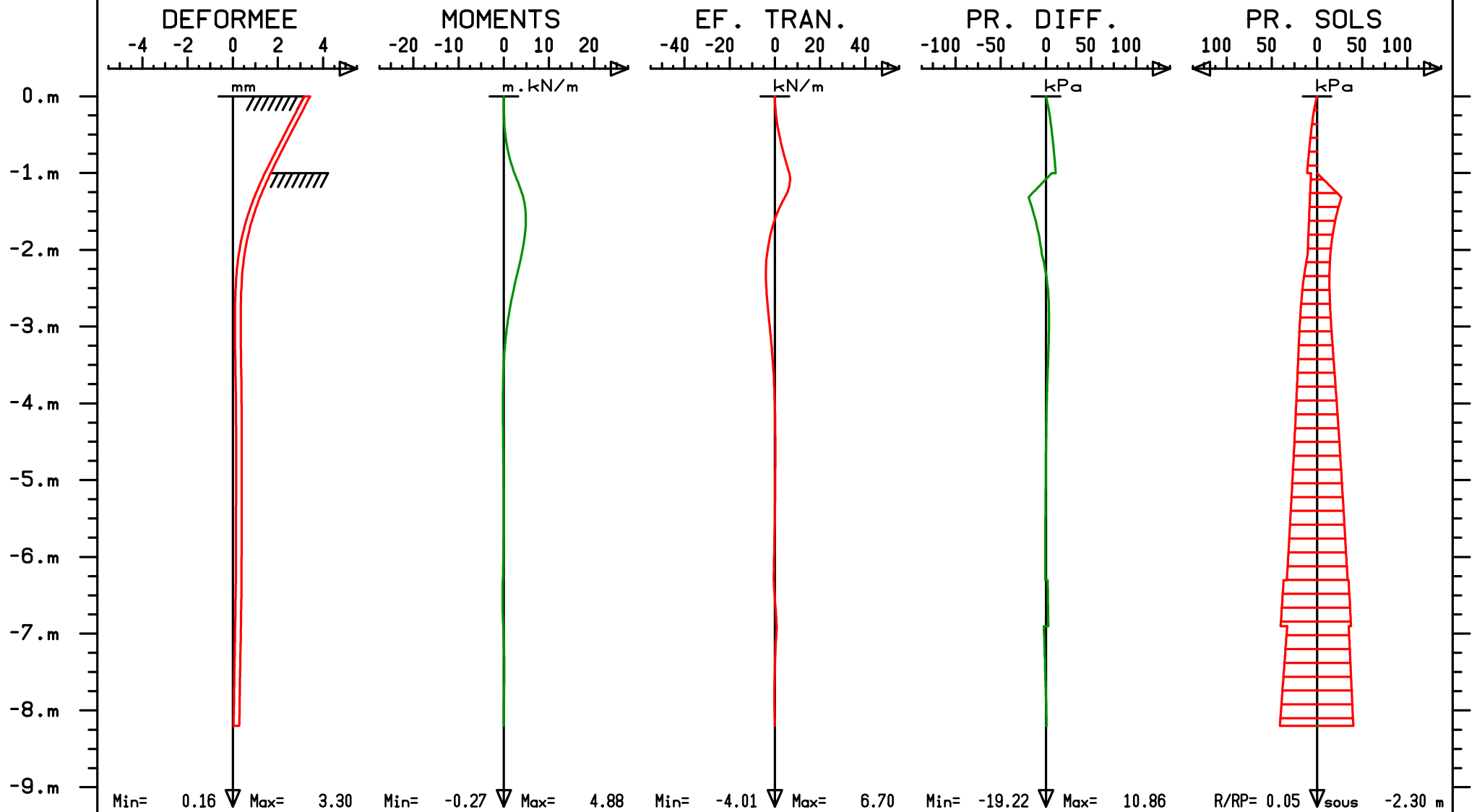
RIDO V:4.25 (C) R.F.L.

PERRET-GENTIL SA

29/04/22

22013 MZ25.030 berlinoise

PB
GRAPHES DE LA PHASE No 2



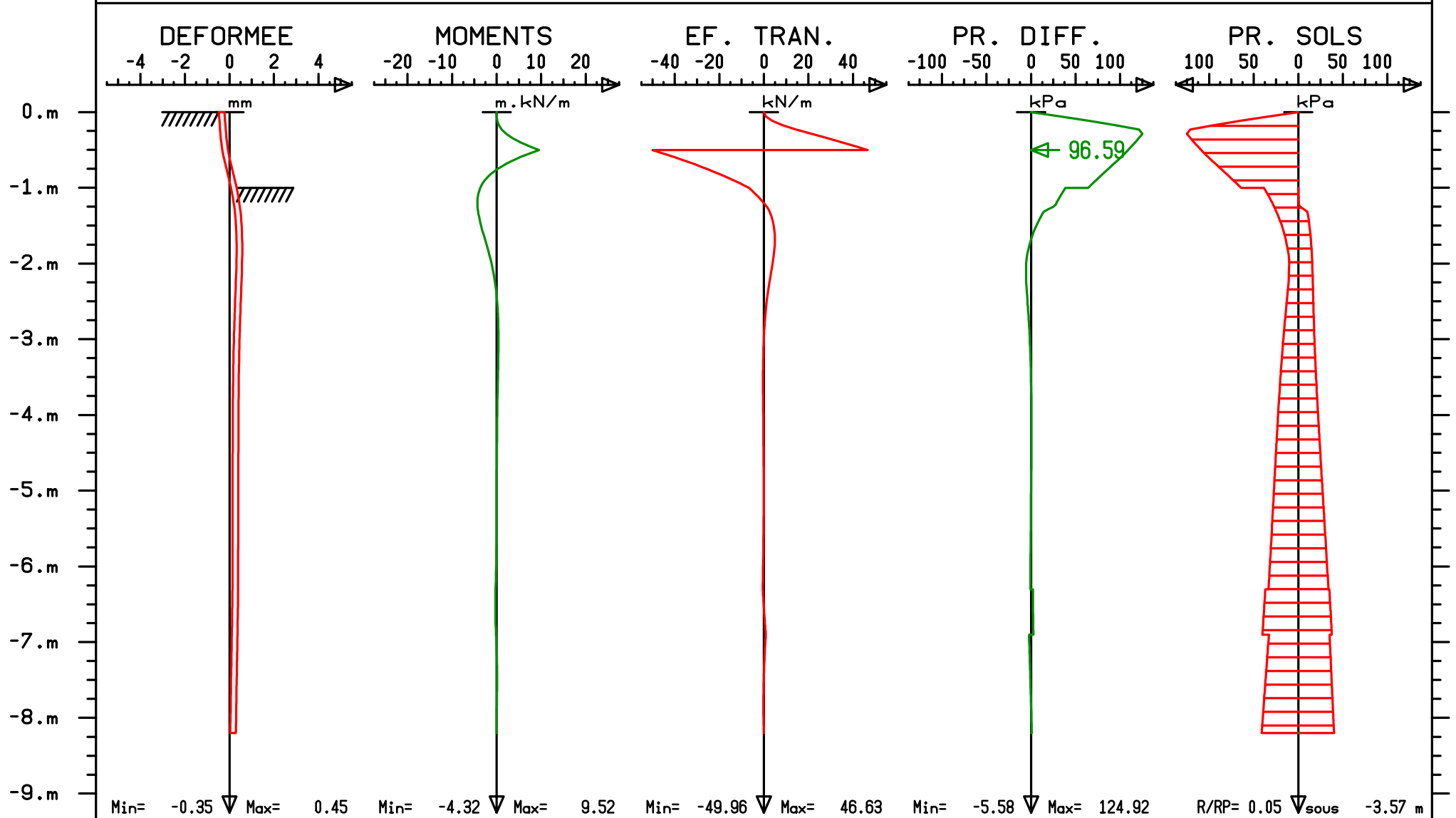
RIDO V:4.25 (C) R.F.L.

PERRET-GENTIL SA

29/04/22

22013 MZ25.030 berlinoise

PB
GRAPHES DE LA PHASE No 3



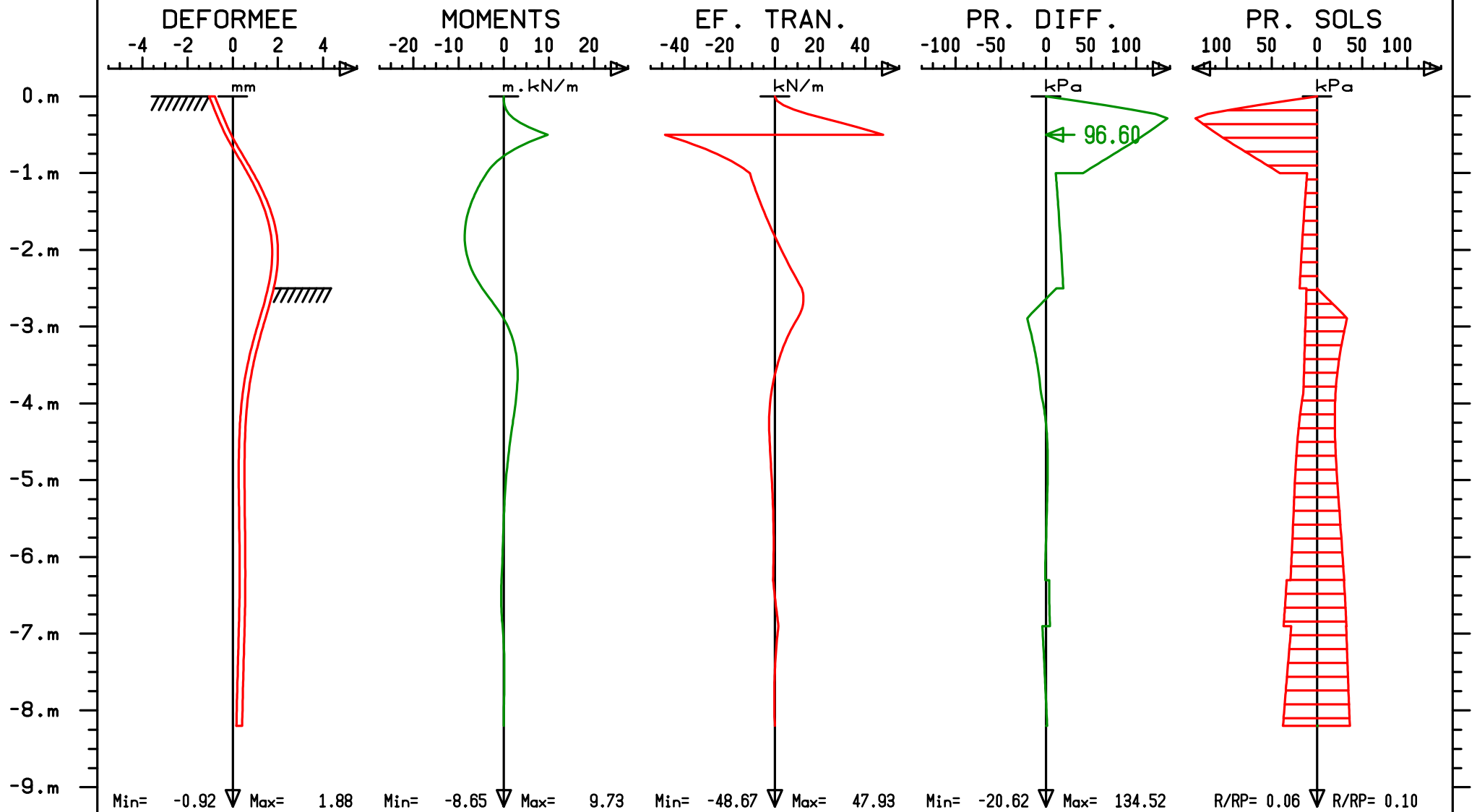
RIDO V:4.25 (C) R.F.L.

PERRET-GENTIL SA

29/04/22

22013 MZ25.030 berlinoise

PB
GRAPHES DE LA PHASE No 4



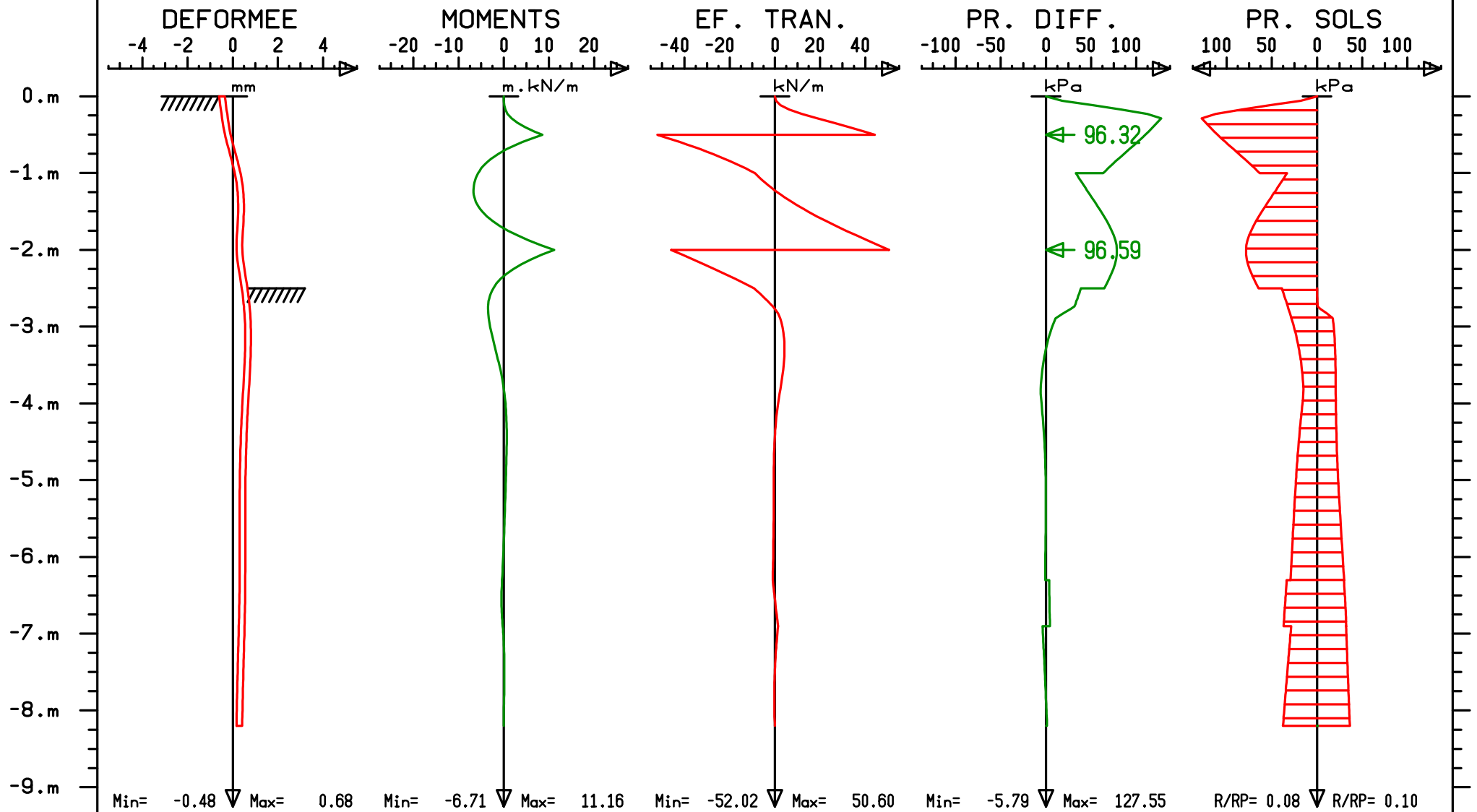
RIDO V:4.25 (C) R.F.L.

PERRET-GENTIL SA

29/04/22

22013 MZ25.030 berlinoise

PB
GRAPHES DE LA PHASE No 5



RIDO V:4.25 (C) R.F.L.

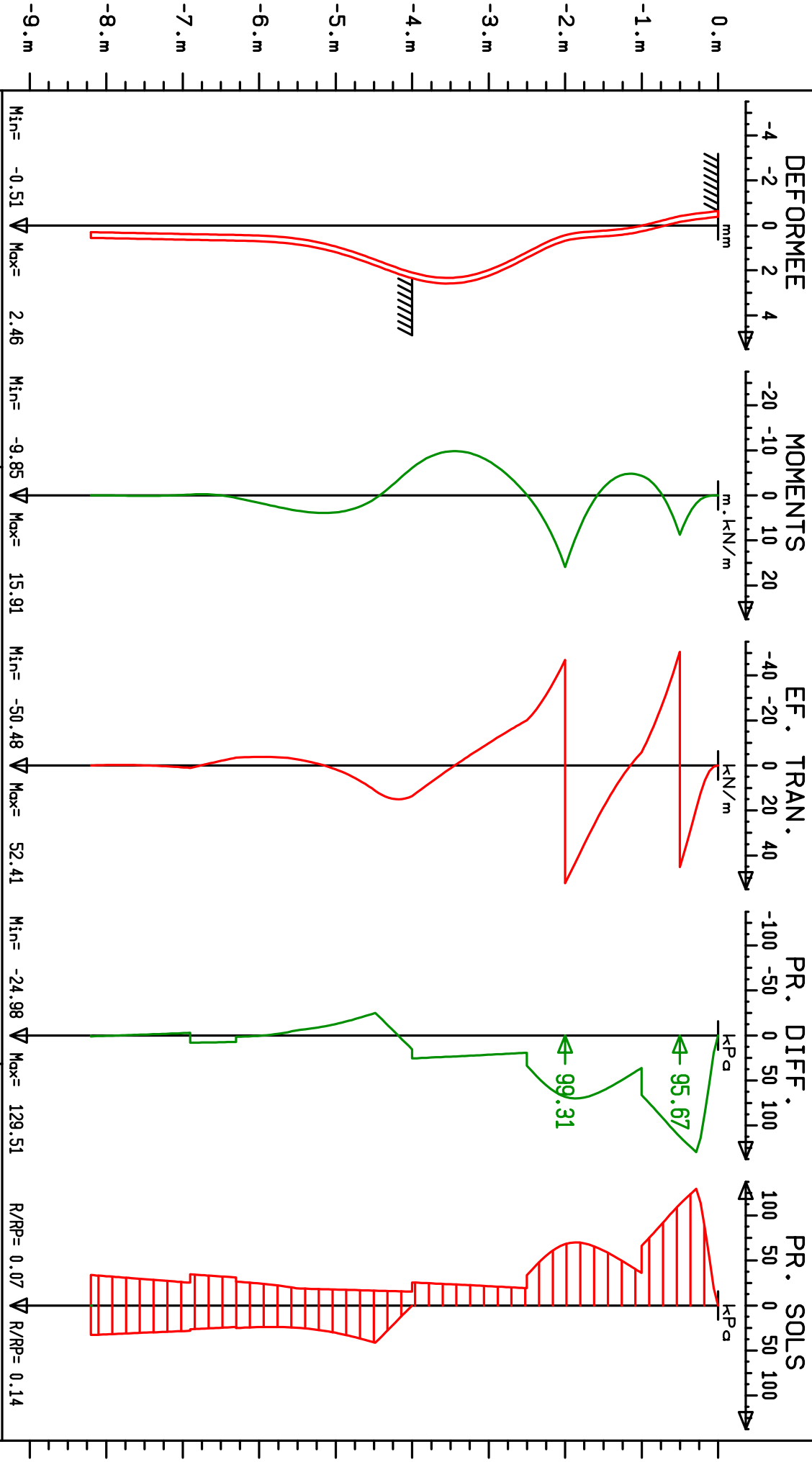
PERRET-GENTIL SA

29/04/22

22013 MZ25.030 berlinoise

PB

GRAPHES DE LA PHASE No 6



Min= -0.51 Max= 2.46 Min= -9.85 Max= 15.91 Min= -50.48 Max= 52.41 Min= -24.98 Max= 129.51 R/RP= 0.07 R/RP= 0.14

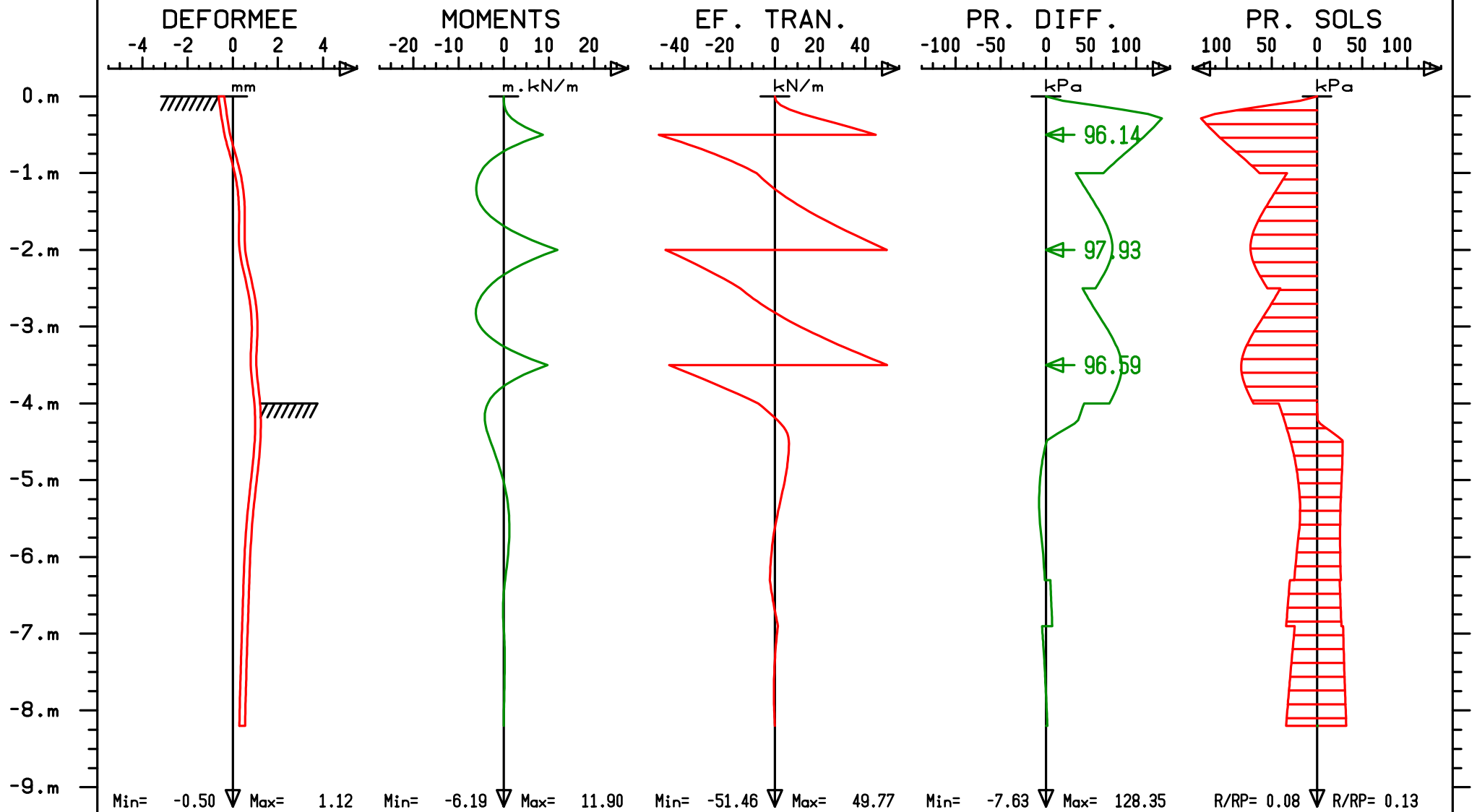
RIDO V:4.25 (C) R.F.L.

PERRET-GENTIL SA

29/04/22

22013 MZ25.030 berlinoise

PB
GRAPHES DE LA PHASE No 7

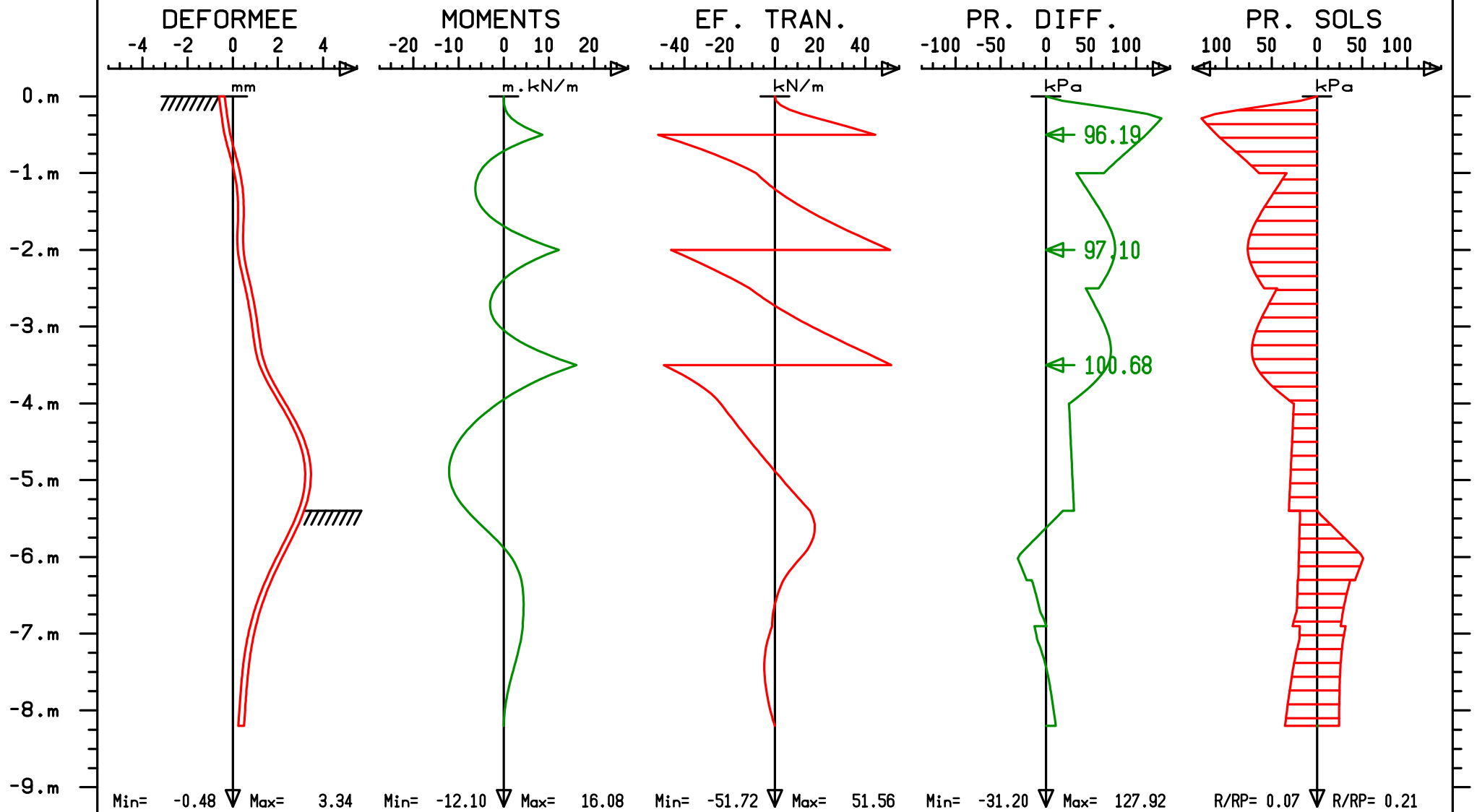


RIDO V:4.25 (C) R.F.L.

PERRET-GENTIL SA

29/04/22
22013 MZ25.030 berlinoise

PB
GRAPHES DE LA PHASE No 8



RIDO V:4.25 (C) R.F.L.

PERRET-GENTIL SA

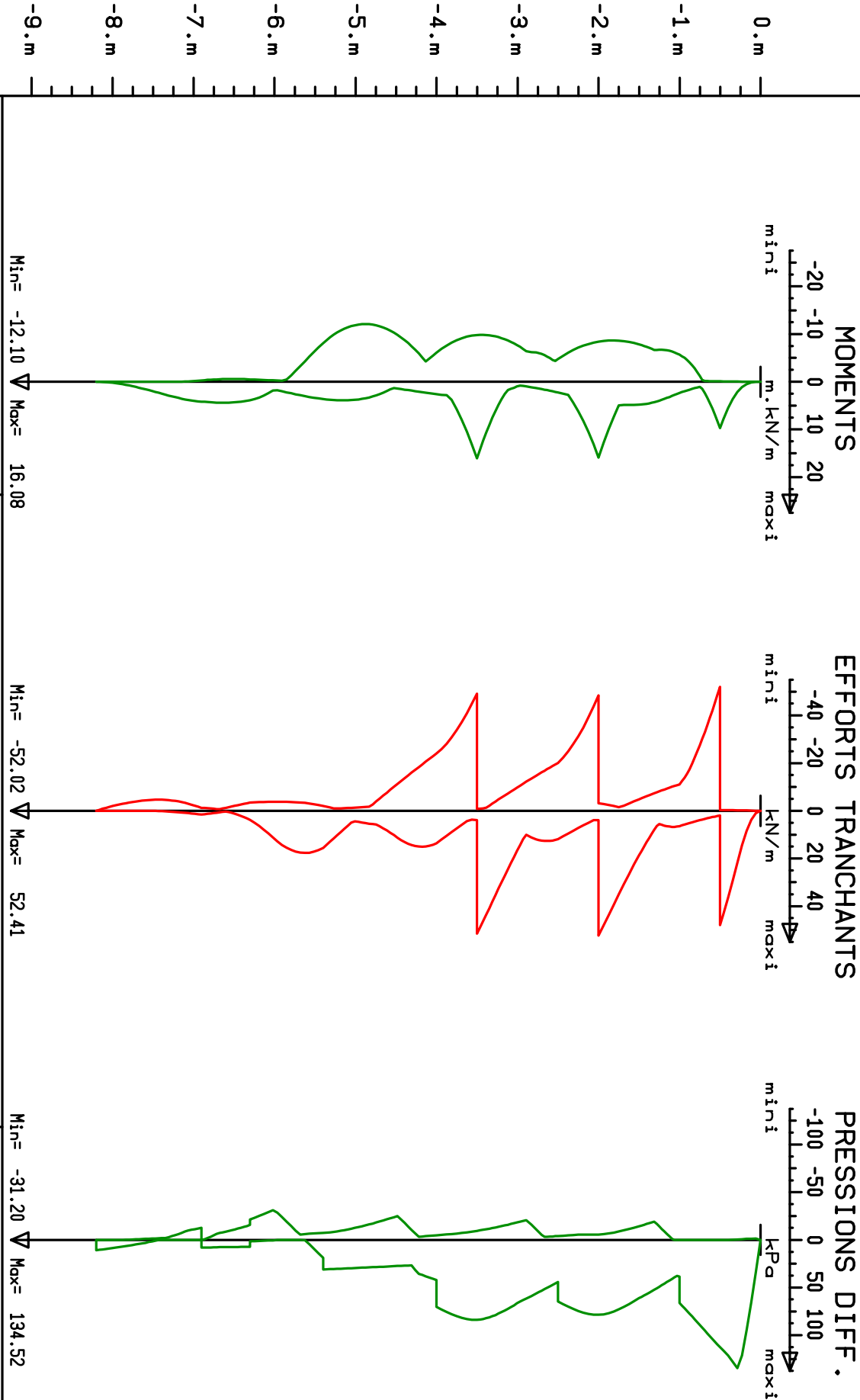
29/04/22

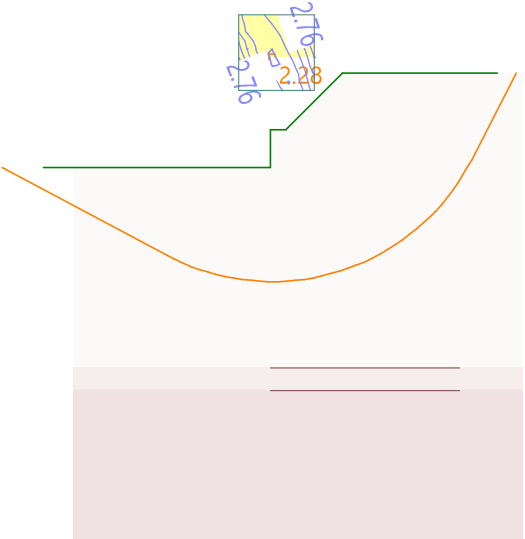
22013 MZ25.030 berlinoise

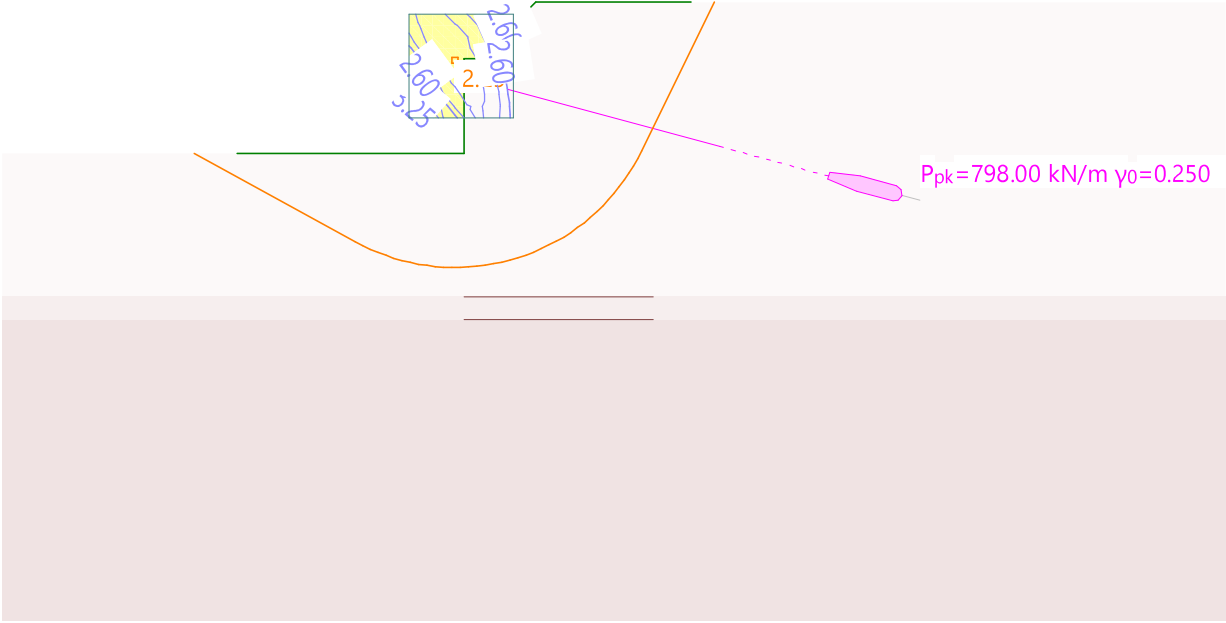
PB

ENVELOPPES DE LA PHASE 1 A LA PHASE 8

(1a totale des phases)

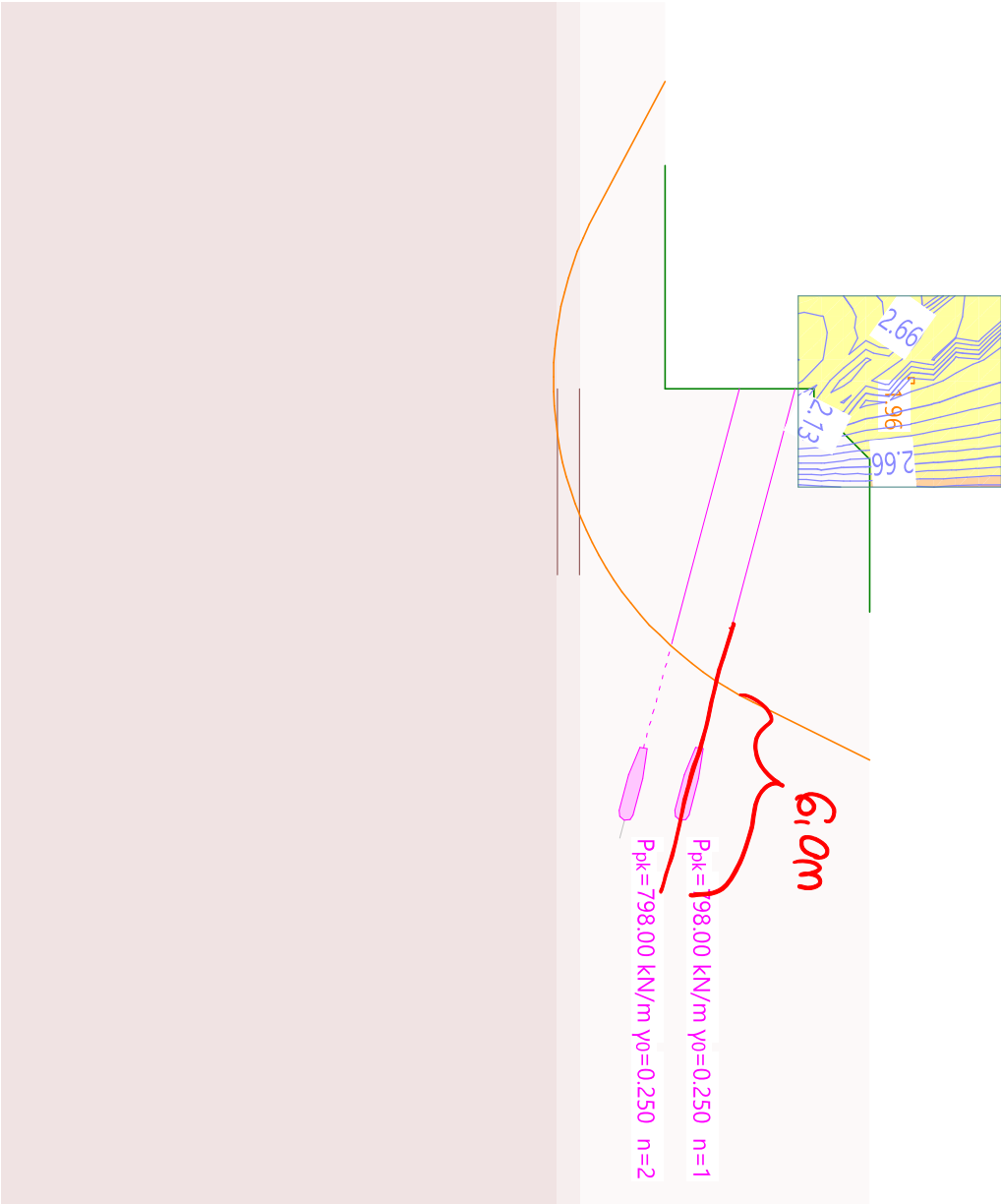


Paroi berlinoise 2022.04.29_PB - -1.0 m		Page
		29.04.22, 13:12
Perret-Gentil SA 1401 Yverdon-les-Bains	R. de Blaireville	Larix-8 - Rel. 202 (1)
Enveloppes: Ligne de glissement déterminante, Définition avec centres et ligne coercitive		Échelle 1 :200,0
		
		Nr.:

Paroi berlinoise 2022.04.29_PB - -2.5m		Page
		29.04.22, 13:12
Perret-Gentil SA 1401 Yverdon-les-Bains	R. de Blaireville	Larix-8 - Rel. 202 (1)
<div>Enveloppes: Ligne de glissement déterminante, Définition avec centres et ligne coercitive</div> <div>Échelle 1 :200,0</div>  <p>The diagram illustrates a retaining wall cross-section with a failure envelope (orange curve) and a pressure distribution diagram (pink oval). The failure envelope is defined by a line of centers (green line) and a line of coercivity (magenta line). The pressure distribution is labeled with $P_{pk}=798.00 \text{ kN/m}$, $\gamma_0=0.250$, and $n=1$. A small inset shows a detailed view of the failure envelope with a radius of $r=2.09260$ and a vertical distance of 162.60.</p>		
		Nr.:

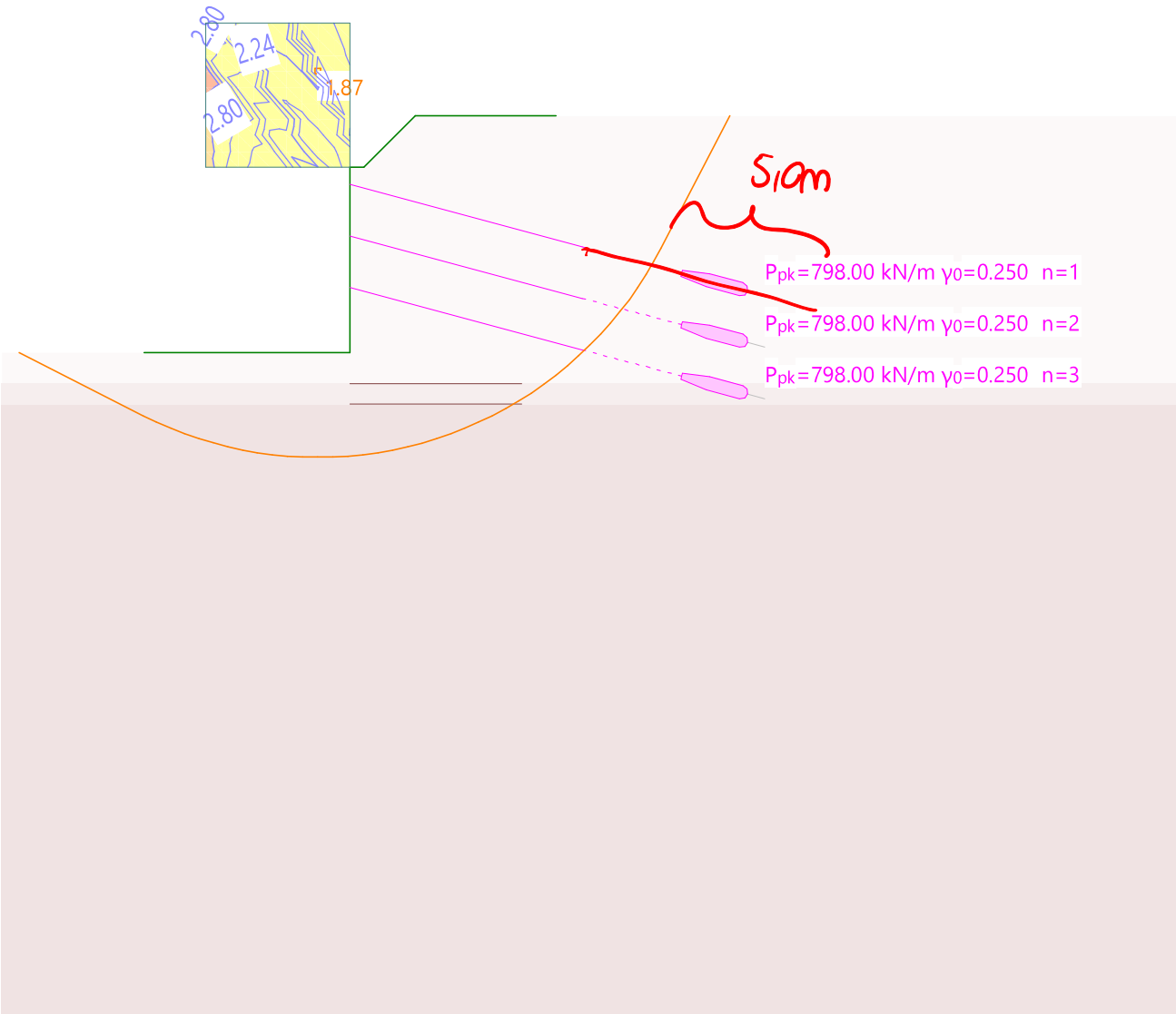
Envelopes: Ligne de glissement déterminante, Définition avec centres et ligne coercitive

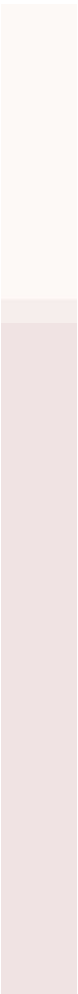
Échelle 1 :200.0



Enveloppes: Ligne de glissement déterminante, Définition avec centres et ligne coercitive

Échelle 1 :200.0 (-10.14,-24.66..23.86,5.04)



Paroi berlinoise 2022.04.29_PB - -5.4m		Page
Perret-Gentil SA 1401 Yverdon-les-Bains		29.04.22, 13:15
R. de Blaireville		Larix-8 - Rel. 202 (1)
Enveloppes: Ligne de glissement déterminante, Définition avec centres et ligne coercitive		(23.86,-24.66..25.83,5.04)
		
		Nr.:

**COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER MONTREUX OBERLAND BERNOIS
(MOB)**

**GARE DE LA TINE ET VOIE DE GARAGE AU LANCIAU
LIGNE : MONTREUX – ZWEISIMMEN
COMMUNE : ROSSINIÈRE (VD)**

DOSSIER D'APPROBATION DES PLANS

RÉPONSE DE L'EXPERT À LA PRISE DE POSITION DE L'AP

MZ 25.030-MU-G-AV BATIMENT TECHNIQUE

Maître d'ouvrage : **COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER MONTREUX OBERLAND BERNOIS (MOB)**
Commune de Renens
1020 Renens 1

Auteur du projet : **MONOD-PIGUET + ASSOCIES Ingénieurs Conseils S.A.**
Avenue de Cour 32
1007 Lausanne

Auteur du document : **PERRET-GENTIL S.A.**
Ingénieurs civils S/A
Avenue des Découvertes 12
1400 Yverdon-les-Bains

Date : **6 juillet 2022**

Indice : -
22013RA03LFRdB

1. Tableau de synthèse Mur MZ 25.030-MU-G-AV:

Numéro d'examen	Doc.	Résultats de l'examen	Horizon de mise en œuvre	Traité	Proposition de l'APR	Réponse de l'expert
1.1. Convention d'utilisation						
1	Chap. 2.2	Les dimensions (longueur, hauteur, épaisseur) des parois de soutènement provisoires sont à indiquer et le système structurel prévu (profilés, ancrages) est à décrire. Le phasage des travaux avec les étapes de réalisation des parois et les voies en services est à indiquer également et la limite des déformations de la paroi doit être définie.	PAP	Oui	Ces éléments ont été précisés dans la CU.	Ok.
2	Chap. 4.2.2	Les charges utiles admissibles sur les planchers techniques sont à indiquer (2,0 kN/m ² pour les locaux d'entretien et 5,0 kN/m ² pour les locaux techniques selon BP).	PAP	Oui	Les charges utiles sur les planchers ont été ajoutées à la CU.	Ok.
3	Chap. 5.3	Le concept doit être défini avec le spécialiste à notre avis avant le dépôt de la PAP.	PAP	Oui	Les dispositions prévues sont précisées dans le concept de retour de courant de mise à la terre (pièce 3.4). Un résumé a été rajouté dans la CU.	Ok.
4	Chap. 6.2	Il est mentionné que la charge induite par une avalanche dans le secteur de l'ouvrage serait analogue à une charge de vent. Ce point n'est pas clair car on parle.	PAP	Oui	Ce point a été clarifié dans la CU.	Ok.
5	Chap. 6.5	Ce point devrait être complété en précisant comme indiqué dans le rapport géotechnique que selon le MO le glissement profond n'affecte pas les voies ferroviaires. Nous interprétons cette donnée que le MO n'a pas constaté depuis le début de la mise en service de la voie de mouvements significatifs.	PAP	Oui	Ce point a été clarifié dans la CU.	Ok.

6	Chap. 6.7	Le choc routier doit être pris en compte au vu de la proximité de la route notamment contre les murs extérieurs du local technique.	PAP	Oui	Le choc routier a été pris en compte au sens de la norme SIA 261.	Ok. Pas pris en compte dans la NdC, à ajouter au même titre que les autres actions accidentelles.
1.2. Base de projet						
7	Chap. 3.2.1	Le choix de distinguer les coefficients de poussée des terres entre le renversement et le glissement n'est pas clair pour nous. Pourquoi prendre des coefficients différents des base de projet pour les ouvrages aux kms 24.916 et 25.144 ?	PAP	Oui	La poussée des terres au repos a été considérée pour le renversement ainsi que le glissement. (Erreur dans la BP) La justification du choix de coefficient a été ajoutée à la BP.	Ok.
8	Chap. 3.2.2	La nappe est mentionnée au niveau 843.60 à son point le plus haut. Cela implique que la semelle du mur se trouve environ 2.0m sous le niveau de la nappe dans le cas le plus défavorable. L'auteur de projet indique drainer le mur et ainsi ne considérer aucune pression d'eau. Il paraît peu judicieux de drainer la nappe. De plus, le rapport géotechnique mentionne qu'aucune venue d'eau n'a été décelée. Ce point est à éclaircir	PAP	Oui	Le terme « nappe » est mal choisi ici. Des écoulements souterrains sont présents dans la zone. Ces mesures de drainage sont mises en place pour éviter de perturber les écoulements existants. Ce point a été reformulé dans la BP.	Ok.
9	Chap. 3.2.2	La partie basse de la paroi clouée se trouve sous la nappe et n'est quant à elle pas drainée. Une pression d'eau dans le dimensionnement de la paroi doit donc être considérée ou des barbacanes doivent être mises en place et mentionnées.	PAP	Oui	Aucune pression d'eau n'est admise, l'ouvrage provisoire étant drainé (mise en place de barbacanes). Ce point a été précisé de manière plus explicite.	Ok.
10	Chap. 3.2.2	L'épuisement des eaux pendant la réalisation des travaux doit également être traité ainsi que les risques de stabilité du terrain lors du rabattement de la nappe.	PAP	Oui	Un dispositif d'épuisement des eaux sera prévu en cas de venues d'eau. Les hauteurs/longueurs d'étapes de terrassement seront également adaptées en fonction des conditions rencontrées. Ces points ont été mentionnés dans le document.	Ok.

11	Chap. 4.2	Le modèle de dimensionnement des parois provisoires manque.	PAP	Oui	Ce point a été complété dans le document.	Ok.
12	Chap. 4.3	Les exigences relatives à la RAG doivent être fixées selon le cahier technique 2042. Elles doivent être formalisées dans la convention d'utilisation et dans ce chapitre de la base de projet.	PAP	Oui	Les exigences relatives à la RAG ont été ajoutées.	Ok.
13	Chap. 4.3	La sorte de béton mentionnée NPK F correspond à une classe d'exposition XF2 et non XF4 comme indiqué. Il convient de soit modifier la sorte de béton (par exemple sorte G) ou de modifier la classe d'exposition.	PAP	Oui	Un béton NPK G sera utilisé. La BP a été corrigée.	Ok.
14	Chap. 4.3	La classe de teneur en chlorure est de 0,10 au lieu des 0,20 indiqués.	PAP	Oui	Ce point a été modifié.	Ok.
15	Chap. 4.3	La définition des matériaux utilisés pour les parois provisoires manque.	PAP	Oui	Ce point a été complété dans le document.	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ à corriger.
16	Chap. 4.4	Il est indiqué une étanchéité LPB contre les murs. Selon la coupe type du plan pièce 12.2.4, une étanchéité type Barrapren est prévue. Qu'est ce qui est juste ?	PAP	Oui	Le principe d'étanchéité est clarifié sur le plan 12.2.8.	Ok.
17	Chap. 5	La définition des actions considérées pour les parois provisoires manque.	PAP	Oui	Ce point a été complété dans le document.	Ce point manque toujours.
18	Chap. 5.2.2	Une charge utile de 5,0 kN/m ³ a été considérée sur la dalle du bâtiment (catégorie C3). Ce point doit être rajouté.	PAP	Oui	Ce point a été ajouté à la BP.	Ok.
19	Chap. 7	La limite de déformations des parois provisoires doit être définie.	PAP	Oui	Les limites de déformation usuelles admises ont été indiquées.	Ok.

20	Chap.8.1	La première phrase porte à confusion. Nous vous proposons de la reformuler ainsi : Les exigences élevées sont prises en considération pour déterminer les armatures de flexion et les exigences accrues sont prise en considération pour déterminer les armatures de retrait.	PAP	Oui	Ce point a été modifié.	Ok.
21	Chap. 8.1	Indiquer la valeur admise pour l'enrobage. A clarifier aussi en fonction de la sorte de béton (en lien avec le chap. 4.3). En principe, pour un béton sorte F ou G, un enrobage de 55mm doit être mis en œuvre. Dans la note de calcul, un enrobage de 40mm a été pris en compte.	PAP	Oui	L'enrobage prévu est de 40 mm. La justification a été ajoutée à la BP.	Pour du béton sorte G, on a XD3, or selon le tableau 18 de la norme SIA 262, pour une classe d'exposition XD3, enrobage = 55mm
22	Chap. 8.1	Agressivité des eaux : béton résistant sorte F selon BP. Nous n'avons pas relevé une donnée particulière dans le rapport géotechnique concernant l'agressivité des eaux. Comment cela a-t-il été défini ? Classe XA1 à XA 3 ? Ce point est à clarifier ?	PAP	Oui	Ce point a été clarifié. Une classe XA1 est admise.	OK, comment la classe XA1 a été choisie ?
1.3. Conception structurale et détails de construction						
23	7.3 Conception structurale et détails de construction	Selon l'annexe 10, schéma d'armature mur de soutènement Rossinière, il est prévu une barre façonnée en diamètre 26mm en position « attente et barre supérieure ». A notre avis, Il va être difficile de façonner cette barre vu les dimensions de celle-ci et les rayons de pliage à respecter pour du diamètre 26mm. Ce point doit être vérifié. La géométrie de la barre prévue doit de plus être parfaitement façonnée pour respecter les enrobages définis (pas de jeu de mise en œuvre). Nous vous proposons de créer 2 barres distinctes afin d'avoir du jeu dans la mise en œuvre et de disposer également un crochet sur la barre en attente pour des questions de sécurité.	Phase réalisation	Non	Deux barres est en effet un choix plus judicieux pour cette position diamètre 26. L'adaptation se fera en phase exécution. Un capuchon de protection sera mis en place au lieu d'un crochet.	Ok. A approfondir en phase d'exécution.

1.4. Note de calculs						
24	7.4 Note de calculs p. 14 - 16	Référence « source du renvoi introuvable » en pages 14 et 16 sont à mettre à jour ;	PAP	Oui	Les renvois ont été mis à jour	Ok.
25	Chap. 3.2.4.2	Les charges q_k (Q_k et q_k) sont des charges surfaciques (kN/m^2 et non en KN/m').	PAP	Oui	Ces charges sont en effet des charges surfaciques. L'unité a été corrigée.	Ok.
26	Chap. 3.1.2.1	La hauteur de remblai mesurée sur l'élévation est de 1,55m au lieu des 1,18m considéré. La charge permanente est de 31,7 kN/m^2 . Augmentation de 32% de la charge.	PAP	Non	La hauteur de remblai ne correspond pas à l'arrasée du mur. Le niveau de remblai est visible sur la figure 4 de la note de calcul. La hauteur totale est bien d'environ 1.18 m.	Il serait utile de faire une coupe au droit du bâtiment technique pour une meilleure compréhension des niveaux à l'arrière du mur. + ajouter sur l'élévation du mur un trait qui représente le niveau du sol à l'arrière du mur
27	Chap. 3.4.3.2	Selon le texte $\alpha = 1.0$, alors que dans le tableau $\alpha = 1.13$.	PAP	Oui	La bonne valeur est $\alpha = 1.0$. L'erreur dans le tableau est corrigée. Les calculs ont bien été faits avec $\alpha = 1.0$.	Ok.
28	Chap. 5.6	Mettre à jour le tableau 48 avec les valeurs correspondantes au mur direction Rossinière.	PAP	Oui	Le tableau a été mis à jour.	Le tableau a été retiré.
29	Chap. 6.1.1	Le dimensionnement de la paroi dans la zone avec deux niveaux d'ancrages manque.	PAP	Oui	La coupe à 2 niveaux d'ancrages n'est pas déterminante. Le même principe constructif que la coupe critique (H_{max}) a été admis pour l'ensemble de la paroi. Une éventuelle optimisation pourra être faite dans les phases suivantes du projet.	Ok. A approfondir en phase d'exécution.

30	Chap. 6.1.1.1	La hauteur d'excavation jusqu'au fond de fouille avec la prise en compte du béton maigre et de la couche drainante est de 7.0m environ (niveau du fond de fouille à environ 843.35msm).	PAP	Non	La hauteur totale de l'excavation est bien de 7.0 environ, auquel il faut déduire 1.6 m environ de préterrassment avec talus 3H/2V pour arriver à l'arasée des profilés de la berlinoise. La coupe de calcul est bien juste. Ce point est clairement précisé en préambule du chapitre 6.1.1.1.	Ok.
31	Chap. 6.1.1.1	La coupe de calcul considérée ne correspond pas au profil en travers au km 25.076 du plan n°12.2.8. Et les niveaux mentionnés ne correspondent pas non au plus au plan.	PAP	Non	Les niveaux considérés sont bien conformes aux plans. L'AP rend attentif l'expert au fait qu'un préterrassment est réalisé jusqu'au niveau 848.72 m. Un talus amont a bien ainsi été considéré dans la NDC.	Ok.
32	Chap. 6.1.1.1	La longueur des profilés verticaux doit être mentionnée.	PAP	Oui	La longueur maximale a été indiquée	Ok.
33	Chap. 6.1.1.1	Le diamètre de forage des profilés verticaux doit être défini.	PAP	Oui	Ce point a été précisé.	Ok.

34	Chap. 6.1.1.1	L'AP considère la rigidité des profilés de la paroi additionnée à celle de la gunite. Ceci est optimiste. Nous conseillons de négliger la rigidité de la gunite pour le calcul. De plus, selon l'annexe de l'AP, cette addition de rigidité est utilisée pour toutes les phases de terrassement ce qui est faux.	PAP	Non	Le logiciel KREA permet ou non de considérer la rigidité combinée (approche « 1 ») pour les différentes phases de terrassement. Si la rigidité du blindage est négligée (approche « 2 »), une poussée réduite à l'arrière de l'écran peut être admise. Les deux approches donnent des résultats assez proches avec des efforts sollicitants légèrement supérieurs suivant l'approche « 1 ». Il est fait le choix de considérer la rigidité combinée.	Ok.
35	Chap. 6.1.1.1	Le calcul de la rigidité K des ancrages est à expliciter (la valeur considérée semble faible).	PAP	Oui	La raideur K du tirant est directement liée au module d'Young E de l'acier (210 GPa), de la surface S du corps d'ancrage (804 mm ²), de la longueur utile Lu du tirant et de l'entraxe eh des tirants (2 m). $K = E \cdot S / (Lu \cdot eh)$. Ce point a été détaillé dans le document.	Quelle est la longueur utile utilisée ?
36	Chap. 6.1.1.4	Selon la SIA 261, pour le modèle de charge 7, $Q_k = 200$ kN. Si nous la répartissons sur 1.6m x 2.0 m, avec le facteur dynamique négligé et $\alpha = 1.0$, nous obtenons $q_k = 62.5$ kN/m ² .	PAP	Oui	Ce point a été contrôlé et corrigé.	Ok.
37	Chap. 6.1.1.5	Dans le calcul de la résistance interne des ancrages, il manque la considération du facteur γ_M .	PAP	Oui	Ce point a été contrôlé et corrigé.	Ok.

38	Chap. 6.1.1.5	Le calcul de la résistance externe des ancrages considère la longueur scellée totale. La longueur à prendre en compte est celle qui se trouve derrière le cercle de glissement selon calcul de la stabilité générale.	PAP	Non	Le calcul de la résistance externe des ancrages ELU 2 a pour but de vérifier si le scellement est apte à la reprise des efforts de poussée à l'arrière de l'écran. Cette vérification n'est pas en lien direction avec la vérification ELU 3.	Une surface de glissement sera également créée en ELU2 et est à considérer pour la résistance externe des ancrages. Par simplification nous avons l'habitude de considérer celle de l'ELU 3...
39	Chap. 6.1.1.5	Le chiffre 10.5.3.2 de la norme SIA 267 doit également être respecté.	PAP	Non	Ce point ne concerne que les tirants isolés. La vérification du point 10.5.3.3 s'applique et est vérifiée.	Le terme « isolé » de la norme est à interpréter dans le sens « pour chaque tirant par lui-même » en notre sens. Cependant, pour un tirant de type Dywidag pour lequel un écrou est vissé en tête, la valeur inférieure de 0.3Ppk à respecter est discutable car il n'y a pas d'effort minimum pour le blocage des clavettes à garantir. Le contrôle de ce chiffre doit tout de même figurer.
40	Chap. 6.1.1.5	Le calcul du moment résistant de la gunite est erroné. Deux nappes de treillis sont considérées pour le calcul alors que sur le plan n°12.2.8 une nappe intérieure et une nappe extérieure sont disposées. De plus, la valeur du moment résistant semble élevée. Nous conseillons d'augmenter l'épaisseur de la gunite.	PAP	Oui	Deux nappes disposées côté fouille ont bien été considérées dans le calcul. Ce point a été précisé et le plan corrigé en conséquence.	La valeur du moment résistant semble toujours surévaluée et le calcul des efforts dans le blindage manque. Selon notre contrôle, la sécurité structurale n'est pas garantie dans la zone déterminante.
41	Chap. 6.1.1.5	La vérification de la résistance en pointe des profilés manque.	PAP	Non	Cette vérification est usuellement négligée car rarement déterminante. C'est le cas ici avec des pressions qd de l'ordre de 100 kPa en pointe. Une mention a été faite dans le document.	Nous n'avons pas trouvé la mention dans le document.

42	Chap. 6.1.2	Le dimensionnement de la paroi dans la zone avec trois niveaux d'ancrages manque.	PAP	Non	La coupe à 3 niveaux d'ancrages n'est pas déterminante. Le même principe constructif que la coupe critique (Hmax) a été admis pour l'ensemble de la paroi. Une éventuelle optimisation pourra être faite dans les phases suivantes du projet	Ok. A approfondir lors du projet d'exécution.
43	Chap. 6.1.2	Le dimensionnement de la paroi clouée est succinct. Il manque le dimensionnement des clous et de la gunite, ainsi que la vérification des déformations.	PAP	Oui	Un complément de calcul a été effectué.	La prise en compte d'un facteur Ka non majoré semble trop favorable. La prise en compte de P ₀ dans le contrôle de la résistance ultime interne de l'ancrage manque. Dans le paragraphe 6.2, la poussée des terres est distribuée sur la hauteur de la paroi. Ceci est trop favorable. Nous conseillons de l'intégrer sur une hauteur de 1.0 m en pied de paroi (endroit déterminant). L'enrobage considéré pour le treillis dans la gunite est à mentionner. La vérification des déformations manque.
44	Chap. 6.1.2.1	La paroi se trouve proche des voies. Une limitation des déformations de la paroi est à définir et contrôler. La pente de la paroi considérées à 20/1 paraît élevée. Au vu de la présence de terrains peu cohésifs nous recommandons vivement de la limiter à 10/1. Selon nous, une prolongation de la paroi berlinoise serait judicieuse car les déformations seront moindres. Le choix d'une paroi clouée est à justifier ainsi que celui de son importante inclinaison.	PAP	Non	Les valeurs seuils de déformations usuelles pourront être précisées lors de l'établissement du plan de surveillance en phase exécution. La pente de la paroi est bien de 10/1. Les seuils usuels sont admis : - Observation : 30 mm - Alerte : 70 mm - Refus : 100 mm	Ok. A mentionner dans la NDC et à approfondir lors du projet d'exécution.

					Une prolongation de la paroi berlinoise n'est pas souhaitable vis-à-vis de l'impossibilité d'accès de la machine de forage dans le talus. Une paroi clouée nous semble plus judicieuse, d'autant plus que l'ouvrage est éloigné de la voie.	
1.5. Plans						
45	Pièce 12.2.7 – Plan MZ 24.916-MU-G-AV – Variante accès tiers	Indiquer la force d'ancrage P0 des clous de la paroi clouée.	PAP	Non	Cette valeur est déjà indiquée sur le plan (P0 = 80 kN)	L'information manque toujours.
46	Pièce 12.2.8 – Plan MZ 25.030-MU-G-AV – Bâtiment technique	Indiquer la position des coupes sur le plan.	PAP	Oui	Ces indications ont été rajoutées.	Ok.
47	Pièce 12.2.8 – Plan MZ 25.030-MU-G-AV – Bâtiment technique	Les talus projetés ne sont pas clairement identifiables notamment vers le mur de soutènement Rossinière.	PAP	Oui	La représentation des talus a été améliorée.	Ce point n'a pas été clarifié

48	Pièce 12.2.8 – Plan MZ 25.030-MU-G-AV – Bâtiment technique	Indiquer la longueur totale et l'espacement des profilés verticaux ainsi que l'espacement des ancrages de la paroi berlinoise.	PAP	Oui	Ces indications ont été rajoutées.	La longueur totale des profilés verticaux ainsi que l'espacement des ancrages manquent toujours.
49	Pièce 12.2.8 – Plan MZ 25.030-MU-G-AV – Bâtiment technique	Pour la paroi berlinoise, la nappe de treillis intérieure ne semble pas nécessaire.	PAP	Oui	2 nappes côté fouilles sont prévues. Le plan a été corrigé.	Ok.
1.6. Mur de soutènement coté Montbovon Réponse aux remarques concernant le mur côté Rossinière ?						
50	Annexe 2 p. 3	La vérification au poinçonnement n'est pas satisfaite. Il faut affiner le calcul en tenant compte de la présence de la route en aval ou avec un calcul à la main en tenant compte de la rugosité de la semelle, ce que ne fait pas LARIX-8. Poinçonnement : $n = 0,44 < 1$	PAP	Oui	Le poinçonnement a été vérifié par une approche selon les contraintes au sol. Cette approche montre qu'il n'y a pas de problème de poinçonnement.	Ok. L'auteur du projet prend en compte la butée, sans butée -> $n < 1$
51	Annexe 2 p. 10	Degré de conformité avec semelle enterrée : Semelle lisse $n = 1,33$ KO ! Semelle rugueuse $n = 1.86$	PAP	Non	Le degré de conformité $n = 1.33$ est OK.	Ok, faute de frappe dans le rapport d'expertise
1.7. Paroi berlinoise et paroi clouée provisoires						
52	Paroi clouée annexe 4	Le calcul de l'auteur du projet est trop succinct et une vérification de la résistance des clous ainsi que du blindage manquent.	PAP	Oui	Un calcul complémentaire a été effectué.	Aucun complément n'a été ajouté.

53	Paroi clouée annexe 4	Le calcul de comparaison de la paroi clouée montre une résistance insuffisante du système considéré. Il est nécessaire que l'auteur de projet effectue un calcul par étape afin de contrôler que la sécurité structurale fonctionne pour chacune d'entre elle. Nous conseillons d'allonger les deux premiers rangs d'ancrage et d'augmenter le diamètre de forage des clous.	PAP	Oui	Le calcul de comparaison effectué par l'expert comprend des paramètres géomécaniques plus faibles que ceux de l'AP et que le rapport géotechnique. Une surcharge de remblai en tête (non justifiée par le contexte) semble même avoir été admise. Une rapide vérification des phases intermédiaires du modèle de base a néanmoins été effectuée (non documentée dans la note) ; elle confirme que la sécurité est garantie pour toutes les étapes de travaux	Il serait judicieux de compléter les documents et d'y faire figurer ces vérifications.
1.8. Conclusion						
54	9 Conclusion	Le calcul de comparaison conduit à des résultats similaires à ceux évalués par l'auteur du projet, à l'exception de la sécurité au poinçonnement. Une vérification plus réaliste est nécessaire.	PAP	Oui	Ce point a été contrôlé et l'auteur confirme qu'il n'y a pas de problème de poinçonnement	Les actions accidentelles n'ont pas été prises en compte, les vérifications supplémentaires sont à documenter.
55	9 Conclusion	Le calcul de comparaison de la paroi clouée montre une résistance insuffisante du système considéré. Il est nécessaire que l'auteur de projet effectue un calcul par étape afin de contrôler que la sécurité structurale fonctionne pour chacune d'entre elle.	PAP	Oui	Voir point 53	A documenter.
1.9. Charges						
56	10 Charge	Etablir une prise de position relative aux charges mentionnées ci-dessus et transmettre cette dernière au Maître d'ouvrage ainsi qu'à l'expert et adapter le dossier en conséquence.	PAP	Oui	Présent document.	Dossier à mettre à jour.