



Grande Alliance Feasibility Study Phase I

Interim Technical Report

2023/03/31



VEI Document Number: LGA-1-GN-T-TGN-RT-0006_01_6.23



Stantec | DESFOR | SYSTRA

Contributors

GENERAL INFORMATION

Version	B	A
Date	2023/03/31	2022/11/30
Prepared by	DZ	DZ
Reviewed by	SB	SB
Approved by	AC	SB
Comments	Final version	



Prepared by:

Daniel Zaccari, ing.
Bridge Engineer #5014563



Reviewed by:

Sylvain Bédard, ing..
Bridge Engineer #121332



Approved by:

Alessandro Cirella
Project manager



Document IDENTIFICATION

Grande Alliance Feasibility Study Phase I

Interim Technical Report

Document Reference:
LGA-1-GN-T-TGN-RT-0006_01_6.23

Table of Contents

1. MANDATE AND INTRODUCTION.....	1
1.1 Scope of study.....	1
1.2 Out of scope.....	1
2. INPUT DATA AND DESCRIPTION OF EXISTING BRIDGES	2
2.1 data	2
2.1.1 Input data	2
2.2 Bridge at km 19 : P-10232.....	2
2.2.1 Description of existing bridge	2
2.2.2 Summary of damage survey	3
2.3 Bridge km 238 : P-09959.....	3
2.3.1 Description of existing bridge	3
2.3.2 Summary of damage survey	4
2.4 Bridge km 241 : P-09958.....	4
2.4.1 Description of existing bridge	4
2.4.2 Summary of damage survey	5
2.5 Bridge km 278 : P-10685.....	6
2.5.1 Description of existing bridge	6
2.5.2 Summary of damage survey	6
3. PHILOSOPHY OF PROPOSALS.....	9
3.1 Bridge km 19 : P-10232.....	9
3.2 Bridge km 238 : P-09959.....	10
3.3 Bridge km 241 : P-09958.....	11
3.3.1 Structure deficiencies arise mainly from the bad distribution of stiffness between the beams Reconstruction of the deck: structure with 4 beams	11
3.3.2 Reconstruction of the deck: structure with 5 beams	12
3.3.3 Reconstruction of abutments	13
3.3.4 Synthesis.....	13
3.4 Bridge km 278 : P-10685.....	14
4. SYNTHESIS TABLE AND RECOMMANDATIONS.....	16

APPENDIX18

APPENDIX A – BRIDGE 995818

APPENDIX B – BRIDGE 995919

APPENDIX C – BRIDGE 1023220

APPENDIX D – BRIDGE 1068521

List of Tables

Table 4-1 : Synthesis table and recommandations 16

List of Figures

Figure 2-1 : Bridge cross section (km 19)..... 3

Figure 2-2 : Plan view (km 19)..... 3

Figure 2-3 : Bridge cross section (km 238)..... 4

Figure 2-4 : Elevation view (km 238) 4

Figure 2-5 : Bridge cross section (km 241)..... 5

Figure 2-6 : Elevation view (km 241) 6

Figure 2-7 : Abutment (km 241) 6

Figure 2-8 : Bridge cross section (km 278)..... 7

Figure 2-9 : Elevation view (km 278) 7

Figure 2-10 : load capacity limit on site (km 278) 8

Figure 2-11 : Elevation view (km 278) 8

Figure 3-1 : Cost of proposals for the bridge km-19..... 10

Figure 3-2 : Cost of proposals for the bridge km-238..... 11

Figure 3-3 : Results with 4 girders	12
Figure 3-4 : Results with 5 girders	13
Figure 3-5 : Cost of proposals for the bridge km-241.....	14
Figure 3-6 : Cost of proposals for the bridge km-278.....	15

1. MANDATE AND INTRODUCTION

1.1 SCOPE OF STUDY

We will study in this document the following bridges :

- P-10232: structure at km 19,
- P-09959 and P-09958: structures at km 238 and 241,
- P-10685 structure at km 278

The document will be established as follows :

1. Description of existing bridges,
2. Presentation of damage survey,
3. Interventions proposals.

The structure at km 278 belongs to our scope of study, however at this stage of the study we have limited information on the structure. The structure belongs to Hydro-Québec, and the available information are :

- The structural capacity evaluation report from Hydro-Québec. The document includes plans of the Bridge

1.2 OUT OF SCOPE

Structure P-09958 does not belong to our scope of study, however we include it in this report because, from a structural point of view, this structure is similar to structure P-09959 and is located to close proximity to it.

2. INPUT DATA AND DESCRIPTION OF EXISTING BRIDGES

2.1 DATA

References

- [1] « Handbook of steel construction » – 12th edition 2021,
- [2] CAN / CSA – S6 : 19 Canadian Highway Bridge Design Code,
- [3] Manuel de conception des structures, MTQ December 2021

2.1.1 Input data

- [4] P-10232
- [4a] Field survey of structure P-10232, Stantec 2022-06-14,
- [4b] Rapport d'inspection générale, MTQ 2021-08-26
- [4c] Form "Inventaire et inspection des structures", Ministère des transports, web site 2022
- [4d] As Built drawings PO-72-10232-1, October 1971
- [5] P-09958
- [5a] Field survey of structure P-09958, Stantec 2022-06-16, [5b] Rapport d'inspection générale, MTQ 2020-07-06 [5c] Form "Inventaire et inspection des structures", Ministère des transports, web site 2022
- [5d] As Built drawings PO-93-009958, December 1993
- [6] P-09959
- [6a] Field survey of structure P-09959, Stantec 2022-06-16,
- [6b] Rapport d'inspection générale, MTQ 2020-07-06
- [6c] Form "Inventaire et inspection des structures", Ministère des transports, web site 2022
- [6d] As Built drawings PO-93-009959, December 1993
- [7] P-10685
- [7a] The structural capacity evaluation report from Hydro-Québec,

2.2 BRIDGE AT KM 19 : P-10232

2.2.1 Description of existing bridge

Structure P-10232 is a composite steel-concrete bridge with a single span of approximately 36 m that crosses the Barlow River. The deck is made up of three steel girder and a reinforced concrete slab (Figure 2-1 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Abutments of the structure are made of reinforced concrete and are supported on piles. Fretted neoprene pads are used as bearings. The road width on the structure is approximately 7.45 m. It was observed on the structure that additional braces and stiffeners have been added after the bridge was completed.

2.2.2 Summary of damage survey

In reviewing the available documentation, it's our understanding that only two years after its commissioning, reinforcement work had to be carried out on the bridge. A tilting of the main beams was observed. Reinforcement work was carried out by adding vertical stiffeners.

A reduction of the road width on the structure to allow only one lane instead of two was temporary put in place to allow the repair (Figure 2-2). The barrier allowing the physical reduction of the road width to one lane is no longer present on the bridge. However, at the bridge approach, there is still a sign warning the user of a lane reduction. The deck joints need to be redo.

The bridge load capacity is limited to 32 t (2 axles) ; 54 t (3 axles); 62 t (5 axles). The bridge can carry loads of a regulatory convoy of the CL-625, however this Bridge cannot carry out overweight convoy.

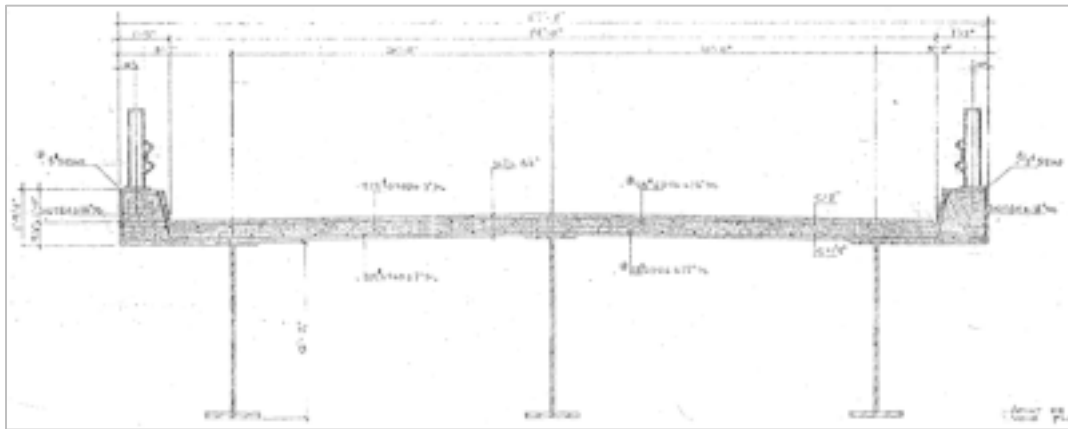


Figure 2-1 : Bridge cross section (km 19)

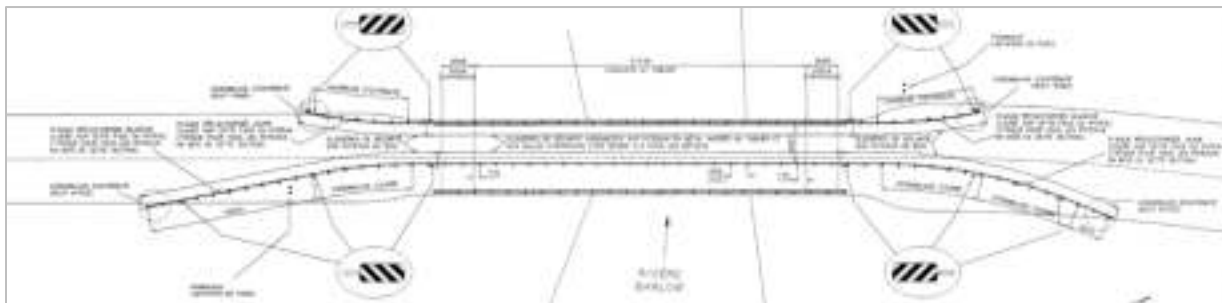


Figure 2-2 : Plan view (km 19)

2.3 BRIDGE KM 238 : P-09959

2.3.1 Description of existing bridge

The structure is a steel-wood bridge with a single span of approximately 60 m that crosses the Rupert River (Figure 2-4). The deck was consisting of two main girders, one on each edge, and three secondary girders between them (Figure 2-3). The bridge was later widened by adding two main girders and one secondary girder. The usable width

is approximately 8.75 m. Abutments are made of concrete with a shallow foundation on rock. The bearings are circular confined neoprene type.

2.3.2 Summary of damage survey

The wooden deck is particularly damaged. There is a makeshift reinforcement on site. Load distribution on the bridge cannot be determined using simplified method presented in the current bridge code because the transverse stiffness of the structure is not uniform. Different girders size and close supports creates a significant difference in transverse rigidity. Advances load distributions methods are needed to analyze that bridge. Damages to the P1 girder seat block has been noted causing a loss in bearing capacity. Monitoring of the supports is recommended. Bad load distribution due to non-uniform stiffness of the deck might, in part, have contributed to the deficiency. Minor defects are noted : erosion of abutments and silting of foundations.

The bridge load capacity is limited to 32 t (2 axles) ; 54 t (3 axles); 62 t (5 axles). The bridge can carry the loads of a regulatory convoy of the CL-625, however this Bridge cannot carry out overweight convoy

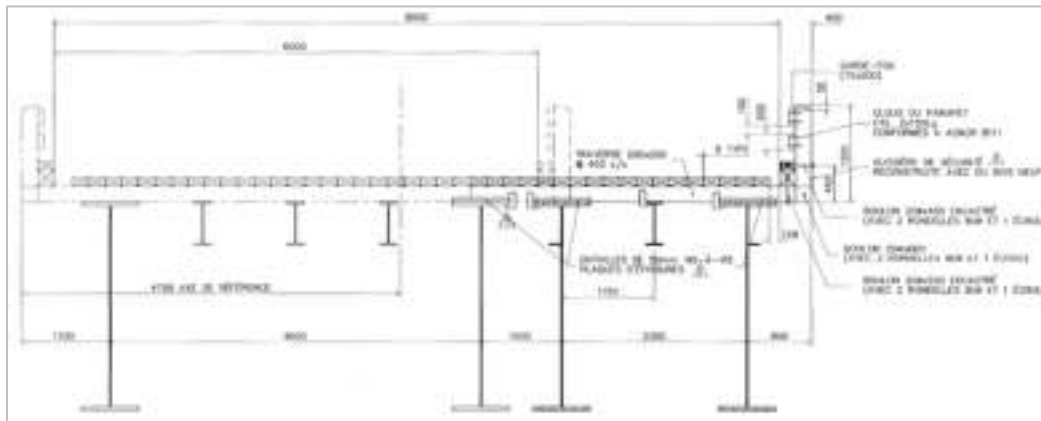


Figure 2-3 : Bridge cross section (km 238)

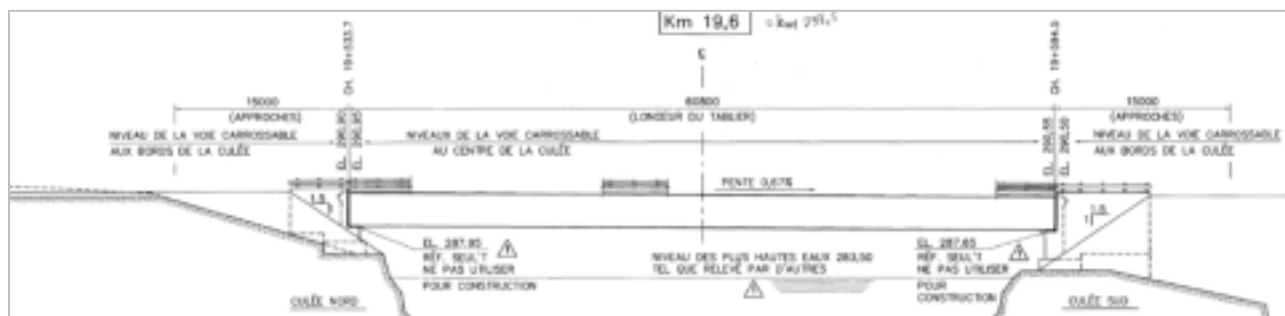


Figure 2-4 : Elevation view (km 238)

2.4 BRIDGE KM 241 : P-09958

2.4.1 Description of existing bridge

The structure is a steel-wood bridge with a single span of approximately 25 m which crosses the Rupert arm. The deck was consisting of two main girders, one on each edge, and three secondary girders between them ; the bridge

was later widened by adding two main girders and one secondary girder. The usable width is approximately 9.06 m. Abutments are metal caissons with a concrete seat to support the girders. The strike guard wall is made of wooden caisson. The abutments are partly based on rock and partly on a leveled concrete pad. The bearings are fretted neoprene pads.

2.4.2 Summary of damage survey

The wooden deck is particularly damaged, there is a makeshift reinforcement on site. Load distribution on the bridge cannot be determined using simplified method presented in the current bridge code because the transverse stiffness of the structure is not uniform. Different girders size and close supports creates a significant difference in transverse rigidity. Advanced load distributions methods are needed to analyze that bridge. A significant deflection of beam P1 is observed, and monitoring of this beam is recommended. Bad load distribution due to non-uniform stiffness of the deck might, may overload the edge beam. Minor defects are noted: erosion of the wooden decking (holes) and silting of the bed bases.

The bridge load capacity is limited to 32 t (2 axes) ; 54 t (3 axes); 62 t (5 axes). The bridge can carry the loads of a regulatory convoy of the CL-625, however this Bridge cannot carry out overweight convoy

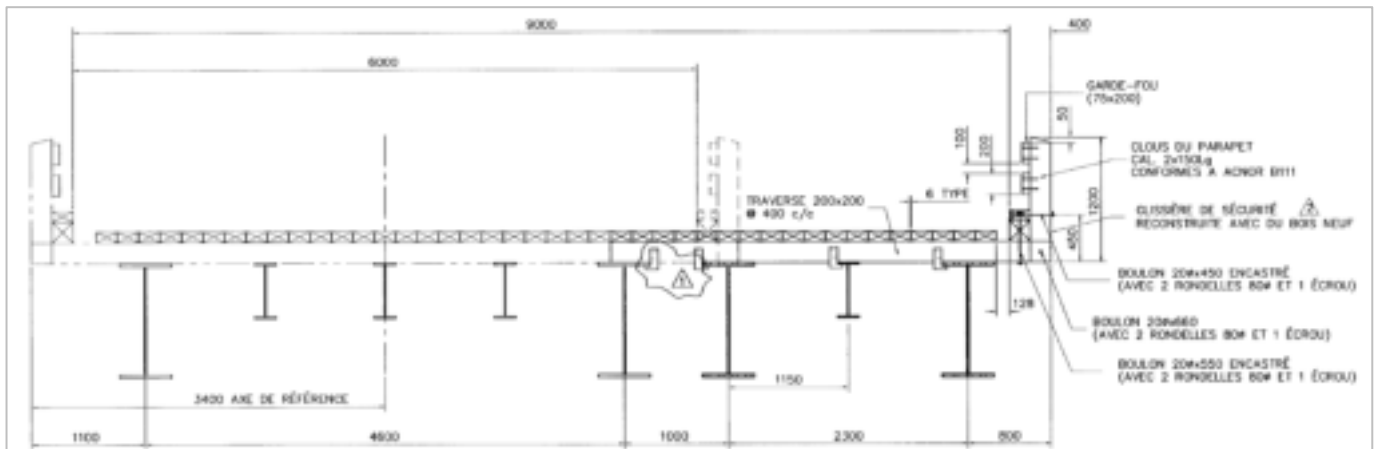


Figure 2-5 : Bridge cross section (km 241)

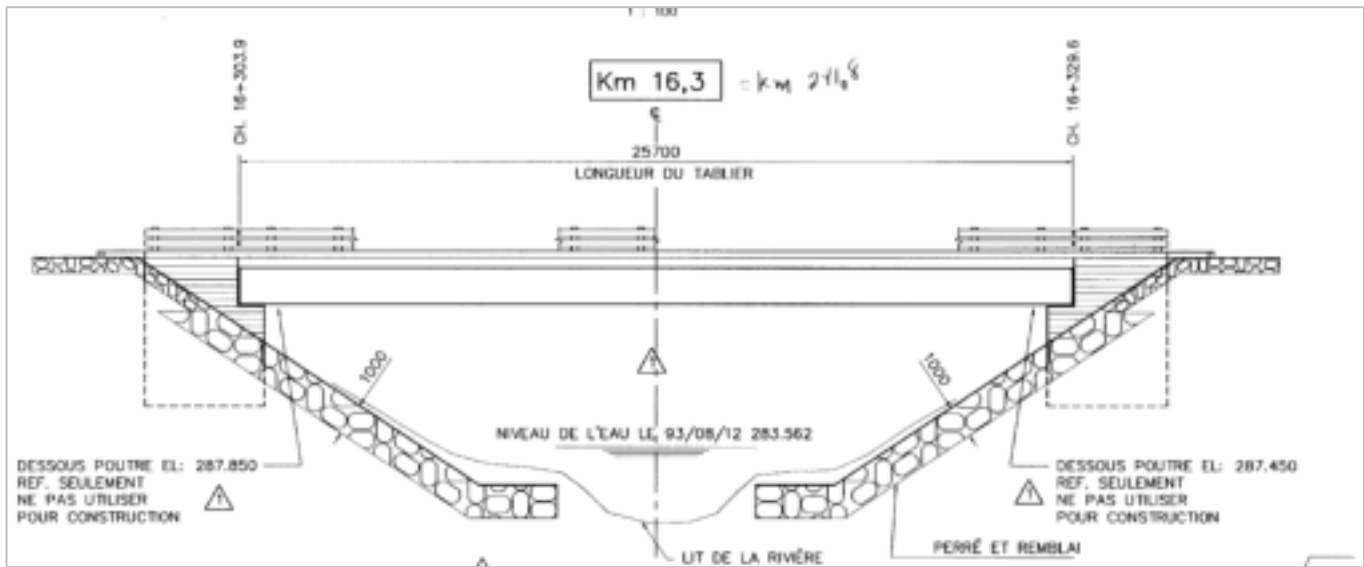


Figure 2-6 : Elevation view (km 241)



Figure 2-7 : Abutment (km 241)

2.5 BRIDGE KM 278 : P-10685

2.5.1 Description of existing bridge

Structure P-10685 is a composite steel-concrete structure with two continuous spans of approximately 28 m over the Nemiscau River. The deck is made up of five steel beams and a reinforced concrete deck. Abutments of the structure are made of reinforced concrete. The usable width is approximately 9.19 m.

2.5.2 Summary of damage survey

In a load capacity study produced in 2013, TetraTech sum up the study without detecting any lack in the load capacity of the Bridge. Tetrattech's study recommended to limit the load capacity of a single axel to 18 t. On site, there is a sign limiting the capacity of a single axel to 15 t. Also, the report recommended to limit the total load of

a truck to 200 t, but it is limited to 90 t on site. There is no pavement to the approach of the bridge, that is why the deck seems degraded. No capacity studies have been conducted by Stantec for the current report and no verification of the previous study have been done.

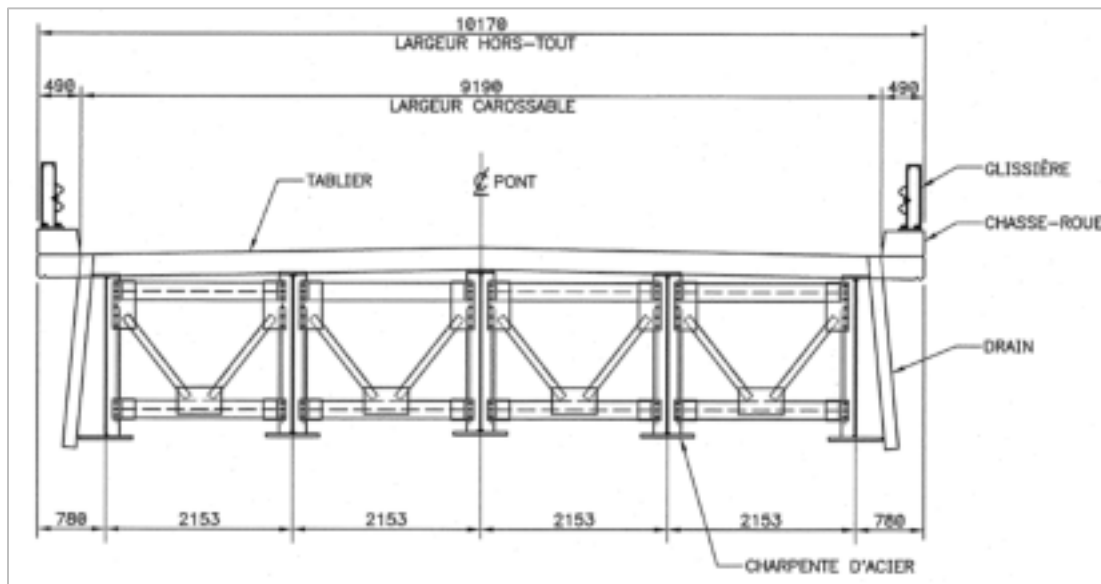


Figure 2-8 : Bridge cross section (km 278)

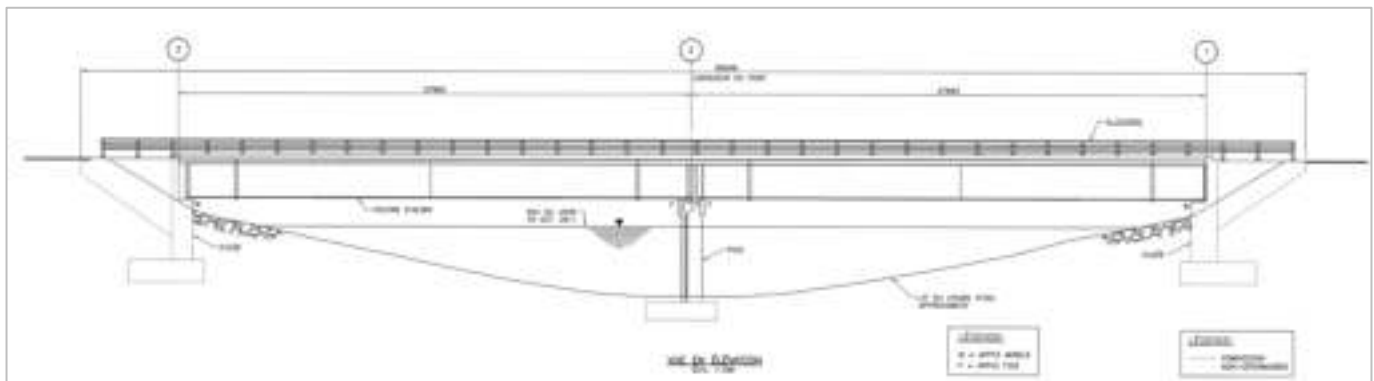


Figure 2-9 : Elevation view (km 278)



Figure 2-10 : load capacity limit on site (km 278)



Figure 2-11 : Elevation view (km 278)

3. PHILOSOPHY OF PROPOSALS

We propose to adopt the following intervention philosophy :

- Securing structures: no reduction of roads on structures – usable width on bridges : 9 m,
- No limitation in the load of bridges,
- Recovery of all failures of bridges,
- Complete cleaning of structures and their approaches: desilting of windchests, removal of the small vegetation, removal of safety devices, new bearings, seat block and joints etc.

3.1 BRIDGE KM 19 : P-10232

The deck of the structure has presented early sign of insufficient strength since its commissioning (substantial addition of stiffeners). We note that the deck, despite its passable width, is limited to one lane and that a girder has out of plane deformations. We propose for this bridge to completely replace the deck to better suit the width of the road, but there is no need to replace concrete abutments. Abutments are in good condition with only minor defects to be corrected : defective expansion joint and bearing seats. Moreover, existing abutments is large enough to provide a road width of 9 m without major modifications

The proposed new deck is a composite concrete slab supported by 4 steel girders of 1.6 m height. The road width on the bridge will be increase from 7,45 m to 9 m to accommodate the new roadway of 2 lanes of 3,5 m with 1 m shoulders on each side. The 4 steel girders will be spaced 2.5 m apart. The overall width of the deck will be 9.9 m including steel barriers of type 210 D. Bearing seats of existing abutments will be replaced.

KM 19 P-10232		Designation	unity	Quantity	PUHT		%
# 1	539 700	General prices					22,30%
	1	Mobilization and site organization	Lump		470 200,00 \$	470 200,00 \$	
	2	Demolition of existing deck	lump		69 500,00 \$	69 500,00 \$	
# 3	81 000	Abutment					3,35%
	1	local repairs	lump		50 000,00 \$	50 000,00 \$	
	2	Seat blocs	unit	8	2 000,00 \$	16 000,00 \$	
	3	Local demolition and modification of wingwall	lump		15 000,00 \$	15 000,00 \$	
#4	1 308 400	Deck					54,06%
	1	Concrete slab	m ³	82	2 800,00 \$	229 600,00 \$	
	2	Curb	m ³	10	2 000,00 \$	20 000,00 \$	
	3	Reinforcement of concrete slab	kg	13900	7,00 \$	97 300,00 \$	
	4	Steel beam : 4 x WWF 1600x496 + bracings	kg	80000	10,00 \$	800 000,00 \$	
	5	bearings	unit	8	4 000,00 \$	32 000,00 \$	
	6	Joint (mobile abutment)	m	10	2 500,00 \$	25 000,00 \$	
	7	Joint (fixed abutment)	m	10	1 200,00 \$	12 000,00 \$	
	8	Membrane	m ²	340	75,00 \$	25 500,00 \$	
	9	Wearing surface (bridge)	t	50	230,00 \$	11 500,00 \$	
	10	Railling	m	74	750,00 \$	55 500,00 \$	
# 5	246 000	Approaches					10,16%
	1	Barriers	m	100	250,00 \$	25 000,00 \$	
	2	Fill at approaches	m ²	400	500,00 \$	200 000,00 \$	
	3	Wearing surface (approaches 15 m each side)	t	75	280,00 \$	21 000,00 \$	
# 6	245 300	Miscellaneous					10,13%
	1	Miscellaneous not detailed	lump		245 300,00 \$	245 300,00 \$	
					Total	2 420 400 \$	
			contingency	25%	Total (cont)	3 025 500 \$	

Figure 3-1 : Cost of proposals for the bridge km-19

3.2 BRIDGE KM 238 : P-09959

Structure deficiencies arise mainly from the bad distribution of stiffness between the beams. For the purpose of this study, we propose to replace the deck and install a new wooden steel deck consisting of 5 beams with the same stiffness. However, we will keep the existing abutments since they are in good shape and made of concrete. The analysis of the Bridge P-09958 (km 241) is also valid for the present bridge.

We don't have any indications at this point that a steel-wood bridge deck is not suitable for the needs of the community. For economics purposes we considered it in our analysis, but other avenues may be studied in future stage of the project, such as the construction of a structure with concrete slab.

We propose : the removal of the wooden deck and the existing girders ; the construction of a new wooden deck with 5 new steel girders of 1.1 m high and the replacement of bearings with the conservation of the existing abutments. The road width on the new bridge will be 9 m. We also propose the realization of a riprap protection

KM 238 P-09959		Designation	unity	Quantity	PUHT		%
# 1	624 900	General prices					22,35%
	1	Mobilization and site organization	Lump		542 800,00 \$	542 800,00 \$	
	2	Demolition of existing deck	lump		82 100,00 \$	82 100,00 \$	
# 3	110 000	Abutment					3,93%
	1	local repairs	lump		40 000,00 \$	40 000,00 \$	
	2	Seat blocs	unit	10	2 000,00 \$	20 000,00 \$	
	3	Local demolition and modification of wingwall	lump		50 000,00 \$	50 000,00 \$	
#4	1 531 800	Deck					54,79%
	1	Wood deck	m ³	130	1 800,00 \$	234 000,00 \$	
	2	Steel beam : 5 x WWF 1100x351 + bracings	kg	125000	10,00 \$	1 250 000,00 \$	
	3	bearings	unit	10	4 000,00 \$	40 000,00 \$	
	4	Barriers	m ³	120	65,00 \$	7 800,00 \$	
# 5	246 000	Approaches					8,80%
	1	Barriers	m	100	250,00 \$	25 000,00 \$	
	2	Fill at approaches	m ²	400	500,00 \$	200 000,00 \$	
	3	Wearing surface (approaches 15 m each side)	t	75	280,00 \$	21 000,00 \$	
# 6	283 200	Miscellaneous					10,13%
	1	Miscellaneous not detailed	lump		283 200,00 \$	283 200,00 \$	
					Total	2 795 900 \$	
			contingency	25%	Total (cont)	3 494 875 \$	

Figure 3-2 : Cost of proposals for the bridge km-238

In case a concrete slab would be preferred for this bridge, we estimated an additional cost of around 500 000\$ to be added to the total bridge cost.

3.3 BRIDGE KM 241 : P-09958

3.3.1 Structure deficiencies arise mainly from the bad distribution of stiffness between the beams Reconstruction of the deck: structure with 4 beams

We first check the deck with a new transverse distribution of the existing beams, considering that the metal works at 300 MPa (G40.21M-300W).

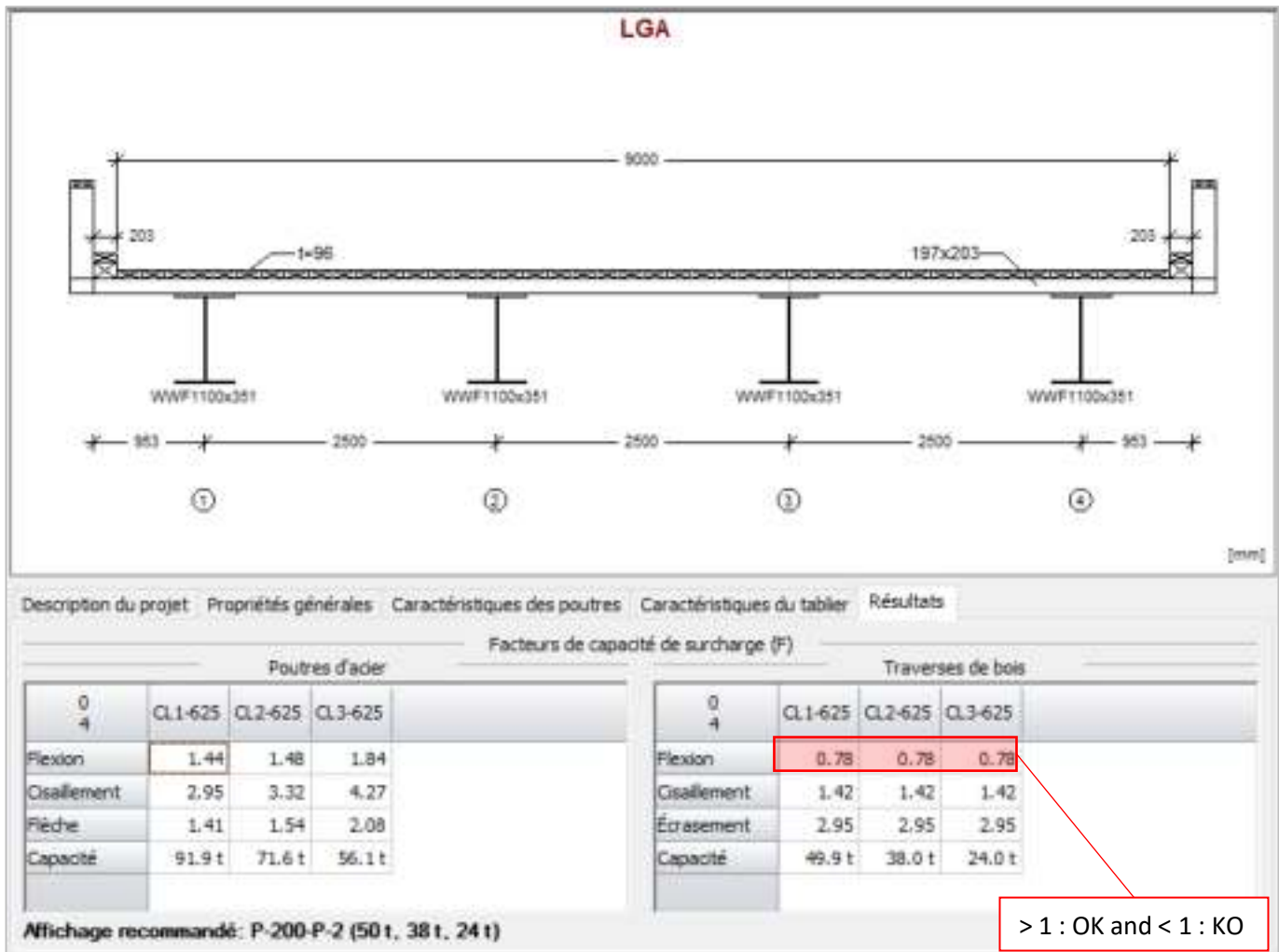


Figure 3-3 : Results with 4 girders

We note that the main beams are able to take regulatory loads, however the width of the structure leads to eccentricities of the main beams of 2.5 m, but the standard sleepers are not able to cross such a gap. It will then be necessary to install secondary beams of the W610x101 type in order to reduce the span of the wooden sleepers.

3.3.2 Reconstruction of the deck: structure with 5 beams

We check the structure with the addition of a new intermediate beam and scrupulous compliance with MTQ standards for steel-wood bridges.

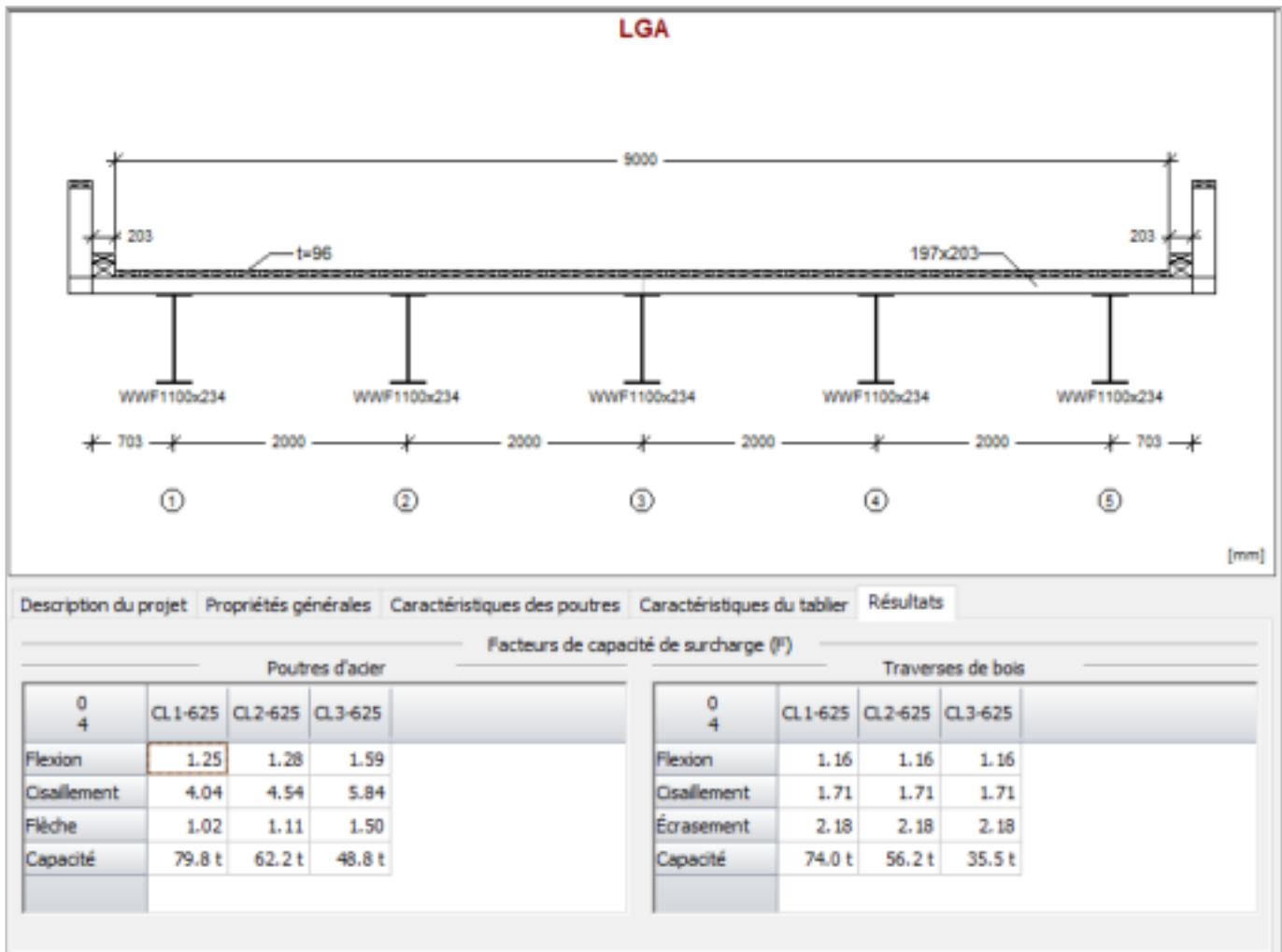


Figure 3-4 : Results with 5 girders

The new deck could be made from the existing deck or create a completely new one.

3.3.3 Reconstruction of abutments

Apart from silting up of the windchests, no significant failure was noted during the various inspections. However, the abutments are about 30 years old and the wooden structures do not have a lifespan of 100 years. It is therefore possible that it will be possible, in the years to come, to have to replace the wooden abutments. We propose to anticipate these works and to build reinforced concrete abutments.

3.3.4 Synthesis

We propose to replace the deck and implement a steel/wood deck. We also propose to take over the wooden abutment and create a more durable one in concrete.

Other proposals may be studied in a later phase.

KM 241 P-09958		Designation	unity	Quantity	PUHT		%
# 1	582 000	General prices					23,19%
	1	Mobilization and site organization	Lump		481 900,00 \$	481 900,00 \$	
	2	Demolition of existing bridge	lump		100 100,00 \$	100 100,00 \$	
# 3	767 000	Abutment					30,56%
	1	Excavations and filling	lump	1900	40,00 \$	76 000,00 \$	
	2	Concrete abutments	m ³	200	2 200,00 \$	440 000,00 \$	
	3	Reinforcement of abutments	kg	30000	7,00 \$	210 000,00 \$	
	4	Seat blocs	unit	10	2 000,00 \$	20 000,00 \$	
	5	Riprap	m ²	300	70,00 \$	21 000,00 \$	
#4	663 250	Deck					26,43%
	1	Wood deck	m ³	50	1 800,00 \$	90 000,00 \$	
	2	Steel beam : 5 x WWF 1100x351 + bracings	kg	53000	10,00 \$	530 000,00 \$	
	3	bearings	unit	10	4 000,00 \$	40 000,00 \$	
	4	Barriers	m ³	50	65,00 \$	3 250,00 \$	
# 5	246 000	Approaches					9,80%
	1	Barriers	m	100	250,00 \$	25 000,00 \$	
	2	Fill at approaches	m ²	400	500,00 \$	200 000,00 \$	
	3	Wearing surface (approaches 15 m each side)	t	75	280,00 \$	21 000,00 \$	
# 6	251 400	Miscellaneous					10,02%
	1	Miscellaneous not detailed	lump		251 400,00 \$	251 400,00 \$	
					Total	2 509 650 \$	
			contingency	25%	Total (cont)	3 137 063 \$	

Figure 3-5 : Cost of proposals for the bridge km-241

In case a concrete slab would be preferred for this bridge, we estimated an additional cost of around 300 000\$ to be added to the total bridge cost.

3.4 BRIDGE KM 278 : P-10685

We recommend these followings reparation action:

- scarification of the deck coating (usable surface),
- Destruction and construction of seat blocks and bearings,
- Local paintings if necessary,
- Fill at approaches,
- Demolition and reconstruction of three joints,
- Pavement of the bridge so as to protect the structure.

Encryption				coef (1,5)			
P-10685	Designation	unity	Quantity	PUHT	1	%	
# 1	218 000	General prices					18,49%
	1	Lump		202 000	202 000		
	2	Lump		16 000	16 000		
# 2	4 000	Earthworks and foundations					0,34%
	1	m3	100	40	4 000		
# 3	90 000	Abutment and pier					7,63%
	1	Lump	1	50 000	50 000		
	2	u	20	2 000	40 000		
#4	198 000	Deck					16,79%
	1	m ²	510	200	102 000		
	2	m ²	200	80	16 000		
	3	u	20	4 000	80 000		
# 5	514 500	Various					43,64%
	1	ml	190	250	47 500		
	2	m ²	400	500	200 000		
	3	t	75	280	21 000		
	4	ml	30	3 000	90 000		
	5	m ²	520	300	156 000		
# 6	154 000	Miscellaneous					13,06%
	1	%	15	153 675	154 000		
				Total	1 179 000 \$		
		contingency	25%	Total (cont)	1 473 750 \$		

Figure 3-6 : Cost of proposals for the bridge km-278

4. SYNTHESIS TABLE AND RECOMMENDATIONS

The following table summarized the proposed intervention on each bridge considered in this study. The estimated costs for the work do not include the temporary road work deviation (if required). Furthermore, it is assumed a concrete plant will be mobilized for the use of the overall project. Cost for the concrete include some overhead price for transportation of materials and distance, but not the installation and certification of the concrete plant.

Preliminary design of the new decks considered the legal moving load CL-625 from “Canadian Highway Bridge Design Code”. More heavier moving load can be required to accommodate the need of Hydro-Québec and other forest or mining development in the region.

Table 4-1 : Synthesis table and recommendations

	Km 19 – P-10232	km 238 – P-09959	km 241 – P-09958	Km 278 – P10685
Mains reasons for intervention	Insufficient bridge road width	Insufficient bridge road width and decking to be redone	Decking to be redone, wood abutment prone to premature degradation	decking and superstructure to be repairs
Main proposal	New deck and minor repair of existing abutments	New deck and minor repair of existing abutments	New deck and new abutments	local repairs (joint, seat blocks, etc ...)
Existing road width	7,45 m	8,75 m	9,06 m	9,19 m
Proposed road width	9 m	9 m	9 m	9,19 m
Spans	36 m	60 m	25 m	56 m
Deck's surface	370 m ²	604 m ²	257 m ²	560 m ²
Projet red line	unchanged	unchanged	unchanged	unchanged
Curb	Concrete 0.45 m	Wood 0.2 x 0.2 m	Wood 0.2 x 0.2 m	Concrete 0.49 m
thickness of slab	Concrete 225 mm	Wood - 96 mm	Wood - 96 mm	Concrete 265 mm
Straight sections of wood sleepers	N/A	197 x 203 mm and length 5.486 m	197 x 203 mm and length 5.486 m	N/A
c/c steel beam	2.50 m	2.0 m	2.0 m	2.153 m
Number of steel beams	4	5	5	5
Slab or sleepers overhang	1.25 m	0.70 m	0.70 m	0.779 m
Abutments	Unchanged with minor repairs	Unchanged with minor repairs	New concrete abutment	Unchanged
Restoration approaches	Yes	Yes	Yes	Yes
architectural consideration	Low impact	Medium impact – the site has a wild	Medium impact – the site has a wild	Low impact

	Km 19 – P-10232	km 238 – P-09959	km 241 – P-09958	Km 278 – P10685
		character and few dwellings	character and few dwellings	
Bearings	Replaced	Replaced	Replaced	Replaced
Cost	3 025 500 \$ 8 260 \$/m ²	3 495 000 \$ 6 200 \$/m ²	3 140 000 \$ 13 350 \$/m ²	1 475 000 \$ 2 600 \$/m ²

APPENDIX

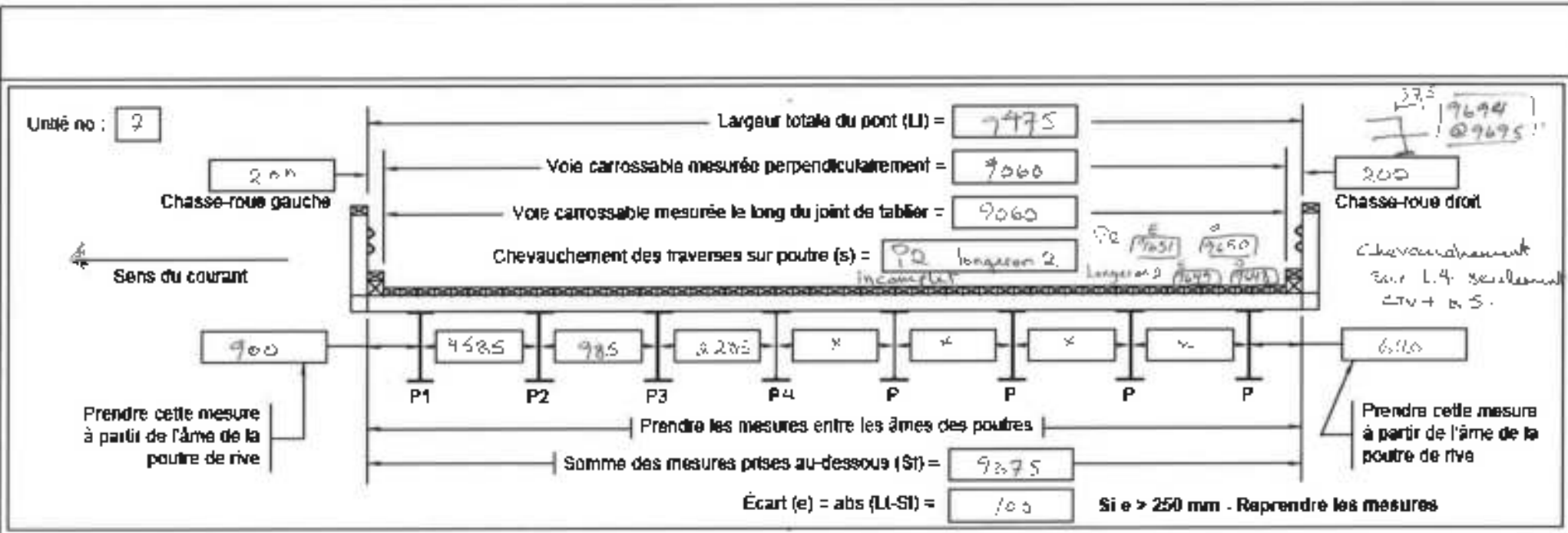
APPENDIX A – BRIDGE 9958



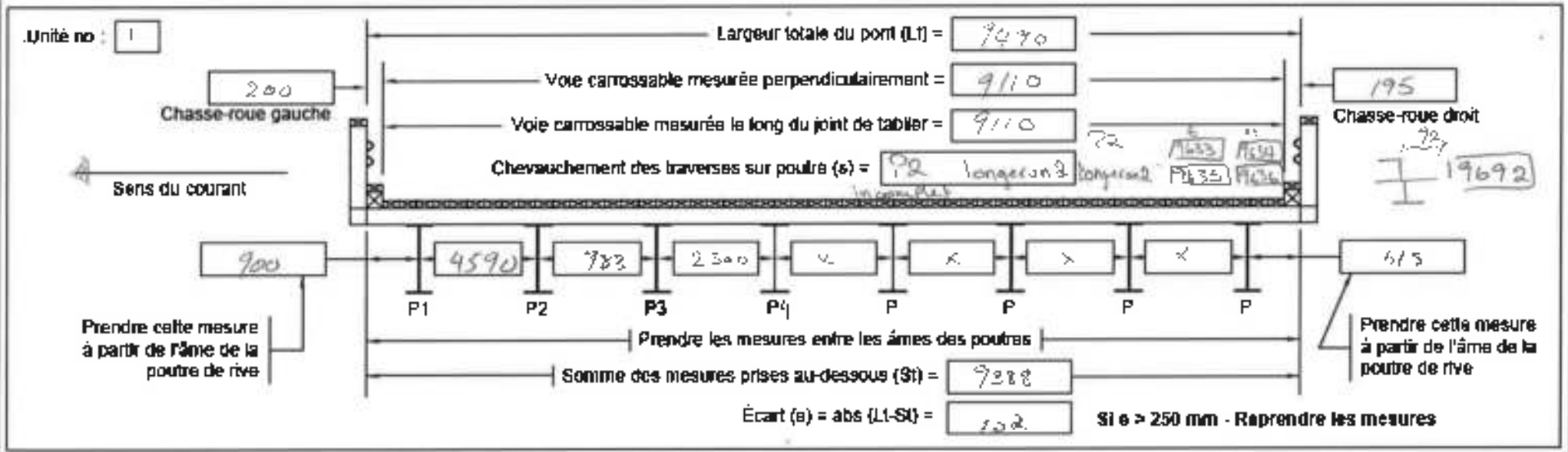
RELEVÉ DE DOMMAGES

I-20-038 KV 211
 NOM: 35 / MD
 DATE: 2022/05/15-16-17
 PAR: S. FORTIN

LOCALISATION: S. 200722
 LONG: 72000000
 COURANT:
 GAUCHE:
 DROIT:
 SF RATE:
 MANQUANT:



Prendre les mesures du dessous du tablier au même endroit que celles du dessus





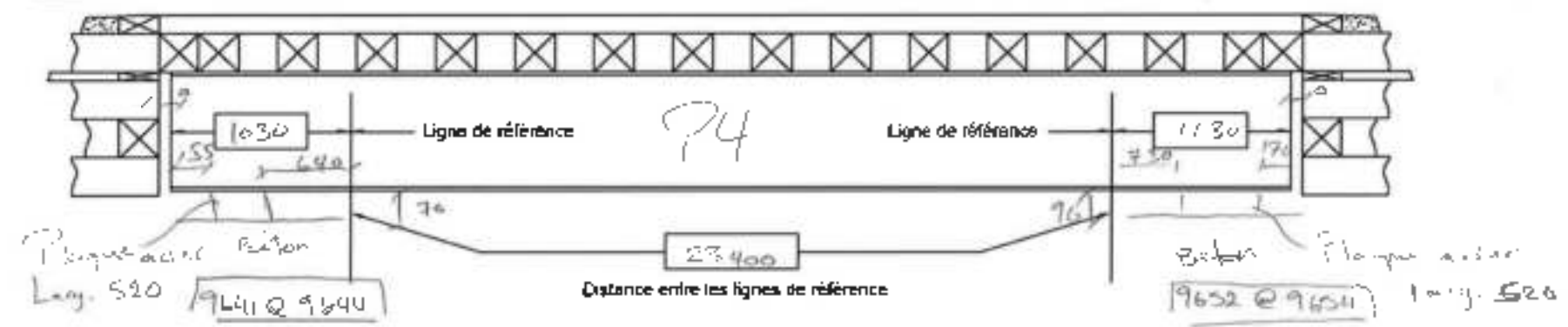
RELEVÉ DE DOMMAGES

P. 4455	AW	2/11	LOC. 1	SI. RALE
NOV:	35	M/D	SI. 1009/35	TANGENTE
DATE:	2022/06/15-16-17		LONG. 125.49m/52	<input type="checkbox"/>
Prix	Spontane		COURE	<input type="checkbox"/>
			CAÛCHE	<input type="checkbox"/>
			DEJIFF	<input checked="" type="checkbox"/>

Côté amont

Unité no : 1

Unité no : 2

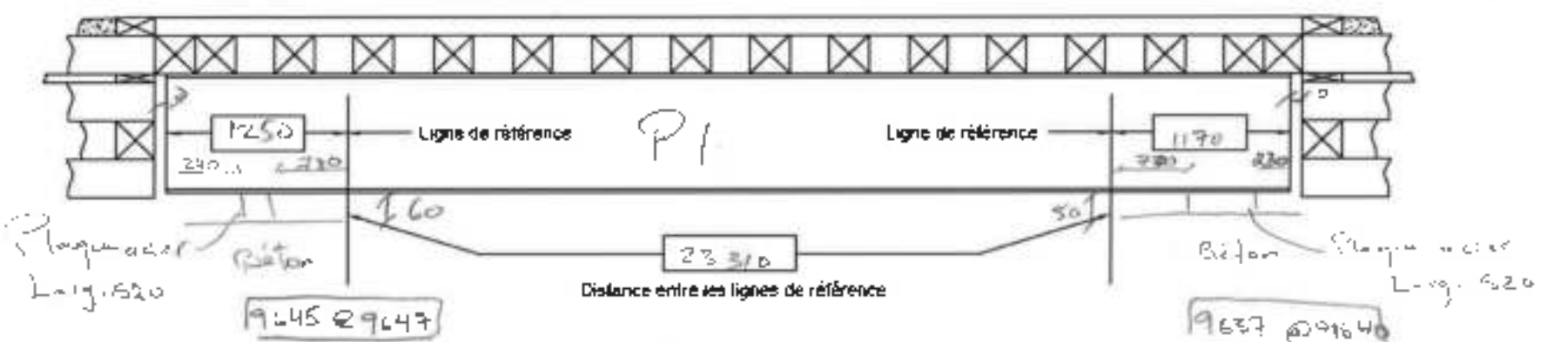


Déterminer les lignes de référence, dessiner les assises et mesurer la distance entre les références

Côté aval

Unité no : 2

Unité no : 1



Déterminer les lignes de référence, dessiner les assises et mesurer la distance entre les références

Avis sur l'état et le comportement des unités de fondation

OK

RELEVÉ DE DOMMAGES

Unité no: 1 Ligne de référence

Unité no: 2 Ligne de référence

NO: 2022/06/15-16-17

DATE: 2022/06/15-16-17

SR: Sfarate

HAUTEUR MAX: 1045

NO: 3250924

DATE: 2022/06/15-16-17

SR: Sfarate

COURBE: GAUCHE DROITE

SPHAL: INVERSE:

Différence des galets sur la hauteur en Unité no: 2

1787 @ 9787

19790 @ 1791

2130 215

Rendisseur FEN FO

100 FF ép 10.5

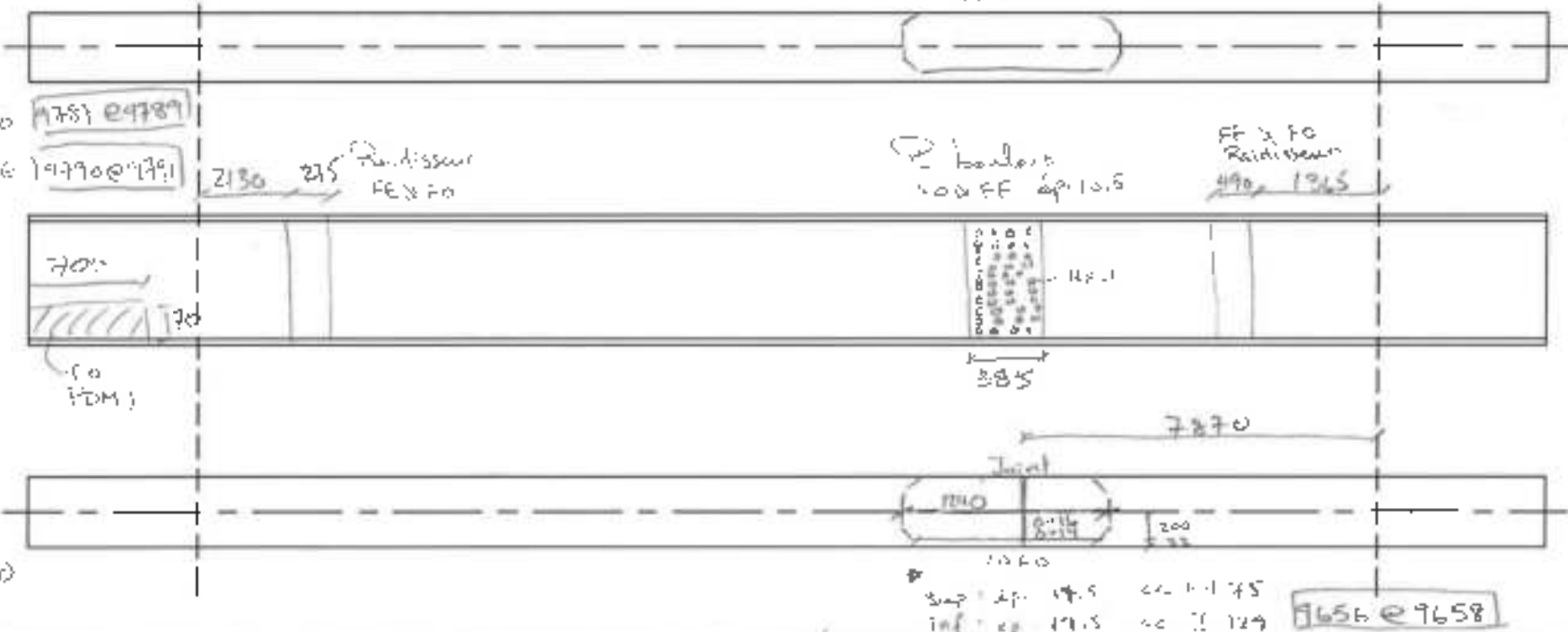
FF à FO Rendisseur 490 1365

1040 814 200

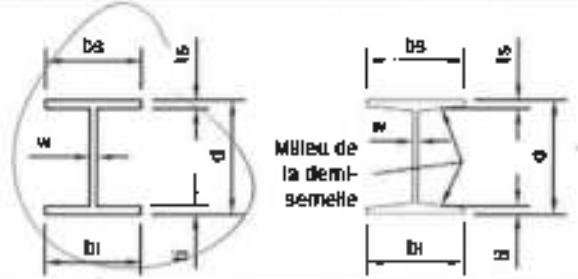
Sup: ép 17.5 cc 1175

Inf: ép 17.5 cc 1129

7656 @ 9658



Méthode de fabrication du profilé: Laminée Soudée

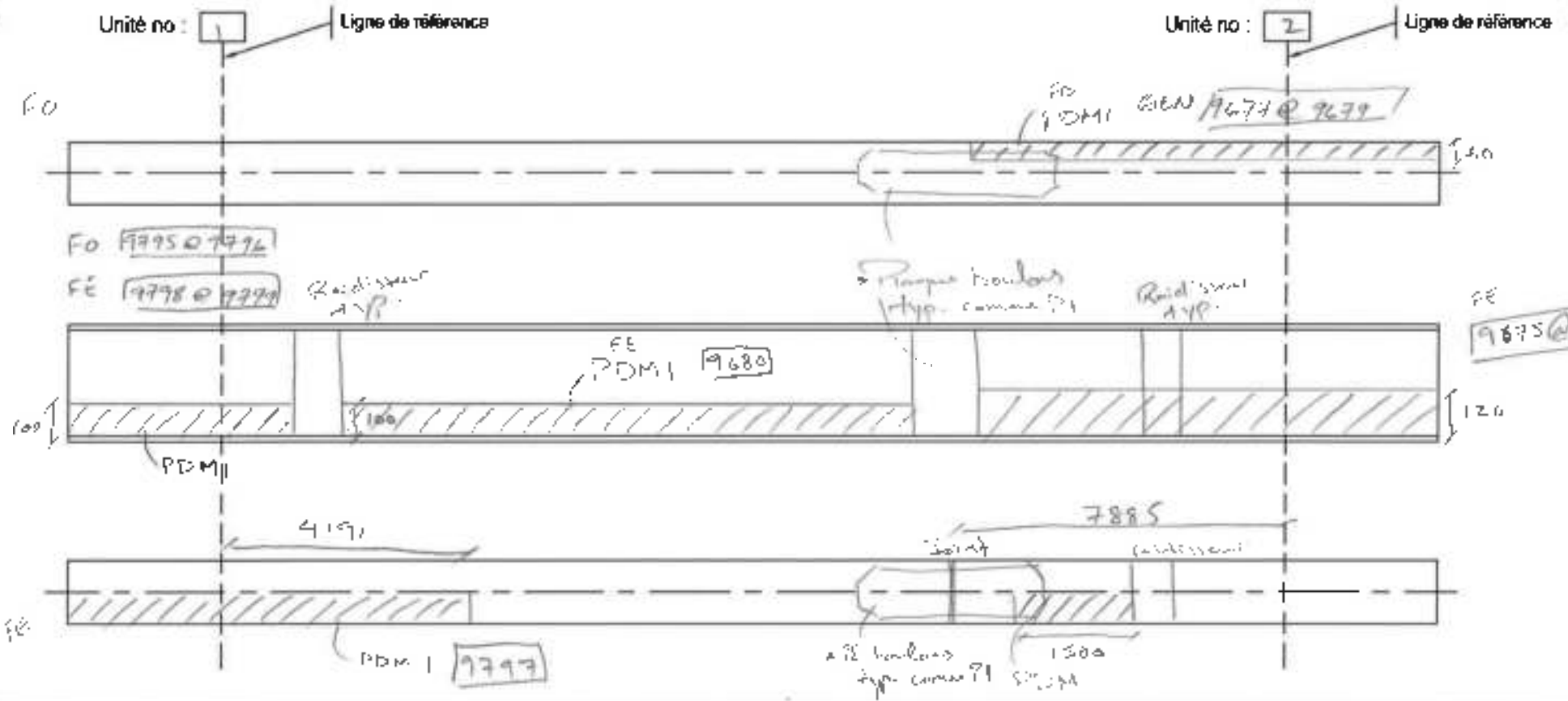


Hauteur maximale du profilé (d)	1045
Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	500
Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	500
Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	29.0
Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	29.0
Épaisseur maximale de l'âme (w)	105

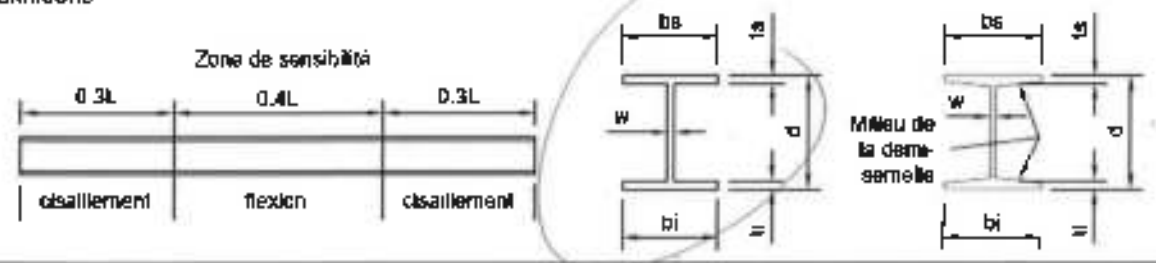
RELEVÉ DE DOMMAGES

PROJET : 44 : 2022
 NOM : SP / MD
 DATE : 2022/05/15-16-17
 PAR : Spandee

LOCATION : 51 : 2022, 3, 5
 COUPE : COUPE
 SAUCHE
 DROIT
 SUIVA R :
 TANGENTI :



Méthode de fabrication du profilé : <input type="checkbox"/> Laminée <input checked="" type="checkbox"/> Soudée	Hauteur maximale du profilé (d)	1090
Définitions	Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	505
	Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	505
	Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	29.0
	Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	29.0
	Épaisseur maximale de l'âme (w)	14.6
		72

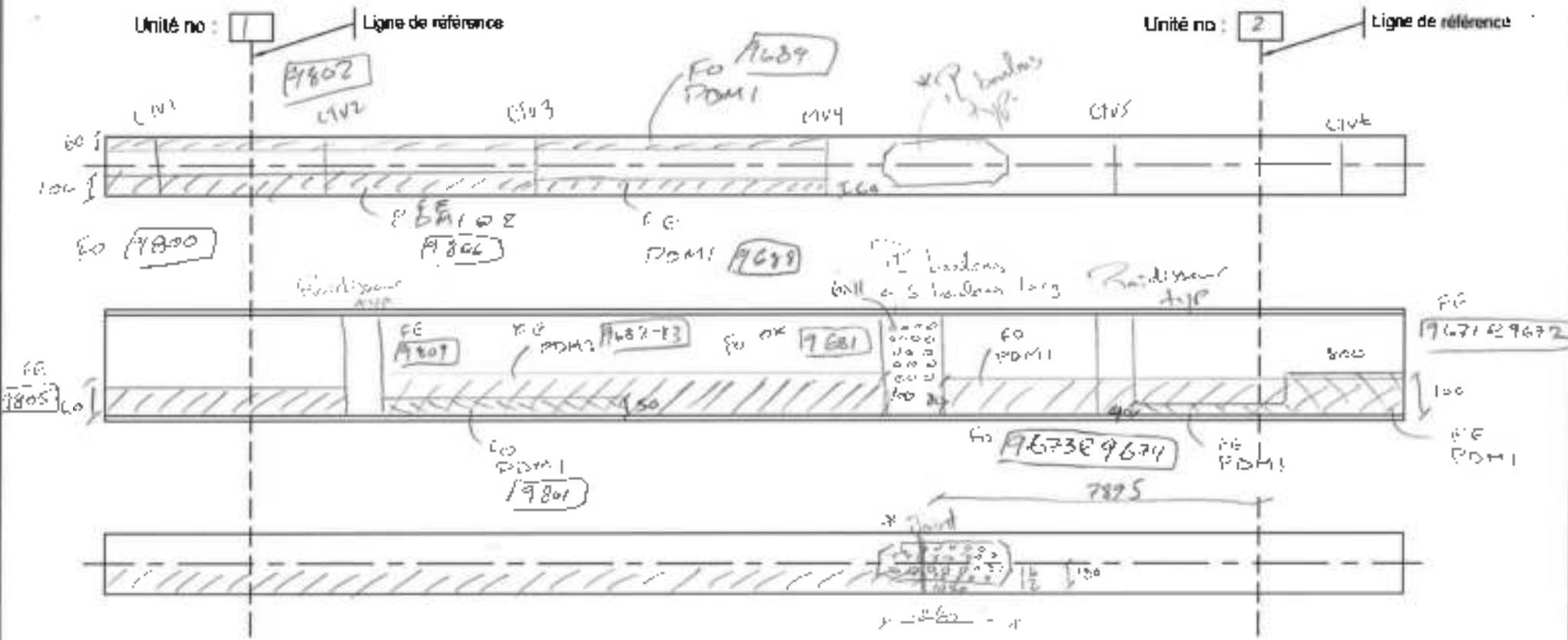


RELEVÉ DE DOMMAGES

PROJETS: NM: 2011
 NOM: JF/MD
 DATE: 2012/06/15/18 H
 PARTI: Scaffec.

LOCALISATION: 11.5009/36
 LVS: -21.2915/52
 COURBE:
 GAUCHE:
 DROITE:
 SERRAILÉ:
 ANGLE:

SCRAP 9807 @ 9808



Méthode de fabrication du profilé: Laminée Soudée

Définitions

Milieu de la demi-secteur

Hauteur maximale du profilé (d)	1110
Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	505
Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	505
Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	29.0
Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	29.0
Épaisseur maximale de l'âme (w)	17.0

P 3

RELEVÉ DE DOMMAGES

PROJET: *W 201*

NOM: *3F / MD*

DATE: *2022/06/15-16-17*

PAT: *Splantelec*

ST: *01400238*

ONG: *03-000552*

LOCATION: *03-000552*

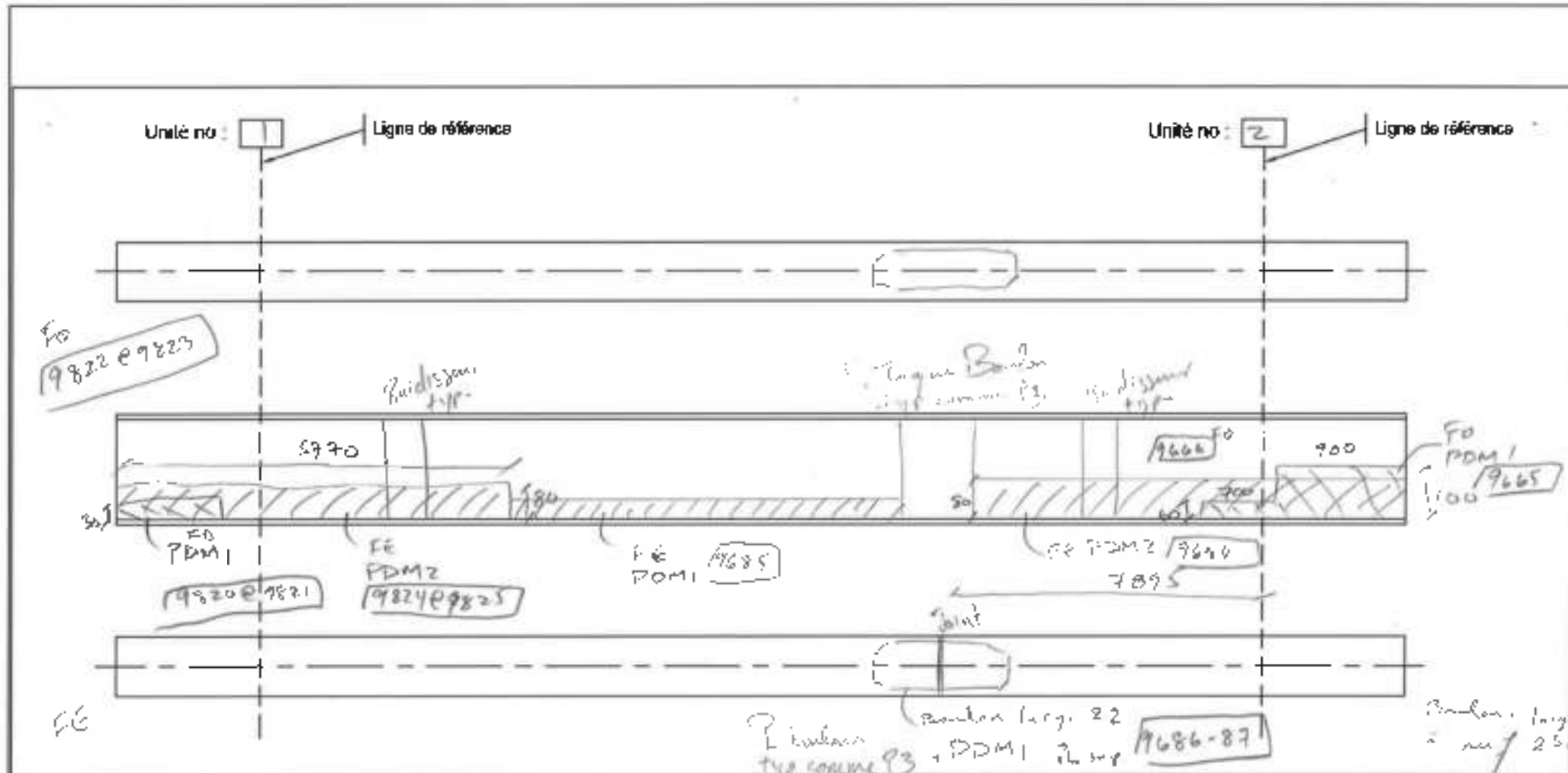
COUVERT:

CAÛCHE:

OPRILE:


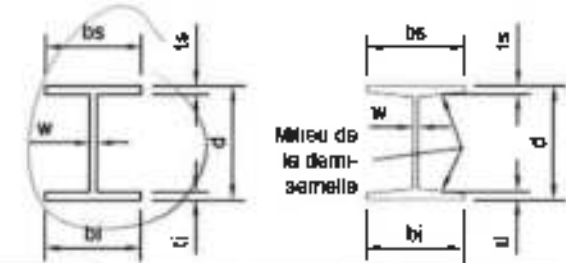
SP.FA.L:

LANCIENTE:



Méthode de fabrication du profilé: Laminée Soudée

Définitions

Milieu de la demi-selle

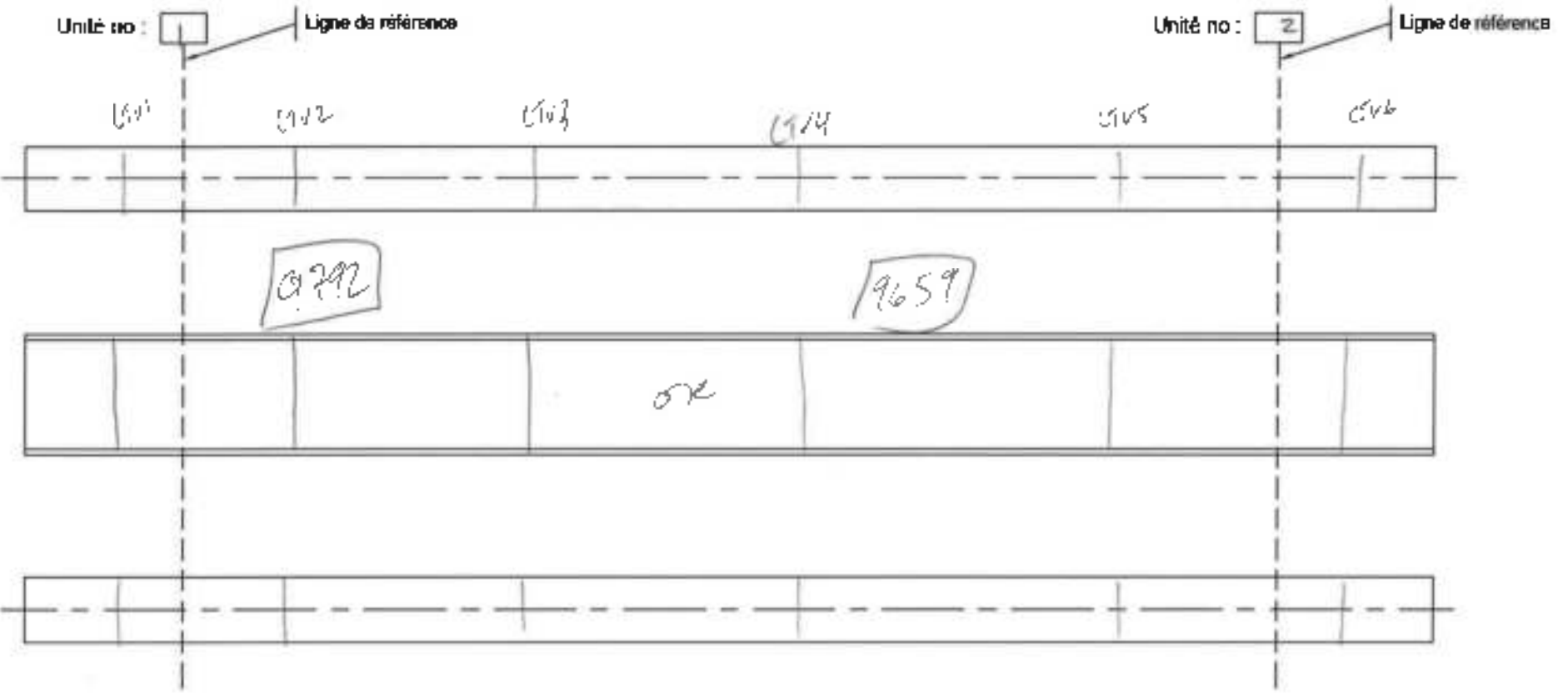
Hauteur maximale du profilé (d)	1100
Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	505
Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	505
Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	29.0
Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	29.0
Épaisseur maximale de l'âme (w)	17.0

h

RELEVÉ DE DOMMAGES

N° : 09988 KM : 241
 VILLE : SF / MD
 DATE : 2022/06/15-16-17
 PAR : Spandec

LOCALISATION : 511, 549, 586
 -75, 420, 58
 COURBE GAUCHE DROITE
 SPIRALE TANGENTE



Méthode de fabrication du profilé : Laminée Soudée

Définitions

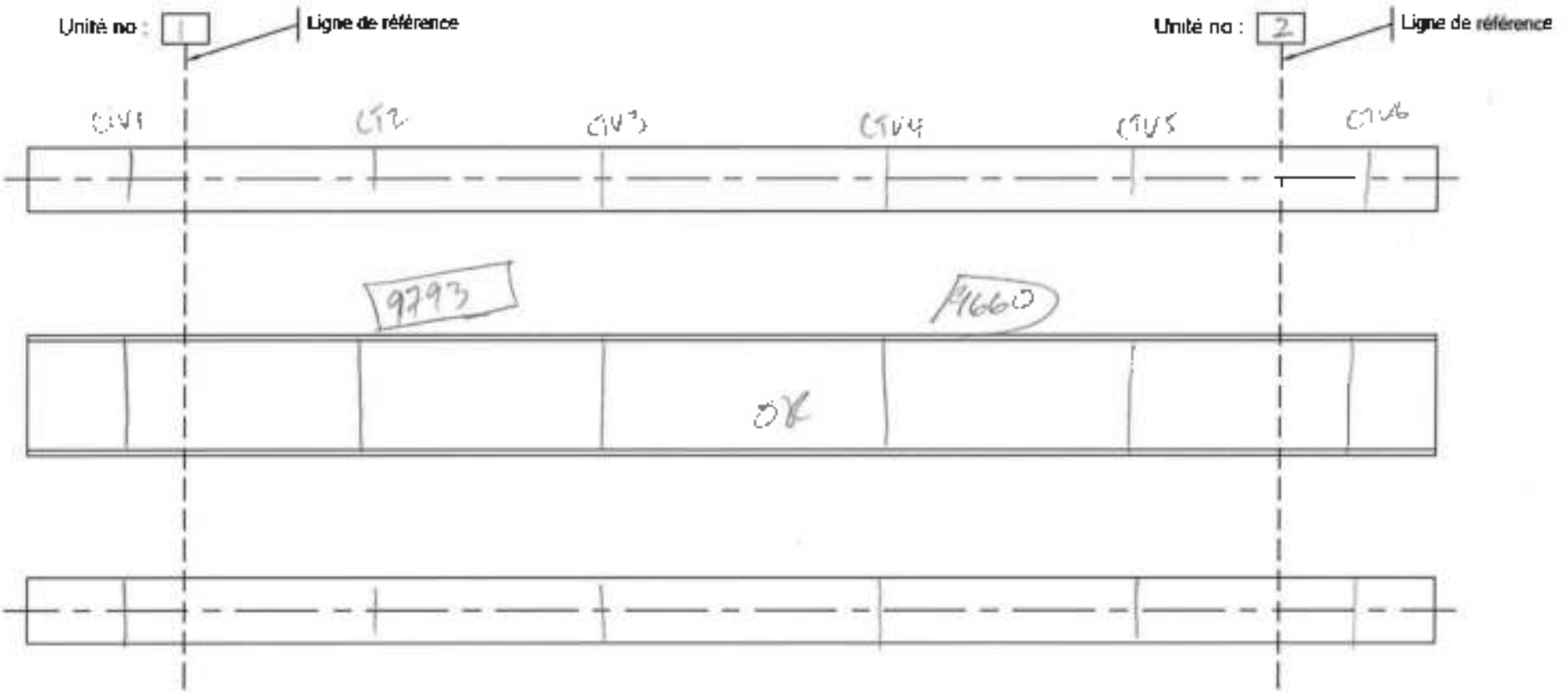
Milieu de la demi-semelle

Hauteur maximale du profilé (d)	463
Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	175
Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	175
Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	16,0
Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	16,0
Épaisseur maximale de l'âme (w)	12,2
	L1

RELEVÉ DE DOMMAGES

F- 2022-03 KM : 241
 KCM: SE/MD
 DATE: 2022/06/15-16-17
 PAR: Steathec.

LOCATION: 51, 509132
 LCVS: -25, 91452
 COURBE:
 GAUCHE:
 DROITE:
 S'INSCRIRE:
 ANNULER:



Méthode de fabrication du profilé : Laminée Soudée

Définitions

Zone de sensibilité
 0.3L cisaillement 0.4L flexion 0.3L cisaillement

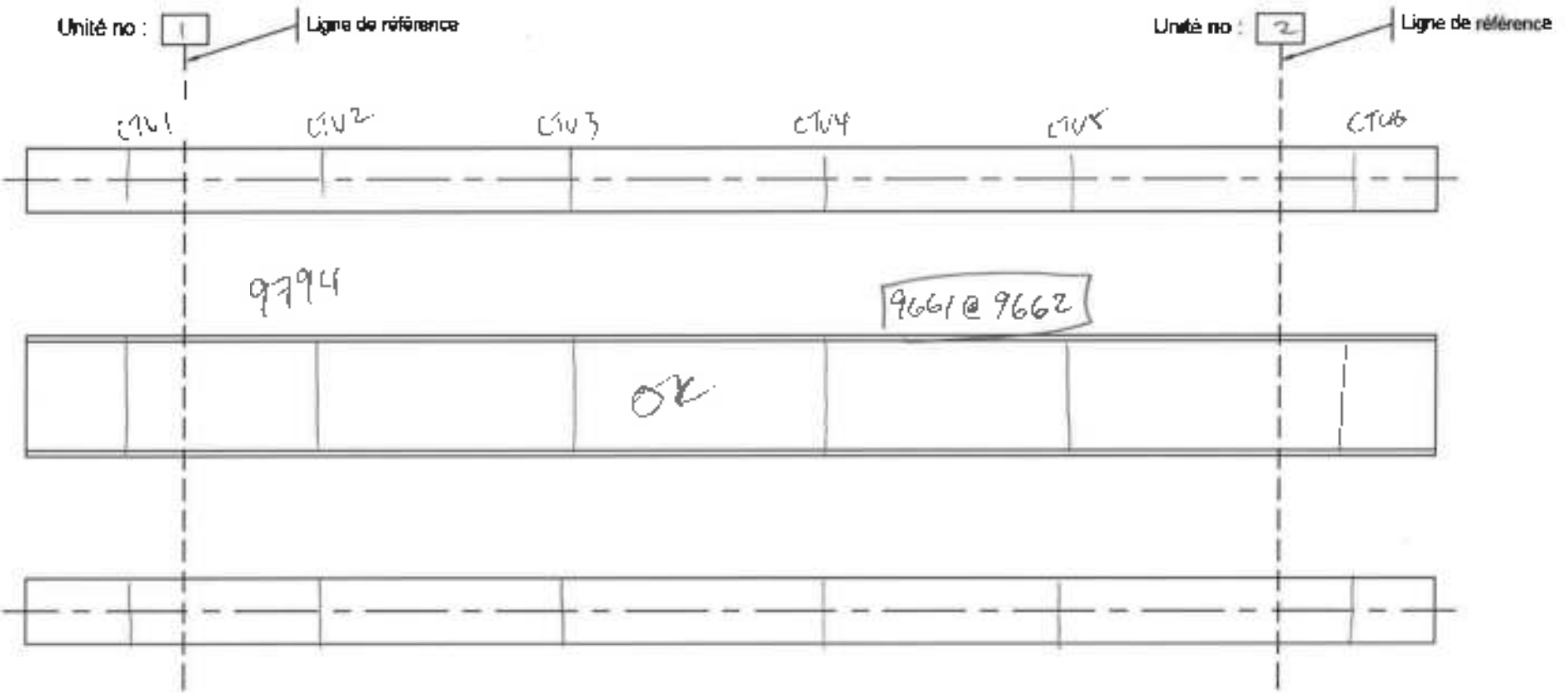
Milieu de la demi-semelle

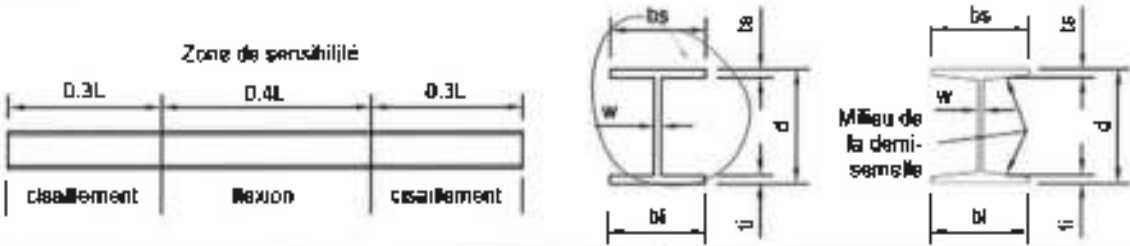
Hauteur maximale du profilé (d)	460
Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	200
Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	200
Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	17,0
Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	17,0
Épaisseur maximale de l'âme (w)	12,7
	L2

RELEVÉ DE DOMMAGES

P: 9794 KM: 2011
 NOM: ST/MD
 DATE: 2022/06/15-16-17
 VUE: Spéciale

LOCALISATION: 51,5049/36
 29,2110/52
 COURBE:
 GAUCHE:
 DROITE:
 SPIRALE:
 TANGENT:

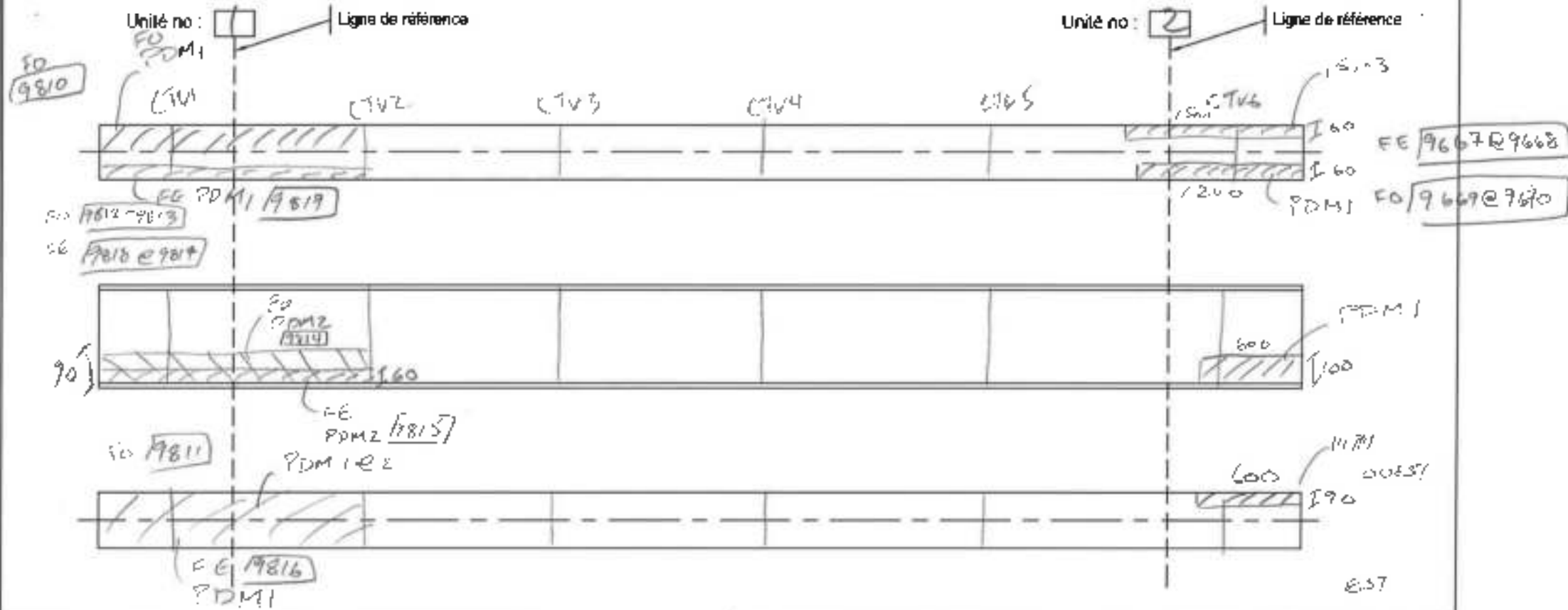


Méthode de fabrication du profilé: <input checked="" type="checkbox"/> Laminée <input type="checkbox"/> Soudée	Hauteur maximale du profilé (d)	116,3
Définitions 	Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	200
	Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	200
	Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	16,0
	Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	17,0
	Épaisseur maximale de l'âme (w)	17,5
		23

RELEVÉ DE DOMMAGES

F 20958 KM : 241
 NOM : *SR / MJD*
 DATE : *2022-06-15/16/17*
 IPR : *Stantel*

LOC : *1004 JON*
 MAT : *41,549436*
 LON : *75,19052*
 COURS :
 GALV :
 DROIT :
 SIGNALÉ :
 AMPLIÉ :



Méthode de fabrication du profilé : Laminée Soudée

Définitions

Hauteur maximale du profilé (d)	609
Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	230
Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	230
Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	15,0
Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	15,0
Épaisseur maximale de l'âme (w)	13,2
<i>L4</i>	

Relevé de dommages de 3 ponts – La Grande Alliance route du Nord

N/D : 158100425

Date d'inspection : 2022-06-15/16/17 (aaaa/mm/jj)

Structure : P-09958

Nom des inspecteurs : Jonathan Fournier

Mathieu Doyer

N° de photo	Localisation	Description
9625	Approche Nord	Générale
9626	Dessus	Générale
9627	Glissière Est	Générale
9628	Surface de roulement	Pourriture jusqu'à très important. Usure par abrasion.
9629	Surface de roulement	Pourriture jusqu'à très important. Usure par abrasion.
9630	Glissière Ouest	Générale
9631	Plaquette d'identification	Générale
9632	Approche Sud	Générale
9633	Platelage, poutre 2	Chevauchement incomplet
9634	Platelage, poutre 2	Chevauchement incomplet
9635	Platelage, poutre 2	Chevauchement incomplet
9636	Platelage, poutre 2	Chevauchement incomplet
9637	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 1	Générale
9638	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 1	Générale
9639	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 1	Corrosion de la plaque d'acier
9640	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 1	Générale
9641	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 1	Générale
9642	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 1	Générale

N° de photo	Localisation	Description
9643	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 1	Générale
9644	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 1	Générale
9645	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 2	Générale
9646	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 2	Générale
9647	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 2	Générale
9648	Platelage, poutre 2	Chevauchement incomplet
9649	Platelage, poutre 2	Chevauchement incomplet
9650	Platelage, poutre 2	Chevauchement incomplet
9651	Platelage, poutre 2	Chevauchement incomplet
9652	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 2	Générale
9653	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 2	Générale
9654	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 2	Générale
9655	Système d'accès	Générale
9656	Poutre 1, âme	Générale des plaques boulonnées
9657	Poutre 1, semelle supérieure	Générale des plaques boulonnées
9658	Poutre 1, semelle inférieure	Générale des plaques boulonnées
9659	Longeron 1	Générale
9660	Longeron 2	Générale
9661	Longeron 3	Corrosion
9662	Longeron 3	Corrosion
9663	Platelage	Chevauchement incomplet
9664	Platelage	Chevauchement incomplet
9665	Poutre 4, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9666	Poutre 4, face Ouest, unité de fondation 2	Générale
9667	Longeron 4, face Est, unité de fondation 2	Perte de matériaux

N° de photo	Localisation	Description
9668	Longeron 4, face Est, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9669	Longeron 4, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9670	Longeron 4, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9671	Poutre 3, face Est, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9672	Poutre 3, face Est, unité de fondation 2	Générale
9673	Poutre 3, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9674	Poutre 3, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9675	Poutre 2, face Est, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9676	Poutre 2, face Est, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9677	Poutre 2, face Ouest, unité de fondation 2	Générale
9678	Poutre 2, face Ouest, unité de fondation 2	Générale
9679	Poutre 2, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9680	Poutre 2, face Est	Perte de matériaux
9681	Poutre 3, face Ouest	Générale
9682	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9683	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9684	Poutre 4, face Est, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9685	Poutre 4, face Est	Perte de matériaux
9686	Poutre 4	Perte de matériaux
9687	Poutre 4	Perte de matériaux
9688	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9689	Poutre 3, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9690	Dessous, contreventement en x	Déformation
9691	Dessous, contreventement en x	Déformation
9692	Platelage	Chevauchement incomplet

N° de photo	Localisation	Description
9693	Dessous	Générale
9694	Platelage	Chevauchement incomplet
9695	Platelage	Chevauchement incomplet
9696	Poutre 1	Déflexion des raidisseurs
9697	Poutre 1	Déflexion des raidisseurs
9698	Élévation Ouest	Générale
9699	Système d'accès	Générale
9700	Système d'accès	Générale
9701	Véhicule accompagnateur	Générale
9702	Véhicule accompagnateur	Générale
9787	Poutre 1, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9788	Poutre 1, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9789	Poutre 1, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9790	Poutre 1, face Est, unité de fondation 1	Générale
9791	Poutre 1, face Est, unité de fondation 1	Générale
9792	Longeron 1	Générale
9793	Longeron 2	Générale
9794	Longeron 3	Générale
9795	Poutre 2, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9796	Poutre 2, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9797	Poutre 2, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9798	Poutre 2, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9799	Poutre 2, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9800	Poutre 3, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9801	Poutre 3, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux

N° de photo	Localisation	Description
9802	Poutre 3, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9803	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9804	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9805	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9806	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9807		
9808		
9809	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9810	Longeron 4, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9811	Longeron 4, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9812	Longeron 4, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9813	Longeron 4, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9814	Longeron 4, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9815	Longeron 4, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9816	Longeron 4, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9817	Longeron 4, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9818	Longeron 4, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9819	Longeron 4, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9820	Poutre 4, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9821	Poutre 4, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9822	Poutre 4, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9823	Poutre 4, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9824	Poutre 4, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9825	Poutre 4, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9826	Dessous	Générale

N° de photo	Localisation	Description
9827	Poutre 1, dessous	Générale
9828	Poutre 2, dessous	Générale
9829	Poutre 3, dessous	Générale
9830	Poutre 4, dessous	Générale
9831	Unité de fondation 2	Générale
9832	Unité de fondation 2	Générale
9833	Panneau de tonnage, côté Sud	Générale, absent au côté Nord
9834	Panneaux, côté Sud	Générale



9625.



9626.

Agir dans l'intérêt collectif



9627.



9628.



9629.



9630.



9631.



9632.



9633.



9634.



9635.



9636.



9637.



9638.



9639.



9640.



9641.



9642.



9643.



9644.



9645.



9646.



9647.



9648.



9649.



9650.



9651.



9652.



9653.



9654.



9655.



9656.



9657.



9658.



9659.



9660.



9661.



9662.



9663.



9664.



9665.



9666.



1

9667.



1

9668.



9669.



9670.



9671.



9672.



9673.



9674.



9675.



9676.

Agir dans l'intérêt collectif



9677.



9678.



9679.



9680.



9681.



9682.



9683.



9684.



9685.



9686.



9687.



9688.

Agir dans l'intérêt collectif



9689.



9690.



9691.



9692.



9693.



9694.



9695.



9696.



9697.



9698.



9699.



9700.



9701.



9702.



9787.



9788.



9789.



9790.



9791.



9792.



9793.



9794.



9795.



1

9796.

Agir dans l'intérêt collectif



9797.



9798.



9799.



9800.



9801.



9802.



9803.



9804.



9805.



9806.



9807.



9808.



9809.



9810.



9811.



9812.



9813.



9814.



9815.



9816.



9817.



9818.



9819.



9820.



9821.



9822.



9823.



9824.



9825.



9826.



9827.



9828.



9829.



9830.



9831.



9832.



9833.



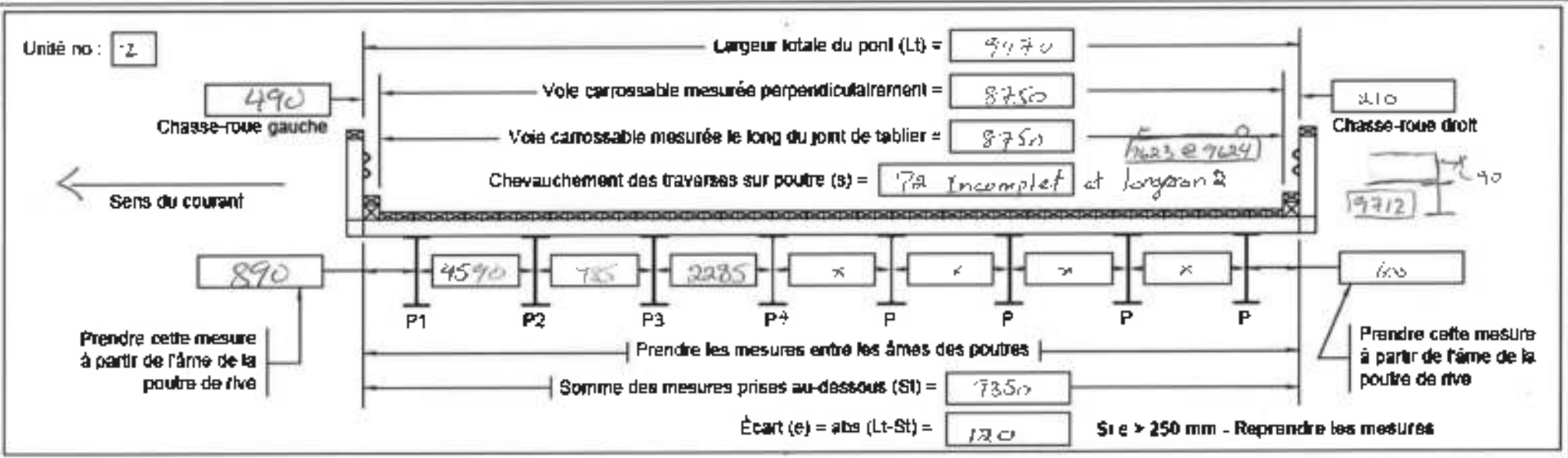
9834.

APPENDIX B – BRIDGE 9959

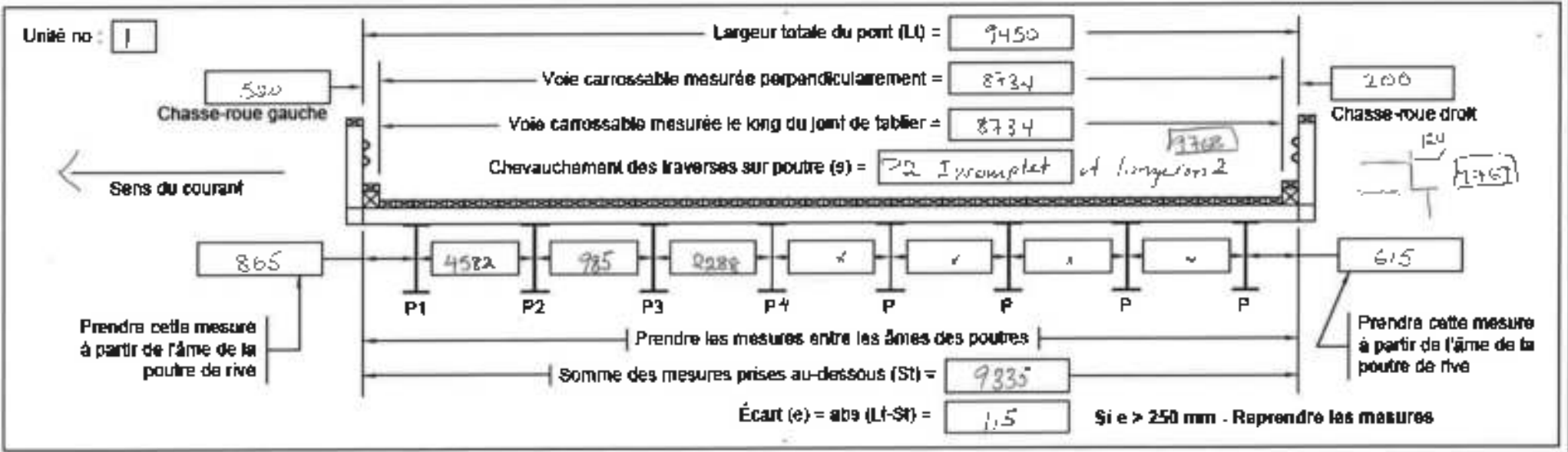


RELEVÉ DE DOMMAGES

P	09459	KM	23+6	LOCATION	
NOM	JF, MD				
DATE	2022/06/15-16			LAT	51,531108
LIEU	Starzec			LONG	-75,456765
COURBE	<input type="checkbox"/>	COURBE GAUCHE	<input type="checkbox"/>	SUR PALL	<input type="checkbox"/>
DROITE	<input checked="" type="checkbox"/>	TANGENTE	<input type="checkbox"/>		

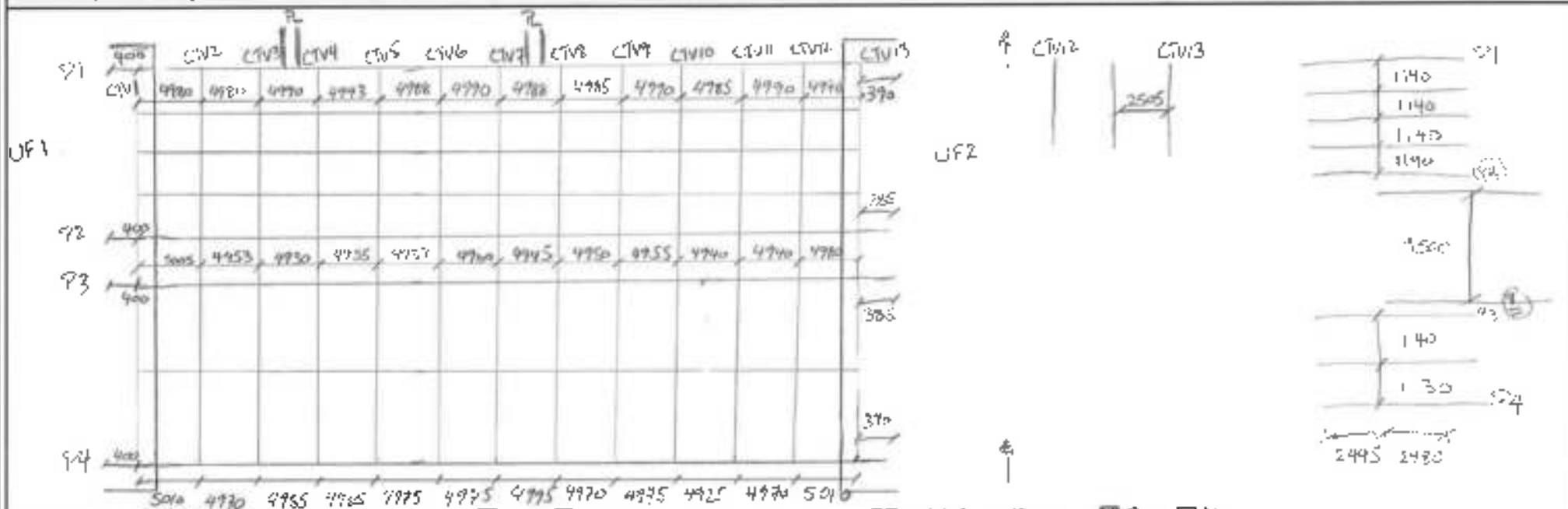


Prendre les mesures du dessous du tablier au même endroit que celles du dessus



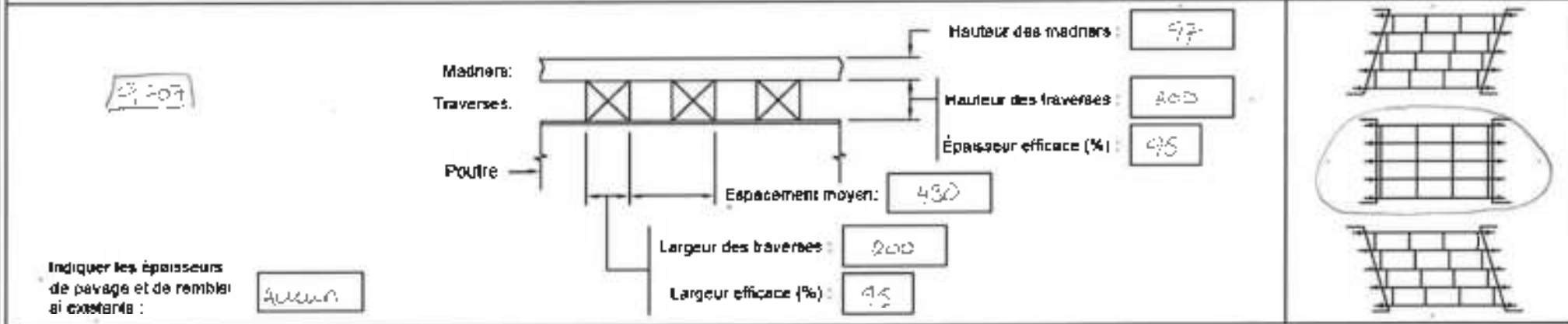
Plaque 1 et 2 ⓐ 3 et 4 PAREIL

Vue en plan du système structural (orientation générale, biais, sens du courant, etc.)



Présence d'un système de contreventements : Oui Non Efficacité du système : Oui Non

Dimension du platelage



RELEVÉ DE DOMMAGES

PROJET: []

CLIENT: []

DATE: 2008/06/15-16

PAR: S. Farfel

NOUVEAU

KM: 00700

NOM: []

INDIC: []

COUPE: []

SAUCHE: []

TANGENT: []

LOCATION: []

AL: []

ONC: []

SI: []

SP: []

HALE: []

TANGENT: []



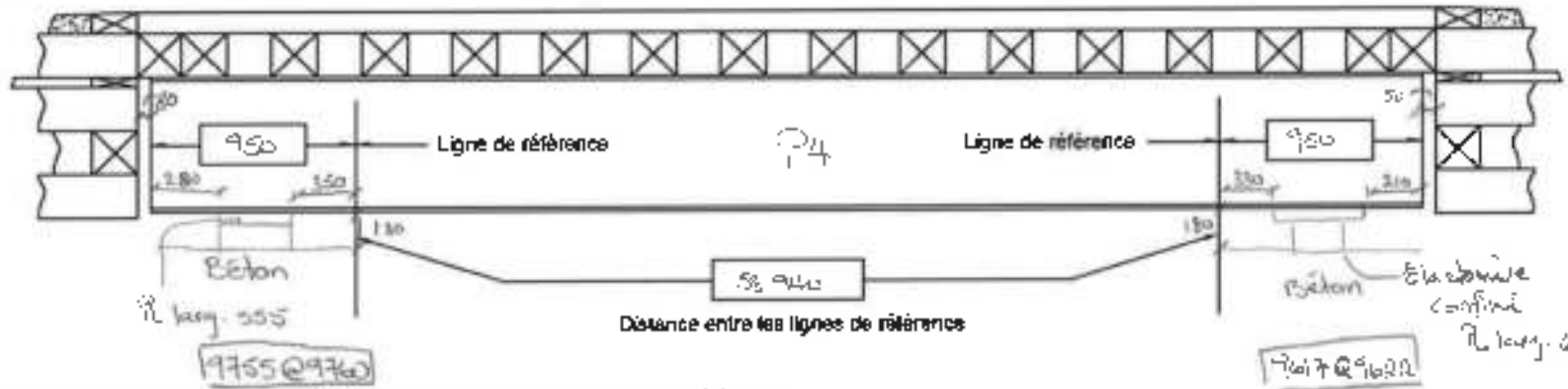
RELEVÉ DE DOMMAGES

DATE:	2008/06/15-16	LOCALISATION:	51.531.06
NUM:	SE/MIS	LONG:	75.056.05
PAT:	Starlec	COURSE:	<input type="checkbox"/>
		GAUCHE:	<input type="checkbox"/>
		DROITE:	<input checked="" type="checkbox"/>
		SP. HA. F:	<input type="checkbox"/>
		TANGENTE:	<input type="checkbox"/>

Côté amont

Unité no : 1

Unité no : 2

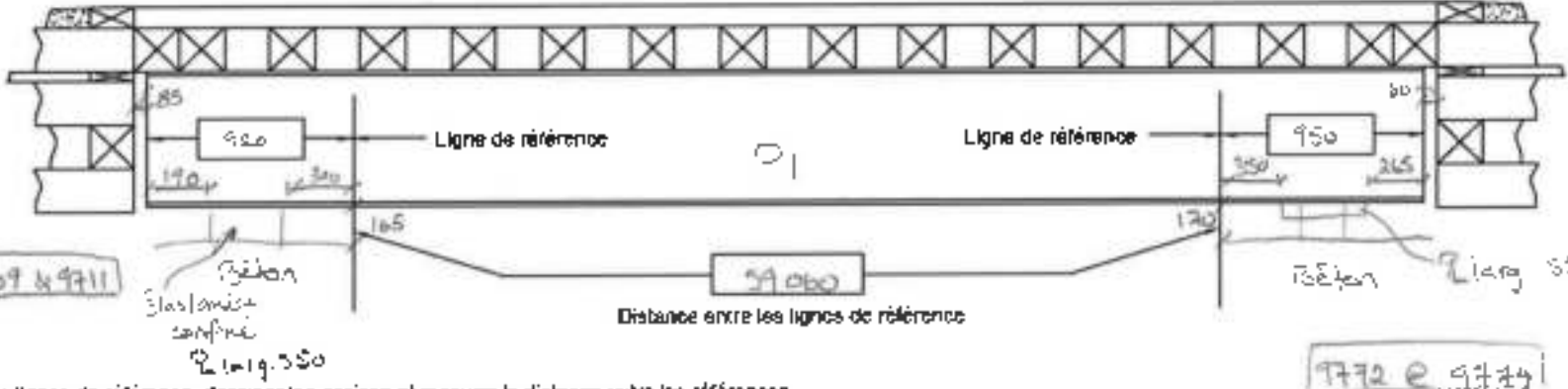


Déterminer les lignes de référence, dessiner les assises et mesurer la distance entre les références.

Côté aval

Unité no : 2

Unité no : 1



Déterminer les lignes de référence, dessiner les assises et mesurer la distance entre les références.

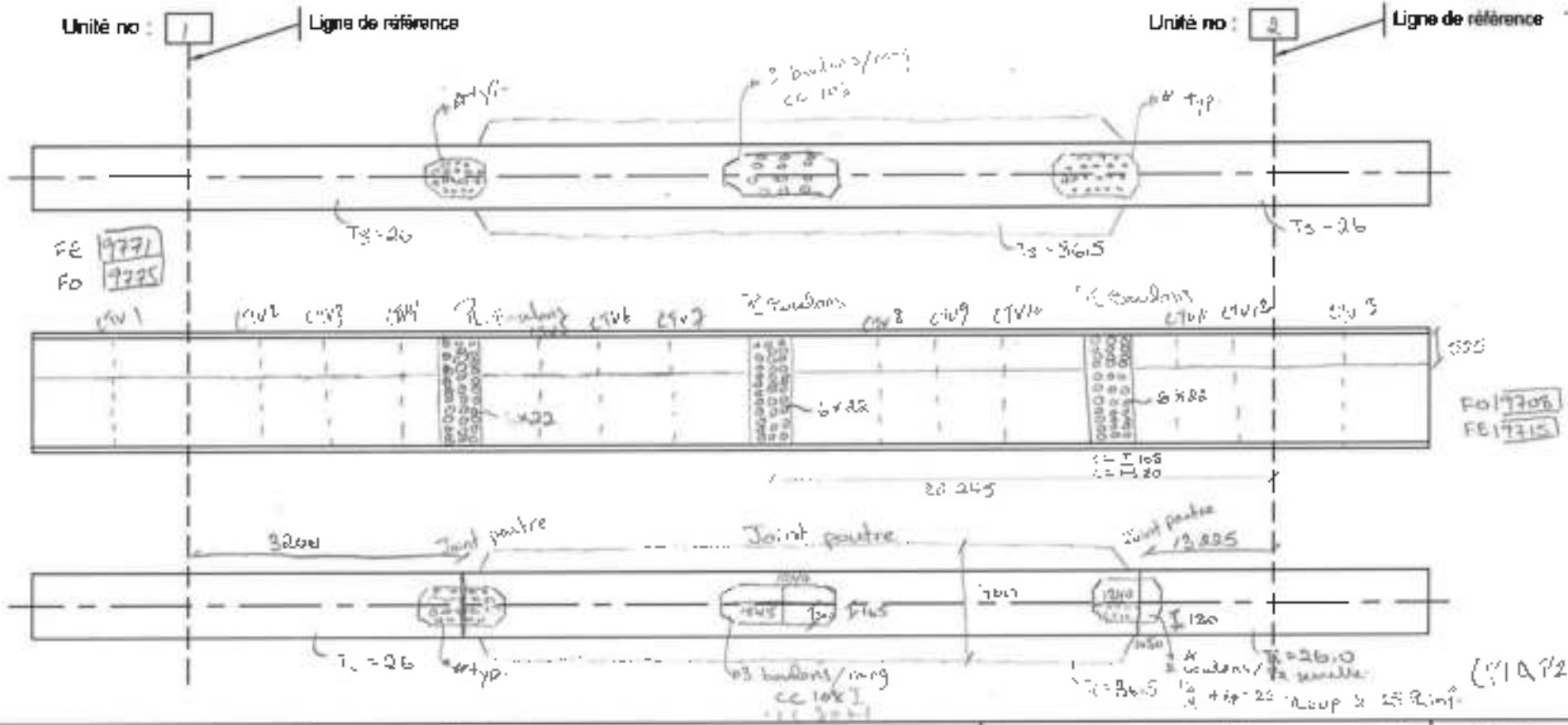
Avis sur l'état et le comportement des unités de fondation

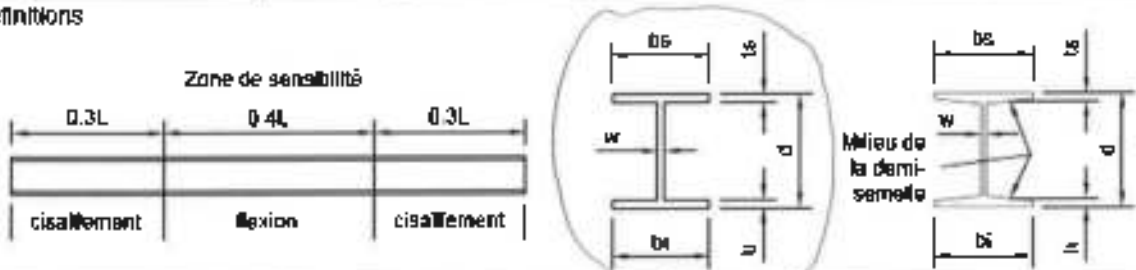
OK

RELEVÉ DE DOMMAGES

PROJET : KW : 609 A
 NOM : S.F / M.D
 DATE : 2002/06/15-16
 LIEU : Sfarinet

DATE : 01.02.06
 COURSES :
 GAUCHE :
 DROITE :
 S.F RAY :
 TANGENT :



Méthode de fabrication du profilé : <input type="checkbox"/> Laminée <input checked="" type="checkbox"/> Soudée		Hauteur maximale du profilé (d)		3605
Définitions 		Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)		505
		Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)		505
		Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)		26.0
		Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)		26.0
		Épaisseur maximale de l'âme (w)		17.0

RELEVÉ DE DOMMAGES

F N° 19327 KW 2014

NOM: SE / MD

DATE: 2022/06/15-16

UNITÉ: Startec

LOCATION: SIDAHO

AT: 5-25102

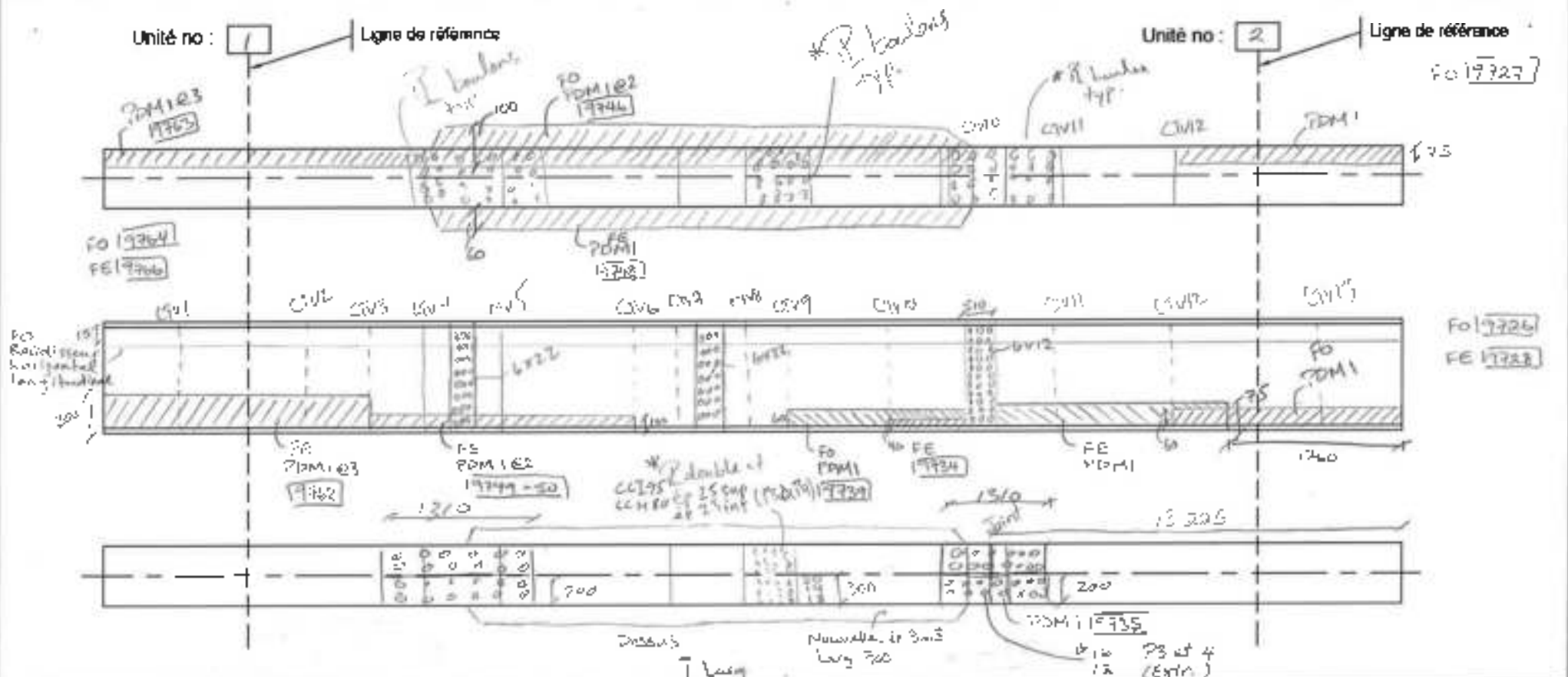
ONG: -721-101100

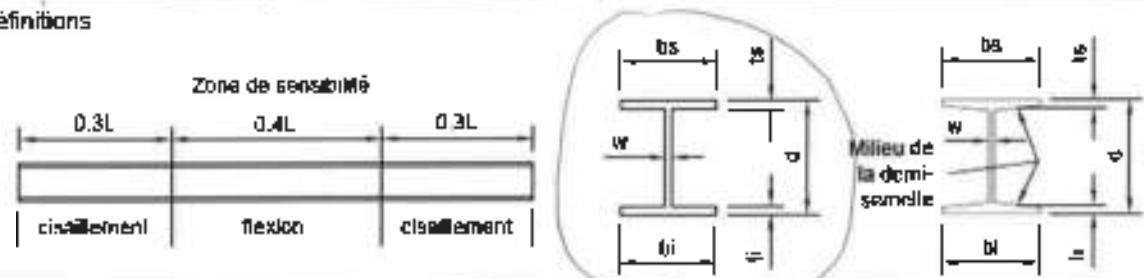
COUURE SAUCI F:

JRCHE:

SPIRA F:

LAVRNI:



Méthode de fabrication du profilé: <input type="checkbox"/> Laminée <input checked="" type="checkbox"/> Soudée	Hauteur maximale du profilé (d)	2378
Définitions 	Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	505
	Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	505
	Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	25.5
	Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	25.5
	Épaisseur maximale de l'âme (w)	17



RELEVÉ DE DOMMAGES

F-000579	KM	237.6
KOM	SVC / MAD	
DATE	2002/06/15-16	
FABRI	Starbec	

JM	LOCATION	23.457.865
COUURE	SAUCI C	<input type="checkbox"/>
JRCOTE	<input checked="" type="checkbox"/>	
SIFRA F	<input type="checkbox"/>	
TANGENI =	<input type="checkbox"/>	

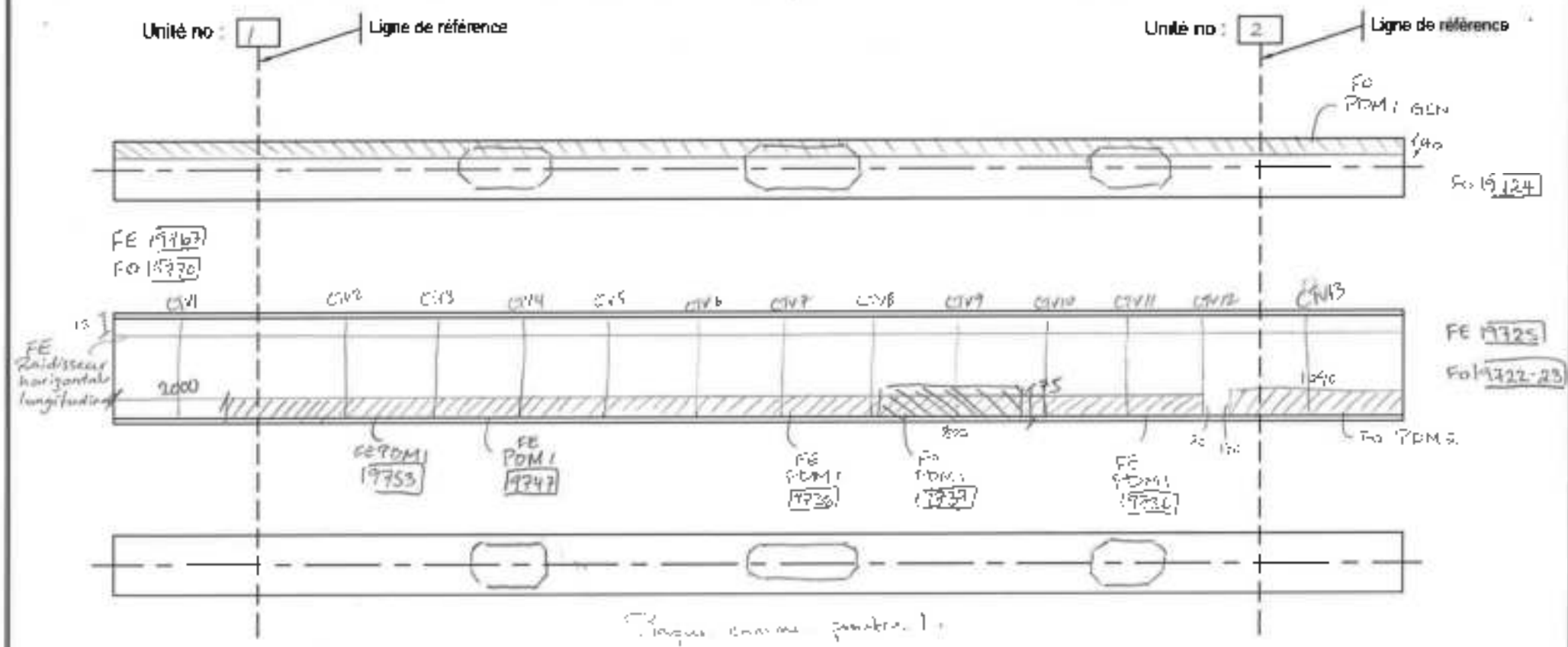


Diagramme en coupe perpendiculaire

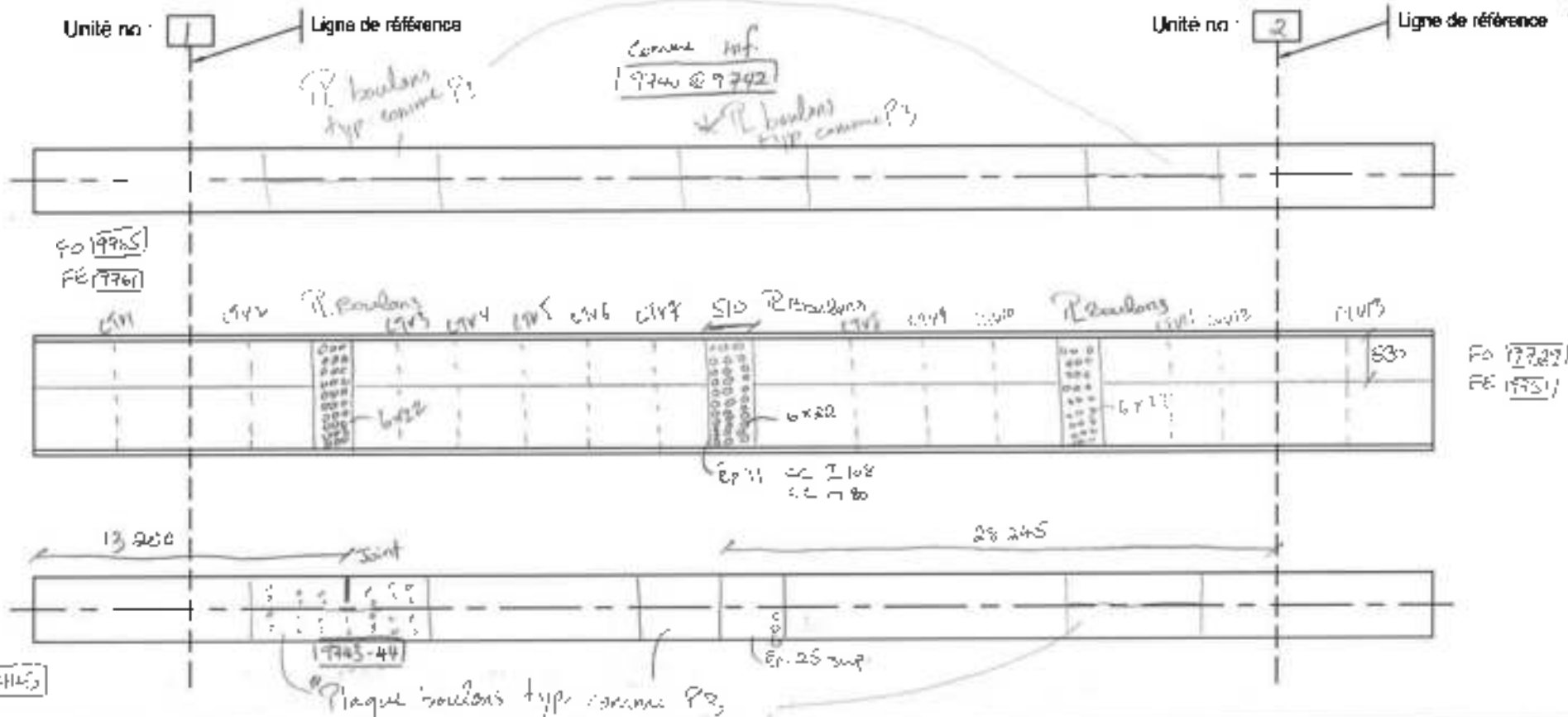
Méthode de fabrication du profilé : Laminée Soudée

Définitions

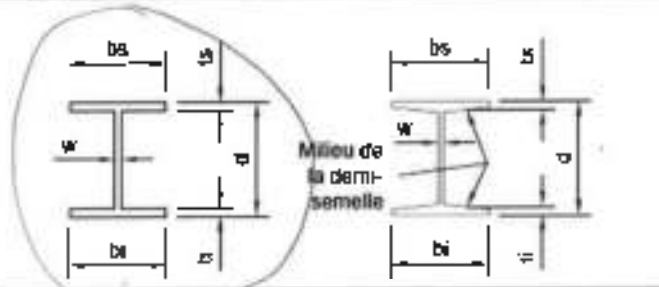
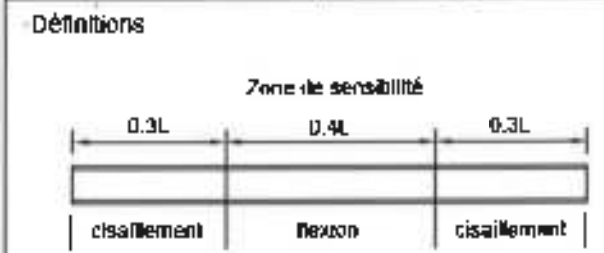
Hauteur maximale du profilé (d)	2600
Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	605
Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	505
Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	2400
Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	2600
Épaisseur maximale de l'âme (w)	1700

RELEVÉ DE DOMMAGES

PROJET	KM : 5+51.6	LOCATION	
NOM	SE/MR	LAT	5 53145
DATE	2022/06/15-16	LONG	-72.952765
USGE	Standard	COUPE	<input type="checkbox"/> SAUCI F
		JRC TE	<input checked="" type="checkbox"/>
		SR FA F	<input type="checkbox"/>
		TANGENTE	<input type="checkbox"/>



Méthode de fabrication du profilé : Laminée Soudée



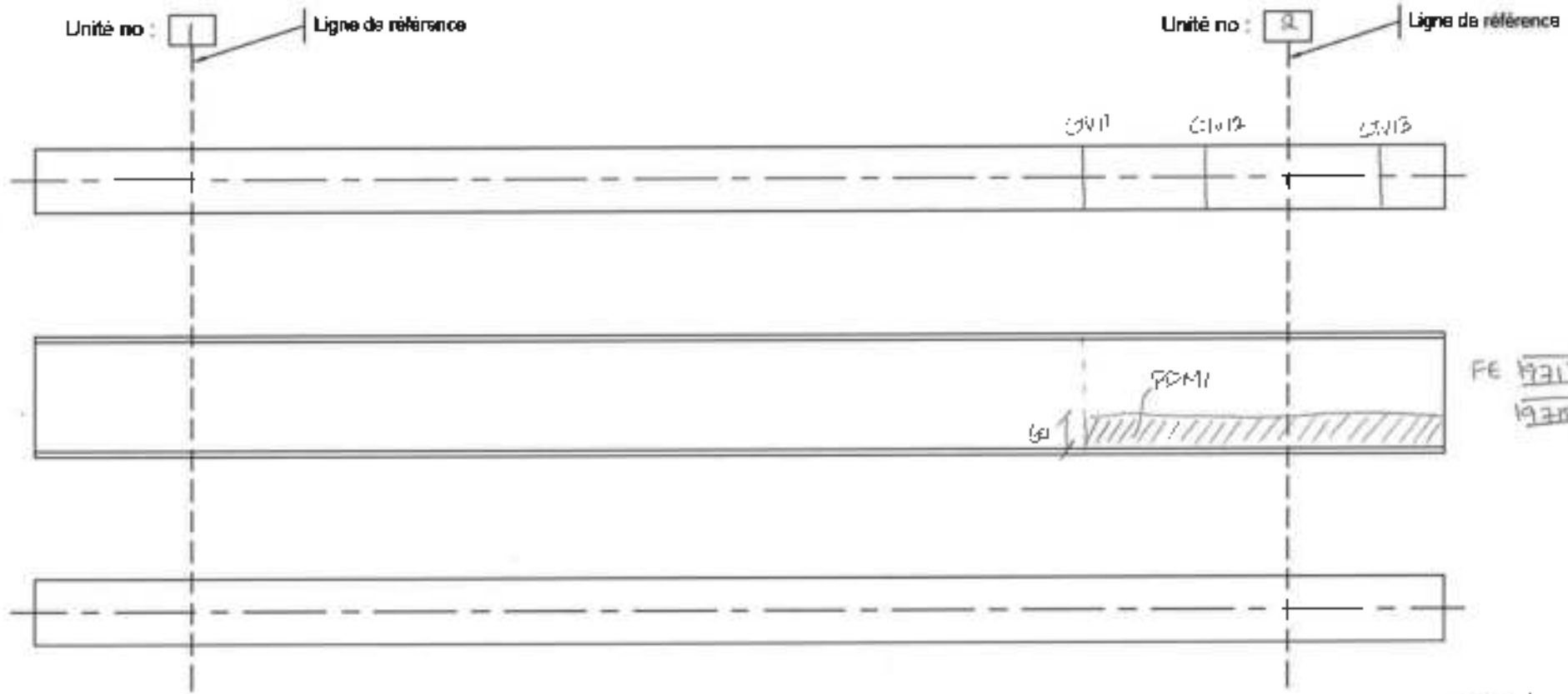
Hauteur maximale du profilé (d)	259
Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	505
Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	505
Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	25p
Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	25.5
Épaisseur maximale de l'âme (w)	1710

74



RELEVÉ DE DOMMAGES

PROJETS	NUM	DATE	LOCALISATION
FAIR	UNITE	PROF	
Starter	2002/04/15-16	GAUCHE	75.450000
		COUPEE	
		TANGENTE	



FE 19317
19318

Typ L1

Méthode de fabrication du profilé : Laminée Soudée

Définitions

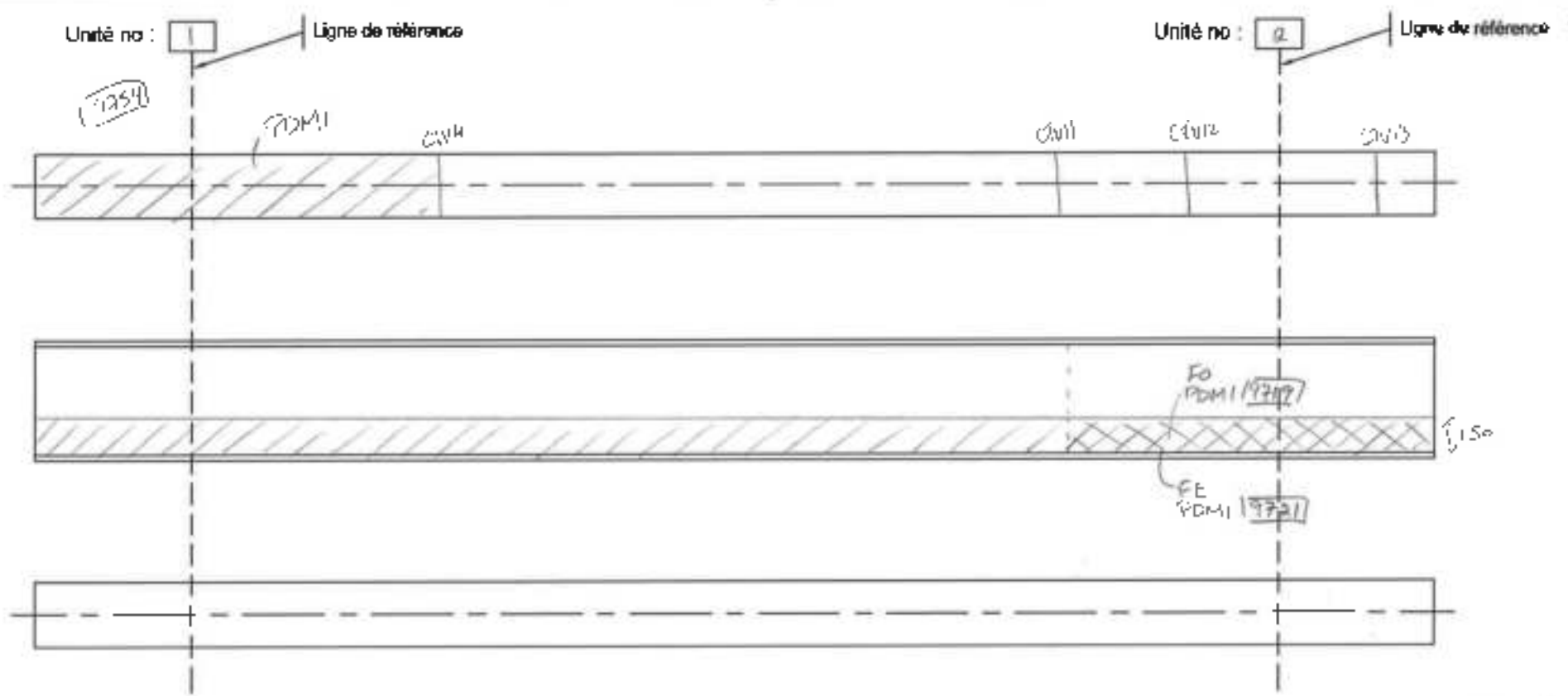
Hauteur maximale du profilé (d)	400
Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	170.28
Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	170.00
Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	17.50
Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	17.50
Épaisseur maximale de l'âme (w)	13.0
	L2



RELEVÉ DE DOMMAGES

N° PROJET: 1-019558 KM: 534.6
 NOM: SE/MO
 DATE: 2002/06/15/16
 VARI: Spanteac

LAT: 51.351106 LOCATION: -150/152670.5
 COURSE: GAUCHE DROITE
 S-F-AILE: TANGENTE:



147-L1

Méthode de fabrication du profilé: <input checked="" type="checkbox"/> Laminiée <input type="checkbox"/> Soudée		Hauteur maximale du profilé (d) 460
Définitions 		Largeur maximale de l'aile supérieure (bs) 17.28
		Largeur maximale de l'aile inférieure (bi) 17.00
		Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts) 17.50
		Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti) 17.50
		Épaisseur maximale de l'âme (w) 13.0
		1.3

Relevé de dommages de 3 ponts – La Grande Alliance route du Nord

N/D : 158100425

Date d'inspection : 2022-06-15/16 (aaaa/mm/jj)

Structure : P-09959

Nom des inspecteurs : Jonathan Fournier

Mathieu Doyer

N° de photo	Localisation	Description
9602	Approche	Générale
9603	Approche Nord	Générale
9604	Glissière Nord-Ouest	Perte de matériaux
9605	Glissière Nord-Ouest	Perte de matériaux
9606	Surface de roulement Sud	Planche de bois en saillie
9607	Surface de roulement Sud	Planche de bois en saillie
9608	Approche Sud	Générale
9609	Approche Sud	Élargissement
9610	Approche Sud	Élargissement
9611	Surface de roulement	Madrier accidenté et pourriture jusqu'à très important
9612	Joint Nord, poutre 1	Déchiré
9613	Approche Nord	Élargissement
9614	Approche Nord	Élargissement
9615	Dessous	Générale
9616	Élévation Est	Générale
9617	Assise	Générale
9618	Assise	Générale
9619	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 2	Générale

N° de photo	Localisation	Description
9620	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 2	Générale
9621	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 2	Générale
9622	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 2	Générale
9623	Platelage	Chevauchement incomplet
9624	Platelage	Chevauchement incomplet
9703	Système d'accès	Générale
9704	Système d'accès	Générale
9705	Élévation Ouest	Générale
9706	Unité de fondation 2	Générale
9707	Platelage	Générale
9708	Poutre 1, face Ouest, unité de fondation 2	Générale
9709	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 2	Générale
9710	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 2	Générale
9711	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 2	Générale
9712	Platelage	Chevauchement incomplet
9713	Extrémité Nord	Générale
9714	Extrémité Nord	Générale
9715	Poutre 1, face Est, unité de fondation 2	Générale
9716	Longeron 1, face Est, unité de fondation 2	Générale
9717	Longeron 2, face Est, unité de fondation 2	Générale
9718	Longeron 2, face Est, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9719	Longeron 3, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9720	Poutre 2, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9721	Longeron 3, face Est, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9722	Poutre 2, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux

N° de photo	Localisation	Description
9723	Poutre 2, face Ouest, unité de fondation 2	Générale
9724	Poutre 2, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9725	Poutre 2, face Est, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9726	Poutre 3, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9727	Poutre 3, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9728	Poutre 3, face Est, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9729	Poutre 4, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9730	Élévation Est	Générale
9731	Poutre 4, face Est, unité de fondation 1	Générale
9732	Longeron 4, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9733	Longeron 4, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9734	Poutre 3, face Est, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9735	Poutre 3, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9736	Poutre 2, face Est, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9737	Poutre 2, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9738	Poutre 2, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9739	Poutre 3, face Ouest, unité de fondation 2	Perte de matériaux
9740	Poutre 4, semelle supérieure	Générale de la plaque boulonnée
9741	Poutre 4, semelle supérieure	Générale de la plaque boulonnée
9742	Poutre 4, semelle supérieure	Générale de la plaque boulonnée
9743	Poutre 4, semelle inférieure	Générale de la plaque boulonnée
9744	Poutre 4, semelle inférieure	Générale de la plaque boulonnée
9745	Poutre 4, semelle inférieure	Générale de la plaque boulonnée
9746	Poutre 3, face Ouest, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9747	Poutre 2, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux

N° de photo	Localisation	Description
9748	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9749	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9750	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9751	Dessous	Générale
9752	Unité de fondation 1	Générale
9753	Poutre 2, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9754	Longeron 3, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9755	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 1	Générale
9756	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 1	Générale
9757	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 1	Générale
9758	Assise	Générale
9759	Assise	Générale
9760	Appareil d'appui, poutre 4, unité de fondation 1	Générale
9761	Poutre 4, face Est, unité de fondation 1	Générale
9762	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9763	Poutre 3, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9764	Poutre 3, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9765	Poutre 4, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9766	Poutre 3, face Est, unité de fondation 1	Générale
9767	Poutre 2, face Est, unité de fondation 1	Perte de matériaux
9768	Platelage	Chevauchement incomplet
9769	Platelage	Chevauchement incomplet
9770	Poutre 2, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9771	Poutre 1, face Est, unité de fondation 1	Générale
9772	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 1	Éclatement du béton

N° de photo	Localisation	Description
9773	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 1	Générale
9774	Appareil d'appui, poutre 1, unité de fondation 1	Générale
9775	Poutre 1, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9776	Poutre 1, face Ouest	Générale
9777	Poutre 1, face Ouest	Générale
9779	Élévation	Générale
9780	Système d'accès	Générale
9835	Approche	Panneau de tonnages



9602.



9603.



9604.



9605.



9606.



9607.



9608.



9609.



9610.



9611.



9612.



9613.



9614.



9615.



9616.



9617.



9618.



9619.



9620.



9621.



9622.



9623.



9624.



9703.



9704.



9705.



9706.



9707.



9708.



9709.



9710.



9711.



9712.



9713.



9714.



9715.



9716.



9717.



9718.



9719.



9720.



9721.



9722.



9723.



9724.



9725.



9726.



9727.



9728.



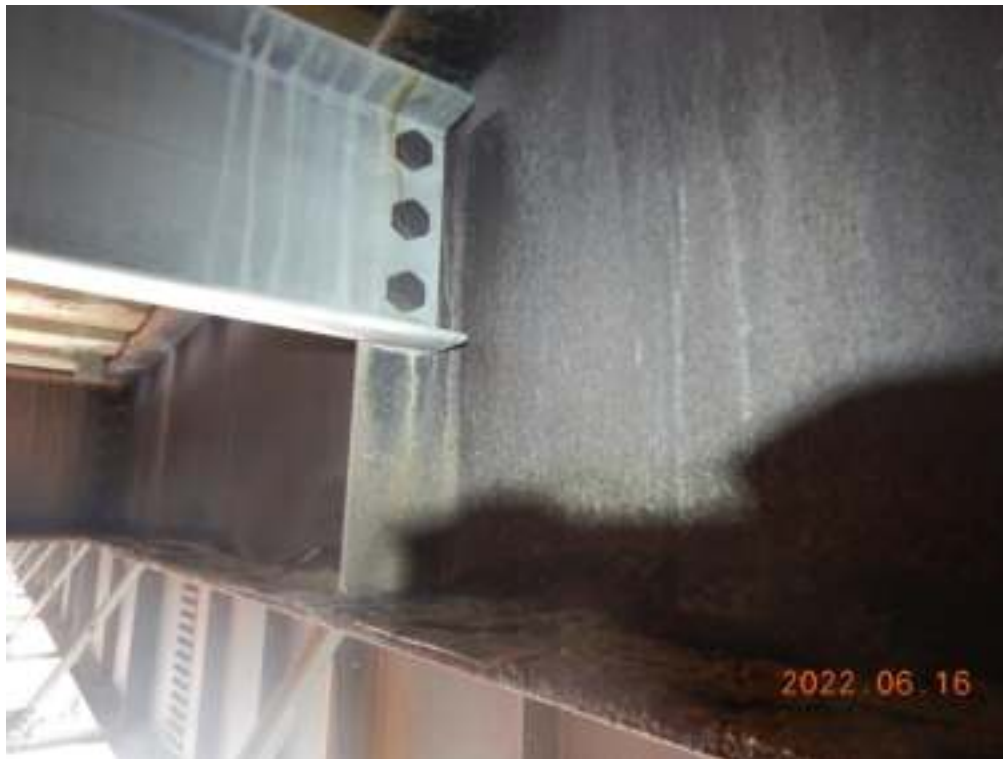
9729.



9730.



9731.



9732.



9733.



9734.



9735.



9736.

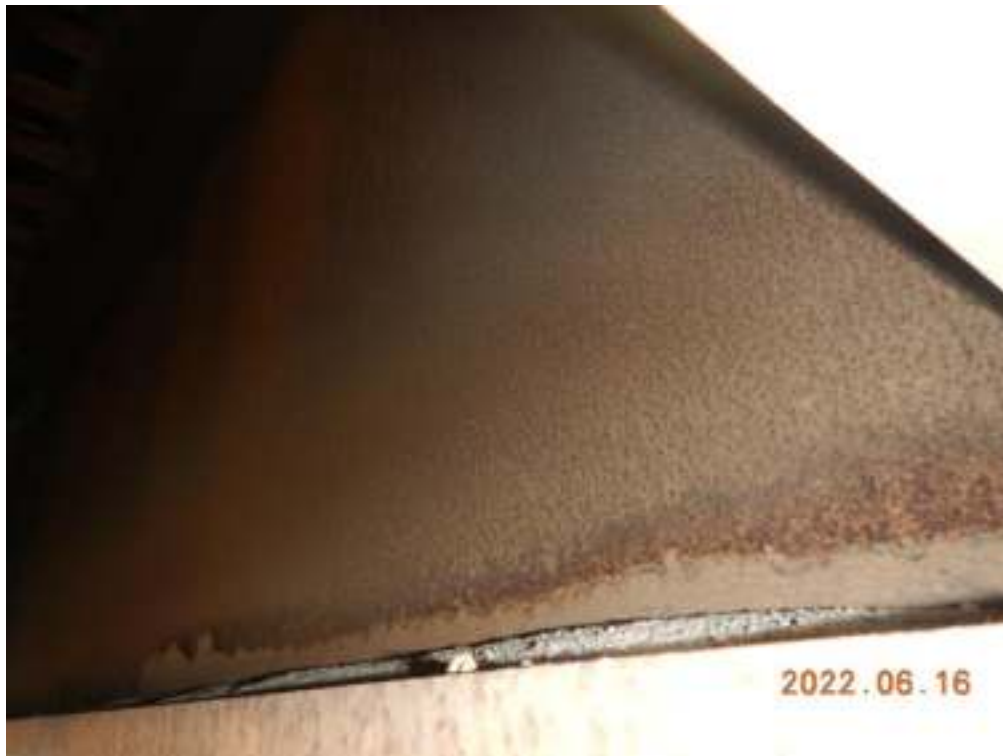


9737.

Agir dans l'intérêt collectif



9738.



9739.



9740.



9741.

Agir dans l'intérêt collectif



9742.



9743.



9744.



9745.



9746.



9747.

Agir dans l'intérêt collectif



9748.



9749.



9750.



9751.



9752.



9753.



9754.



9755.



9756.



9757.



9758.



9759.



9760.



9761.



9762.



9763.



9764.



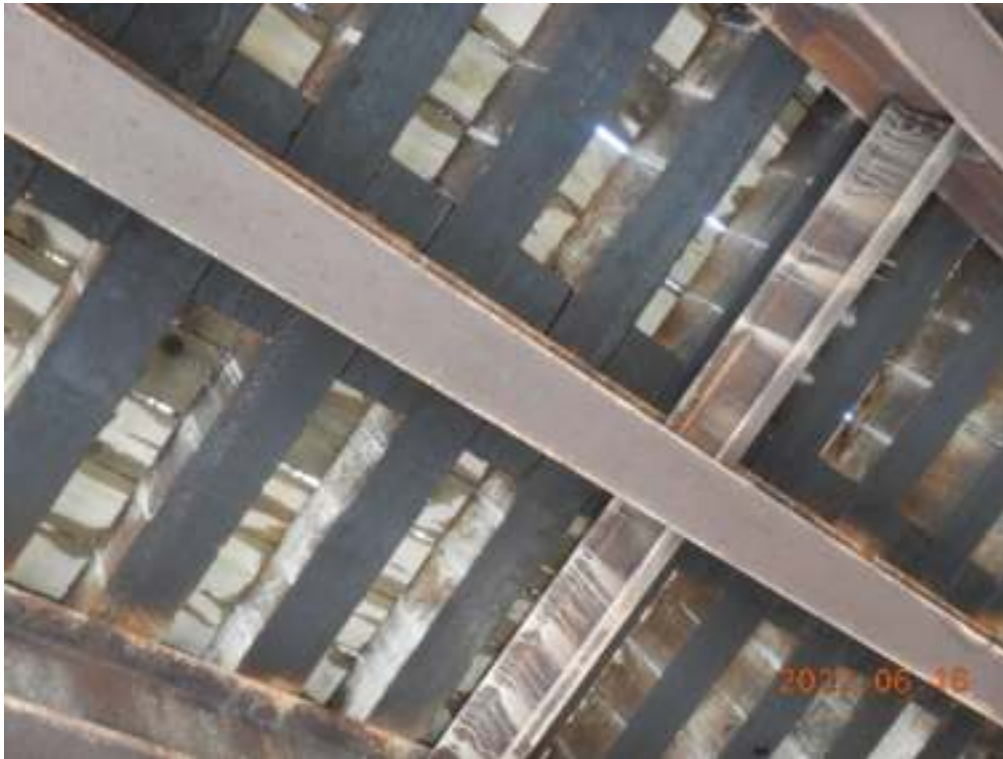
9765.



9766.



9767.



9768.



9769.



9770.



9771.



9772.



9773.



9774.



9775.



9776.



9777.



9779.



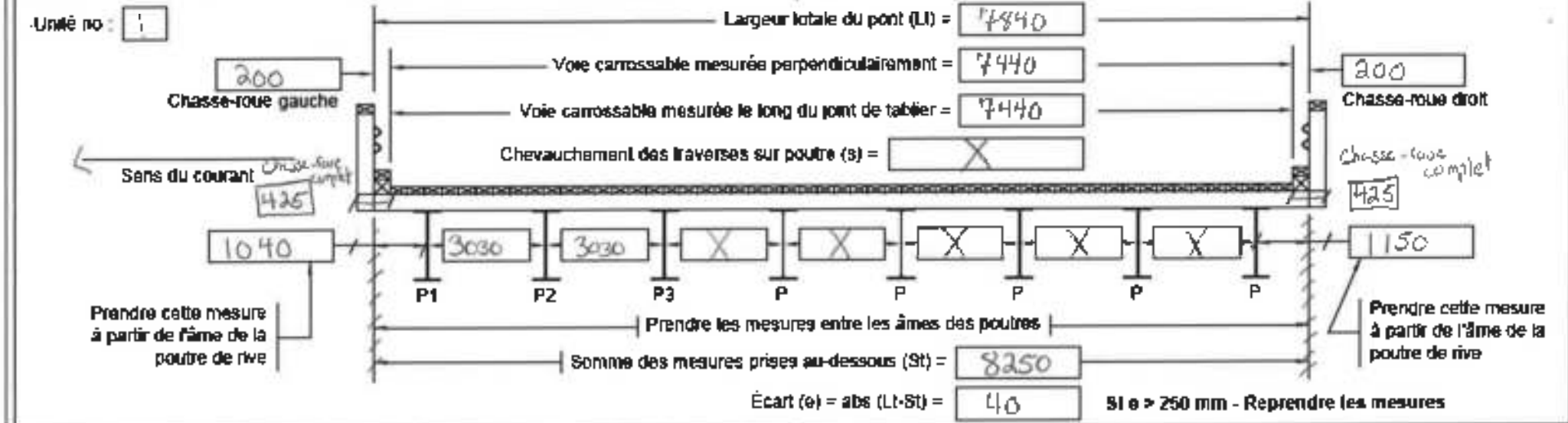
9780.



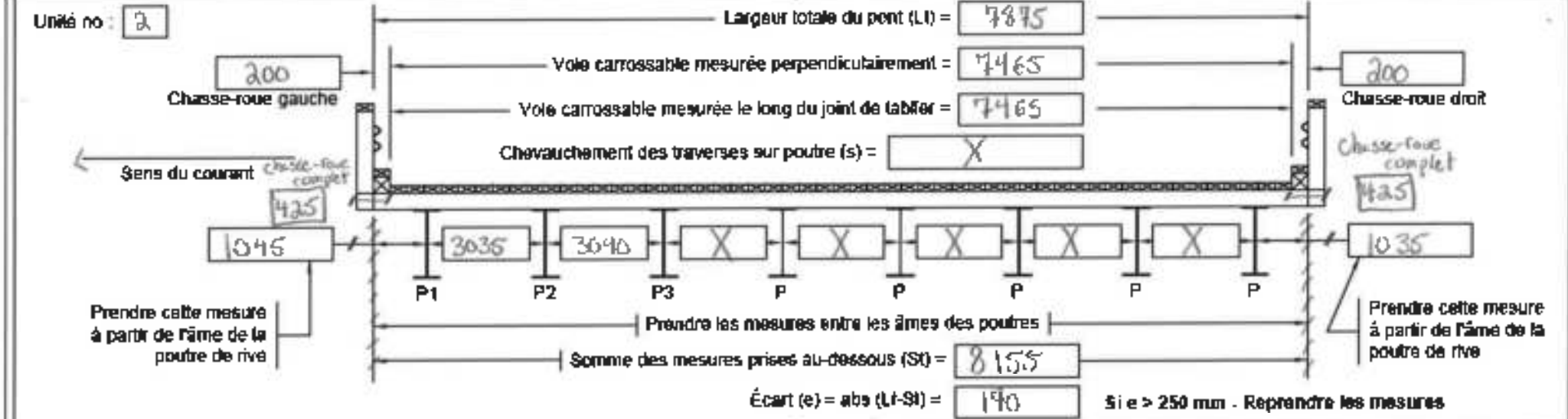
9835.

APPENDIX C – BRIDGE 10232

RELEVÉ DE DOMMAGES

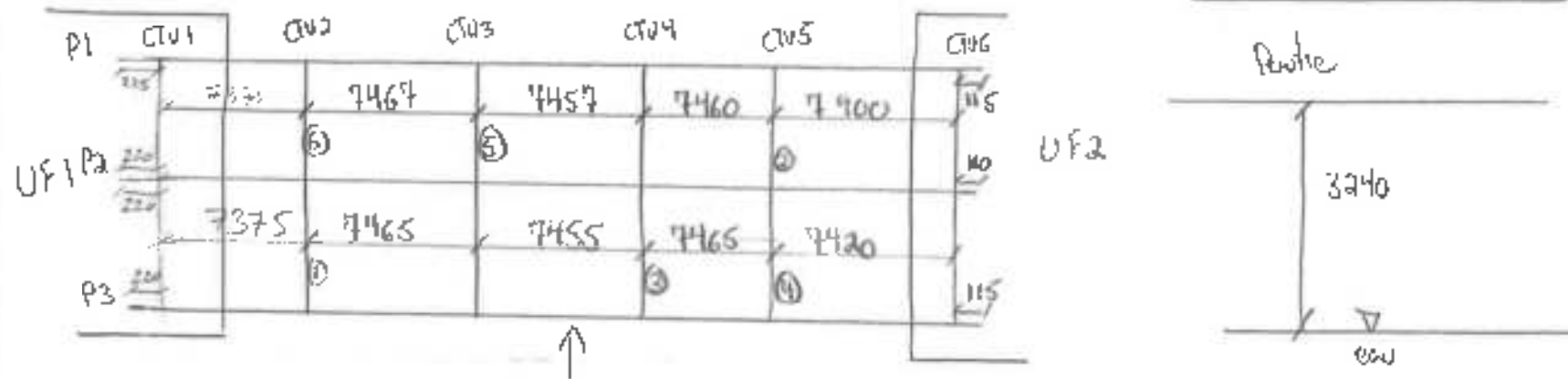


Prendre les mesures du dessous du tablier au même endroit que celles du dessus



PROJET	1013	1013
DATE	2009/06/14	2009/06/14
PROJETANT	Stafel	Stafel
RELEVÉ	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RELEVÉ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RELEVÉ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vue en plan du système structural (orientation générale, biais, sens du courant, etc.)

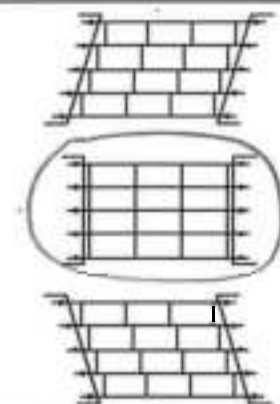
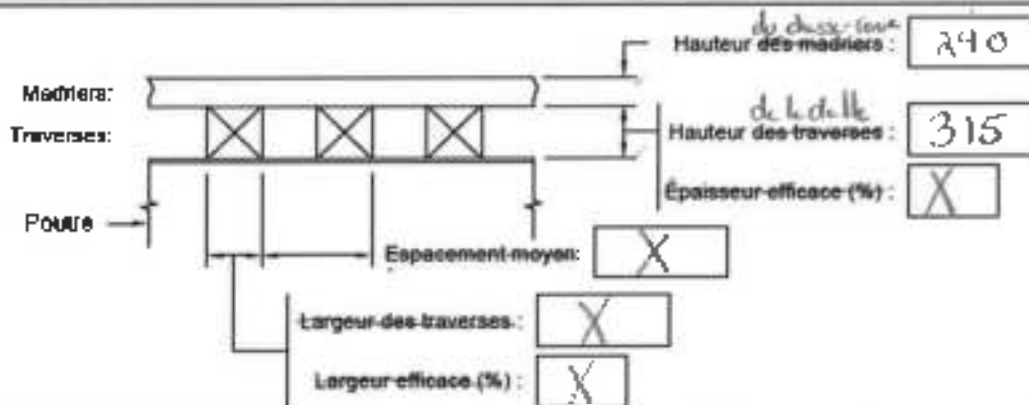


Présence d'un système de contreventements : Oui Non

Efficacité du système : Oui Non

Dimension du platelage

Hauteur côté extérieur
555



Indiquer les épaisseurs de pavage et de remblai si existants : AUCUN

ⓈⓈⓈ Voir dernière page

RELEVÉ DE DOMMAGES



DATE	2022/06/14
PROJET	35 / MD
CLIENT	Stantec
PROJET	35 / MD
CLIENT	Stantec
PROJET	35 / MD
CLIENT	Stantec

RELEVÉ DE DOMMAGES

PROJET : 40-138
 LOCAL : ST / MD
 PASS : 9500/64/1/1
 HAS : Stalder

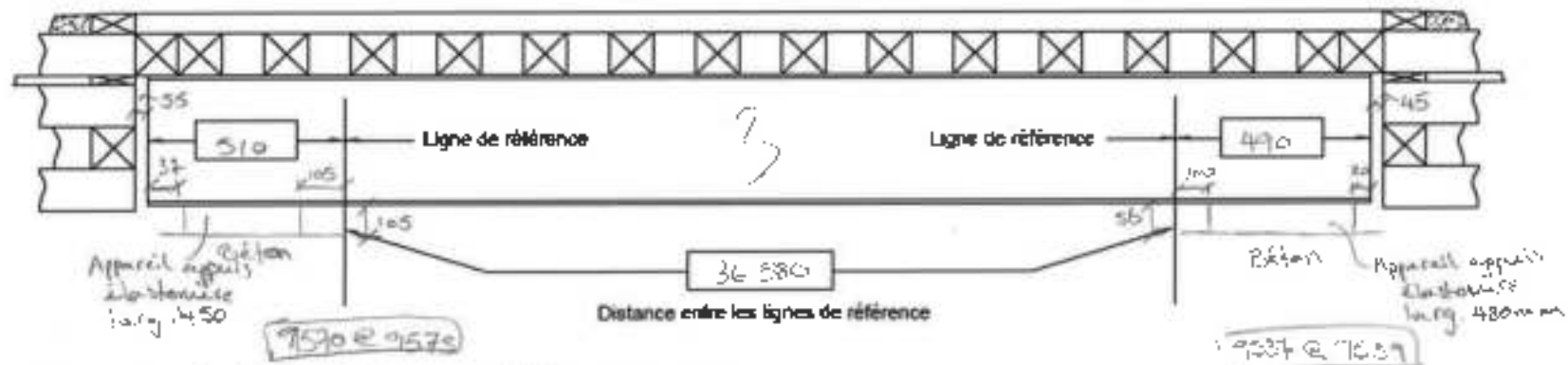
DATE : 10.12.2018
 LOCAL : 7A/29/896

COURBE
 GAUCHE
 DROITE

SURVA T
 TANGENTE

Côté amont

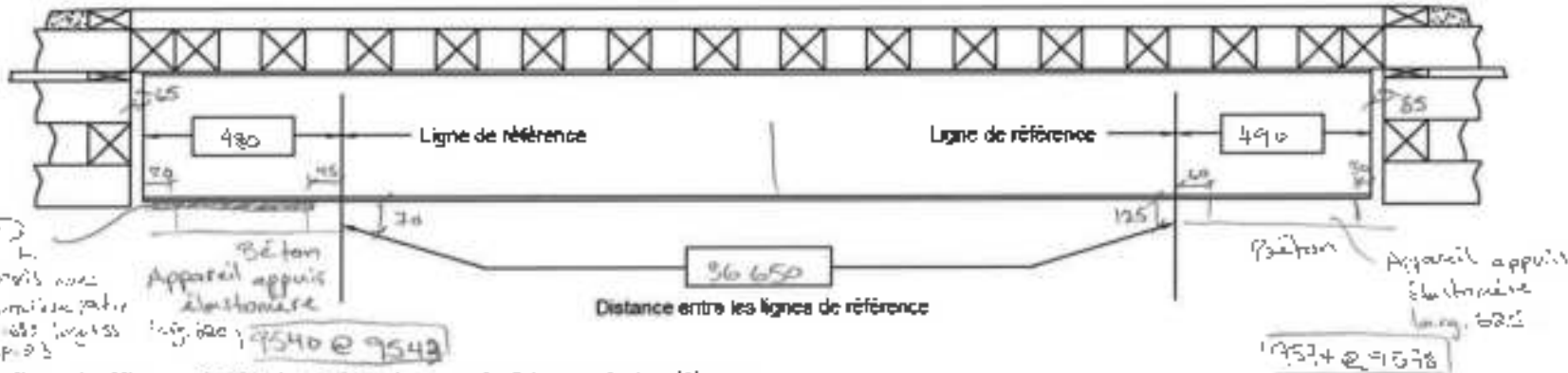
Unité no : Unité no :



Déterminer les lignes de référence, dessiner les assises et mesurer la distance entre les références

Côté aval

Unité no : Unité no :



Déterminer les lignes de référence, dessiner les assises et mesurer la distance entre les références

Avis sur l'état et le comportement des unités de fondation

OK, appareils d'appuis Nord 1 fixe et 2 mobiles (absence d'inclinaison)

RELEVÉ DE DOMMAGES

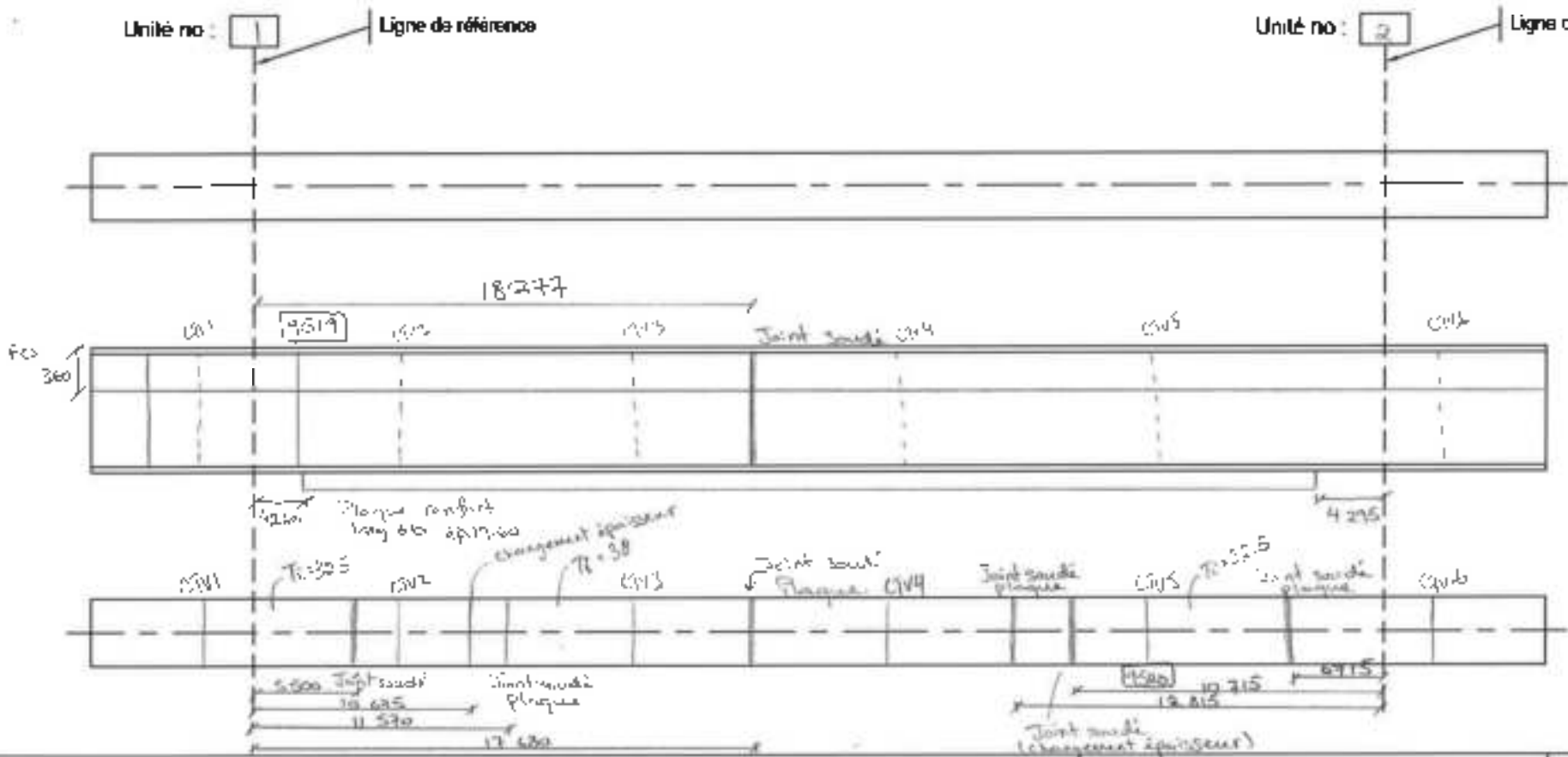
Unité no : Ligne de référence

Unité no : Ligne de référence

DATE: 08/04/14

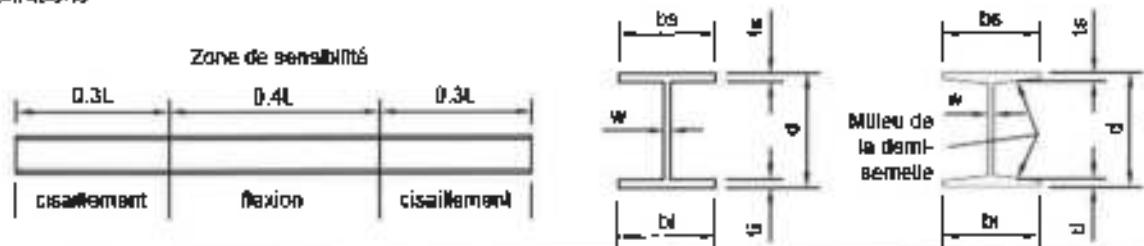
PROJ: SF / MID

PAGE: Structures



Méthode de fabrication du profilé : Laminée Soudée

Définitions



Zone de sensibilité

0.3L cisaillement 0.4L flexion 0.3L cisaillement

Milieu de la demi-semelle

Hauteur maximale du profilé (d)	876.6
Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	803.9
Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	510
Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	16.6
Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	32.5
Épaisseur maximale de l'âme (w)	8.0

LOCATION

DATE: 08/04/14

PROJ: SF / MID

PAGE: Structures

DATE: 08/04/14

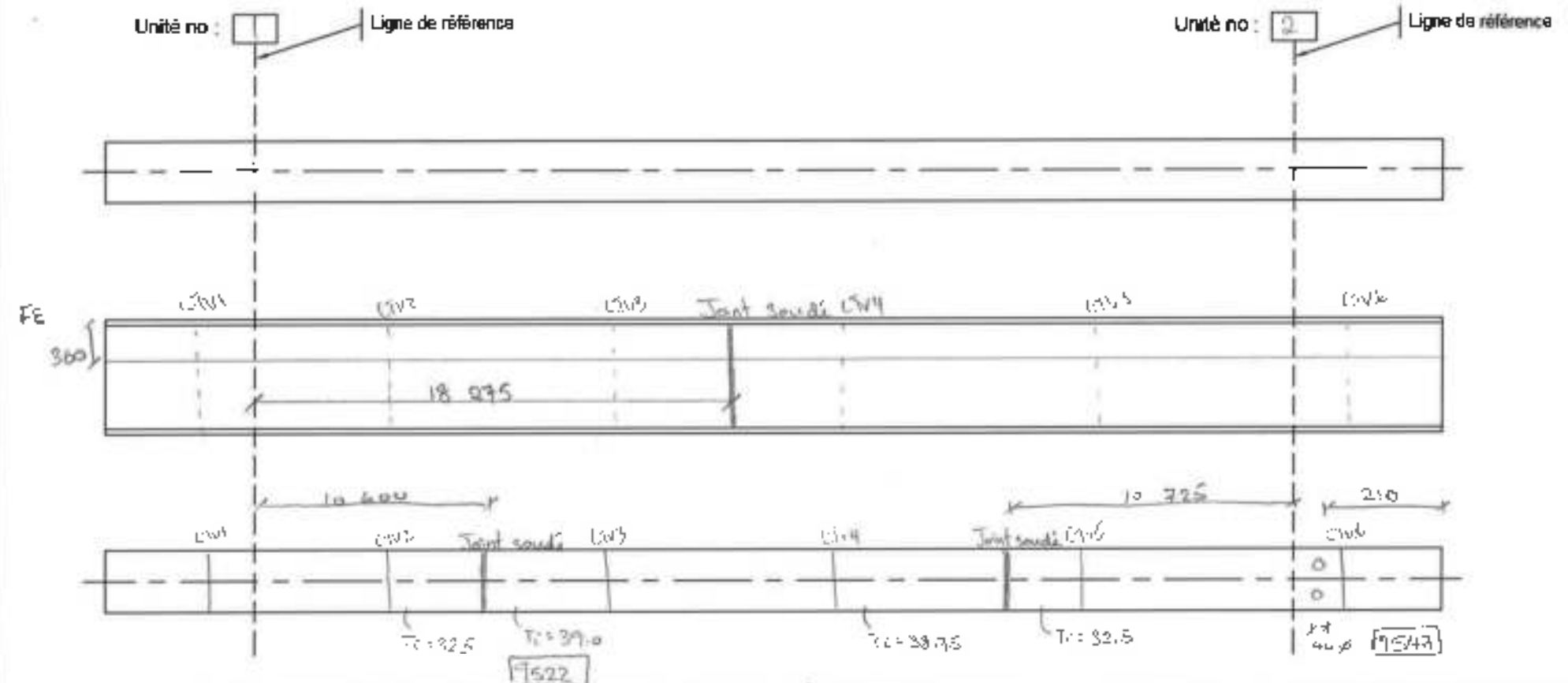
PROJ: SF / MID

PAGE: Structures

RELEVÉ DE
DOMMAGES

P: 0002	44 : 13
PROJ:	IF / MD
PROJ:	2502/06/14
PROJ:	Standa S.

PROTE:	<input checked="" type="checkbox"/> DROITE	<input type="checkbox"/> GAUCHE
COURBE:	<input type="checkbox"/> DROITE	<input type="checkbox"/> GAUCHE
PROTE:	<input checked="" type="checkbox"/> DROITE	<input type="checkbox"/> GAUCHE
PROTE:	<input type="checkbox"/> DROITE	<input type="checkbox"/> GAUCHE



Méthode de fabrication du profilé : Laminée Soudée

Définitions

Zone de sensibilité

0.3L cisaillement 0.4L flexion 0.3L cisaillement

Milieu de la demi-semelle

Hauteur maximale du profilé (d)	1871.8
Largeur maximale de l'aile supérieure (bs)	308.25
Largeur maximale de l'aile inférieure (bi)	510
Épaisseur maximale de l'aile supérieure (ts)	16.8
Épaisseur maximale de l'aile inférieure (ti)	32.6
Épaisseur maximale de l'âme (w)	8.25

P3

Relevé de dommages de 3 ponts – La Grande Alliance route du Nord

N/D : 158100425

 Date d'inspection : 2022-06-14 (aaaa/mm/jj)

 Structure : P-10232

 Nom des inspecteurs : Jonathan Fournier
Mathieu Doyer

N° de photo	Localisation	Description
9507	Approche	Signalisation chantier
9508	Approche	Signalisation chantier
9509	Approche	Signalisation chantier
9510	Approche	Signalisation chantier
9511	Approche Sud	Générale
9512	Chasse-roue Est	Générale
9513	Côté extérieur Est	Générale
9514	Contreventement intermédiaire	Déformation
9515	Poutre 2	L'aile supérieure noyée dans le béton
9516	Poutre 2, dessous	Plaque de renfort
9517	Poutre 2, unité de fondation 1, dessous	Joint soudé
9518	Poutre 2, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9519	Poutre 1, face Ouest, unité de fondation 1	Générale
9520	Poutre 1, face Est, unité de fondation 2	Générale
9521	Contreventement intermédiaire	Déformation
9522	Poutre 3, semelle inférieure, unité de fondation 1	Changement d'épaisseur
9523	Contreventement intermédiaire	Déformation
9524	Contreventement intermédiaire	Déformation

N° de photo	Localisation	Description
9525	Contreventement intermédiaire	Déformation
9526	Contreventement intermédiaire	Déformation
9527	Dessous	Générale
9528	Unité de fondation 1	Générale
9529	Unité de fondation 2	Générale
9530	Élévation Est	Générale
9531	Élévation	Générale
9532	Système d'accès	Générale
9533	Dessus	Générale
9534	Approche Nord	Générale
9535	Élévation Est	Générale
9536	Poutre 3	Déformation latérale
9537	Appareil d'appui, unité de fondation 2, Poutre 3	Générale
9538	Appareil d'appui, unité de fondation 2, Poutre 3	Générale
9539	Appareil d'appui, unité de fondation 2, Poutre 3	Générale
9540	Appareil d'appui, unité de fondation 2, Poutre 1	Générale
9541	Appareil d'appui, unité de fondation 2, Poutre 1	Générale
9542	Appareil d'appui, unité de fondation 2, Poutre 1	Éclatement du béton
9543	Appareil d'appui, unité de fondation 2, Poutre 1	Générale
9544	Poutre 1	Déformation latérale
9545	Poutre 2	Déformation latérale
9546	Poutre 2, unité de fondation 2	Corrosion
9547	Poutre 3, unité de fondation 2	Corrosion
9548	Extrémité Nord Poutre 1	Générale
9549	Extrémité Nord Poutre 1	Générale

N° de photo	Localisation	Description
9550	Extrémité Nord Poutre 1	Générale
9551	Extrémité Nord Poutre 1	Générale
9552	Extrémité Nord Poutre 2	Générale
9553	Extrémité Nord Poutre 2	Générale
9554	Extrémité Nord Poutre 2	Générale
9555	Extrémité Nord Poutre 3	Générale
9556	Extrémité Nord Poutre 3	Générale
9557	Extrémité Nord Poutre 3	Générale
9558	Joint Nord	Générale
9559	Joint Nord	Générale
9560	Joint Nord	Générale
9561	Joint Nord	Générale
9562	Joint Nord	Générale
9563	Joint Nord	Générale
9564	Joint Nord	Générale
9565	Joint Nord	Générale
9566	Joint Nord	Générale
9567	Joint Sud	Générale
9568	Joint Sud	Générale
9569	Joint Sud	Générale
9570	Appareil d'appui, unité de fondation 1, Poutre 3	Générale
9571	Appareil d'appui, unité de fondation 1, Poutre 3	Appareil d'appui incliné
9572	Appareil d'appui, unité de fondation 1, Poutre 3	Appareil d'appui incliné
9573	Appareil d'appui, unité de fondation 1, Poutre 3	Appareil d'appui incliné
9574	Appareil d'appui, unité de fondation 1, Poutre 1	Générale
9575	Appareil d'appui, unité de fondation 1, Poutre 1	Générale

N° de photo	Localisation	Description
9576	Appareil d'appui, unité de fondation 1, Poutre 1	Générale
9577	Appareil d'appui, unité de fondation 1, Poutre 1	Générale
9578	Appareil d'appui, unité de fondation 1, Poutre 1	Éclatement du béton
9579	Extrémité Sud Poutre 1	Générale
9580	Extrémité Sud Poutre 1	Générale
9581	Extrémité Sud Poutre 1	Générale
9582	Extrémité Sud Poutre 1	Générale
9583	Extrémité Sud Poutre 1	Générale
9584	Extrémité Sud Poutre 2	Perte de matériaux
9585	Extrémité Sud Poutre 2	Perte de matériaux
9586	Extrémité Sud Poutre 2	Générale
9587	Extrémité Sud Poutre 2	Perte de matériaux
9588	Extrémité Sud Poutre 2	Perte de matériaux
9589	Extrémité Sud Poutre 2	Perte de matériaux
9590	Extrémité Sud Poutre 2	Générale
9591	Extrémité Sud Poutre 3	Générale
9592	Extrémité Sud Poutre 3	Générale
9593	Extrémité Sud Poutre 3	Générale
9594	Extrémité Sud Poutre 3	Générale
9595	Joint Sud	Générale
9596	Approche Nord	Générale



9507.



9508.



9509.



9510.



9511.



9512.



9513.



9514.



9515.



9516.



9517.



9518.



9519.



9520.



9521.



9522.



9523.



9524.



9525.



9526.



9527.



9528.



9529.



9530.



9531.



9532.



9533.



9534.



9535.



9536.



9537.



9538.



9539.



9540.



9541.



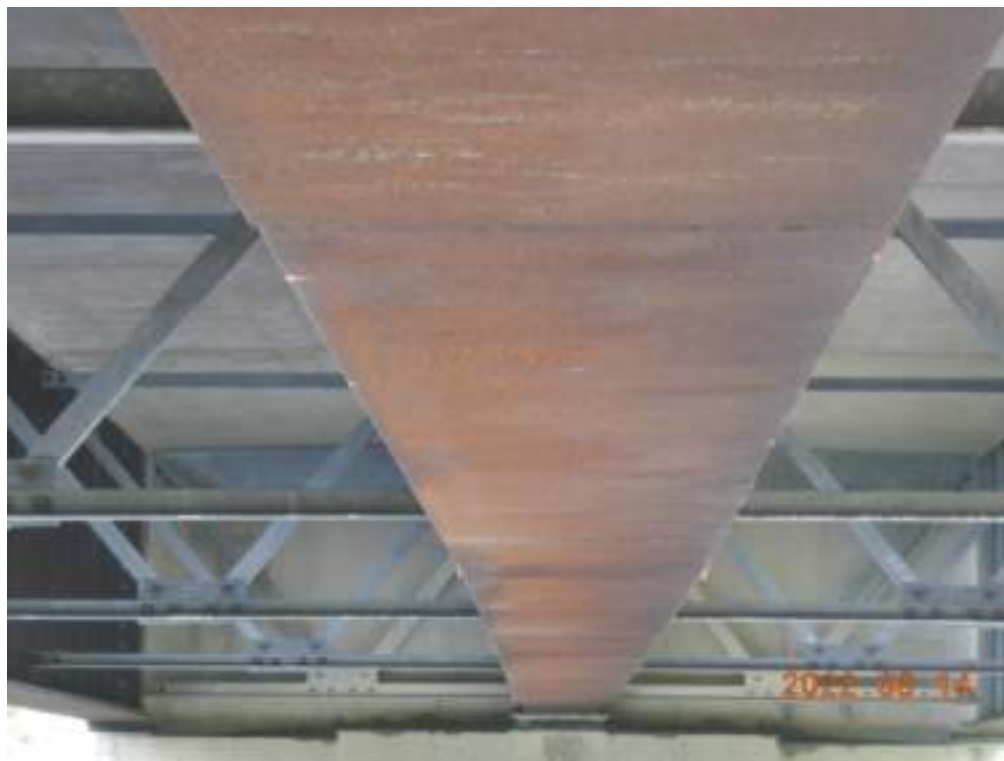
9542.



9543.



9544.



9545.



9546.



9547.



9548.



9549.



9550.



1

9551.



9552.



9553.



9554.



9555.



9556.



9557.



9558.



9559.



9560.



9561.



9562.



9563.



9564.



9565.



9566.



9567.



9568.



9569.



9570.



9571.



9572.



9573.



9574.



9575.



9576.



9577.



9578.



9579.



9580.



9581.



9582.



9583.



9584.



9585.



9586.



9587.



9588.



9589.



9590.



9591.



9592.



9593.



9594.



9595.



9596.

APPENDIX D – BRIDGE 10685



RAPPORT D'ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ DU PONT

■ ■ ■

AU-DESSUS DE LA RIVIÈRE NEMISCAU

■ ■ ■

N° de projet BPR : 11878

N° de projet Hydro-Québec : QUF55E1 – Réf. : 3008-70603-009-01-0-PY-L

■ ■ ■



1^{er} mars 2013
Revision 00



À LA PUISSANCE | TETRA TECH

RAPPORT D'ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ DU PONT

Hydro-Québec

Rapport d'évaluation de la capacité du pont au-dessus de la rivière Nemiscau

N° de projet BPR : 11878

N° de projet Hydro-Québec : QUF55E1– Réf. : 3008-70603-009-01-0-PY-L

BPR-Énergie inc.
3251, boul. St-François
Jonquière (Québec)
☎ 418-548-2011
☎ 418-548-8358

Présenté à :

Monsieur Alain Dauphin, techn.
Hydro-Québec

Préparé par :

Patrick Lapierre, ing. .M. Sc. A.



Le 1^{er} mars 2013
Révision 00



TABLE DES MATIÈRES

1.	DESCRIPTION DU MANDAT	1
2.	MÉTHODOLOGIE.....	1
3.	RECHERCHE ET DOCUMENTATION.....	2
4.	RÉSUMÉ DES CALCULS.....	2
5.	CONCLUSION	8

ANNEXE 1	Plans tel que construit
ANNEXE 2	Relevés de l'investigation destructive de la dalle
ANNEXE 3	Photos prises lors de l'investigation destructive de la dalle
ANNEXE 4	Document de référence tiré du livre « Le complexe hydroélectrique de la Grande rivière - Réalisation de la première phase».
ANNEXE 5	Évaluation de la quantité portante (Notes de calcul)
ANNEXE 6	Signalisation aux approches



1. DESCRIPTION DU MANDAT

Le mandat consiste à effectuer l'évaluation structurale de la capacité du pont situé au-dessus de la rivière Nemiscau sur la route du Nord. Cette structure est localisée au kilomètre 279 sur la route du Nord entre le poste Nemiscau et le poste Albanel. Cette dernière appartient à Hydro-Québec. Dans le but d'effectuer le transport de lourds transformateurs qui sont envoyés par trains jusqu'à Matagami et transportés par camion par la route de la Baie-James jusqu'au poste Albanel, la capacité du pont doit être validée. Aucun plan de la structure existante n'était disponible pour en déterminer la capacité. L'année de construction serait 1979 selon les informations obtenues.

2. MÉTHODOLOGIE

La première étape à effectuer pour l'évaluation de la capacité fut l'inspection générale de la structure. Cette tâche a été effectuée en octobre 2011 et un rapport détaillé a été livré à Hydro-Québec. Cette inspection a été réalisée selon les règles utilisées par le ministère des Transports du Québec. En même temps que cette inspection, un relevé dimensionnel de la structure a été effectué de façon à pouvoir évaluer les charges permanentes agissant sur la structure du pont. De plus, il est requis de déterminer les dimensions des poutres et des contreventements afin de pouvoir évaluer la capacité de la charpente métallique. En même temps, une inspection des soudures bout à bout présentes sur les poutres a été faite par un laboratoire expert. Les relevés pris ont permis la réalisation de plans « tel que construit » du pont, que l'on retrouve en annexe du présent rapport.

Lors de ces relevés, il n'était pas possible de pouvoir valider la présence ou non des goujons de cisaillement situés sur les poutres d'acier, ce qui permet aux poutres d'avoir un comportement composite avec la dalle ainsi que de valider la capacité propre de la dalle en béton armé.

Il existe une méthode non destructive qui permet d'effectuer la validation des aciers d'armature, c'est le géoradar. Toutefois, la précision pour déterminer l'espace des barres n'est pas adéquate, car il y a une tolérance d'environ 5 mm sur le diamètre des barres et tout dépend de la position de celles-ci. De plus, la possibilité de valider la présence et l'espacement des goujons de cisaillement n'est pas garantie. La méthode préconisée pour déterminer la présence de ces goujons et de valider le diamètre et l'espacement des barres d'armature consiste en la réalisation de fenêtres d'exploration dans la dalle. Il a été déterminé avec le client que deux puits seraient effectués.

Les deux relevés ont été faits sur la poutre adjacente à la poutre centrale de façon à pouvoir conserver le trafic en circulation tout le temps de la durée des travaux. Un relevé a été effectué à 25 % de la portée de la poutre et un deuxième près de l'appui afin de valider si l'acier d'armature est disposé différemment près des appuis compte tenu de la présence d'un biais dans la structure du pont.

Les travaux de démolition de la dalle de béton ont été réalisés par Les Entreprises de Sciage de Béton Saguenay inc. et se sont déroulés pendant une journée. Les travaux de réparation des ouvertures de béton réalisés ont été faits le lendemain. Le produit utilisé pour remplacer le béton qui a été enlevé est du béton en sac à prise rapide « Ambex RS-SSC ». À la fin de la journée, lorsque le béton a été démoli, des plaques d'acier ont

été fixées sur le dessus des ouvertures de façon à permettre la circulation dans les deux sens.

Tout au long des travaux, une équipe de signaleurs était présente afin de contrôler la circulation et les panneaux de signalisation utilisés ont été validés afin de s'assurer qu'ils respectaient les normes du ministère des Transports du Québec. Le résumé des relevés effectués lors de cette opération et les photos correspondantes sont joints en annexe.

3. RECHERCHE ET DOCUMENTATION

Au cours de l'étude, une recherche documentaire a été réalisée afin de vérifier s'il était possible de connaître les efforts de conception pour la structure étant donné qu'aucun plan n'était disponible. Le livre intitulé «Le complexe hydroélectrique de la Grande rivière - Réalisation de la première phase» explique dans un de ses chapitres les travaux de construction de la route de la Baie-James et l'accès aux différents sites des travaux. Selon ce document, il y aurait eu trois conceptions différentes pour les structures, soit celles sur la route principale (Route de la Baie James) et celles sur les routes secondaires de type 1, telles que celles sur la route du Nord et celles de type 2. Dans les deux premiers cas, les structures sont conçues pour faire traverser des transports de transformateur, mais de capacité différente.

D'après l'ouvrage, la charge de conception indiquée est de 450 tonnes pour la route principale, 360 tonnes pour les routes secondaires de type 1 et 100 tonnes pour celles de type 2. Cependant, les trains de charge indiqués sont pour des camions de transport utilisant un col-de-cygne entre la remorque et le tracteur. Ces informations demeurent un point de départ pour la présente étude. De plus, ce document indique le type d'acier utilisé pour la construction des structures sur ces routes était de l'acier atmosphérique de type CSA/G40.21-350 AT. Cela nous permet d'éviter d'utiliser des hypothèses conservatrices pour le grade d'acier (F_y).

Différents transporteurs ont été contactés dont Transport ABB, Transport Chainé et Transport Bellemare. Ceux-ci ont fourni de l'information au niveau des types de véhicules utilisés pour le transport de transformateur de 250 tonnes afin que les charges de calculs représentent les véhicules qui sont utilisés dans l'industrie. Lors du transport de ce type de transformateur, il y a généralement un tracteur « tireur » et un tracteur « pousseur ». Cependant, il est possible d'utiliser qu'un seul tracteur, car la route est horizontale aux approches du pont. Les tracteurs sont dotés de contrepoids sur les essieux de traction, ce qui a pour but d'augmenter la traction des roues afin de pouvoir tirer les charges hors normes.

4. RÉSUMÉ DES CALCULS

L'étude consiste donc à déterminer le type de train de charge qui peut circuler sur la structure afin de transporter un transformateur de 250 tonnes. Les transporteurs contactés utilisent des remorques de type multiligne tels que ceux fabriqués par la compagnie Goldhofer. Les dimensions de ces types de remorques sont jointes dans les notes de calculs en annexe du présent rapport. Les remorques de type multiligne sont constituées d'un groupe d'essieux espacés également et chaque essieu contient 4 groupes de 2 roues. Le système de suspension de ces transports permet de distribuer également les charges sous chacun des essieux. De plus, les remorques multilignes sont formées de différents modules qui permettent de rajouter des essieux au besoin afin de réduire la charge par essieu ou de distribuer la charge sur une plus longue distance pour limiter les efforts sur une structure.



La démarche de calcul suivante a été utilisée :

1. Effectuer les calculs des charges permanentes en fonction du relevé dimensionnel effectué.
2. Déterminer le facteur d'essieu en fonction de la localisation des charges du transport spécial et calculer la charge vive.
3. Déterminer la résistance de la dalle et des poutres en fonction des relevés effectués.

Les coefficients de pondération de la norme CAN/CSA S6-06 (chapitre 14) sont utilisés pour les calculs.

Un coefficient d'amplification dynamique de 10 % a été considéré. Pour ce faire, le transport doit circuler sur la structure à une vitesse inférieure à 10 km/h et être centré sur le pont.

Pour l'analyse de la dalle, la méthode simplifiée de la norme a été utilisée pour la dalle en travée, mais l'absence de poutre de rigidité aux extrémités des portées empêche l'utilisation de cette méthode à ces endroits. Une analyse par éléments finis a été réalisée afin de mieux déterminer la résistance de la dalle et par la suite restreindre la charge maximale par essieux. Étant donné que les propriétés mécaniques des matériaux constituant la dalle ne sont pas connues, la résistance du béton (f_c) considérée est de 25 MPa et celle de l'acier d'armature (f_y) est de 300 MPa. Le béton du pont est en excellent état, car aucun sel de déglacage n'est utilisé, et ce, même s'il n'y a pas de pavage sur le pont. Aucune perte due à la corrosion n'a été prise en considération compte tenu du bon état de la structure.

Ces calculs ont permis de donner un ordre de grandeur des efforts maximums par essieu afin de pouvoir déterminer le nombre d'essieux qui sont requis pour la remorque de type multiligne.

Pour le calcul de la poutre en acier, la disposition des goujons nous donne une dalle composite à 100 %. Pour l'analyse du cisaillement, une attention doit être portée à la discontinuité dans les soudures des raidisseurs en cisaillement. En effet, selon la norme de conception actuelle, cette pratique n'est pas recommandée. Cela a pour effet de réduire la résistance en cisaillement de la poutre, et est pris en considération dans les calculs. Les calculs de la dalle et des poutres sont en annexe.

Une façon de représenter la résistance de la structure aux charges vives est l'utilisation du « facteur de capacité de surcharge », tel que présenté au chapitre 14 de la norme CAN/CSA S6-06. Ce facteur donne la résistance résiduelle de la structure pour la charge vive par rapport à la charge de conception considérée. La formule est la suivante :

$$FCS = (\Phi R - a_D D) / (a_L L)$$

FCS : Facteur de capacité de surcharge

Φ : Coefficient de pondération de la résistance

R : Résistance

a_D : Coefficient de pondération des charges permanentes

D : Charges permanentes

a_L : Coefficient de pondération des charges vives

L : Charges vives – Camion

Ce facteur est utilisé pour valider les charges pondérées en flexion, cisaillement, l'interaction flexion-cisaillement, et pour les charges en service. L'utilisation de ce facteur pour les charges en service (non pondérées) permet d'éviter la plastification de la section en acier.

Le tableau suivant indique les résultats des facteurs de capacité de surcharge (FCS) pour le chargement proposé pour le transport d'un transformateur de 250 tonnes avec la configuration présentée sur le plan 3008-70603-002-01-0-PY-0.

Vérification	FCS
Cisaillement (ultime)	1.39
Flexion (ultime)	2.16
Interaction cisaillement-flexion (ultime)	1.83
Acier, aile inférieure en tension (service)	2.80
Acier, aile supérieure en compression (service)	6.10
Béton en compression (service)	2.56

Le tableau suivant indique les résultats des facteurs de capacité de surcharge pour le chargement de 360 tonnes illustré dans la documentation jointe à l'annexe 4. Les valeurs plus élevées s'expliquent par un facteur d'essieu plus faible que dans le cas du chargement proposé pour le transport du transformateur de 250 tonnes.

Vérification	FCS
Cisaillement (ultime)	1.53
Flexion (ultime)	2.46
Interaction cisaillement-flexion (ultime)	6.96
Acier, aile inférieure en tension (service)	3.18
Acier, aile supérieure en compression (service)	6.99
Béton en compression (service)	2.91

Les valeurs de FCS supérieures à 1.0 indiquent qu'il est possible de faire passer le chargement utilisé pour l'évaluation.



Les coefficients de pondération utilisés pour les charges sont les suivants :

- a_{D1} = 1.06 (Charge permanente - Poids de l'acier)
- a_{D2} = 1.12 (Charge permanente - Poids du béton et des autres charges)
- a_L = 1.42 (Charge vive - Camion)

Pour une structure existante, la norme permet d'utiliser des coefficients d'évaluation inférieurs à ceux de conception étant donné que le facteur de risque est géré différemment. En comparaison, les facteurs à utiliser pour une conception neuve sont les suivants :

- a_{D1} = 1.1 (Charge permanente - Poids de l'acier)
- a_{D2} = 1.2 (Charge permanente - Poids du béton et des autres charges)
- a_L = 1.7 (Charge vive - Camion)

Afin de pouvoir aviser le ministère des Transports sur les charges pouvant circuler sur la structure, les facteurs de capacité de surcharges ont été évalués pour les trois cas de charges décrites dans la norme CAN/CSA-S6-06. À partir de ces valeurs, le MTQ peut déterminer quel type de véhicules, de classe 5 ou 6, peuvent passer sur la structure. Ce qui permet de délivrer des permis aux transporteurs.

	FCS CL1-625 Niv.1	FCS CL2-625 Niv.2	FCS CL3-625 Niv. 3
Cisaillement (ultime)	4.51	5.11	6.96
Flexion (ultime)	8.95	9.42	12.35
Interaction cisaillement- flexion (ultime)	6.01	6.58	8.61
Acier, aile inférieure en tension (service)	11.10	12.19	15.99
Acier, aile supérieure en compression (service)	25.36	26.57	34.84
Béton en compression (service)	10.58	11.16	14.64

La réserve importante de résistance en flexion provient probablement du fait que les hypothèses de conception étaient plus conservatrices que celles d'évaluation (norme utilisée et facteur d'essieu).

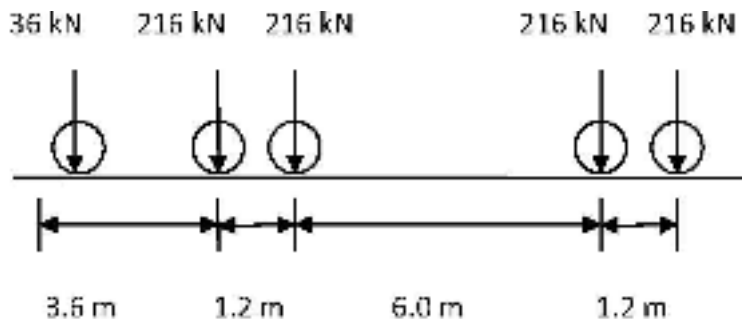
Les calculs des facteurs de capacité de surcharge sont joints en annexe du présent rapport.

Dans le cas présent, les charges par essieu sont limitées par la capacité de la dalle près des appuis compte tenu de l'absence des poutres de rigidité. Sans cette contrainte, la dalle pourrait supporter la charge d'essieu indiquée dans le document de référence joint à l'annexe 4, qui correspond à une charge d'essieu de 360 kN. La méthode de calcul simplifiée de la dalle est demeurée sensiblement la même que celle de la norme en vigueur lors de la conception du pont. En utilisant cette méthode, l'espacement transversal des armatures correspond à une charge d'essieu de conception de 360 kN.

Dans notre cas particulier, la position des roues selon le type d'essieu a un impact sur la résistance résiduelle de la dalle. Les roues des transports multilignes permettent de bien distribuer les efforts comparativement aux essieux des tracteurs et fardiers communs. Dans notre cas, il y a différentes méthodes d'analyser la dalle, surtout compte tenu du fait qu'il y a un biais dans celle-ci et que les détails d'armature près de la rive ne sont pas connus entièrement, malgré l'investigation qui a été menée. Pour ce faire, la méthode de calcul de la charge maximale par essieu se doit d'être sécuritaire. Le résumé des efforts maximums par essieu est le suivant :

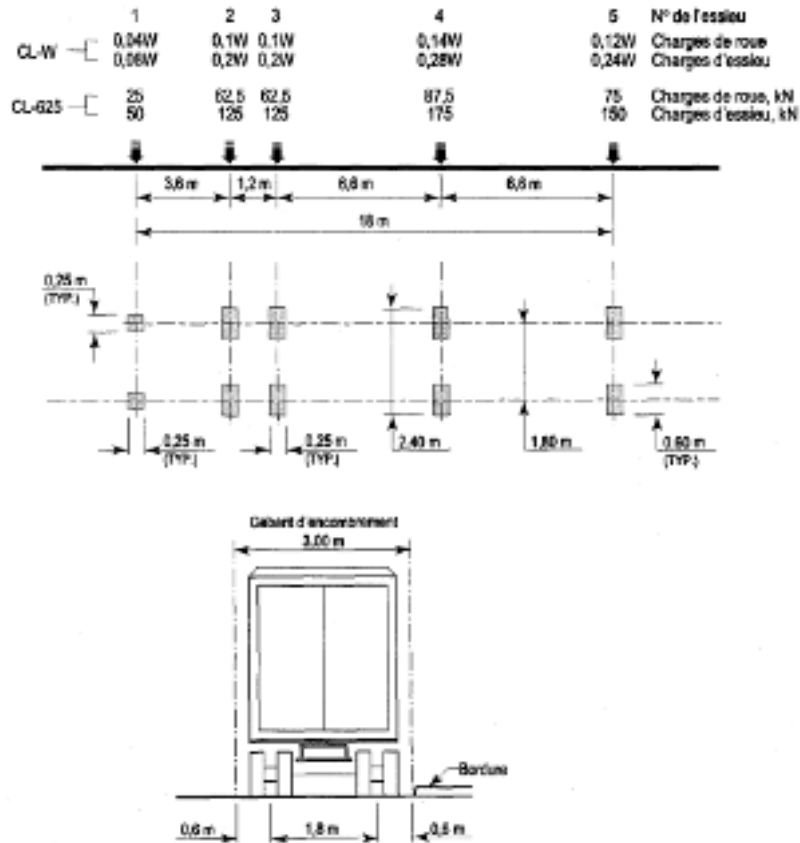
- Essieu d'une remorque multiligne : 194 kN
- Essieu d'un tracteur pour la remorque multiligne : 175 kN
- Essieu pour un camion remorque standard CL- 625 : 169 kN

Un calcul de capacité supplémentaire a été réalisé pour pouvoir ajouter un affichage de capacité aux approches du pont. Pour ce faire, un camion de conception a été créé afin de représenter le type de véhicule lourd qui circule sur la route du Nord, soit un fardier conventionnel. La position des roues est similaire à celle du CL-625 mais sans le dernier essieu (correspond au CL2-625). La distribution des charges est différente du CL2-625. En effet, le dernier essieu du CL2-625 est divisé en deux essieux, ce qui représente de façon plus réaliste les cas de charge possibles. De plus, un pourcentage important de la charge totale est distribué sur les essieux arrière du tracteur et ceux du fardier, soit 24 % de la charge totale pour chacun de ces essieux. Il reste donc un 4 % pour l'essieu de direction du tracteur. La figure suivante illustre le véhicule utilisé pour le calcul. L'espacement latéral entre les roues est le même que le CL-625.



Chargement de calcul 900 kN (90 tonnes)

Par comparaison, la distribution des charges du véhicule CL-625 est illustrée à la figure suivante.



- CL1-625 (Niveau 1) : Essieux 1, 2, 3, 4 et 5
- CL2-625 (Niveau 2) : Essieux 1, 2, 3 et 4
- CL3-625 (Niveau 3) : Essieux 1, 2 et 3

Les valeurs de capacité de surcharge (FCS) ont donc été calculées pour un fardier de 90 tonnes, voir les notes de calculs en annexe pour les détails. Le FCS le plus critique est celui pour le cisaillement. À partir de cette valeur, nous pouvons conclure que la charge maximale de ce type de véhicule qui peut passer sur le pont est de 200 tonnes. Pour ce cas de charge, il n'y a pas de limite de vitesse ni de localisation précise pour la circulation. Tel que décrit précédemment, la charge maximale par essieu à appliquer sur la dalle est limitée à 18 tonnes. Cependant, elle n'est pas très contraignante, car il s'agit d'une charge plus élevée que ce que l'on retrouve généralement pour les véhicules de transport. Un transporteur devrait donc rajouter des essieux sur son véhicule pour s'assurer de ne pas dépasser cette limite. En annexe, on retrouve un panneau typique à utiliser pour l'affichage du pont.

5. CONCLUSION

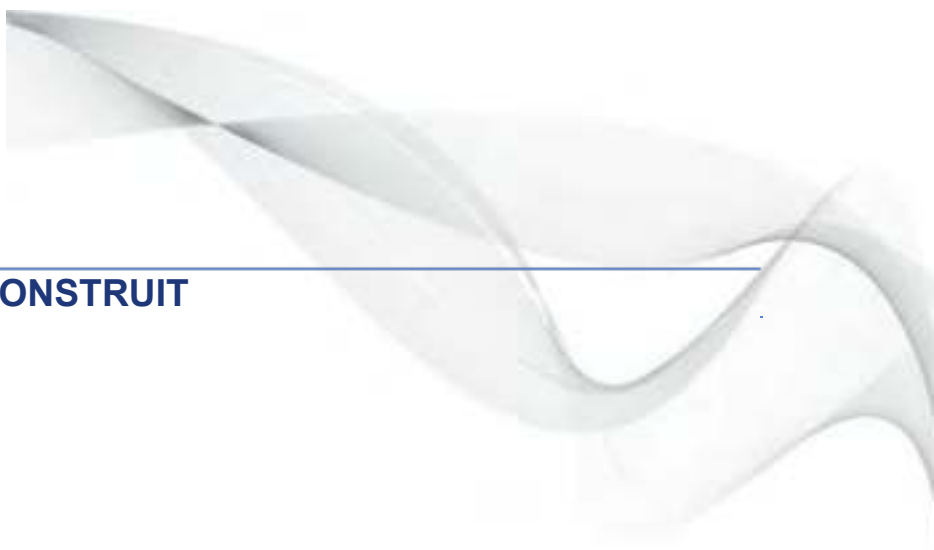
La structure du pont au-dessus de la rivière Nemiscau possède donc la capacité suffisante pour faire passer un transformateur de 250 tonnes avec une remorque de type multiligne de 16 essieux. Le camion doit passer au centre de la structure et circuler à une vitesse inférieure à 10 km/h de façon à réduire l'amplification dynamique causée par le passage de charges mobiles. Selon les procédures du MTQ, la structure devrait être inspectée après le passage du véhicule hors norme.

Un plan d'inspection régulier de la structure est aussi requis afin de valider s'il n'y a pas d'éléments qui pourraient à court ou long terme, affecter la capacité de la structure telle qu'elle a été évaluée dans les présents calculs.



À LA PURSÉE | TITELTECH

ANNEXE 1 – PLAN TEL QUE CONSTRUIT





H

G

F

E

D

C

B

A

H

G

F

E

D

C

B

A

PONT SUR LA ROUTE DU NORD AU-DESSUS DE LA RIVIÈRE NÉMISCAU

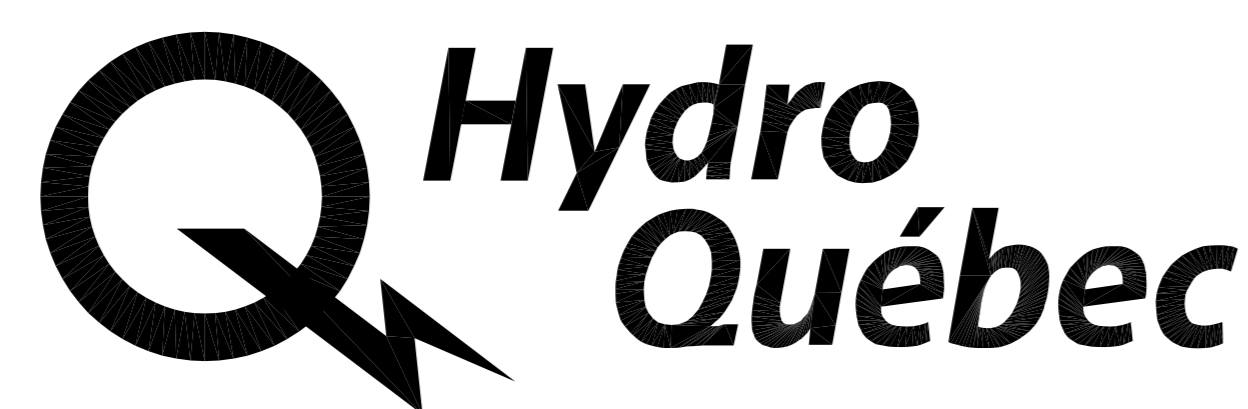


TABLE DES MATIÈRES

FEUILLE	DESCRIPTION
3008-70603-001.	LOCALISATION ET DESCRIPTION GÉNÉRALE
3008-70603-002.	PLAN D'ENSEMBLE DU PONT
3008-70603-003.	CULÉES ET PILE, DIMENSIONS - DÉTAILS DES APPUIS
3008-70603-004.	CHARPENTE MÉTALLIQUE - DÉTAILS DES POUTRES PRINCIPALES
3008-70603-005.	CHARPENTE MÉTALLIQUE - DÉTAILS DES CONTRETEMENTS
3008-70603-006.	CHARPENTE MÉTALLIQUE - DÉTAILS DES RAIDISSEURS ET DES JOINTS SUR LES POUTRES PRINCIPALES
3008-70603-007.	TABLIER - DIMENSIONS ET ARMATURE - DÉTAILS DES DRAINS DE TABLIER
3008-70603-008.	DÉTAILS DES GLISSIÈRES DE SÉCURITÉ
3008-70603-009.	RAPPORT D'ÉVALUATION DE CAPACITÉ PORTANTE

NO	NOTES

NO	DATE	RÉVISIONS	REPERE	ÉMET.	HQ

NO	RÉFÉRENCES	NO

BPR

 206, rue Racine Est

 Chicoutimi (Québec) G7H 1R9

 Téléphone : 418 543-8002

 Télécopieur : 418 543-0308

 www.bpr.ca

INGÉNIEUR ET AUDACE EN INGÉNIERIE

DESSINÉ : G. GILBERT	VÉRIFIÉ DESS. : CARL BOUCHARD
PROJETÉ SELON RELEVÉS	VÉRIFIÉ : CARL BOUCHARD
APPROUVÉ P. LAFFRÈRE	APPROUVÉ : HUGO DE LA SABLONNIÈRE
R. DE T. : QUFSS	DATE : 2012-11-15

SCHEMAS DRESSIN ORIGINAL SELON RELEVÉS FAIT À L'INSTALLATION

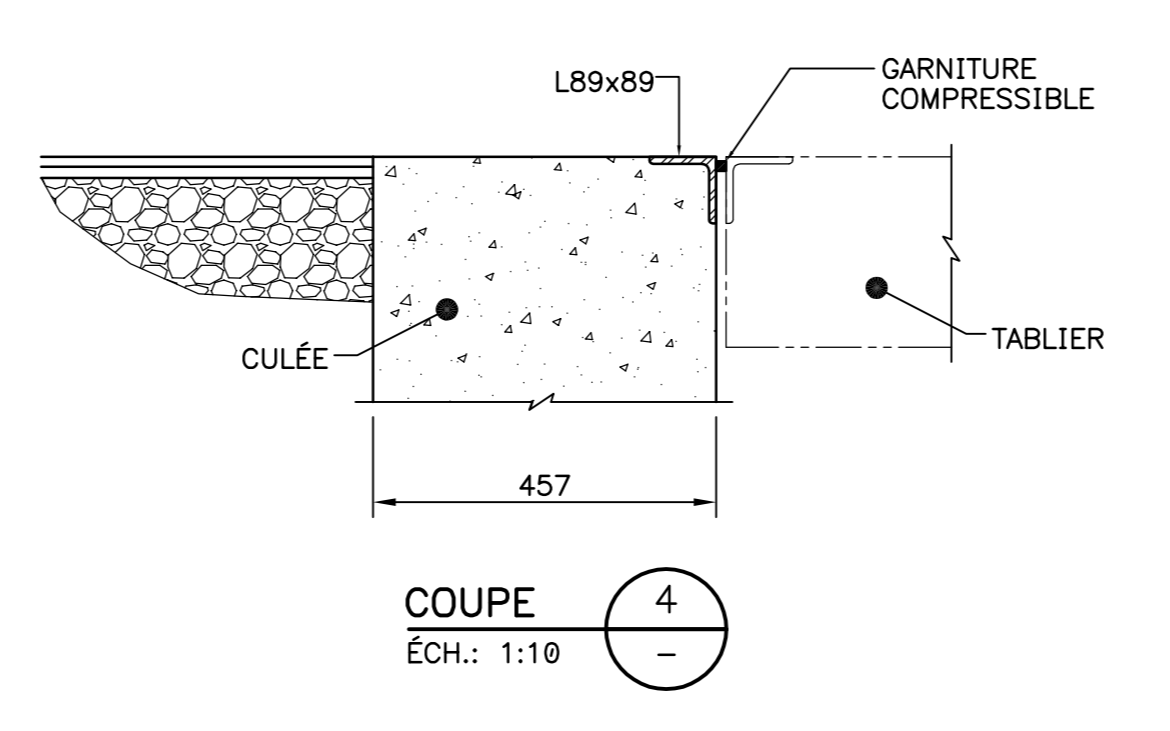
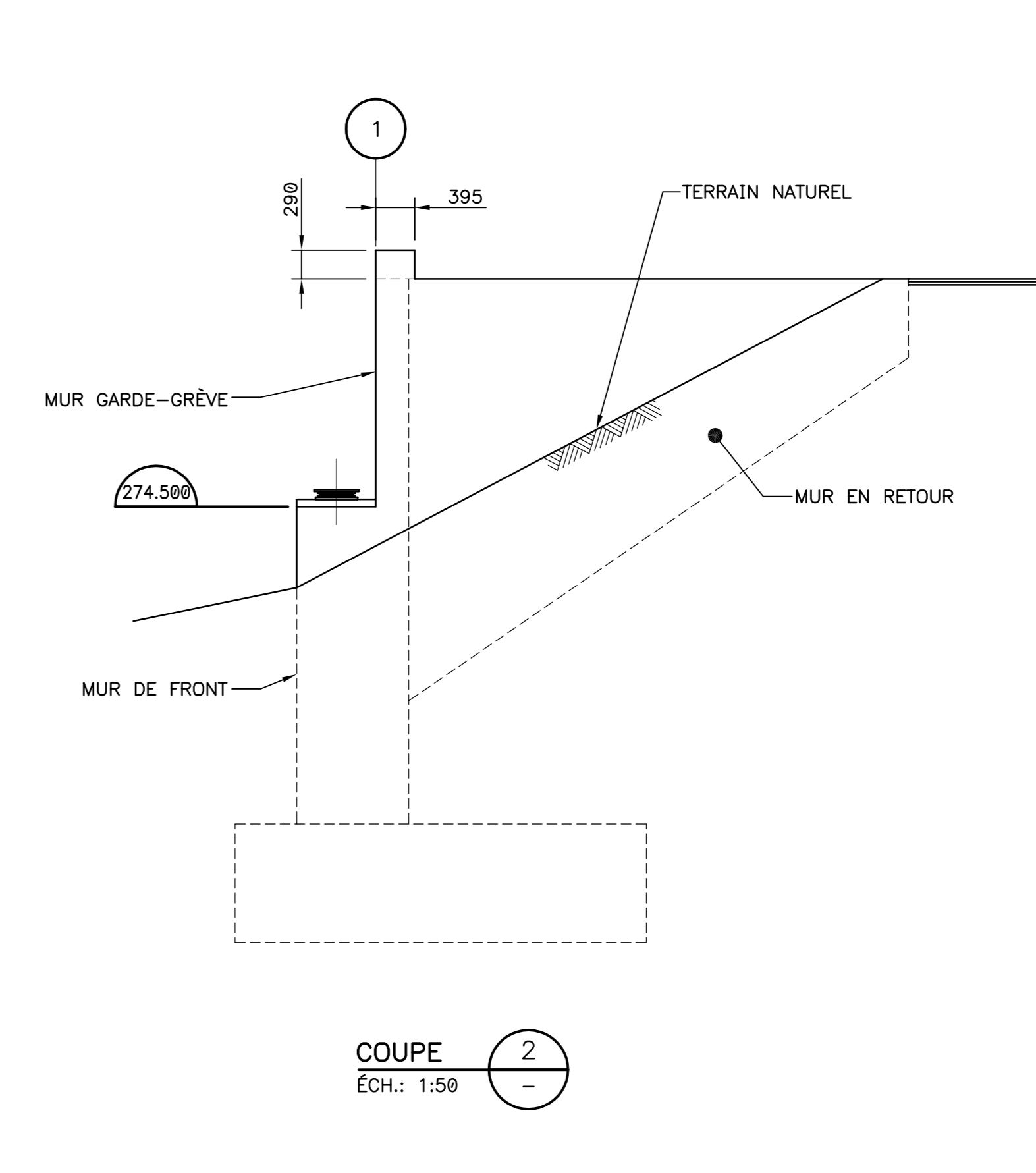
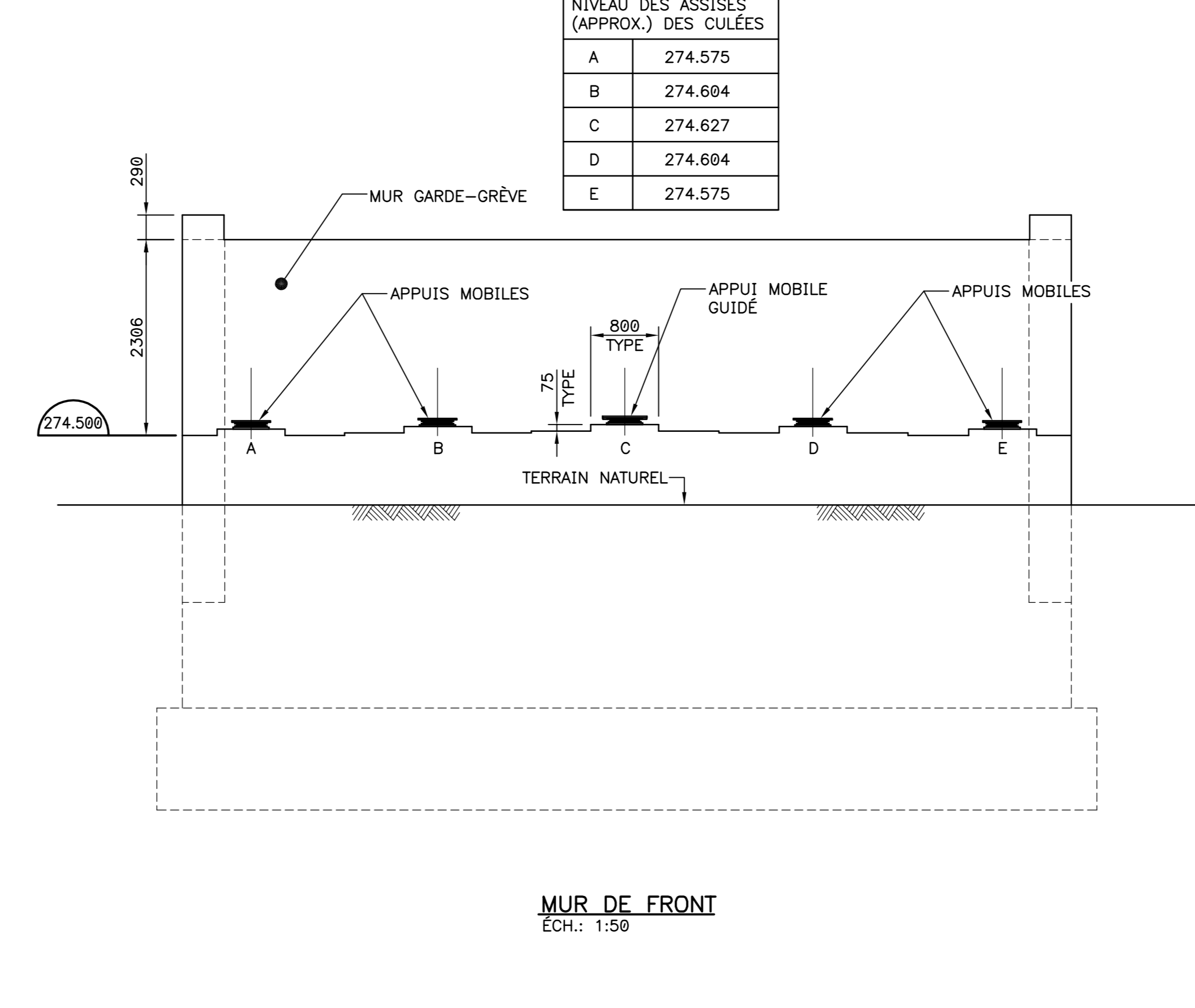
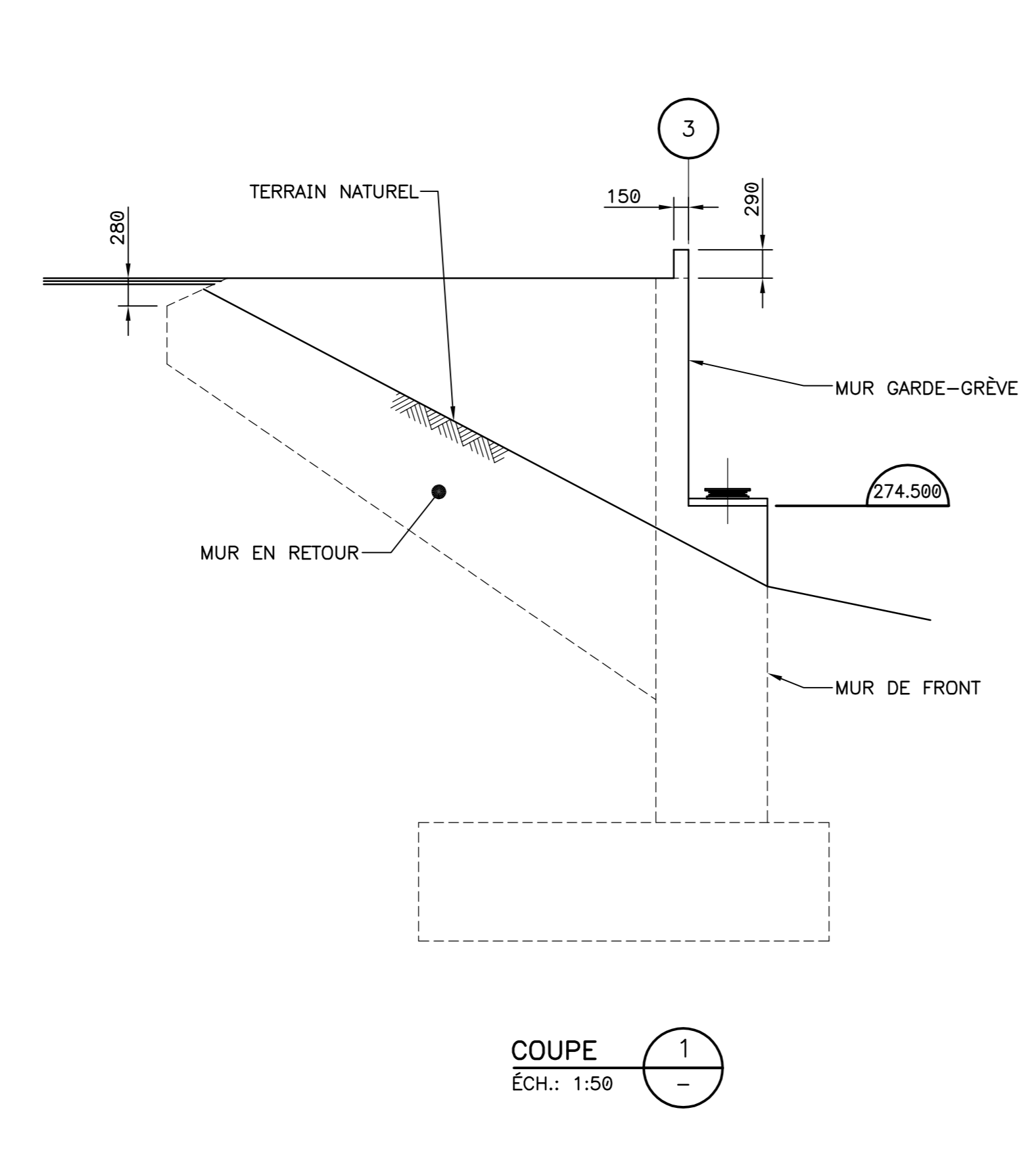
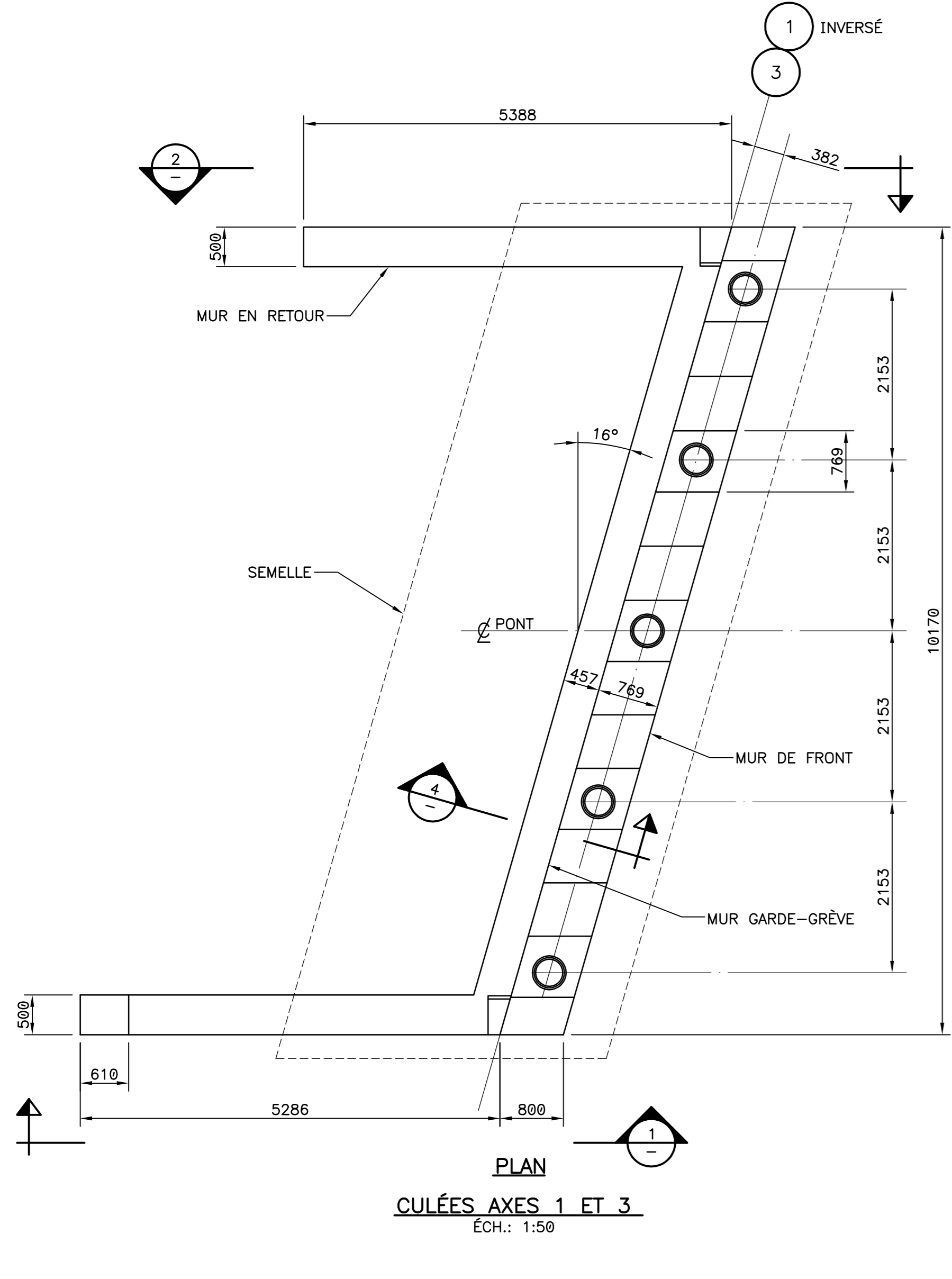
POSTE DE LA NEMISCAU

 PONT AU-DESSUS DE LA RIVIÈRE NÉMISCAU

 LOCALISATION

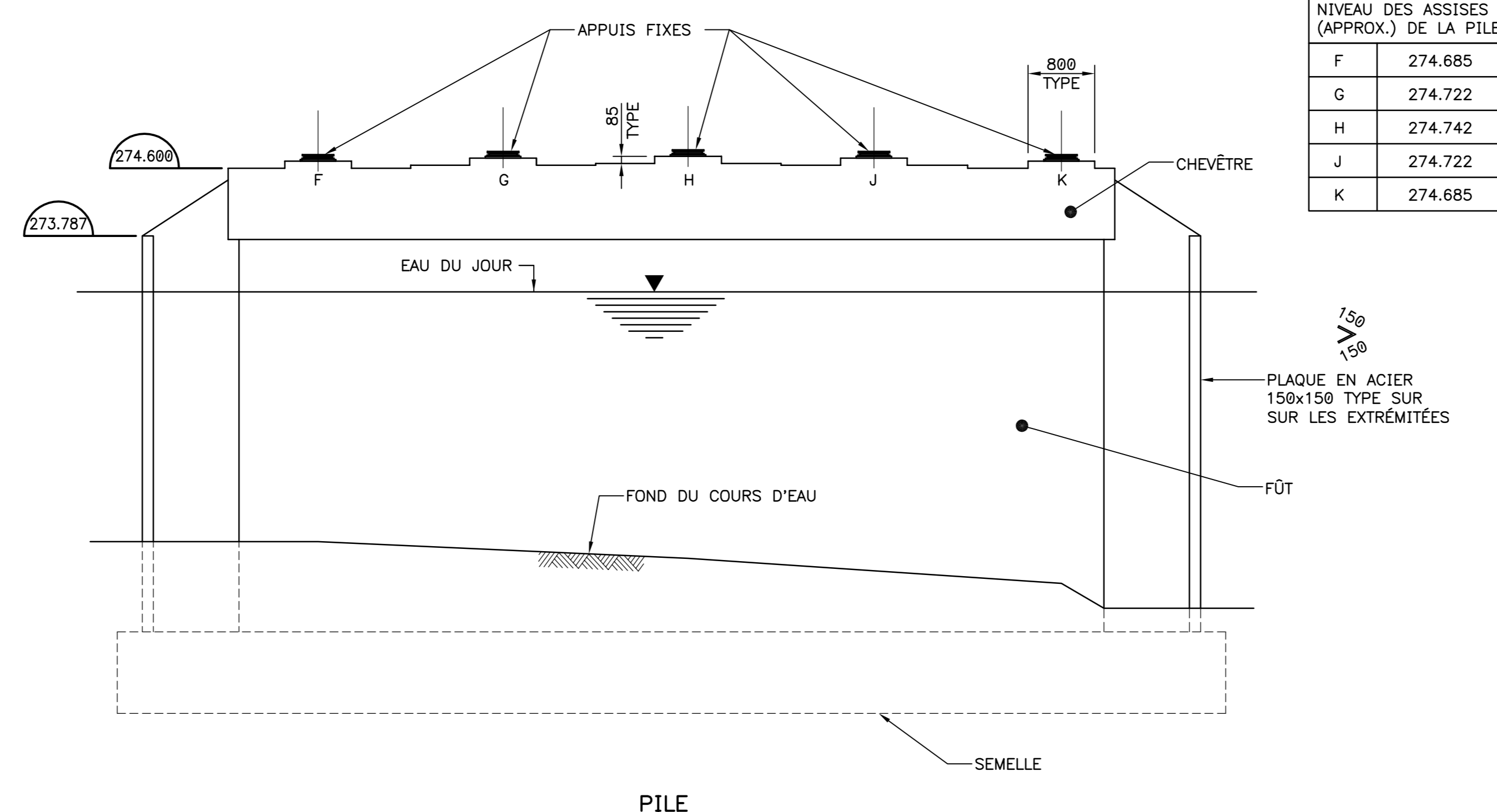
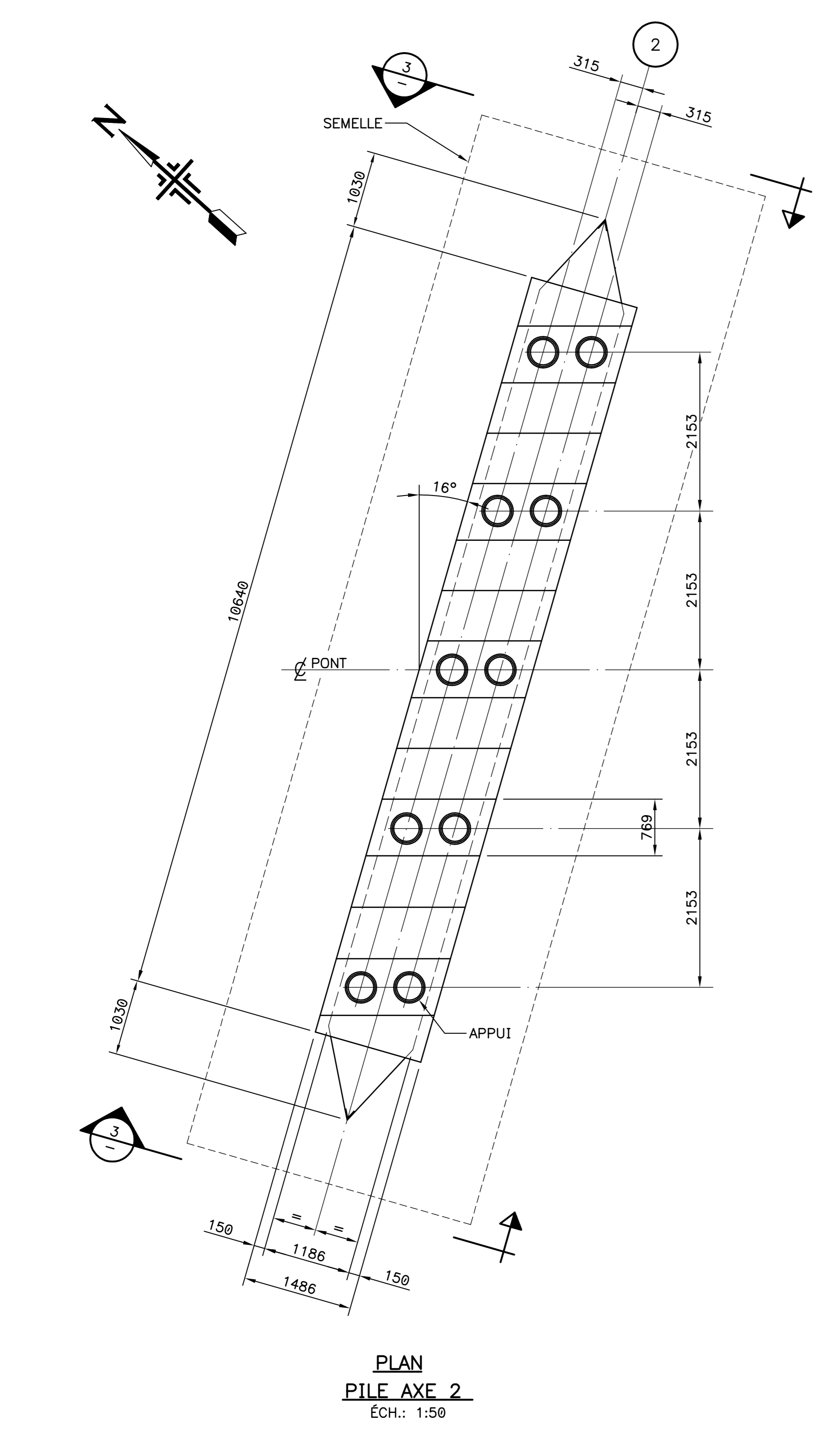
 ET

 DESCRIPTION GÉNÉRALE



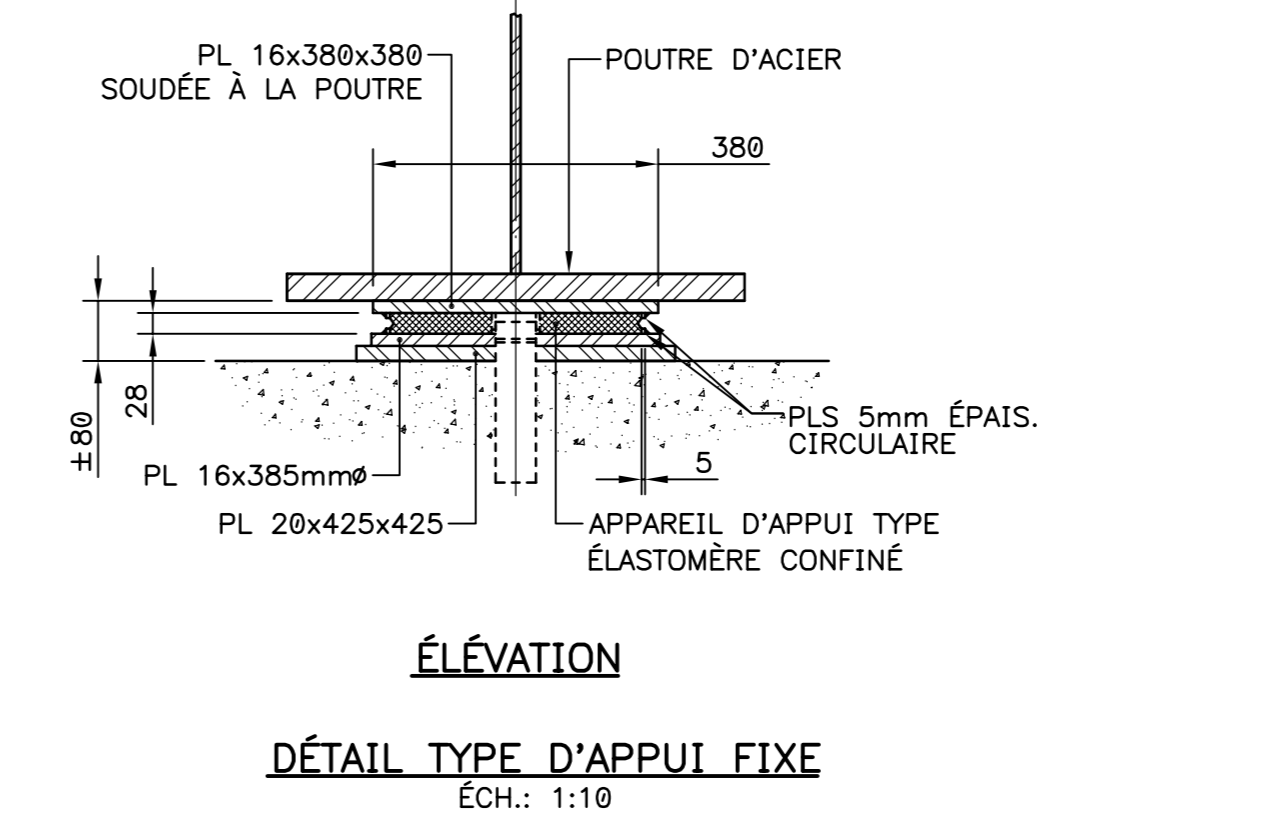
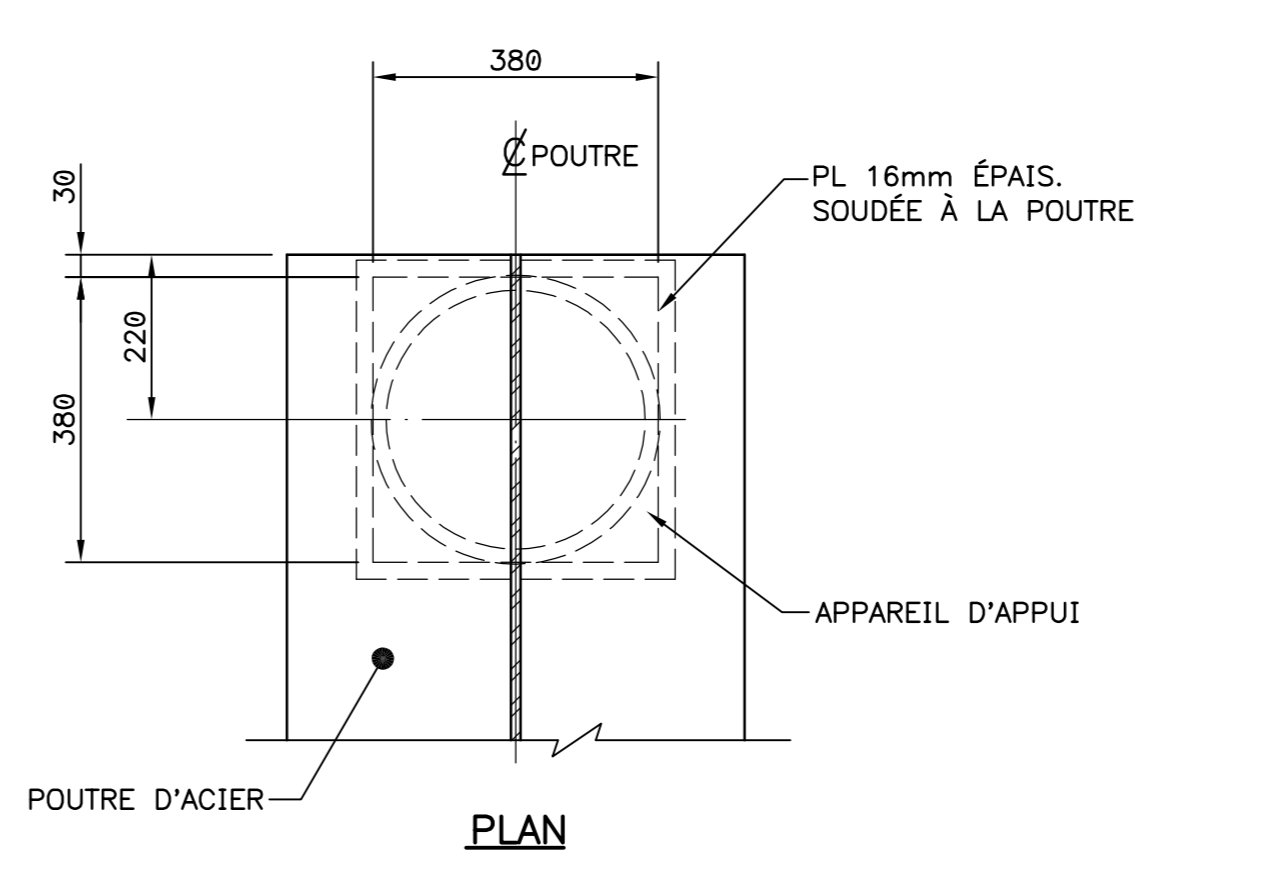
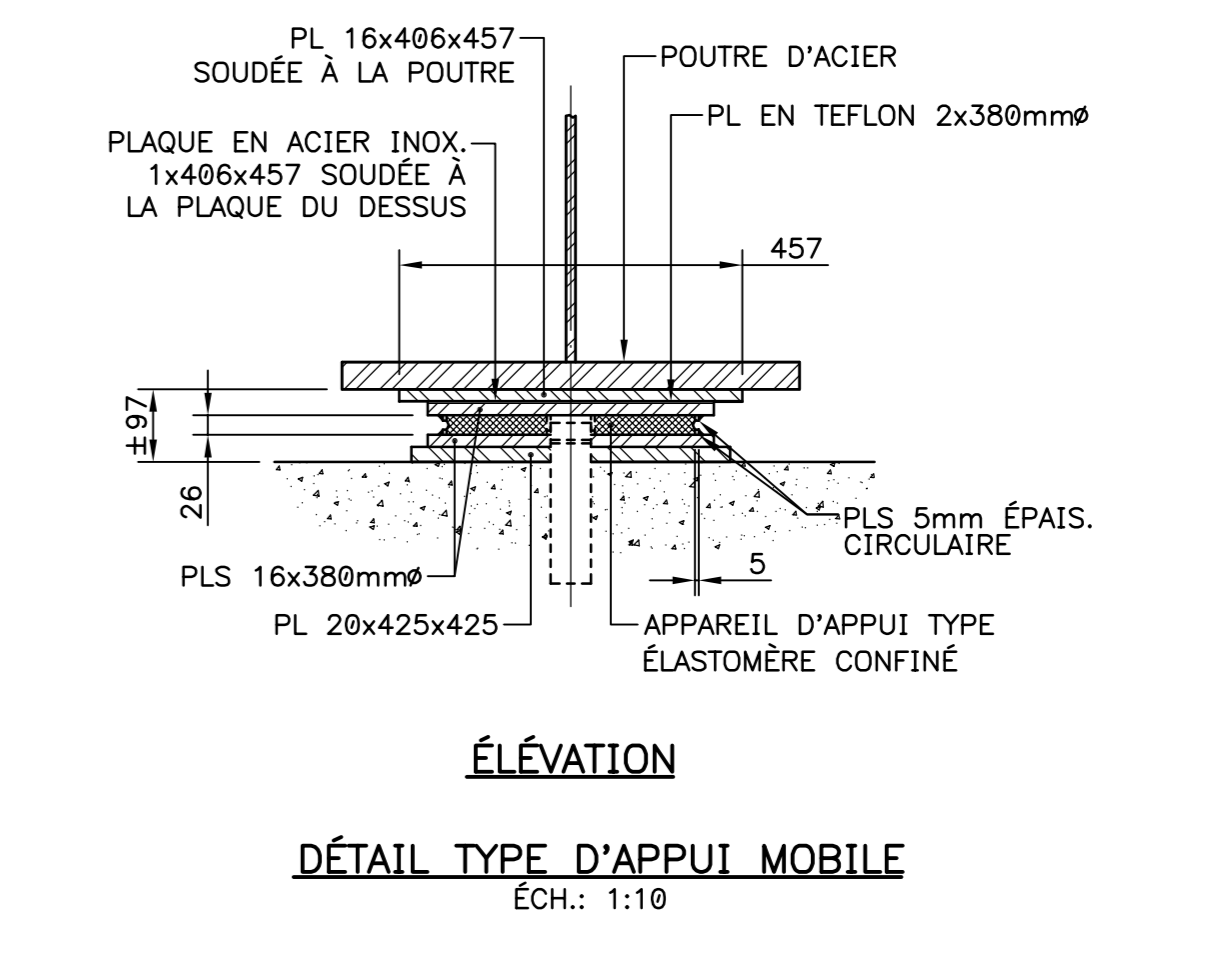
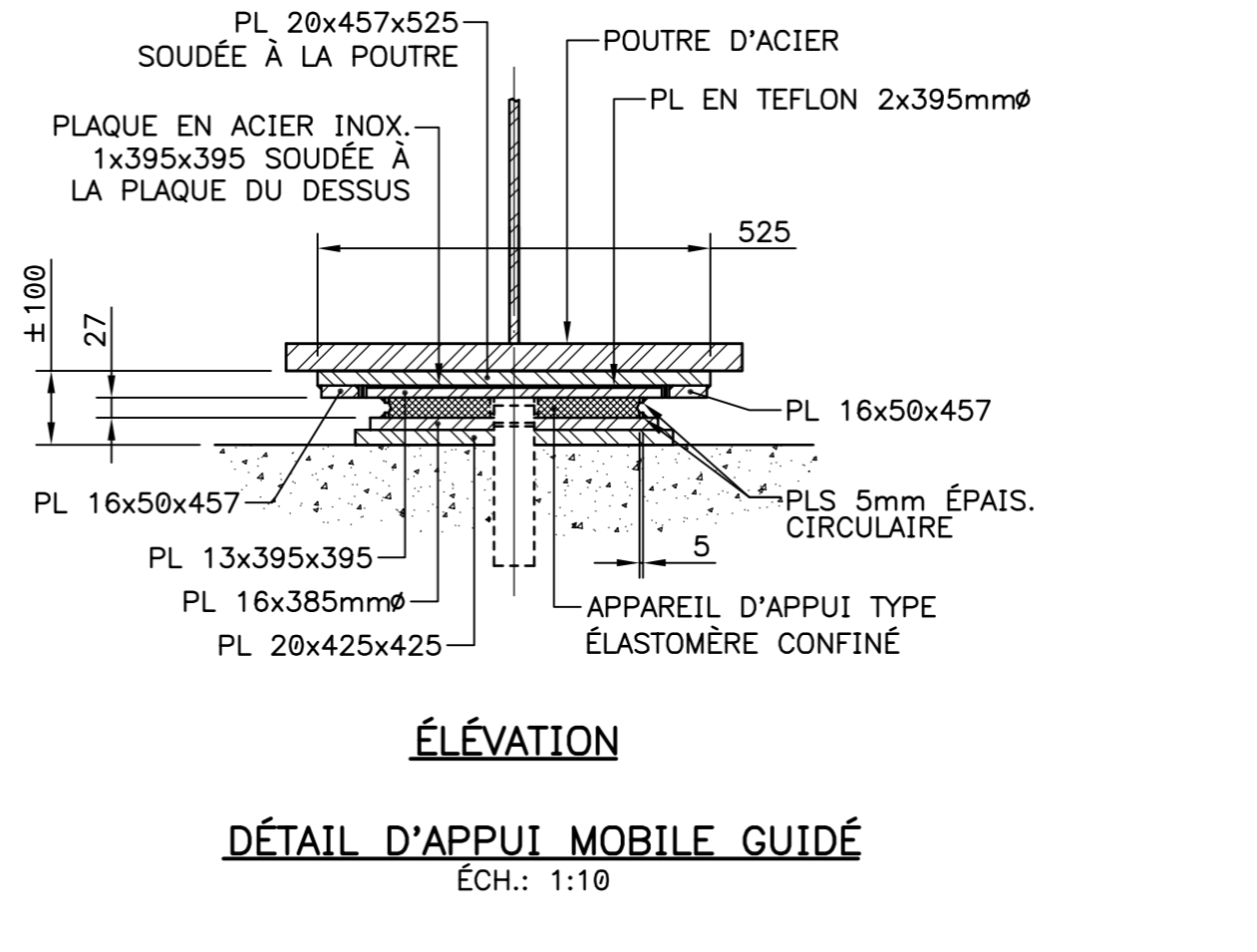
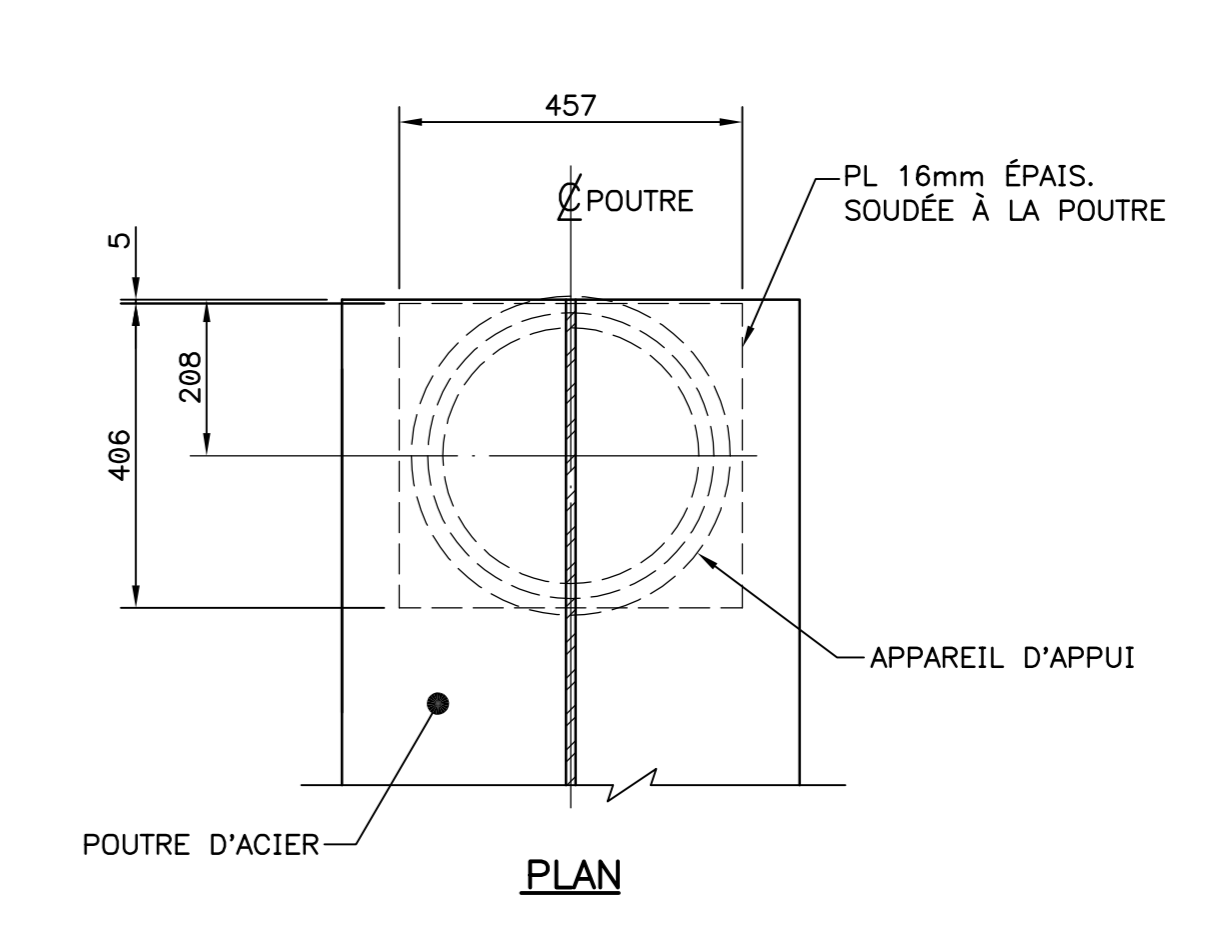
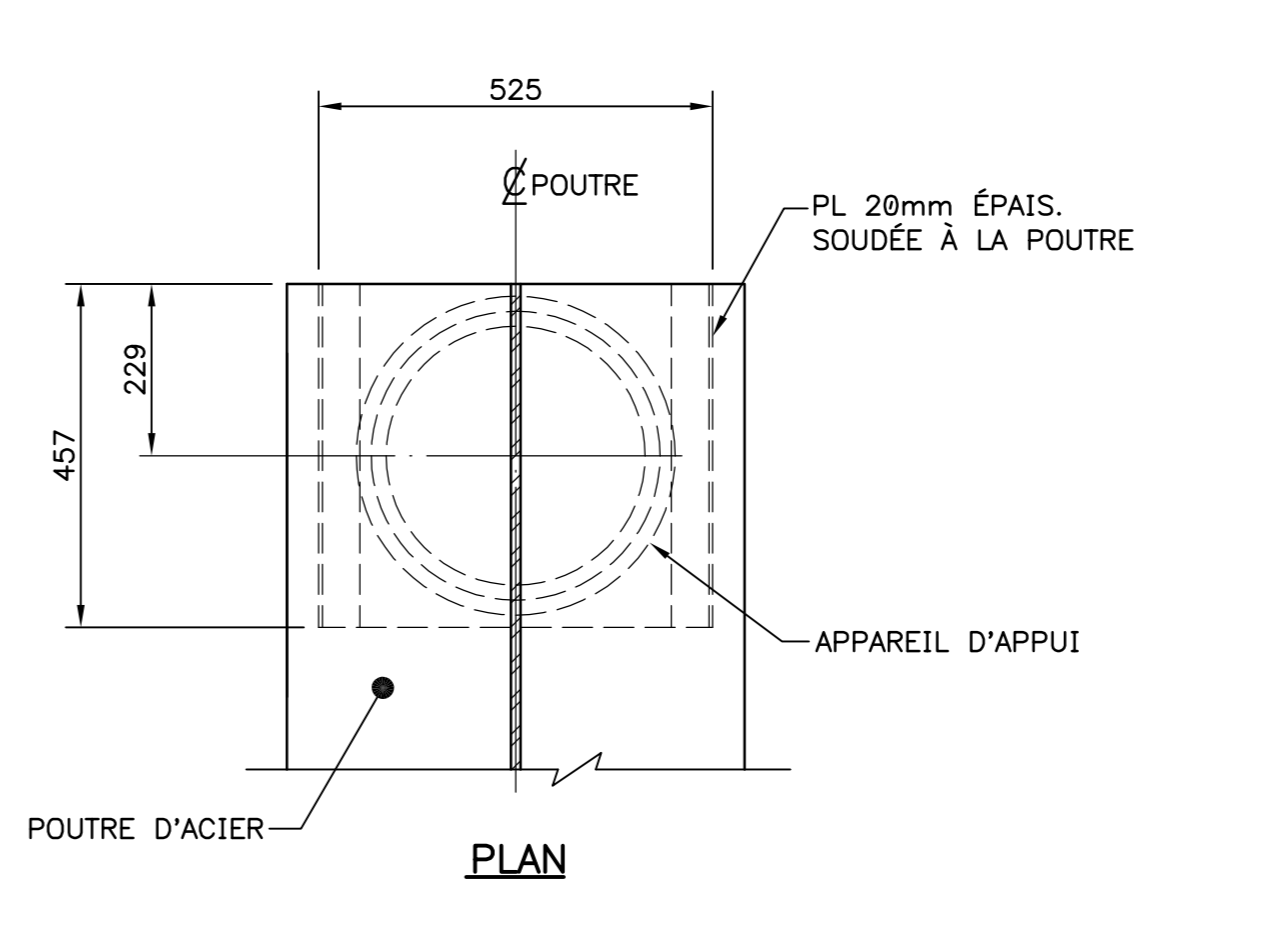
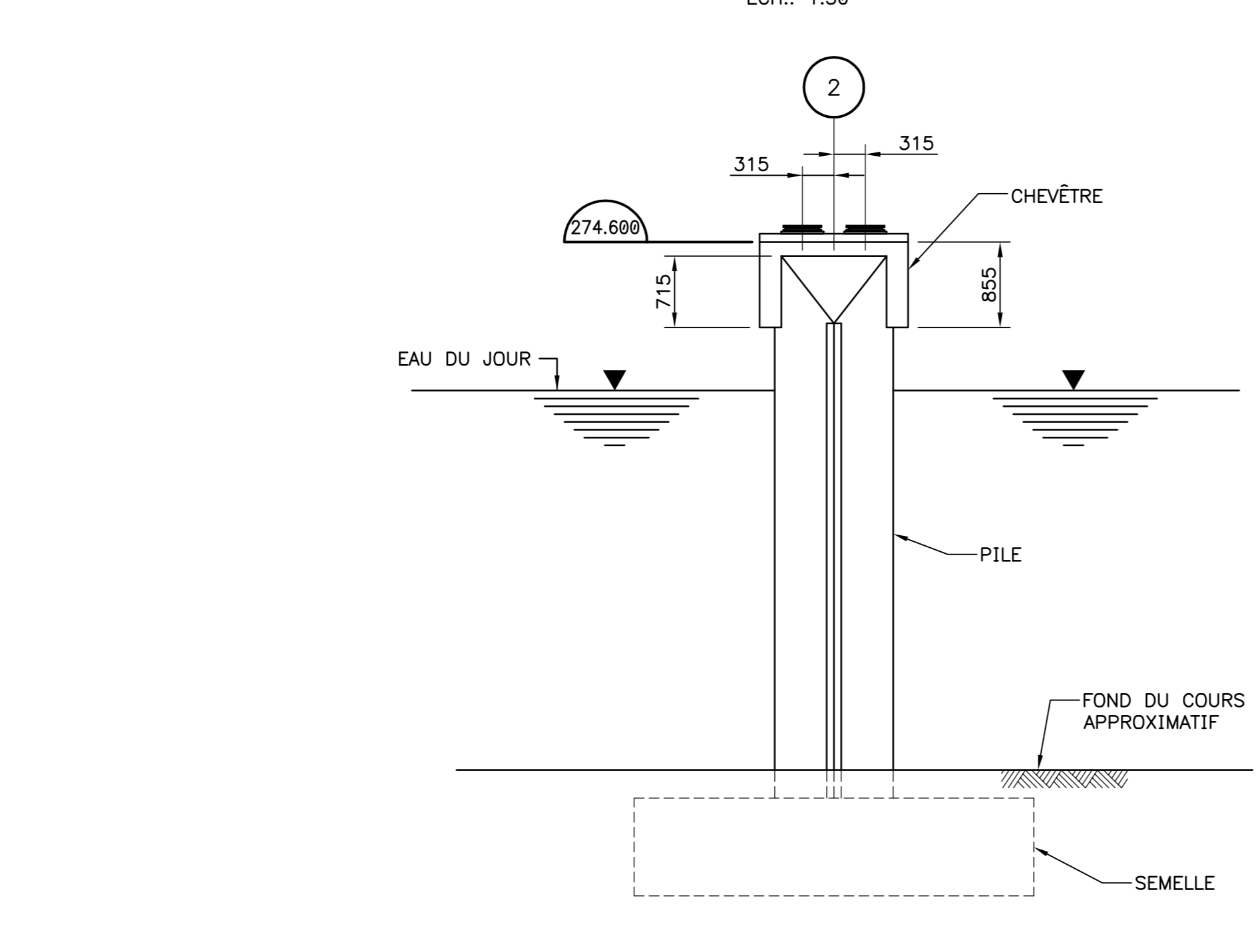
NIVEAU DES ASSISES (APPROX.) DES CULÉES

A	274.575
B	274.604
C	274.627
D	274.684
E	274.575



NIVEAU DES ASSISES (APPROX.) DE LA PILE

F	274.685
G	274.722
H	274.742
J	274.722
K	274.685



LÉGENDE:

---	DIMENSIONS NON-DÉTERMINÉES
-----	----------------------------

NOTES	
NO	

NO	DATE	TEL QUE RELEVÉ À L'INSTALLATION	QUF55	BPM
12-11-15				

NO	RÉFÉRENCES	NO

BPR
INGÉNIEUR ET AIDACE EN INGÉNIERIE
206, rue Racine Est
Chicoutimi (Québec) G7H 1R9
Téléphone : 418 549-8032
Télécopieur : 418 543-0308
www.bpr.ca

DESSINÉ G. GILBERT
PROJETÉ SELON RELEVÉS
APPROUVÉ P. LAPIERRE
R. DE T. QUÉSS

VÉRIFIÉ DESS. CARL BOUCHARD
VÉRIFIÉ CARL BOUCHARD
APPROUVÉ HUGO DE LA SABLONNIÈRE
DATE 2012-11-15

SCHEMAS DESSIN ORIGINAL SELON RELEVÉS FAIT À L'INSTALLATION

ECHILLE

RAPPORT INDIQUE

DIMENSIONS EN mm

Hydro Québec

POSTE DE LA NEMISCAU

PONT AU-DESSUS DE LA RIVIÈRE NEMISCAU

CULÉES ET PILE - DIMENSIONS DÉTAILS DES APPUIS

30081706031003 Q10PY0

H

H

G

G

F

F

E

E

D

D

C

C

B

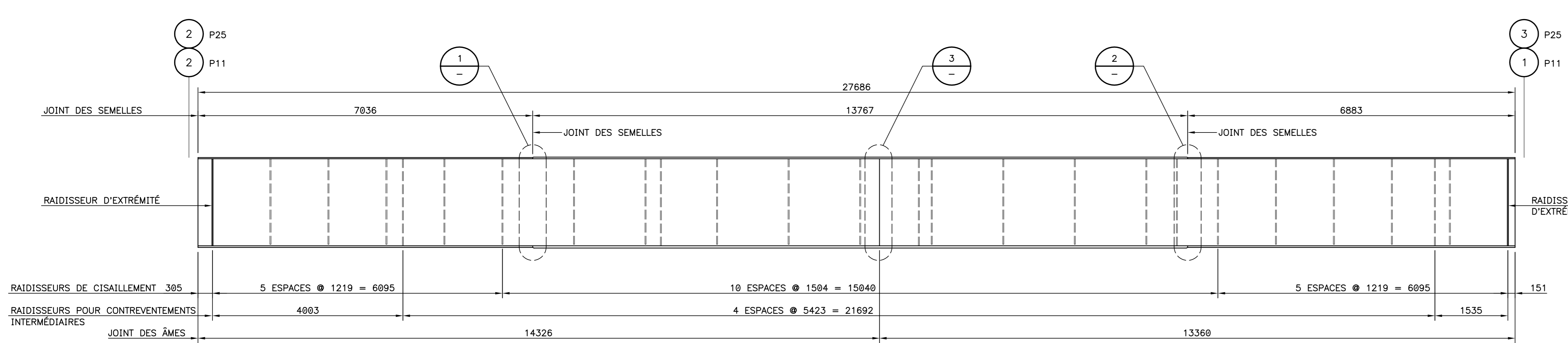
B

A

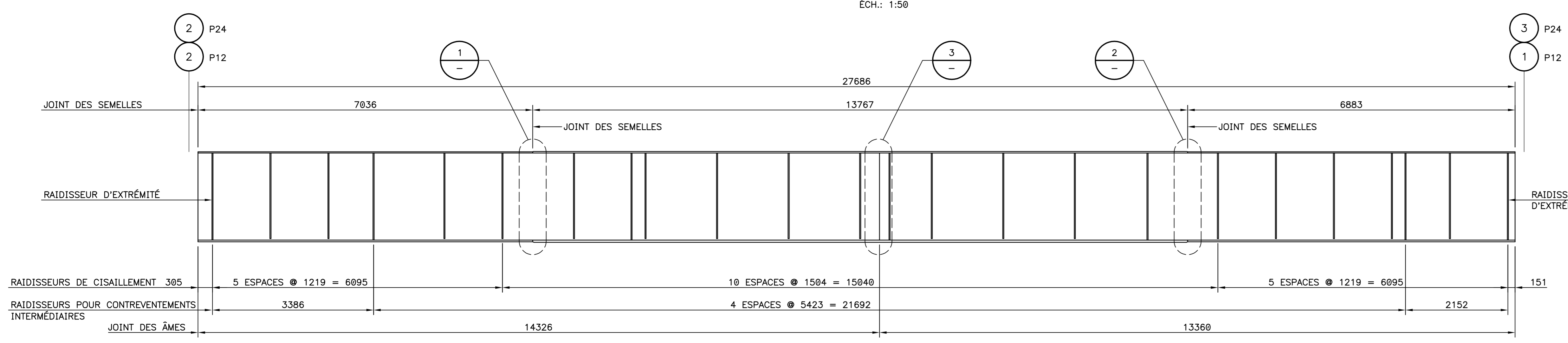
A

FIDELLE 1 DE 1

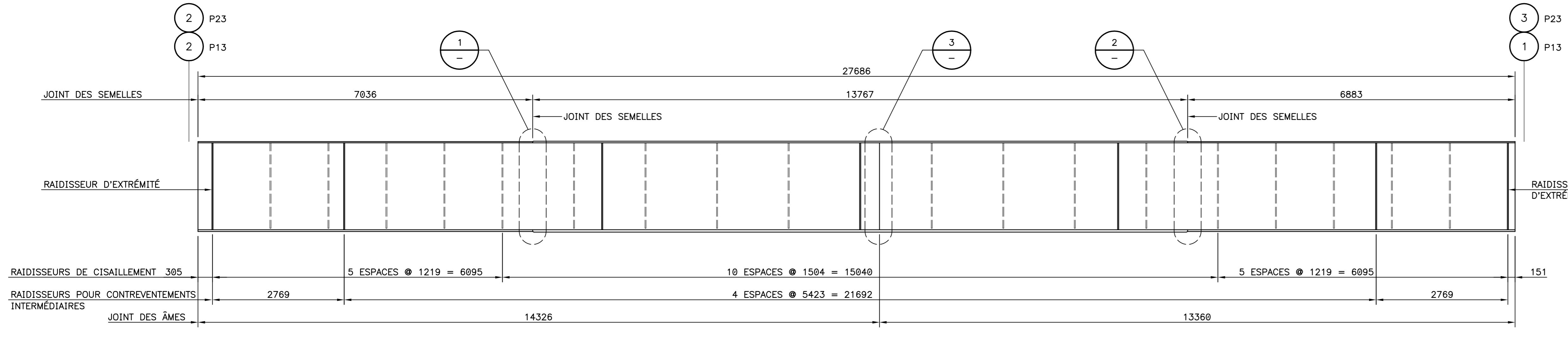
3008170603006 Q10PY0



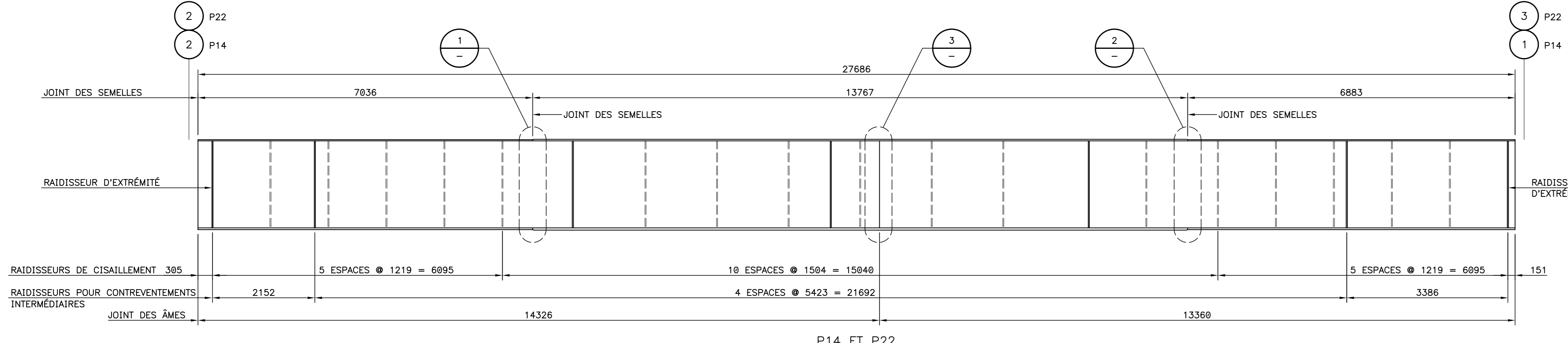
P11 ET P25
ECH.: 1:50



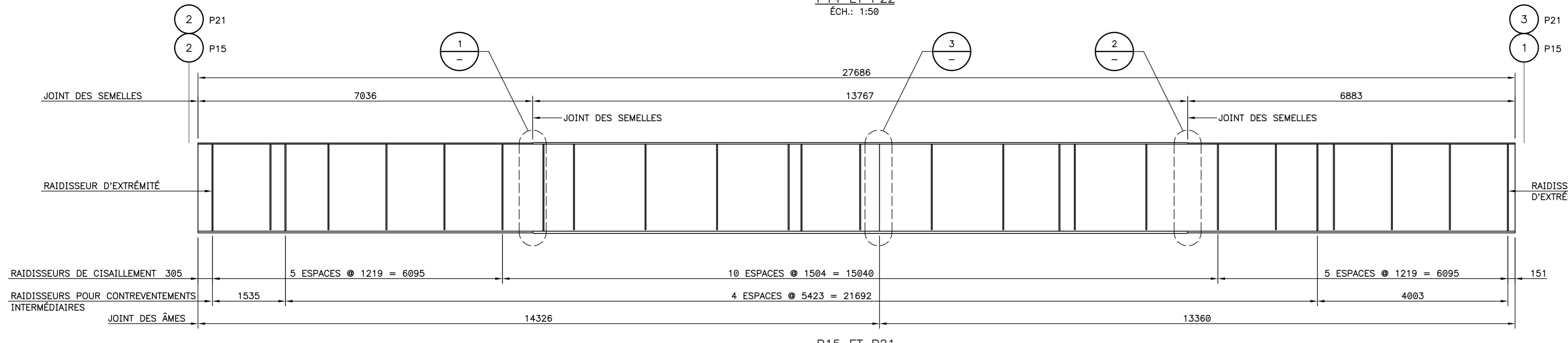
P12 ET P24
ECH.: 1:50



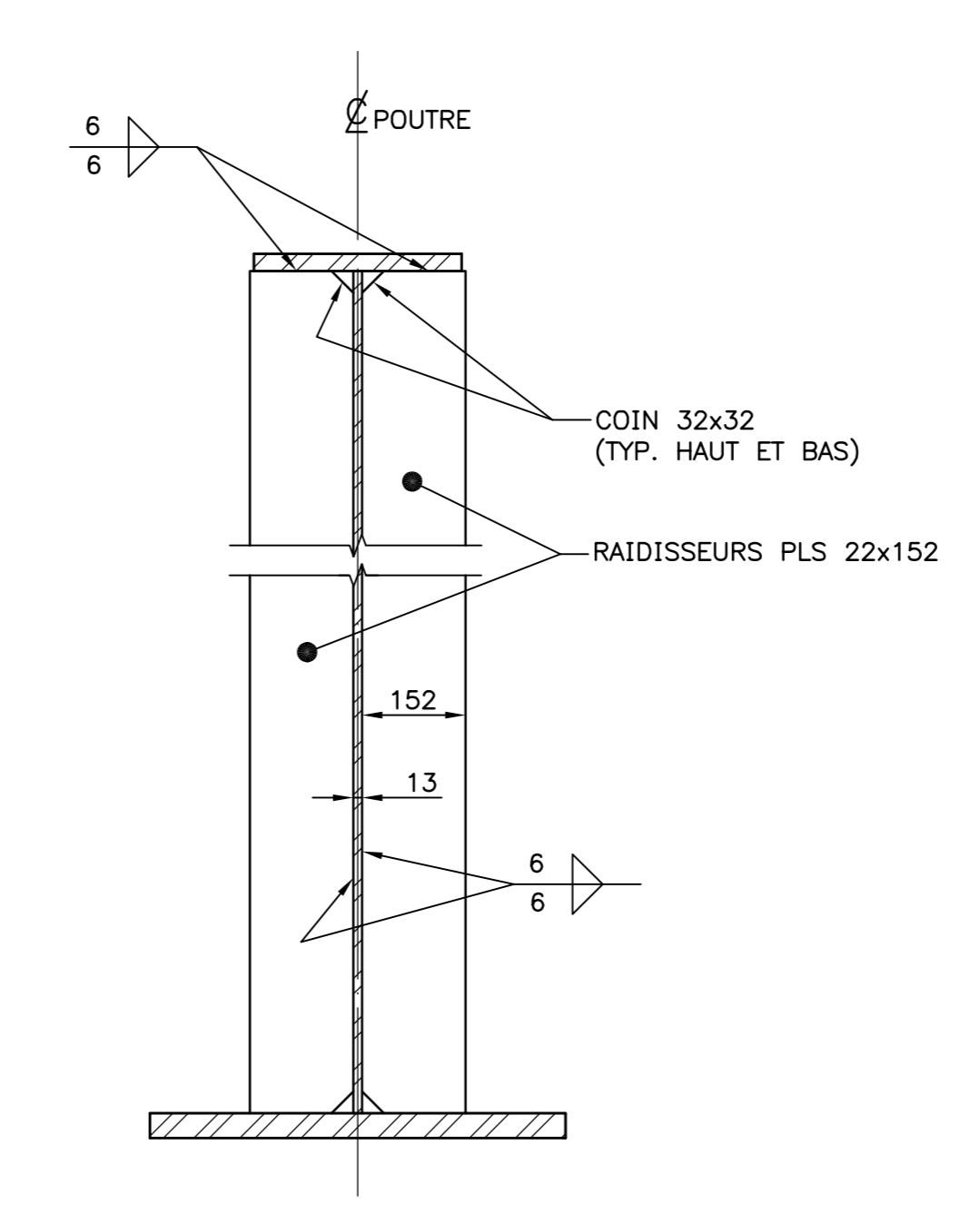
P13 ET P23
ECH.: 1:50



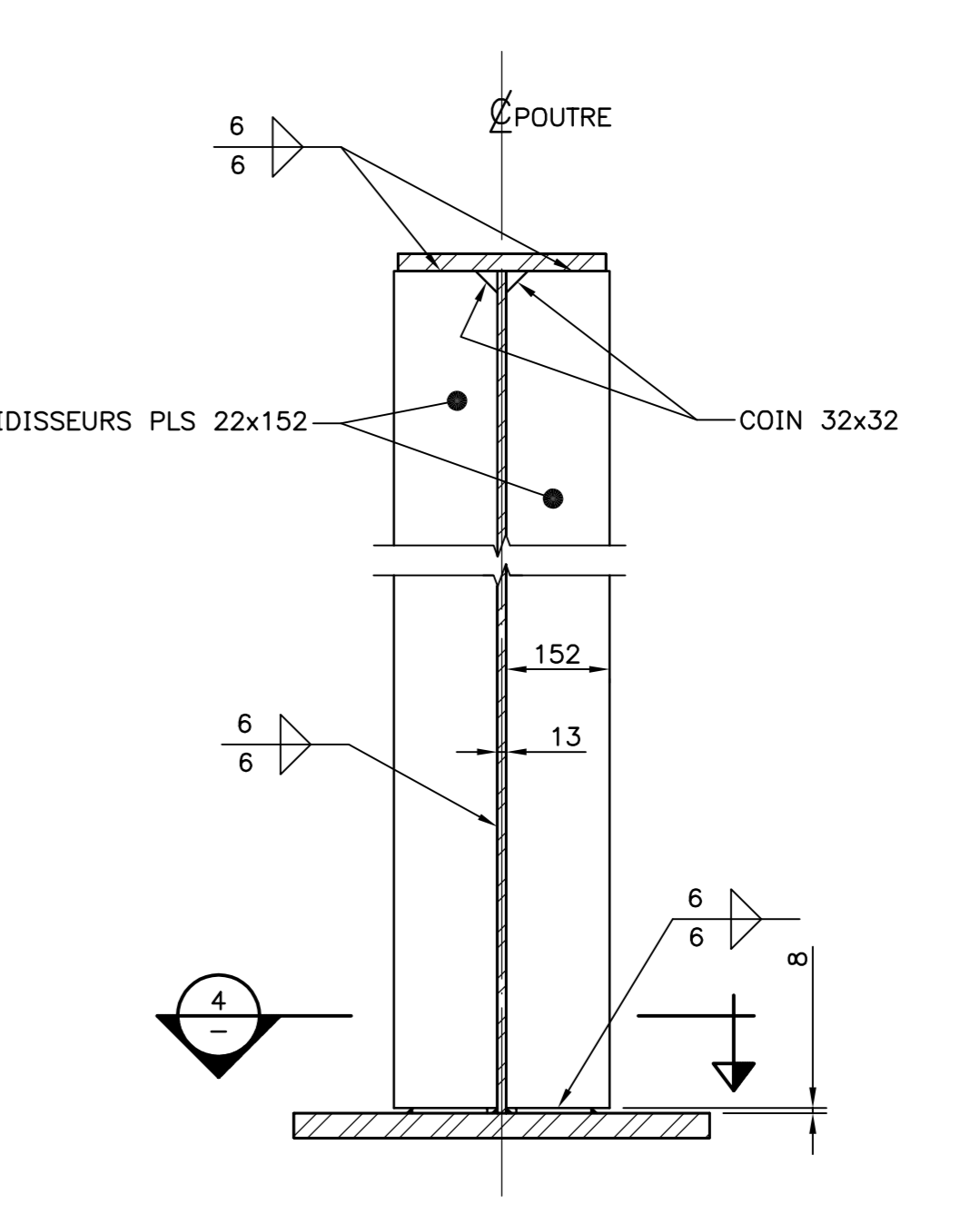
P14 ET P22
ECH.: 1:50



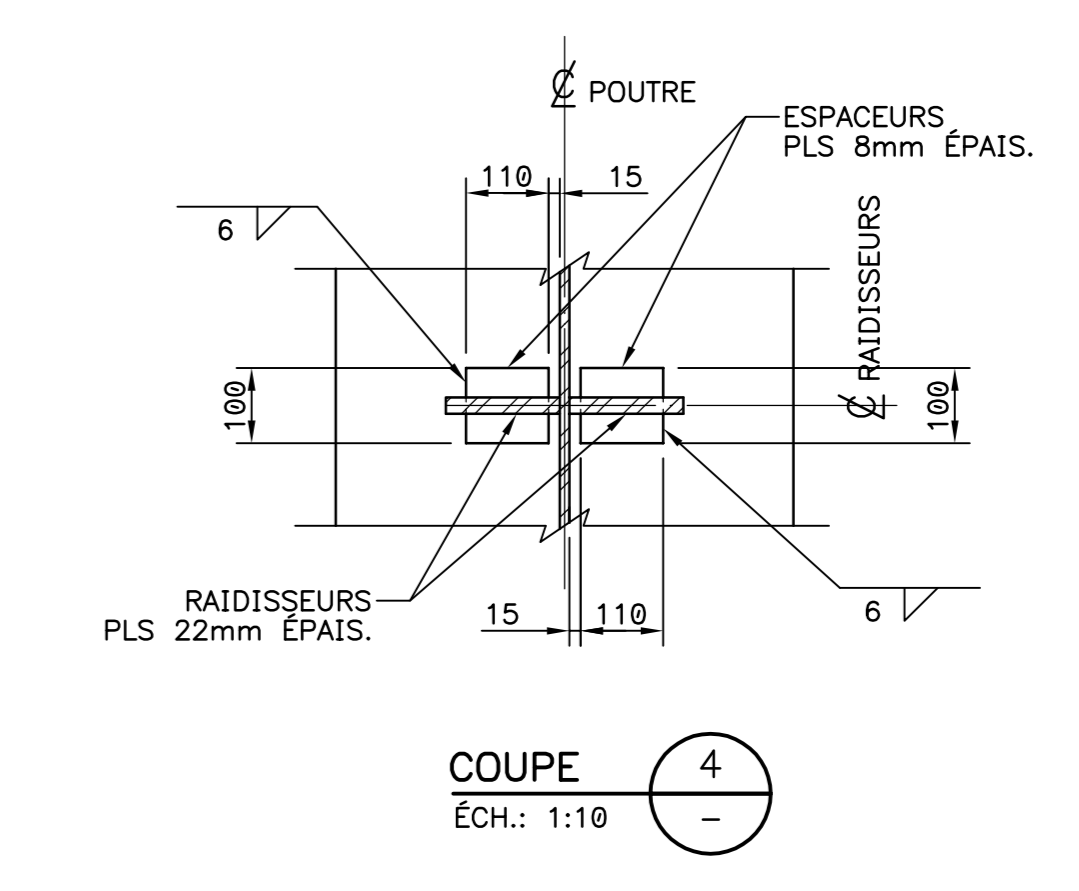
P15 ET P21
ECH.: 1:50



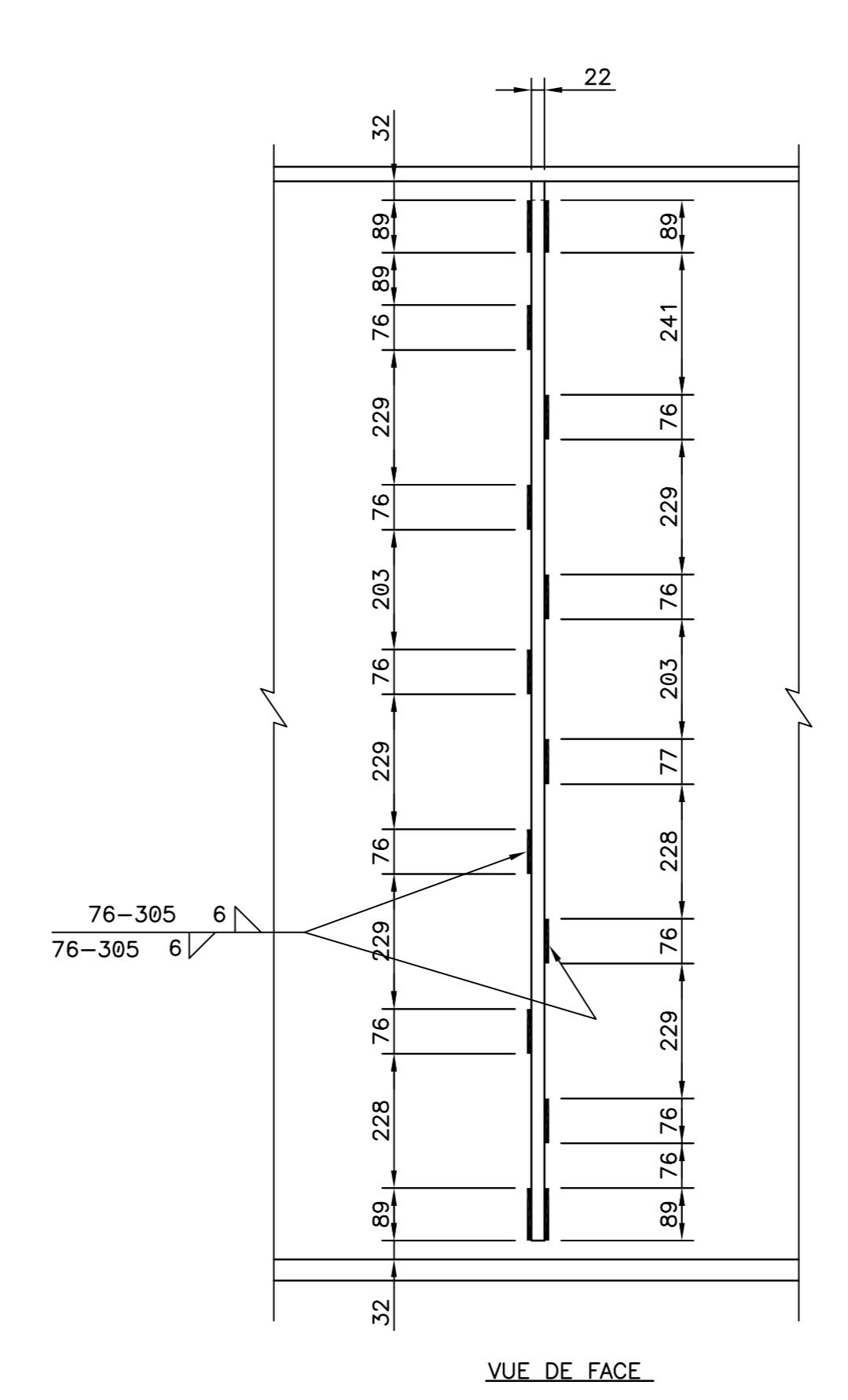
DÉTAIL DES RAIDISSEURS D'EXTRÉMITÉS
ECH.: 1:10



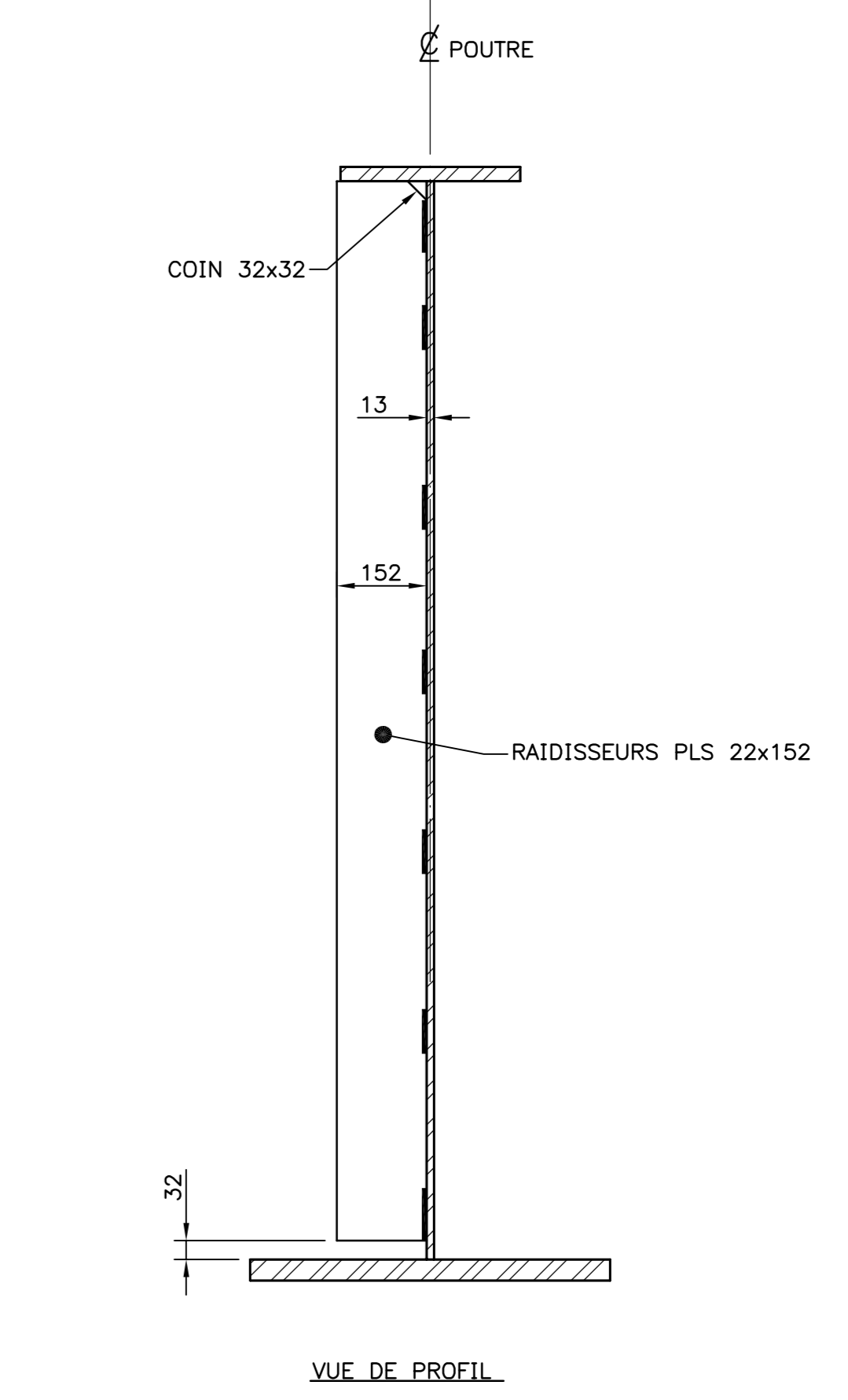
DÉTAIL DES RAIDISSEURS AUX CONTREVENTEMENTS INTERMÉDIAIRES
ECH.: 1:10



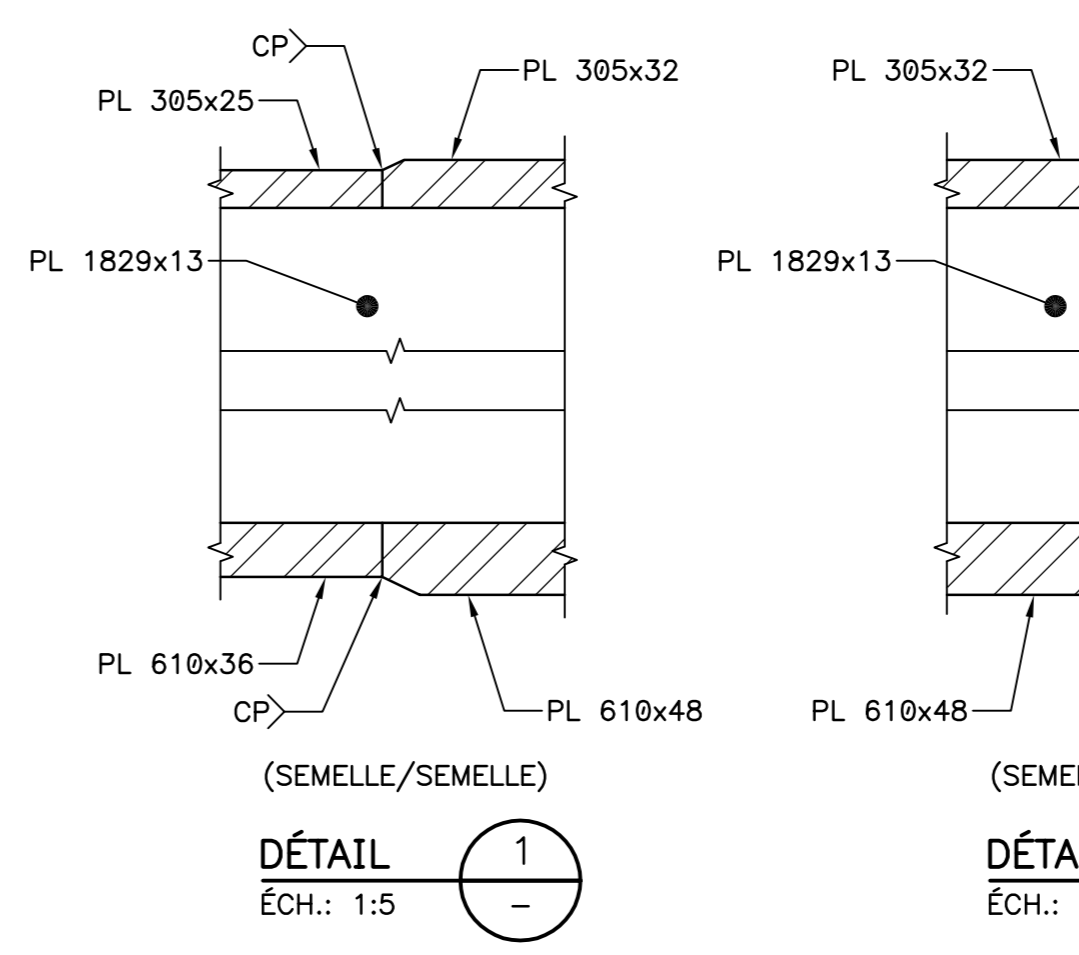
COUPE
ECH.: 1:10



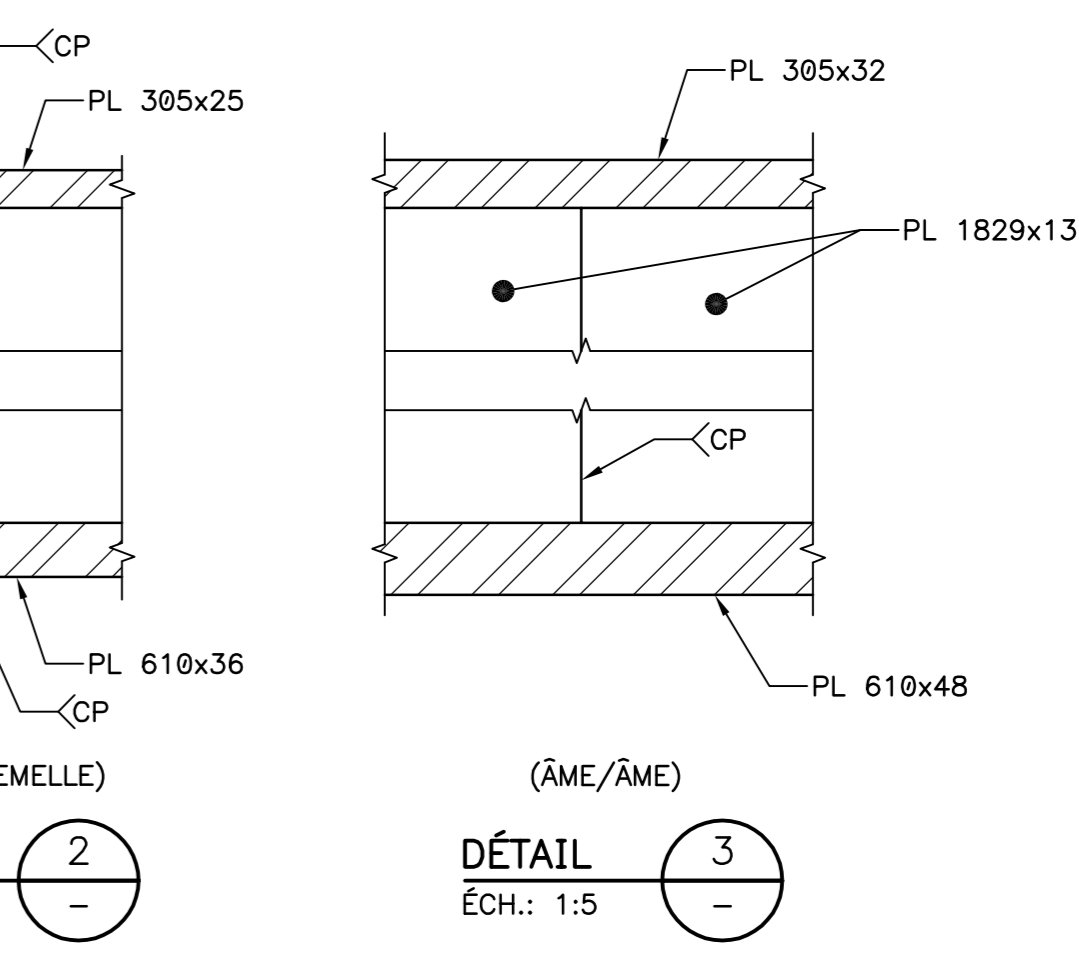
VUE DE FACE
ECH.: 1:10



VUE DE PROFIL
ECH.: 1:10



DÉTAIL 1
ECH.: 1:5



DÉTAIL 2
ECH.: 1:5

NO	NOTES

NO	DATE	TEL. QUE RELEVÉ À L'INSTALLATION	QUF55	BPM	HQ

NO	REFERENCES	NO

BPR
INGÉNIEUR ET AIDACE EN INGÉNIEURIE

206, rue Racine Est
Chicoutimi (Québec) G7H 1R9
Téléphone : 418 549-8032
Télécopieur : 418 543-0308
www.bpr.ca

DESSINÉ G. GILBERT VÉRIFIÉ DESS. CARL BOUCHARD
PROJETÉ SELON RELEVÉS VÉRIFIÉ CARL BOUCHARD
APPROUVÉ P. LAPIERRE APPROUVÉ HUGO DE LA SABLONNIÈRE
R. DE T. QUF55 DATE 2012-11-15

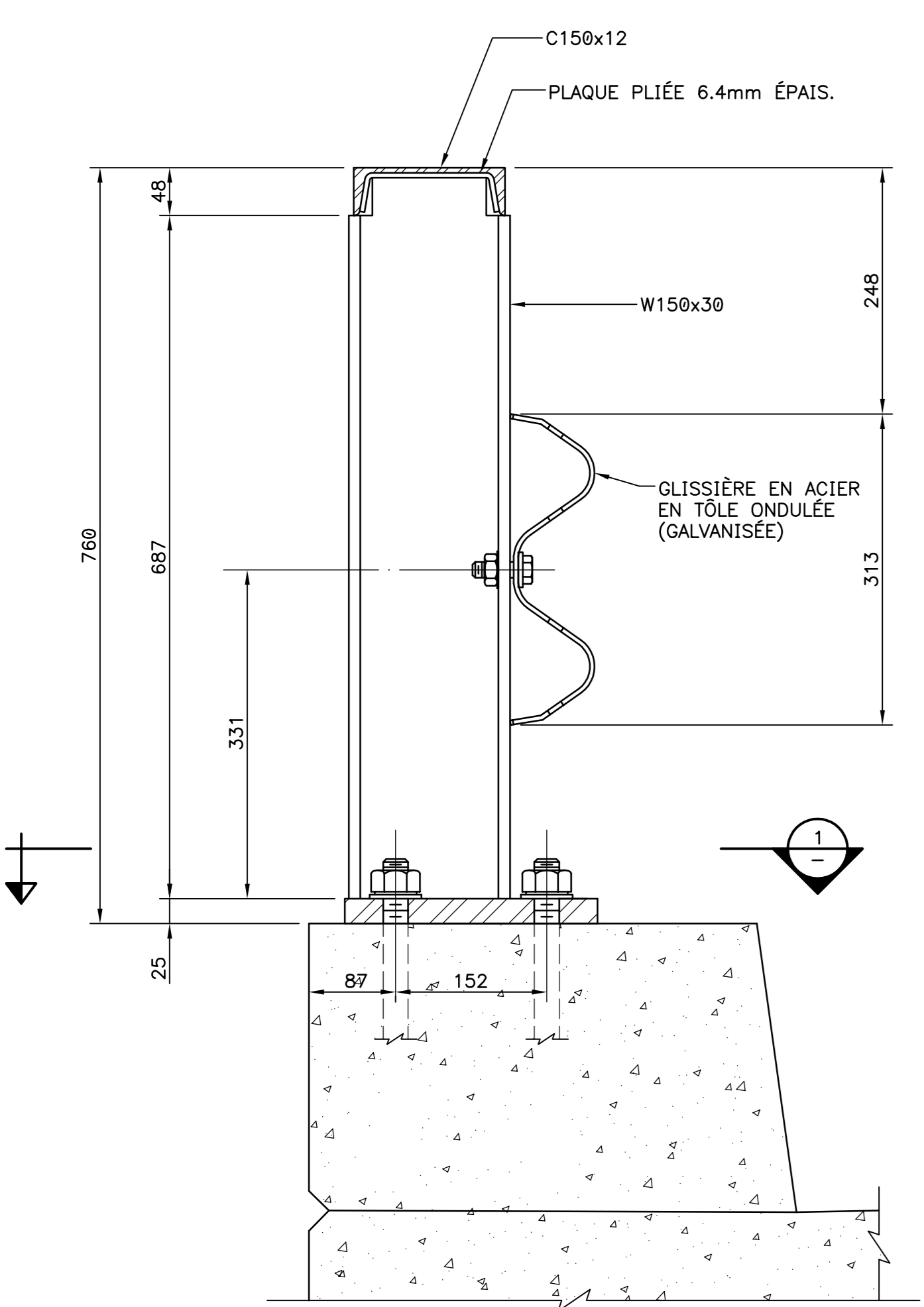
SCEAUX DESSIN ORIGINAL SELON RELEVÉS FAIT À L'INSTALLATION

ECHELLE RAPPORT INDIQUE DIMENSIONS EN mm

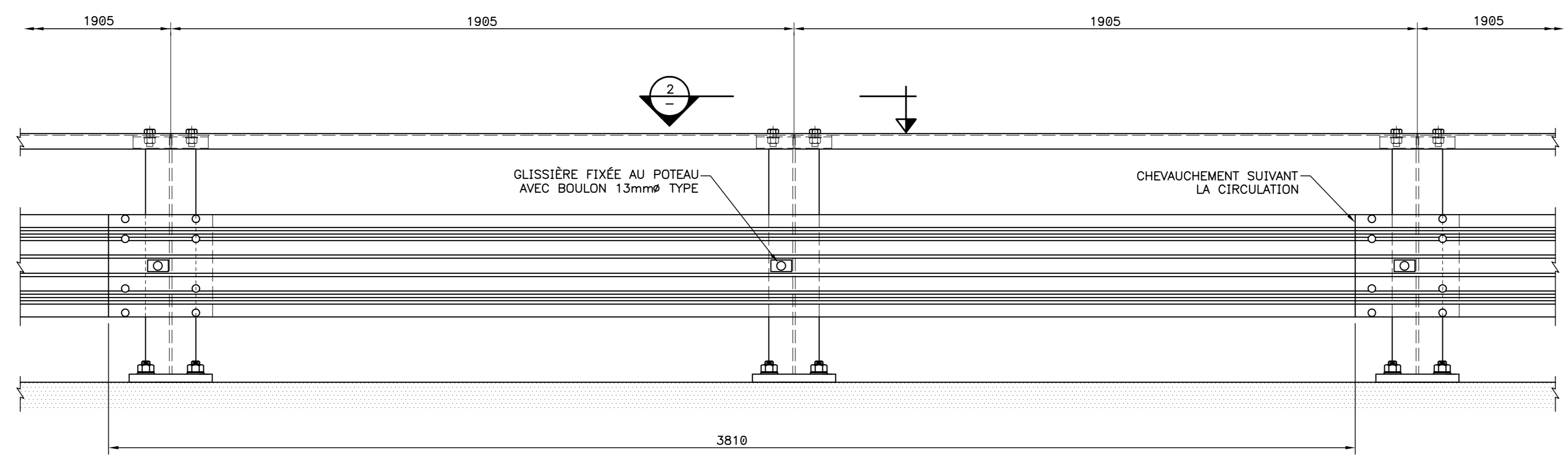
Hydro Québec

POSTE DE LA NEMISCAU
PONT AU-DESSUS DE LA RIVIÈRE NEMISCAU
CHARPENTE MÉTALLIQUE
DÉTAILS DES RAIDISSEURS ET DES JOINTS SUR LES POUTRES PRINCIPALES

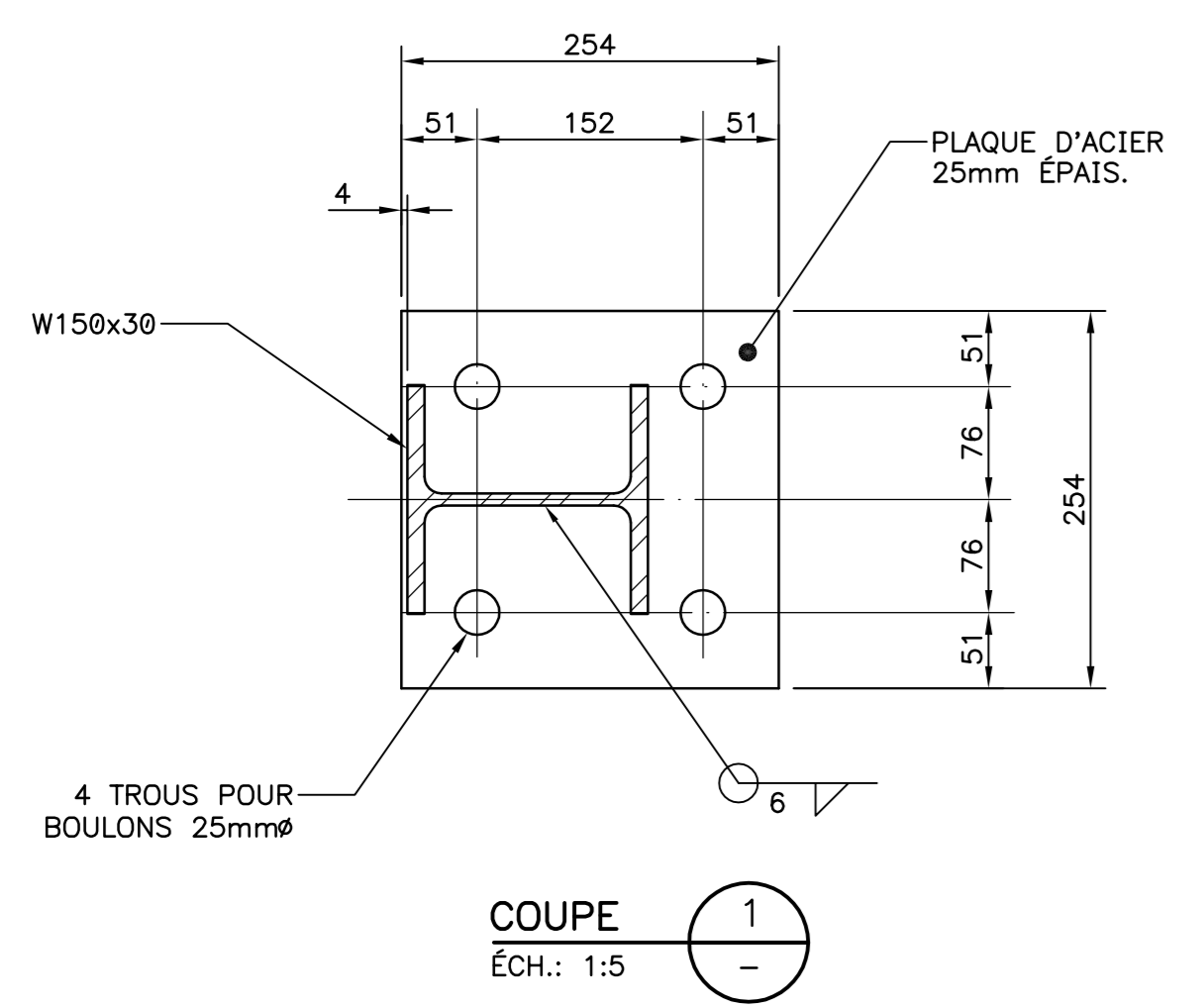
3008170603006 Q10PY0



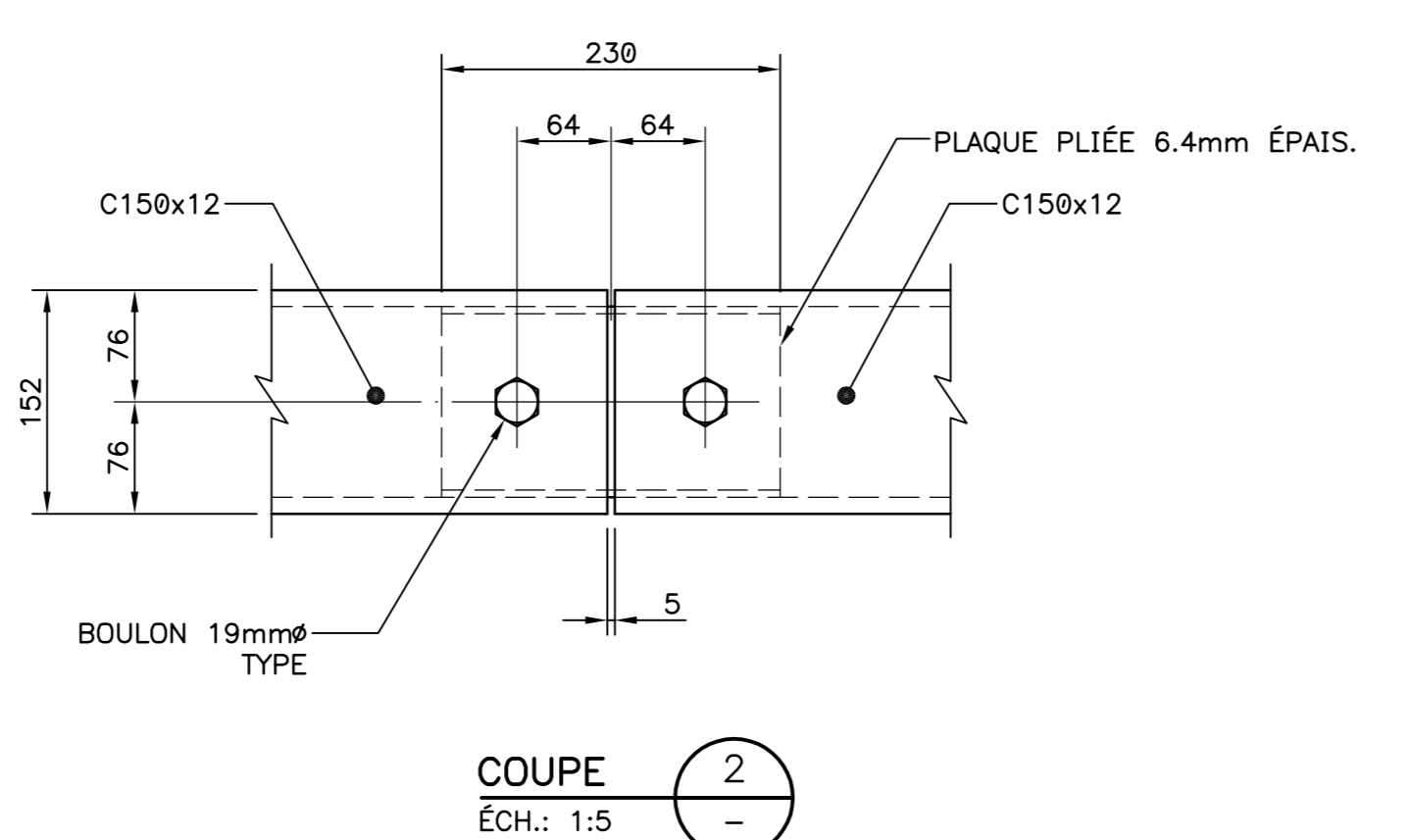
COUPE TYPE POTEAU DE GLISSIÈRE
ÉCH.: 1:5



ÉLÉVATION TYPE DE GLISSIÈRE
ÉCH.: 1:10



COUPE 1
ÉCH.: 1:5



COUPE 2
ÉCH.: 1:5

NO	NOTES

NO	DATE	RÉVISIONS	TEL QUE RELEVÉ À L'INSTALLATION	QUF55	BPW
12-11-15					

NO	RÉFÉRENCES	NO

BPR

INGÉNIEUR ET AUDACE
EN INGÉNIERIE

DESSINÉ G. GILBERT
PROJETÉ SELON RELEVÉS
APPROUVÉ P. LAPIERRE
R. DE T. QUF55

206, rue Racine Est
Chicoutimi (Québec) G7H 1R9
Téléphone : 418 549-8032
Télécopieur : 418 543-0308
www.bpr.ca

VÉRIFIÉ DESS. CARL BOUCHARD
VÉRIFIÉ CARL BOUCHARD
APPROUVÉ HUGO DE LA SABLONNIÈRE
DATE 2012-11-15

TEL QUE RELEVÉ À L'INSTALLATION
QUF55 BPW

ÉCHELLE
RAPPORT INDIQUE

DIMENSIONS EN mm

POSTE DE LA NEMISCAU

PONT AU-DESSUS DE LA RIVIÈRE NÉMISCAU

DÉTAILS DES GLISSIÈRES DE SÉCURITÉ



À LA PURSÈANCE | TITELATÉCH

ANNEXE 2 – RELEVÉS DE L'INVESTIGATION DESTRUCTIVE DE LA DALLE



Nom du projet: _____

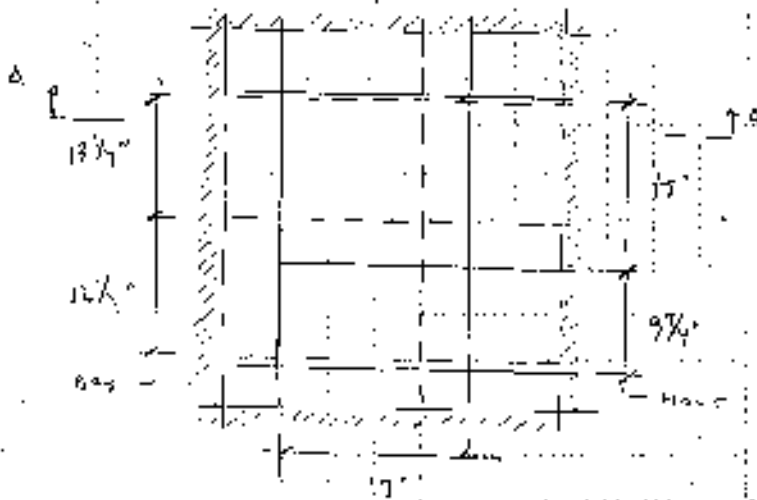
Par: PL

Date: 28 Aout 12

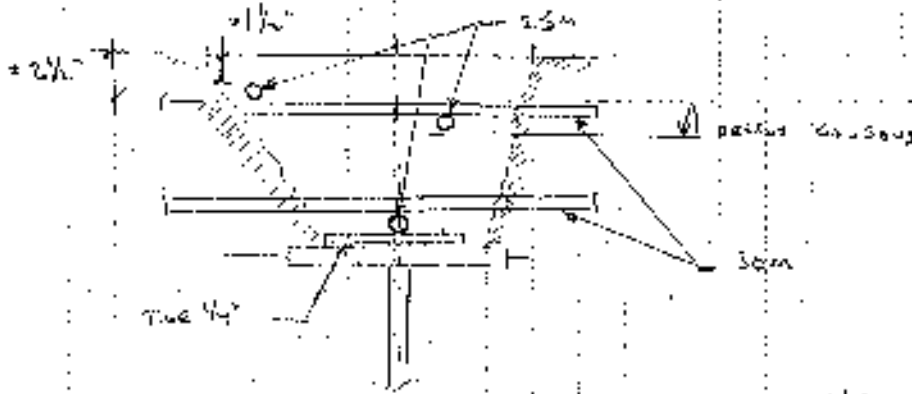
Sujet: Revises Armes

No du projet: _____

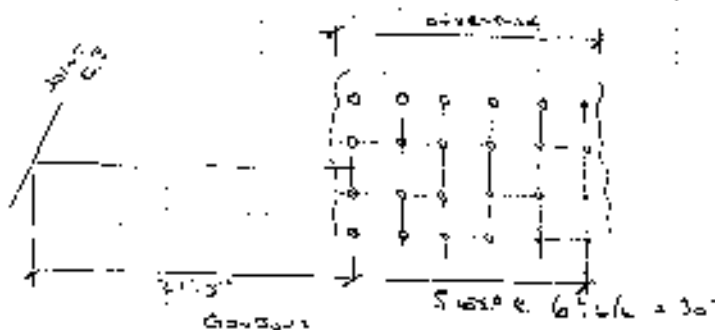
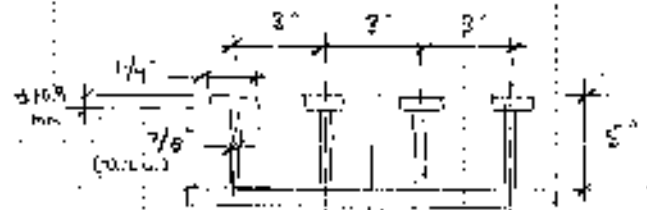
Q 225L ÉPAILLÉ



— ACIER SUP
 - - - ACIER INF



SECTION A-A



SECTION C-C

SECTION D-D



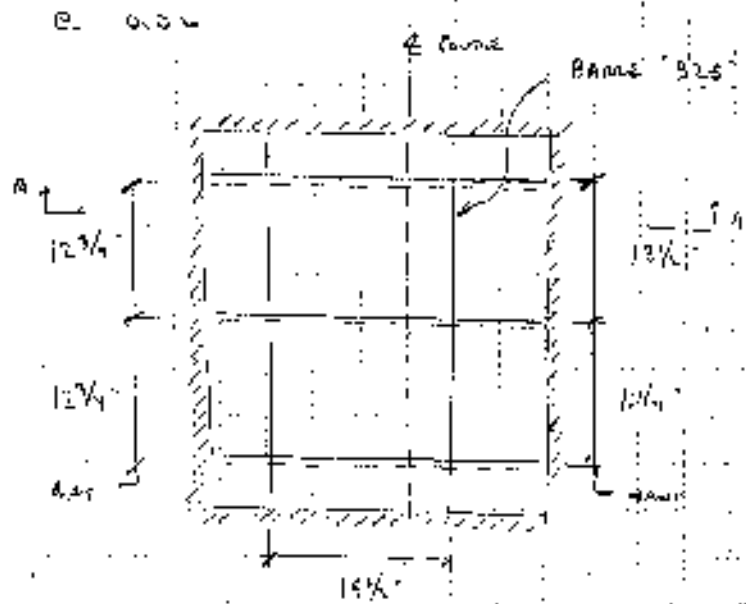
Nom du projet: _____

Par: _____

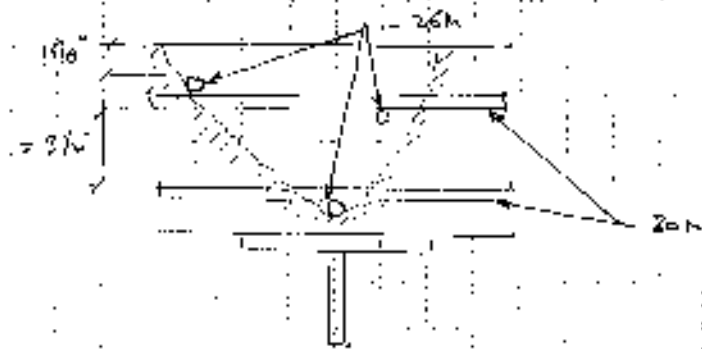
Date: 28 oct 12

Sujet: Réservoir Armatures

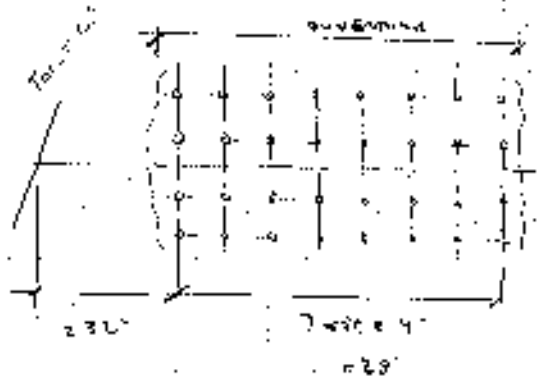
No du projet: _____



- ARMATURES
- ARMATURES
- ARMATURES
- ARMATURES
- ARMATURES
- ARMATURES
- ARMATURES



Section A A



Nom du projet: _____

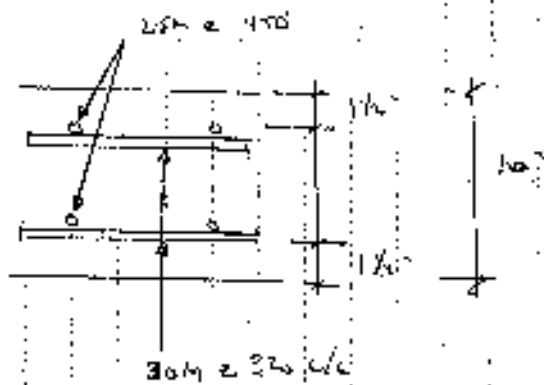
Par: _____

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

VALEURS A UTILISER POUR LE CALCUL





À LA PURSÉE | TITELTÉCH

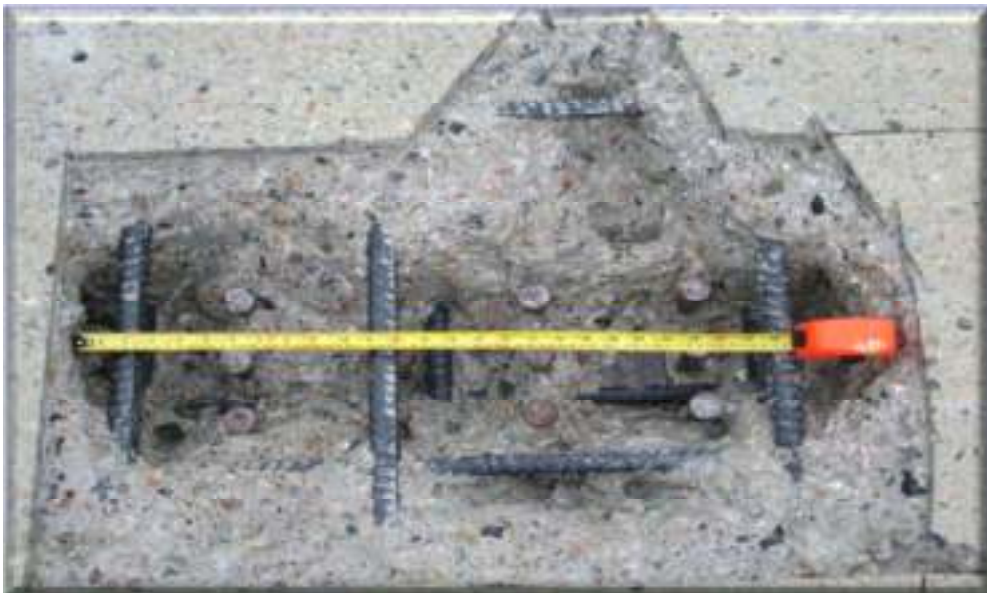
ANNEXE 3 – PHOTOS PRISES LORS DE L'INVESTIGATION DESTRUCTIVE DE LA DALLE



PHOTOS PRISES LORS DE L'INVESTIGATION DESTRUCTIVE DE LA DALLE

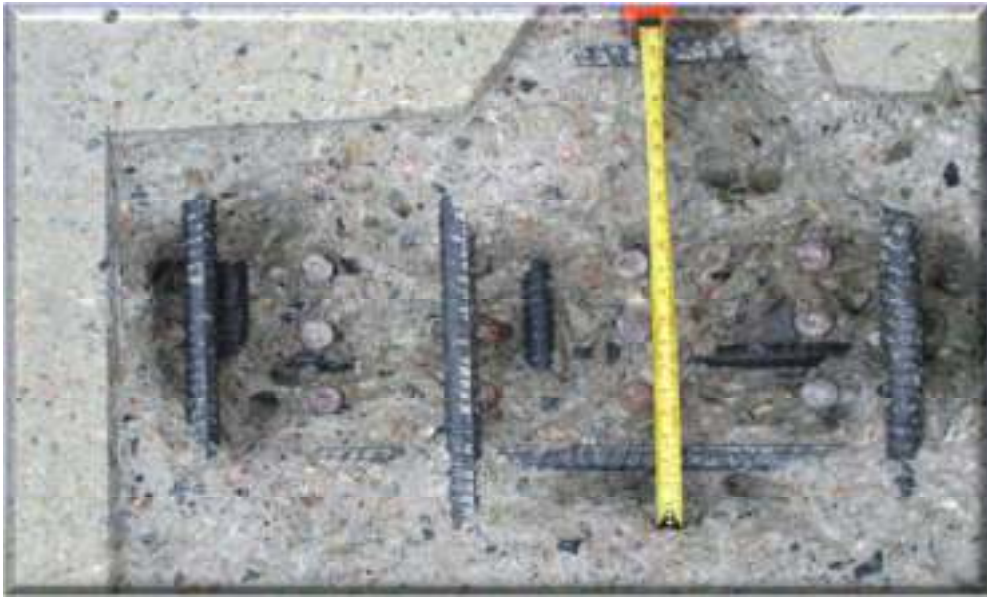


🚧 Installation des équipements pour le découpage de la dalle (vue vers l'est) et signalisation



🚧 Démolition de la dalle à 0.25 L

PHOTOS PRISES LORS DE L'INVESTIGATION DESTRUCTIVE DE LA DALLE



🏗️ Démolition de la dalle à 0.25L



🏗️ Démolition de la dalle près de l'appui

PHOTOS PRISES LORS DE L'INVESTIGATION DESTRUCTIVE DE LA DALLE



🧱 Démolition de la dalle près de l'appui



🧱 Vue des goujons

PHOTOS PRISES LORS DE L'INVESTIGATION DESTRUCTIVE DE LA DALLE



🧱 Détail d'une barre d'armature transversale (B25)



🧱 Travaux de démolition

PHOTOS PRISES LORS DE L'INVESTIGATION DESTRUCTIVE DE LA DALLE



🧑‍🔧 Travaux de nettoyage du béton avant le bétonnage



🧑‍🔧 Préparation du coulis de réparation

PHOTOS PRISES LORS DE L'INVESTIGATION DESTRUCTIVE DE LA DALLE



🧱 Réparation de la dalle à 0.25L



🧱 Réparation de la dalle près de l'appui



À LA PURSÉE | TITRATÉCH

ANNEXE 4 – DOCUMENTS TIRÉS DU LIVRE «LE COMPLEXE HYDROÉLECTRIQUE DE LA GRANDE RIVIÈRE - RÉALISATION DE LA PREMIÈRE PHASE»

Le plus urgent, à l'annonce de la réalisation du projet de la Baie James, est de doter le territoire d'infrastructures de base: réseaux de transport terrestre et aérien, agglomérations pour l'hébergement du personnel de construction, systèmes de télécommunications. Il s'agit, d'une part, de satisfaire aux exigences de l'aménagement le plus rapide du potentiel hydroélectrique et, d'autre part, de prévoir des installations qui permettront le développement ultérieur des autres ressources du territoire.

La tâche est immense. En 1971, la région de La Grande Rivière n'est accessible que par avion de brousse ou par hélicoptère. Aucun village n'existe au voisinage des sites des ouvrages. Le réseau routier public et le chemin de fer s'arrêtent à Matagami, petite ville minière située à 600 km au sud de La Grande 2. Des ressources considérables ont donc été engagées pour la construction, l'exploitation et l'entretien des infrastructures qui représentent environ 16% du coût total de l'aménagement de la première phase du Complexe La Grande (mandat SEBJ).

La figure 4.1 présente les principales infrastructures construites pour la réalisation du Complexe.

Réseau routier

Divers modes de transport des marchandises sont initialement comparés. Il est d'abord envisagé de prolonger le chemin de fer existant depuis Matagami, mais ce mode de transport répond mal à l'éventail des besoins. Le transport maritime est éliminé à cause de sa lenteur, des distances à parcourir et de la très courte saison de navigation. Il sera cependant utilisé au cours de l'été 1972 pour approvisionner les entrepreneurs chargés de la construction de la route Fort George-La Grande 2. Finalement, la route offre la solution la plus avantageuse et la plus flexible puisque, à partir d'un axe principal sud-nord, on peut y greffer à volonté des embranchements secondaires vers les destinations désirées.

À la mi-1971, les études débutent sur le projet de cet axe principal devant relier Matagami au site de La Grande 2, avec un embranchement vers Fort George. C'est la SDBJ qui a géré ces travaux de construction. Fin 1974, la SEBJ entreprend la construction d'un axe est-ouest permettant de relier les autres chantiers. Au total, le réseau routier de la Baie James comprend environ 1500 km de routes permanentes.

Route principale d'accès

Cette route privée, d'accès contrôlé, relie Matagami au site de l'aménagement de La Grande 2 et s'étend sur 620 km. Le premier objectif du mandat confié à la mi-1971 est d'atteindre la rivière de Rupert par une route carrossable avant la fin de 1972 et de desservir La Grande Rivière avant la fin de 1973. Le projet doit donc être réalisé en un temps record. L'ingénieur-conseil ne dispose que de 15 mois pour l'implantation du tracé et l'émission des documents d'appel d'offres, alors que les entrepreneurs ne peuvent compter que sur quelque

La route principale d'accès, entre Matagami et La Grande 2, s'étend sur 620 km





Figure 4.1 – Carte des infrastructures principales

450 jours ouvrables pour la construction.

Conception générale

La réalisation du Complexe exige le transport d'un volume important de marchandises dont certaines, comme les roues de turbines ou les transformateurs, sont particulièrement lourdes. La conception de la route d'accès doit donc autoriser le transport extra-lourd en toutes saisons. Les caractéristiques structurales de la chaussée sont basées sur l'hypothèse d'une affluence quotidienne de 500 passages d'une charge axiale simple équivalant à 8 t pendant une période de 10 ans.

En prévision d'une intégration éventuelle au réseau routier provincial, les normes géométriques d'une route de

première classe sont retenues afin de permettre une vitesse de roulement de 90 km/h, d'où des critères sévères d'alignement vertical et horizontal. C'est ainsi que le rayon minimum de courbure est fixé à 390 m et la pente longitudinale maximum à 5%. La chaussée est constituée de deux voies de roulement pavées de 3,6 m de largeur et d'accotements non pavés de 3 m. L'emprise totale est de 45 m.

L'implantation du tracé a été effectuée à partir de l'interprétation de photos aériennes et complétée par une intense campagne de relevés topographiques et géotechniques. Les moraines, les argiles et les tourbières constituent les principaux dépôts de surface. Les moraines sont les dépôts les plus généralement répandus dans le territoire. Leur délavage a laissé à

certains endroits des zones importantes de sable et gravier. Les argiles, d'origine lacustre ou marine, sont problématiques pour un projet routier; teneur en eau supérieure à la limite liquide, faible résistance au cisaillement, forte compressibilité et grande sensibilité au remaniement. Les tourbières, élément typique du paysage, constituent environ 10% du terrain dans le corridor de la route permanente.

Ces sols ont conduit à prévoir, de façon générale, un tracé épousant le relief du terrain. Le tracé doit de plus tenir compte du développement futur du Complexe NBR, en évitant l'emprise des réservoirs et détournements prévus.

Les zones argileuses se rencontrent principalement le long des 250 premiers km, jusqu'à la rivière Broad-back. Dans ces zones, la couverture de mousse, les racines, les souches et la couche d'argile raide de surface ont été laissées en place pour éviter une détérioration du dépôt sous-jacent constitué d'argile molle et sensible. Les normes conventionnelles auraient exigé de débarrasser l'assiette de la route de tout matériau végétal, mou et compressible. Les déblais de construction ont été contrôlés au maximum dans ces sols afin de conserver l'effet bénéfique de la végétation et de la mince couche d'argile raide de surface.

Les approches de certains ponts et le franchissement de vallées ont cependant nécessité la mise en place de remblais sur fondation argileuse. Dans le cas particulier du premier ouvrage en terre qui devait servir d'approche au pont de la rivière Bell à Matagami, des études en chantier et en laboratoire, appuyées par une instrumentation de contrôle, ont permis de vérifier les hypothèses fondamentales de conception, portant sur la mobilisation de la résistance au cisaillement en tenant compte des caractéristiques de plasticité de l'argile, de l'effet de la cimentation naturelle du dépôt, du temps de dissipation des pressions interstitielles et de l'hypothèse de rupture progressive.

L'observation du comportement des sols en chantier et en laboratoire et l'étude d'autres cas similaires ont permis de conclure que la méthode de



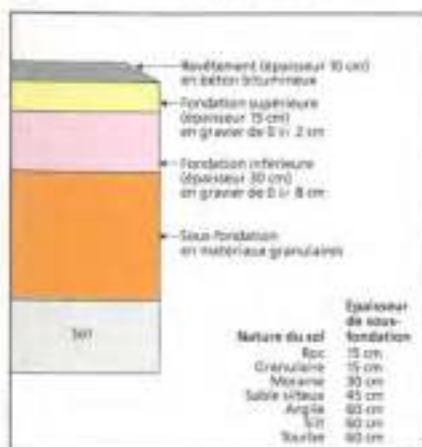
Transport sur fardier d'un transformateur

construction de remblais par étapes n'était pas recommandable pour ces argiles molles, à cause du trop long temps requis pour réaliser une consolidation acceptable.

La stabilité des remblais majeurs a donc été assurée à l'aide de bermes latérales, résistant au moment de renversement, et la construction a été réalisée en une seule étape. Des matériaux ordinaires ont servi pour les remblais et les tassements de la fondation ont été appréciables dans plusieurs cas. Par exemple, huit mois après sa construction, le remblai d'approche au pont de la rivière Bell s'était affaissé d'environ 50 cm.

Les tourbières ont été franchies en utilisant la méthode dite de surcharge. À cette fin, on a utilisé le système de classification de Van Post comme approche générale, en reliant le degré de décomposition de la tourbe exprimé par l'échelle Van Post avec les propriétés géotechniques de résistance et de déformation du sol. Au-

Figure 4.2 – Section type de la chaussée



cune excavation de la croûte végétale et fibreuse n'est permise, de sorte que le remblai de la route flotte à toutes fins utiles sur le dépôt organique. À quelques endroits cependant, des tourbières peu profondes ont été excavées ou déplacées sous le poids du remblai.

La chaussée

À cause de la rareté de matériaux adéquats et de leur coût prohibitif, il n'était pas économique de protéger totalement la route contre les effets du gel, en suivant la pratique normale d'utiliser un matériau non gélif sur une épaisseur d'au moins 50% de la profondeur de pénétration du gel. C'est pourquoi la conception de la chaussée tient compte de la résistance structurale des sols rencontrés et des variations saisonnières de capacité portante. En conséquence, la conception structurale du pavage s'est appuyée sur les critères de l'Asphalt Institute et de l'AASHO.

La section type de la chaussée (figure 4.2) consiste en 45 cm de gravier ou pierre concassée de différentes catégories pour les fondations supérieure et inférieure. Selon la nature du sol de fondation, l'épaisseur de la couche de sous-fondation varie de 15 à 60 cm.

Pour le choix d'un ciment asphaltique devant servir de liant au revêtement bitumineux spécifié pour le pavage de la route, deux exigences fondamentales doivent être satisfaites:

- réduire et contrôler la fissuration transversale associée à la contraction thermique du revêtement pendant l'hiver;
- fournir une stabilité adéquate au

pavage pour le protéger de l'ornièrage associé aux charges axiales lourdes circulant pendant l'été.

D'une part, l'usage d'un bitume mou réduit effectivement la fissuration et procure un pavage vraiment flexible et, d'autre part, un bitume dur est stable à haute température. Entre ces exigences opposées, un compromis a dû être effectué, compromis d'autant plus difficile que l'hiver est rigoureux et l'été relativement chaud. Par l'usage d'un ciment asphaltique de pénétration 300/400 à faible susceptibilité aux changements de température, le pavage a été protégé contre les effets d'une température aussi basse que -50°C . Il admet cependant un certain degré de fissuration.

Ponts

La route d'accès doit franchir une douzaine de rivières. Chaque pont a fait l'objet d'une étude particulière, afin de déterminer la solution la plus économique. Les critères de chargement, illustrés à la figure 4.3, sont les suivants:

Figure 4.3 – Critères de chargement des ponts permanents

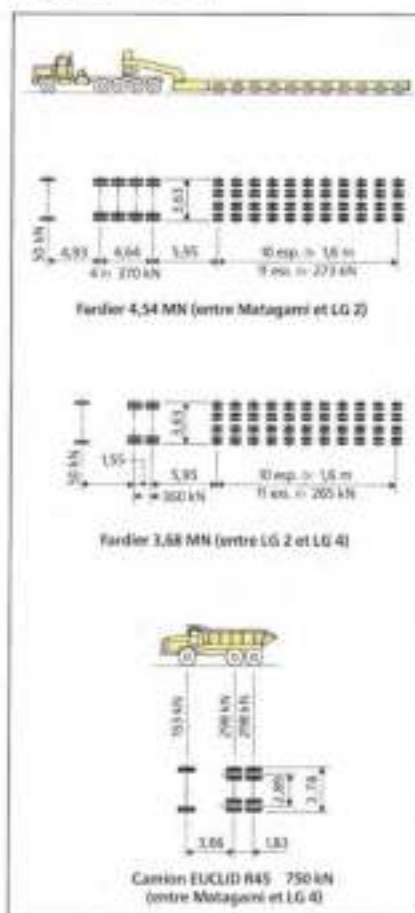


Tableau 4.1
Route d'accès – Caractéristiques des ponts

Pont	Point kilométrique (km)	Type	Fondation	Longueur totale (m)	Portée maximale (m)	Superficie carrossable (m ²)	Acier de superstructure (kg/m ²)
Bell	3,5	Poutres continues	Roc et pieux	411	70	3 760	430
Waswanipi	38	Poutres continues	Roc et moraine	140	66	1 280	383
Broadback	232	Poutres continues	Roc	100	58	915	397
de Rupert	257	Haubanné	Moraine	178	98	1 630	745
Pontax III	294	Poutres simples	Roc	24	24	220	269
Pontax I	307	Poutres continues	Roc	122	61	1 115	400
Pontax II	312,5	Poutres continues	Pieux	85	49	780	300
Jolicœur	326	Poutres simples	Roc	24	24	220	267
Eastmain	394	Arche	Roc	274	119	2 505	564
Opinaca	411	Poutres continues	Roc	91	58	835	430
Castor	552	Poutres simples	Roc	43	43	395	326

- un fardier de 450 t sans impact, circulant au centre du pont à vitesse réduite;
- deux camions Euclid (série R-45 modèle FFD) avec impact, circulant au centre du pont et à 12 m l'un de l'autre;
- deux camions Euclid (un par voie) avec impact, circulant à 0,6 m du chasse-roue;
- charge uniforme de 5,8 kPa sur la surface totale du tablier.

Pareils chargements ne se prêtent pas économiquement à une analyse classique de la répartition des charges sur les poutres maîtresses, mais commandent plutôt un calcul tridimensionnel effectué par ordinateur de la distribution des efforts en tenant compte de la contribution des diaphragmes comme membrures structurales.

Compte tenu des délais très courts impartis pour la construction, la solution adoptée consiste en un tablier de béton coulé en place et supporté par une superstructure métallique. Afin de minimiser les coûts de transport, de montage et d'entretien, les ponts sont conçus en acier intempérique de type G40.21 350 AT, sans peinture et à haute résistance à la corrosion atmos-

phérique. De plus, pour pouvoir accommoder sans risque de rupture fragile des températures d'exploitation très basses (– 50°C), ces aciers doivent offrir des niveaux de résilience d'au moins 27 J à – 30°C, selon la méthode des essais Charpy. Les principales ca-

ractéristiques des ouvrages de franchissement sont résumées dans le tableau 4.1. Ils comportent deux voies de circulation.

Enfin, un ponceau de 15,5 m de diamètre assure le franchissement de la

Pont Eastmain





Panneau sur la rivière Vieux-Comptoir

rivière Vieux-Comptoir (au PK 462); il supporte un remblai de 13,5 m de hauteur sur une portée de 15,5 m. Sa stabilité est assurée par la création d'un effet d'arche dans une zone du remblai au-dessus du conduit afin de réduire la pression des terres s'exerçant sur la structure.

Environ 1000 km de routes permanentes en gravier permettent de relier les différents chantiers à la route principale



Embranchements

Plusieurs embranchements se sont progressivement greffés à la route d'accès, au fur et à mesure du déroulement des travaux du Complexe La Grande. Le plus important correspond à un axe est-ouest qui permet de relier les sites de La Grande 3, La Grande 4 et Caniapiscou. À l'origine, il avait été prévu que cette route s'arrêterait à La Grande 4, l'approvisionnement du chantier de Caniapiscou étant alors prévu par pont aérien et route d'hiver. Cependant, en 1977, compte tenu du développement prévisible du potentiel hydroélectrique le long du détournement Laforge, la SEBJ décidait de relier La Grande 4 au chantier de Caniapiscou par une route perma-

nente de pénétration. La route rejoignait La Grande 3 à la fin de 1975, La Grande 4 deux ans plus tard et Caniapiscou à l'automne de 1979. Les distances, mesurées depuis l'intersection avec la route principale d'accès, sont les suivantes:

- La Grande 3 : 126 km
- La Grande 4 : 314 km
- Brisay : 577 km
- Duplanter : 664 km

Les autres embranchements principaux à la route Matagami - La Grande 2 sont (figure 4.1):

- une route, de 150 km de longueur, construite par Hydro-Québec pour desservir les postes de Némiscau et Albanel;
- une route permanente d'accès, de 40 km de longueur, vers les ouvrages du détournement EOL;
- le tronçon Duncan, de 11 km de longueur, pour la construction des digues du même nom;
- le tronçon La Grande 2 - Fort George (90 km), réalisé par la SDBJ dès 1974, qui permet de relier également le village de Chisasibi et le chantier de La Grande 1.

Tous ces embranchements sont constitués de routes en gravier, qui sont de deux types:

- la route en gravier de type 1 correspond à une route d'accès permanent, dont la largeur varie selon les tronçons entre 9,8 et 11,6 m. Elle est conçue pour une vitesse de croisière de 90 km/h et pour résister aux passages de fardiers de 360 t. Une coupe type de ce genre de route est montrée à la figure 4.4;
- la route en gravier de type 2 correspond à une route de pénétration dont la largeur type est de 7,3 m.

Figure 4.4 - Coupe type d'une route en gravier

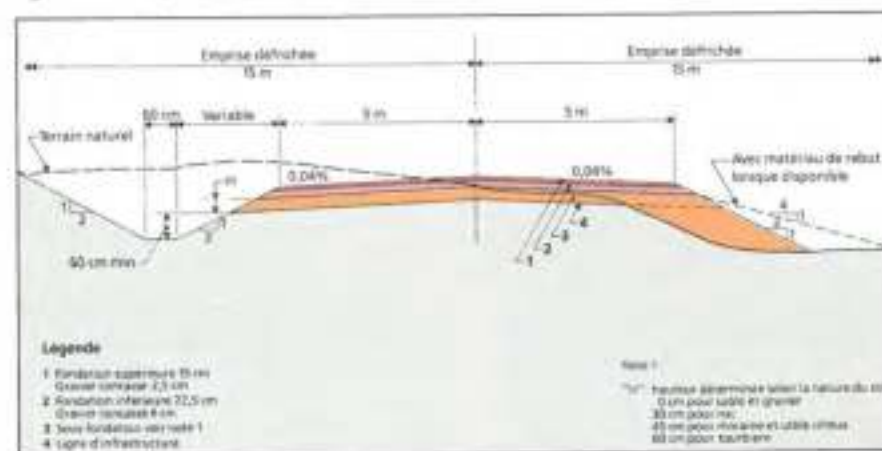


Tableau 4.2
Route La Grande 2 – Caniapiscou
Caractéristiques des ponts

Pont	Point kilométrique (km)	Type	Fondation	Longueur totale (m)	Portée maximale (m)	Superficie carrossable (m ²)	Acier de superstructure (kg/m ²)
Sakami	60	Poutres continues	Roc	162	61	1 480	312
Corvette	201	Haubanné	Roc	132	91,5	1 205	610
Polaris	357	Poutres continues	Roc	288	61	1 625	410
B14	455	Bailey	Cages de bois	49	49	275	423
B15	456	Bailey	Cages de bois	30,5	30,5	170	270
C10	515	Bailey	Cages de bois	49	49	275	423
C11	520	Bailey	Cages de bois	46	46	260	423

Elle est conçue pour une vitesse de référence de 50 km/h et des charges maximales de 100 t.

En plus de critères technico-économiques, l'alignement des routes doit respecter les directives de protection de l'environnement, qui consistent essentiellement à :

- maintenir la route à environ 75 m de tous les lacs et cours d'eau, sauf sur de courtes distances, pour améliorer l'esthétique du parcours;
- limiter les franchissements de cours d'eau;
- ne pas entraver le drainage;
- minimiser les travaux de déboisement;
- protéger les sites d'intérêt économique, esthétique, historique ou archéologique.

Mentionnons cependant que la construction des routes du Complexe La Grande a débuté avant que ne soient établies ces directives. Certains travaux de réaménagement ont donc dû être effectués sur les premiers tronçons construits.

Lorsque la route doit traverser une tourbière, l'excavation n'est en général pas requise. Les arbres provenant du déboisement peuvent servir de matelas. Le franchissement s'effectue par surcharge de la tourbière à l'aide de matériaux granulaires. En cas de pénurie de ces matériaux ou d'une trop faible capacité portante du sol, des membranes géotextiles sont utilisées.

La réalisation de l'axe est-ouest a nécessité la construction de sept ponts dont les caractéristiques principales sont données au tableau 4.2. À partir du pont Polaris, c'est-à-dire sur le tronçon La Grande 4 - Caniapiscou où le trafic est moins intense, les ponts ne comprennent qu'une seule voie de circulation.

La réalisation du Complexe La Grande a également nécessité la construction de ponts temporaires, parmi lesquels les ouvrages les plus importants sont les ponts Caniapiscou pour accéder à l'île Duplancier, Laforge 1 sur la rivière Laforge pour accéder au site des digues provisoires, Fontanges au-dessus du canal de fuite de l'ouvrage de sor-

Figure 4.5 – Pont temporaire

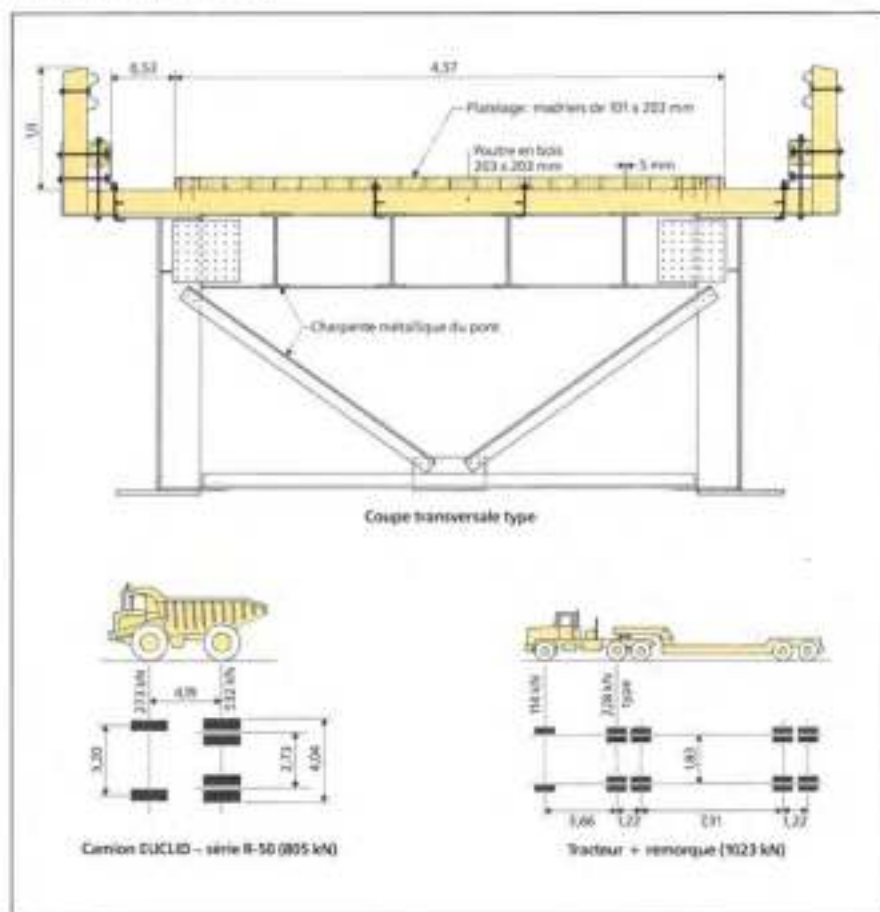


Tableau 4.3
Caractéristiques principales des ponts temporaires

Pont	Type	Fondation	Longueur totale (m)	Portée maximale (m)	Superficie carrossable (m ²)	Acier de superstructure (kg/m ²)
Caniapiscau	Poutres continues	Roc	305	61	1 720	410
Laforge 1	Poutres continues	Roc	122	70	690	410
Fontanges	Poutres simples	Roc	45	45	255	410
La Grande 1	Poutres simples	Roc	54	54	285	487

tie et La Grande 1 au-dessus du canal de dérivation. Leurs caractéristiques sont regroupées au tableau 4.3. Il s'agit de ponts modulaires, dont le platelage est constitué de madriers en bois. Ils n'offrent qu'une seule voie de circulation et leur capacité est limitée à 100 t (figure 4.5).

Le pont Caniapiscau a été construit durant l'hiver 1976-1977, sous des températures atteignant -50°C . Il a été démantelé durant l'automne 1981, une fois terminé le barrage KA-5. Toute la charpente métallique a été réutilisée sur d'autres sites, comme Fontanges, Laforge 1 et en dehors du territoire.

Routes d'hiver et ponts de glace

Dans un climat rigoureux comme celui du territoire, les routes d'hiver sont un moyen privilégié de pénétration. Elles permettent de desservir les chantiers qui ne sont pas encore reliés par une route permanente ou de mobiliser l'équipement et le matériel nécessaires à la construction d'une route permanente.

Le principe de construction est assez simple: il suffit de défricher un tracé, de l'essoucher et de le niveler sommairement. Sous l'effet du gel et du compactage, la surface de roulement durcit et devient carrossable. Le compactage de la neige constitue une opération primordiale. Cette opération réduit la propriété isolante de la neige intacte, permettant au gel de pénétrer dans les sols plus profondément et plus rapidement. La surface blanche ainsi créée réfléchit les radiations solaires et réduit les effets de la chaleur, permettant une période d'utilisation plus longue du chemin d'hiver.

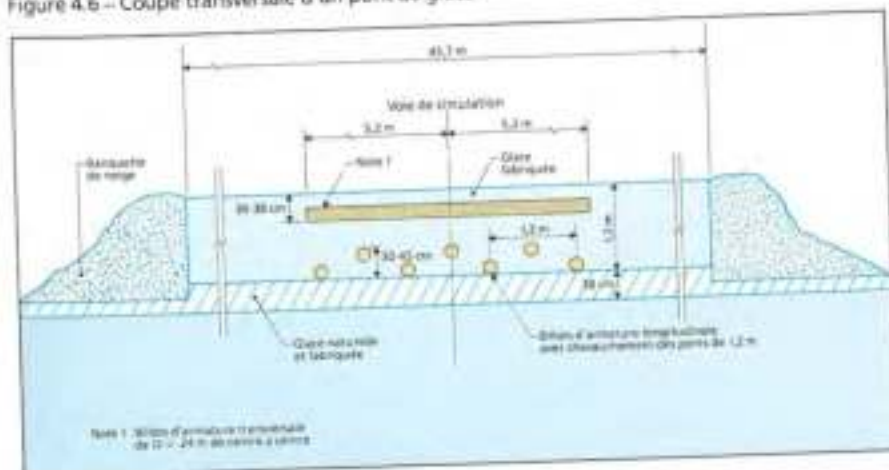
Les tourbières doivent être contournées, car elles gèlent difficilement même par froids intenses. Lorsqu'il faut absolument les traverser, il faut employer d'épaisses couches de matériaux d'emprunt et fournir un entretien soutenu en tout temps. Si des températures douces persistent au début de l'hiver et menacent le programme de transport, il est préférable d'enlever la couche de neige pour faciliter le gel du sol. Dans un tel cas, la surface devient très inégale, ce qui ra-

lentit considérablement la circulation.

Les routes d'hiver sont en général conçues pour une circulation dense et des charges allant jusqu'à 65 t. L'emprise type est de 9 m, avec des élargissements à des intervalles d'environ 1,5 km, pour faciliter le croisement et le stationnement des véhicules lourds. En moyenne, les travaux peuvent commencer vers le début novembre et, selon la nature des équipements utilisés, le taux de progression sur un seul front varie entre 5 et 10 km/jour. En général, une route d'hiver reste praticable jusqu'à la fin mars. Les redoux sont particulièrement à craindre; dans un tel cas, la durée de vie de la route peut être prolongée par un entretien intensif et des travaux de terrassement, ainsi que par un contrôle de la circulation basé sur les variations journalières de la température. La circulation est interdite si la température est supérieure à -7°C le jour ou à -12°C la nuit.

La traversée des rivières le long d'une route d'hiver s'effectue à l'aide de ponts de glace. Une attention spéciale a été apportée à leur conception car la

Figure 4.6 – Coupe transversale d'un pont de glace



Pont de glace



rupture d'un pont de glace entraîne un arrêt complet de la circulation et compromet tout le programme de transport d'hiver.

La construction d'un tel pont consiste essentiellement à fabriquer de la glace par un arrosage en couches successives, en pompant l'eau directement de la rivière. Des armatures en billots de bois sont incorporées dans la structure (figure 4.6). L'augmentation du facteur de sécurité qui en résulte est obtenue à un coût minimum, puisque les arbres utilisés proviennent des berges de la rivière.

Le procédé de construction, en apparence très simple, doit cependant se conformer à plusieurs exigences de qualité. C'est ainsi qu'avant de reprendre l'arrosage, il faut s'assurer que la couche d'eau précédente soit complètement gelée. De même, les couches doivent être parfaitement soudées l'une à l'autre, sans fausse glace. En règle générale, la neige doit être déblayée sur toute la largeur du pont lorsque l'accumulation dépasse 10 cm. Dans le cas d'une précipitation de neige comprise entre 5 et 10 cm, celle-ci peut être arrosée après un compactage soigné. Le contact entre les billots d'armature et la glace doit également être soigneusement contrôlé. Enfin, des poteaux indicateurs sont installés à chaque site pour donner l'alignement du pont et estimer rapidement l'épaisseur de glace.

Au total, 28 ponts de glace ont été construits. Ils étaient conçus pour des charges de 65 t, ce qui conduit à une épaisseur de glace minimale de 1,5 m.

Tableau 4.4
Statistiques des ponts de glace
Hiver 1972-1973

Rivières	de Rupert	Pontax I	Eastmain	Opinaca
Longueur du pont	555 m	107 m	415 m	196 m
Début de la construction	13 décembre	4 décembre	12 décembre	5 décembre
Fin de la construction	10 février	10 janvier	19 janvier	16 janvier
Temps de la construction	51 jours	32 jours	33 jours	36 jours
Épaisseur totale du pont de glace	1,75 m	1,60 m	1,60 m	1,60 m
Pourcentage de glace fabriquée	42%	76%	63%	75%
Progression de la glace fabriquée	1,5 cm/jour	3,8 cm/jour	3,0 cm/jour	3,3 cm/jour

Aucun accident n'a été déploré et, dans tous les cas, les ponts de glace étaient encore intacts lorsque la circulation a dû être interrompue sur les routes d'hiver. Le tableau 4.4 donne, à titre d'information, les caractéristiques des principaux ponts de glace construits au cours de l'hiver 1972-1973. La construction du pont sur la rivière de Rupert a été plus difficile à cause de sa situation à 3 km en aval du pied d'un rapide dans une zone de déposition de frasil.

Aéroports

Le transport aérien, sous toutes ses formes, s'est avéré un outil indispensable à la réalisation du Complexe La Grande, en assurant entre autres le

transport du personnel de construction et des équipes d'exploration ainsi que l'approvisionnement des sites isolés ou non reliés au réseau routier. En plus des pistes temporaires, bases d'hydravions et héliports, cinq aéroports ont été construits dont les principales caractéristiques sont regroupées dans le tableau 4.5. De plus, Hydro-Québec a construit l'aéroport de Némiscau pour desservir les postes de Némiscau et Albanel.

Ces aéroports permettent d'accueillir, avec néanmoins certaines restrictions, plusieurs types d'appareils allant jusqu'à des avions de la catégorie des Boeing 737. Les installations aéroportuaires comprennent une aérogare modulaire, un entrepôt, un garage ainsi que les services publics.

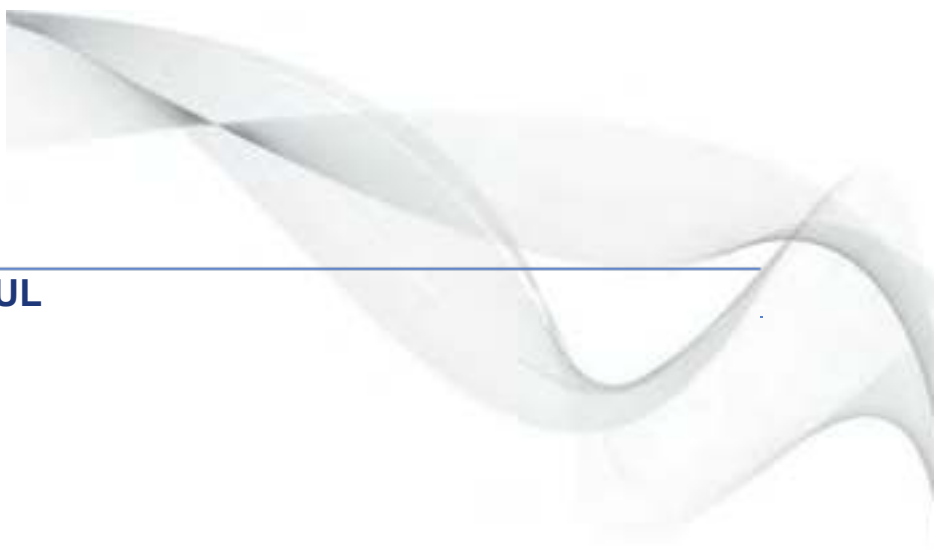
Tableau 4.5
Aménagements aéroportuaires

Chantier	Aéroport	Altitude (m)	Dimensions de la piste (m × m)	Type de revêtement	Distance à vol d'oiseau de Montréal (km)	Remarque
La Grande 2	La Grande	194,5	1980 × 45,7	Asphalte	950	
La Grande 3	David	235,9	1520 × 45,7	Gravier	915	
La Grande 4	LG 4	306,6	1520 × 45,7	Gravier	920	
Caniapiscau	Duplanter	509,0	1680 × 45,7	Gravier	1075	Désaffecté en 1984
EOL	Opinaca	207,2	1520 × 45,7	Gravier	780	Désaffecté en 1981
-	Némiscau	243,8	1520 × 45,7	Gravier	710	



À LA PURSÉE | TITELTÉCH

ANNEXE 5 – NOTES DE CALCUL



N° de projet (client) : Évaluation de la capacité du pont au-dessus de la rivière Némiscau

N° de projet : 11878

Client : Hydro-Québec

Projet : _____

Titre du cahier : Notes de calculs de l'évaluation de la capacité

N° du cahier : _____

Objet : Évaluation des poutres et de la dalle du pont

Concepteur : Patrick Lapierre, ing., M.Sc.A.



	RÉVISIONS FAITES PAR			RÉVISIONS VÉRIFIÉES PAR		
	Nom	Signature	Date	Nom	Signature	Date
0	<i>Patrick Lapierre</i>	<i>Patrick Lapierre</i>	<i>11/Jan/2013</i>			
1						
2						
3						
4						
5						

Nom du projet: _____

Par: _____ P.L.

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

Résumé:

Ces premiers notes de calcul permettent d'évaluer le rapport du pont au-dessus de la rivière nouvelle pour faire passer un transformateur de 250 kVA. Le pont est sous forme d'un pont à poutres encastrées au cours et obtenu pour la charge légale actuellement en cours et obtenu pour la conception de ponts routiers réels. Les ponts ont été évalués aussi sur la dalle en béton armé.

un transformateur de 250 kVA doit être transporté par une remorque de type multi-axes qui permet de réduire les efforts par essieu et distribuer la charge dans le sens longitudinal sur une plus grande distance. Les calculs permettent donc de déterminer le type de remorque multi-axes il faut utiliser.

DETAILS DES COURSES

DE GRANDE



Nom du projet: _____

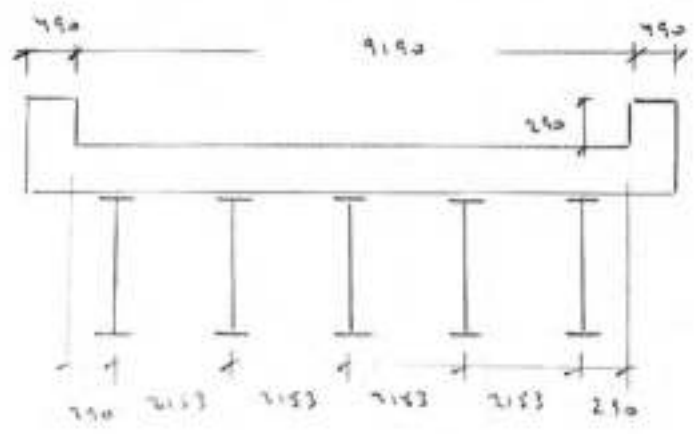
Par: P.L.

Date: _____

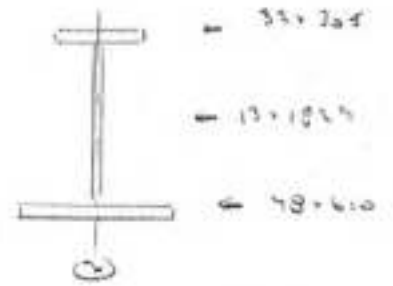
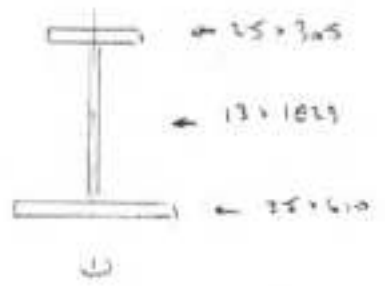
Sujet: _____

No du projet: _____

EVALUATION DE LA CAPACITÉ / Pont de Nemelan

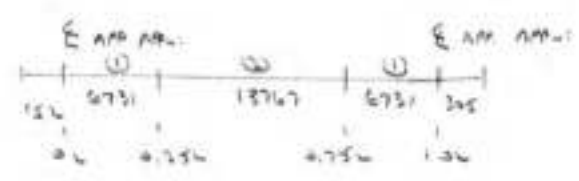


Calcul de poids propre



$W_0 = 414 \text{ kg/m}$
 $= 4.06 \text{ t/m}$

$W_0 = 493 \text{ kg/m}$
 $= 4.87 \text{ t/m}$





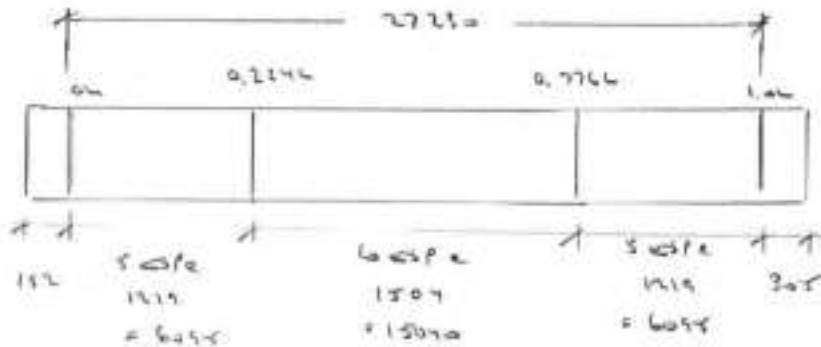
Nom du projet: _____

Par: PL

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____



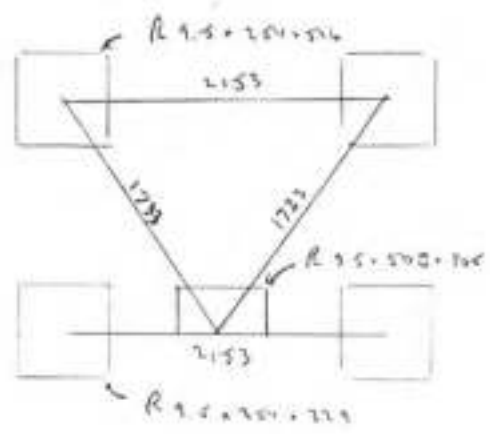
Rendement sur un côté seulement

Rendement 2725×1777

$$= 47 \text{ kg} \times 1.217 = 0.78 \text{ kg/m}^2$$

$$= 47 \text{ kg} \times 1.507 = 0.71 \text{ kg/m}^2$$

coût intermédiaire



$$27 \text{ kg/m}^2$$

$$2.5 \times 1723 = 4307.5$$

$$27 \times 2117 = 57159$$

$$+ 4307.5 \times 1777 = 7650000$$

$$= 136 \text{ kg}$$

$$9.5 \times (200 \times 111 + 200 \times 229) \times 2$$

$$+ 9.5 \times (500 \times 700) = 7820 \text{ kg/m}^2$$

$$= 71 \text{ kg}$$

$$(136 + 71) \times 1777 \text{ kg} = 5433 = 0.37 \text{ kg/m}^2$$



Nom du projet: _____

Par: PL

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

Charge morte Acier



$$\odot 4.04 + 0.30 + 0.36 = 4.70 \text{ kN/m}$$

$$\odot 4.04 + 0.31 + 0.32 = 4.67 \text{ kN/m}$$

Parois

$$0.11 \cdot 2.7 \cdot 0.257 \cdot 2.153 = 13.10 \text{ kN/m}$$

Poids de la 1^{re} d'ouvrage

Pour les parois de mur, la charge de béton est interne

$$2.7 \cdot 0.257 \cdot (2.153/\text{m} + 0.250 + 0.250) = 11.32 \text{ kN/m}$$

$$1.057$$

$$1.057/2.153 = 0.49$$

$$\text{Poids de la 2^e = } 0.225$$

Châssis: $2.7 + 2.7 \cdot 0.25 = 3.4 \text{ kN/m}$

Colonne	W150x20	2.1905	30 \cdot 0.400 \cdot 1.1505 = 10.8 kN
	C150x12		12 kN
	Linte		7.15 kN
	R 1' 0 1905		7000 \cdot 25 \cdot 250 \cdot 250 / 1.605 = 675 kN

$$\text{TOTAL} = 44.05 \text{ kN/m}$$

$$+ 0.49 \text{ kN/m}$$

$$\text{Valeur } \underline{44.54 \text{ kN/m}}$$

Reporte le poids des glaces et châssis

sur les 5 parois

$$2 \cdot (3.4 + 0.5) / 5 = 1.6 \text{ kN/m}$$

PROPHÉTIES DE LAMOU

16 ESSAIS (1897-1906)

TRANSFERT ABB

ET GOLDHOFER



Nom du projet: _____

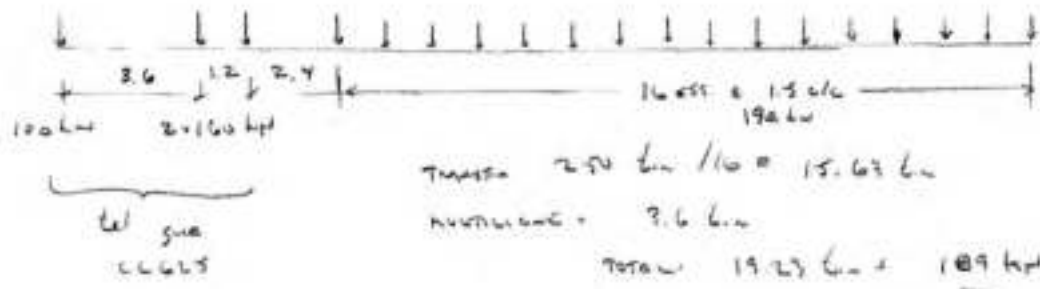
Par: PL

Sujet: _____

Date: 11 June 13

No du projet: _____

Modifications aux 16 essais



Création 190 kN

Etat limite - 190 kN



easyLOAD³
Version 3.0.3 (Build 197)

Goldhofer

*Parma da
Goldhofer*

Master data

Index number : 7893
Type : THP/SL (45)
Parallel combination : -
Designation : thp-sl(45)116
Vehicle number :
Truck registration number : vp_sde_16/02/2012

Basic data of the trailer / semitrailer

Deadweight : 57.591 kg
Centre of gravity : 15.691 mm
Deadweight distribution : (based on the initial setting and the support circuit setting)
Front support circuit
(5 Axle lines)
5x 3.608 kg = 18.039 kg
31.400 mm
0 mm
31.400 mm
Rear support circuit
(11 Axle lines)
11x 3.595 kg = 39.542 kg

Initial setting

Extension step : 0 / 0
Extended by : 0 mm
Overall length, trailer / semitrailer : 31.400 mm
Coupling length a : 0 mm
Coupling length b : 31.400 mm
Coupling length c (rear overhang) : 0 mm
Gross combination length a + b + c : 31.400 mm



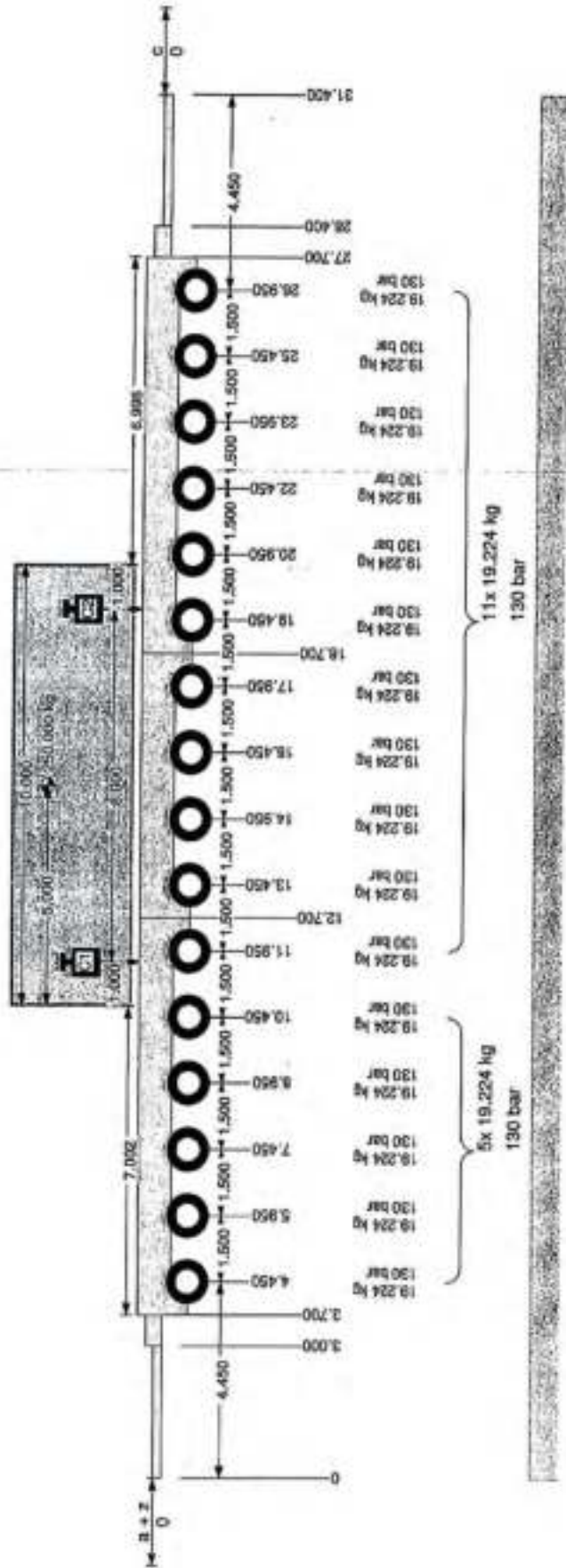
easyLOAD³
Version 3.0.3 (Build 197)

Goldhofer

Drawing of trailer / semitrailer

Graphics and positions (in mm) based on the initial setting of the vehicle

*Planung
de Goldhofer*

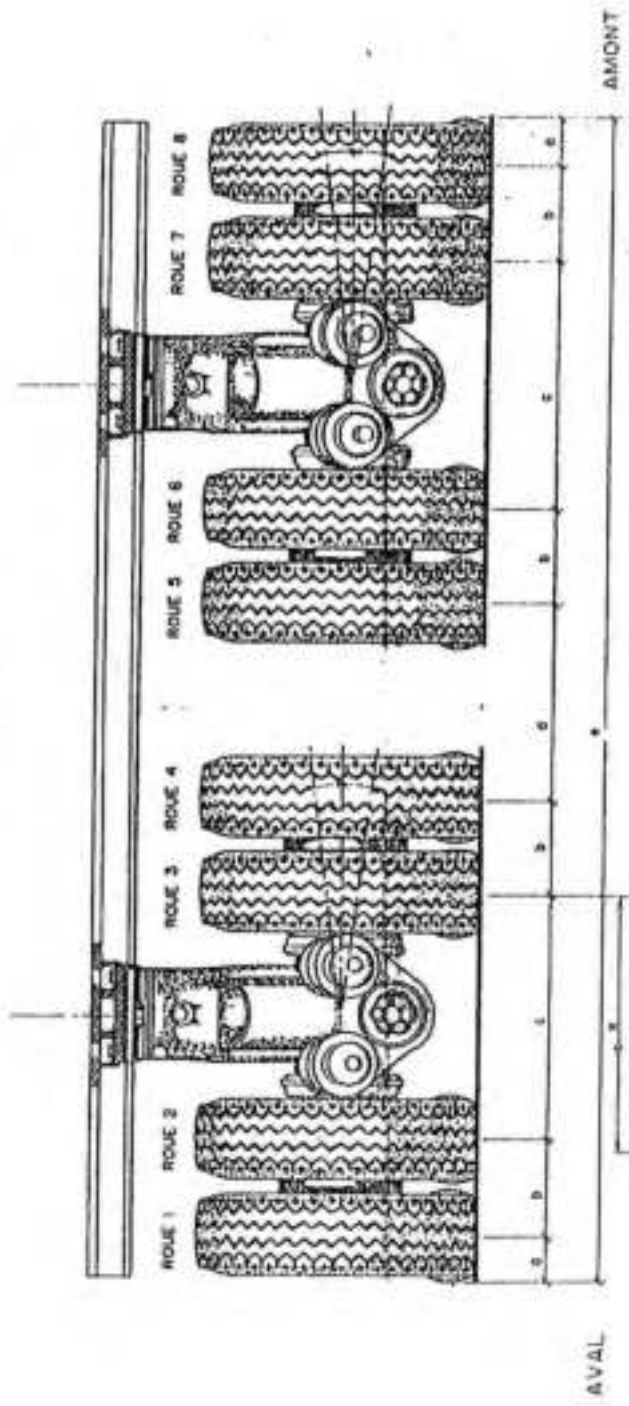


Goldhofer Aktiengesellschaft ... Donaustraße 55 ... D-67700 Mannheim ... Phone +49 (0) 8331 / 15-0 ... Fax +49 (0) 8331 / 15-239
Stb- und Registergericht Mannheim, HRB 10871

Die TÜV SÜD Automotive GmbH bestätigt in ihrem Technischen Bericht GM76131T (V1.0, 14.04.2010), dass bei bestimmungsgemäßem Gebrauch der easyLOAD Software die Integrität der berechneten Werte gewährleistet ist.

*Revisé
de G. G. G. G.*

POSITIONNEMENT CRITIQUE DES ROUES
DU FARDIER



FARDIER TYPE	a	b	c	d	e	L	X
SCH-CURLÉ	406 mm (16.0 po.)	248 mm (9.75 po.)	340 mm (13.38 po.)	317 mm (12.48 po.)	1400 mm (55.1 po.)	3000	(19 st. 10 po.)

D: DISTANCE C & C ENTRE 2 LIGNES ADJACENTES
 L: LONGUEUR DE LA PARTIE EN FLEXION DANS LE SENS AVAL-AMONT
 X: POSITIONNEMENT DE LA ROUE 3 CRÉANT LA SITUATION LA PLUS DÉFAVORABLE SUR LA PARTIE EN FLEXION

o im Format
DE A B B



easyLOAD

Goldhofer

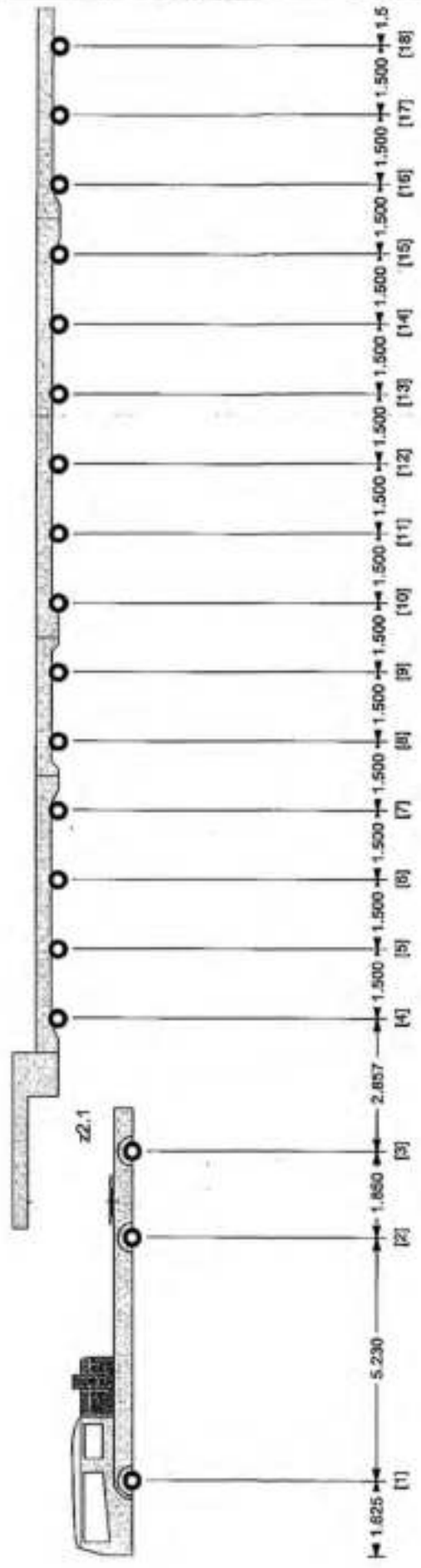
FAR DIER MULTILIGNE VIDE

Désignation

Schéma du train complet

Appui simple :

Appui de conteneur :



Longueur du train complet

Longueur du train complet (a+b) = 34.812
27.200

1/10/2013 2:25:56 PM - PID:00275

Goldhofer Aktiengesellschaft -- Donaustraße 95 -- D-87700 Memmingen

Phone +49 (0) 8331 15-6 -- Fax +49 (0) 8331 15-228

Sitz- und Registergericht: Memmingen, HRB 18871 -- Vorstand: Stefan Fuchs (Vorsitzender), Franz Blinzinger, Bernhard Katzschwarz -- Aufsichtsratsvorsitzender: Dieter Frieß



Désignation

Charges d'attelage et par essieu du train complet

Position (mm)	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]
SL / AL en kg	1.025	6.855	8.705	11.562	13.062	14.562	16.062	17.562	19.062	20.562	22.062	23.562	25.062	26.562	28.062	29.562	31.062	32
SL / AL en bar	7.954	7.692	7.692	3.971	3.971	3.971	3.539	3.539	3.539	3.539	3.539	3.539	3.539	3.539	3.539	3.539	3.539	3.5
	0	0	0	20	20	20	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17

Poids PAR ESSIEU

Position (mm)	[19]
SL / AL en kg	34.062
SL / AL en bar	3.539
	17

Vue d'ensemble des différents véhicules

N° d'index(Train complet)	N° d'index(Tracteur)	Constructeur	Désignation	Sigle véhicule
Z.1	4	Kenworth	K-10	
N° d'index(Train complet)	N° d'index(Véhicule)	Type	Désignation	Sigle véhicule
f1.1	18	THP/AL	16 lignes	

Configuration de chargement

Poids propre du train complet à vide	81.262 kg
Charge utile, totale	0 kg
Poids du train complet	81.262 kg
Centre de gravité du train complet	17.737 mm

Remarque



Goldhof

easyLOAD

Beligoes Blous neigeux TOTAL 128 MANS

Langue des Mans 245CM

espacement (entretois) 1,80M

Marsou dans les Mans 10x24

Langueur de l'arcant 2,20M

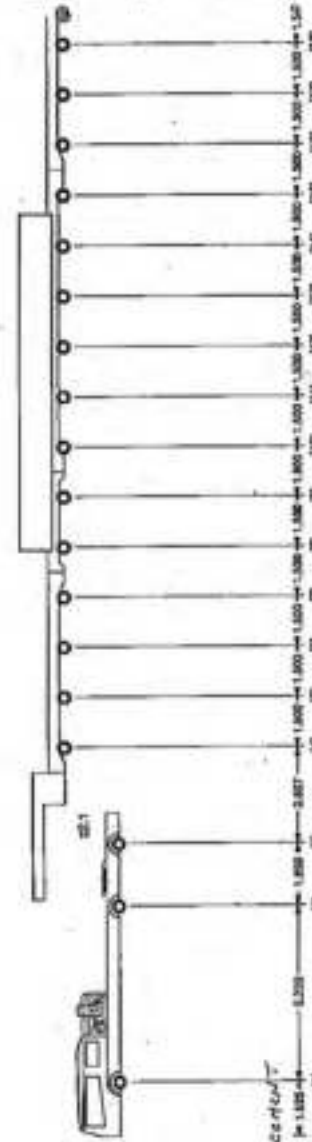
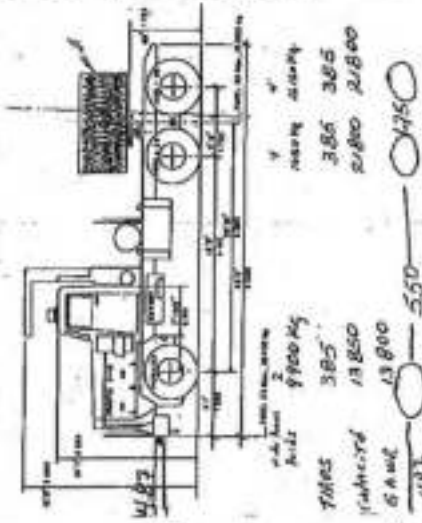
Langueur inclinant 8mman hauteur 49,41M

MIDS 81,242 (Inclinaison) canal pesseur 42220Kg

Schéma du train complet

Appel simple

Appel de commande



Langueur du train complet

27-200

V160213 10/10/40 AM - PQ030293

Qualitätsbüro Adhokonstruktiv - Straßburg 65 - 64796 Heimbach

Phone: +49 (0) 6371 924 - Fax: +49 (0) 6371 9237
E-Mail: info@adho.com, adho@adho.com, www.adho.com



easyLOAD

Goldhofer

Désignation

Charges d'attelage et par essieu du train complet

Position (mm)	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]
SL / AL en kg	1.825	6.855	8.705	11.562	13.062	14.562	16.062	17.562	19.062	20.562	22.062	23.562	25.062	26.562	28.062	29.562	31.062	32.
SL / AL en bar	8.316	14.133	14.133	18.921	18.921	18.921	18.921	18.921	18.921	18.921	18.921	18.921	18.921	18.921	18.921	18.921	18.921	18.921
SL / AL en bar	0	0	0	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126

EN Charge

Position (mm)	[19]
SL / AL en kg	34.062
SL / AL en bar	18.921
SL / AL en bar	126

Vue d'ensemble des différents véhicules

N° d'index(Train complet)	N° d'index(Tracteur)	Constructeur	Désignation	Signature véhicule
Z.1	4	Kenworth	K-10	
N° d'index(Train complet)	N° d'index(Véhicule)	Type	Désignation	Signature véhicule
f1.1	18	THP/HL	16 lignes	

Configuration de chargement

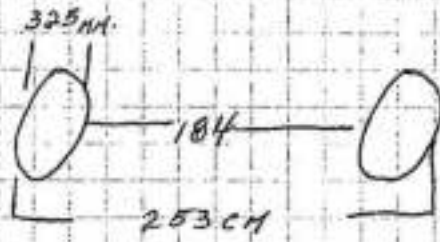
Poids propre du train complet à vide	81.262 kg	<i>Remarque</i>
Charge utile, totale	258.058 kg	
Poids du train complet	339.320 kg + 42.220 kg	
Centre de gravité du train complet	21.041 mm	

Poids total 381,540 kg

CHAMION FOURSSEUR

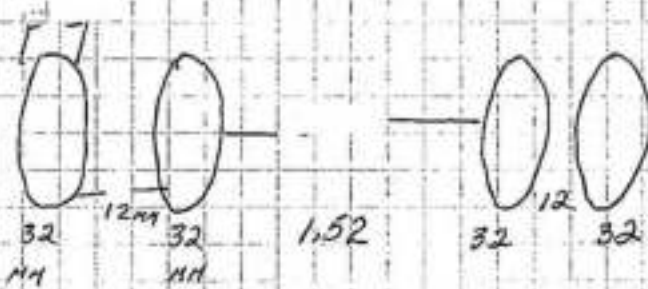
CAMION TIREUR.

AVANT

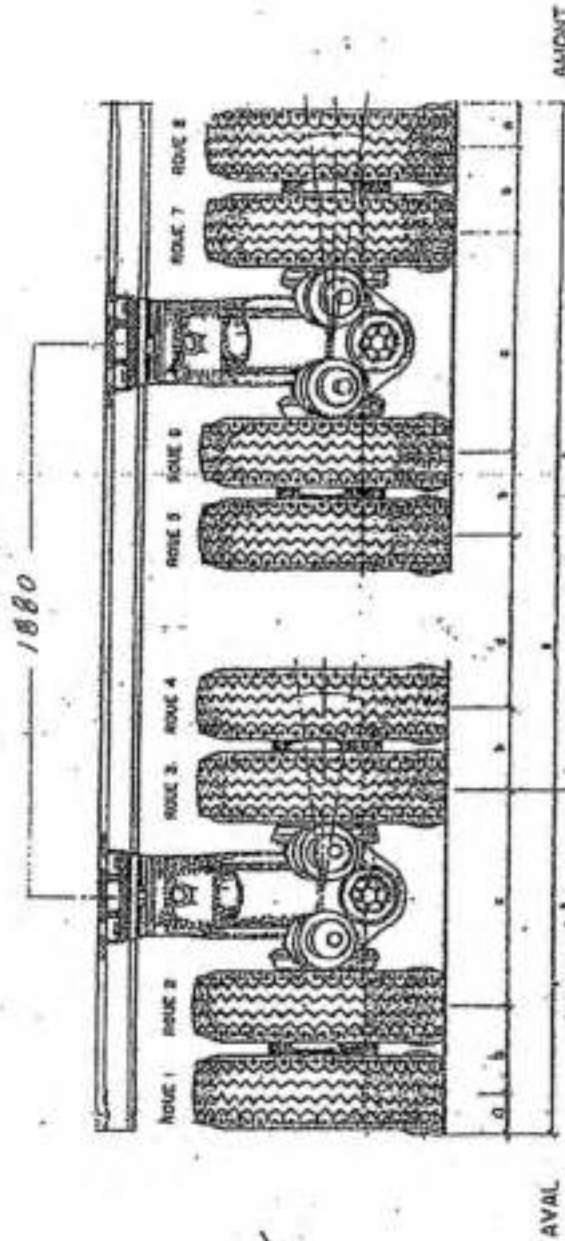


PNEUS 1400X25

ARRIERE



POSITIONNEMENT CRITIQUE DES ROUES
DU FARDIER



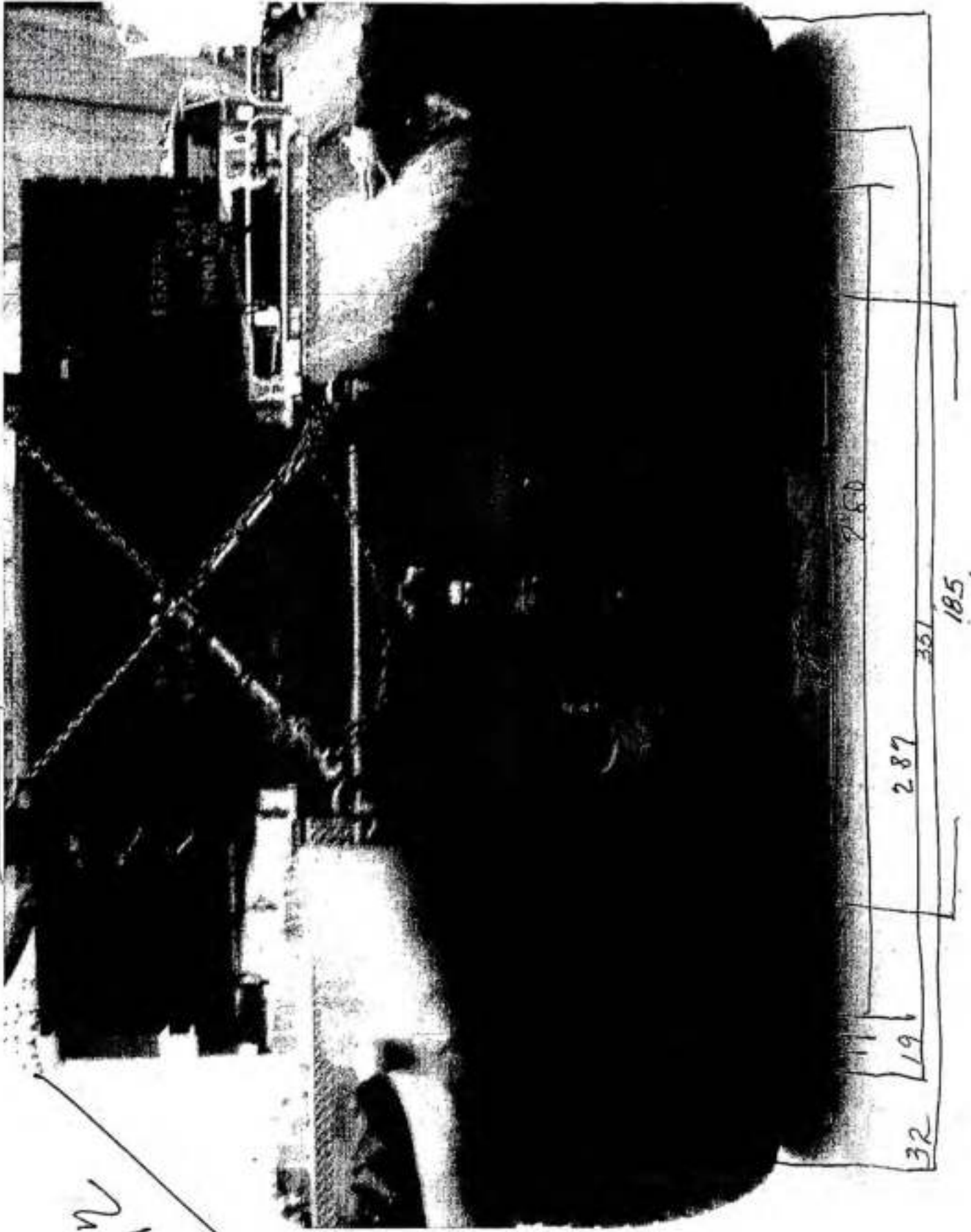
Fardier

FARDIER TYPE	a	b	c	d	D
GOLD NOFEZ	122-5	285 mm	510 mm	100 mm	1370 mm
	122-5	285	510	800	1370
					3205
					3205

D: DISTANCE C & C ENTRE 2 LIGNES ADJACENTES
 L1: LONGUEUR DE LA PARTIE EN FLEXION DANS LE SENS AVAL-AMONT
 X1: POSITIONNEMENT DE LA ROUE 3 CRÉANT LA SITUATION LA PLUS DÉFAVORABLE SUR LA PARTIE EN FLEXION

Triphane ASSS

CAMION Pousseur. Pneus 1400x25



12

En centimètres

280

287

351

185

32

19

CALCUL DU FACTEUR D'ESSAI

REMARQUES MULTILIGNE



Nom du projet: _____

Sujet: _____

Par: PL
Date: _____
No du projet: _____

L'analyse d'un transport multiligne ne peut pas utiliser
les coefficients de partition obtenus de la norme 5406
car la position des axes n'est pas la même dans
ce cas-là. L'étude est faite en considérant
la dalle sur un axe simple entre les poutres.
Cette hypothèse est gérée à un modèle 2D
et sa ligne conservatoire cette dernière est
utilisée pour le calcul final.



Nom du projet: _____

Par: P.L.

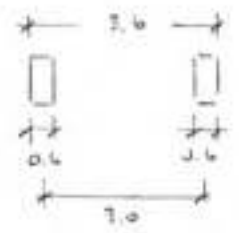
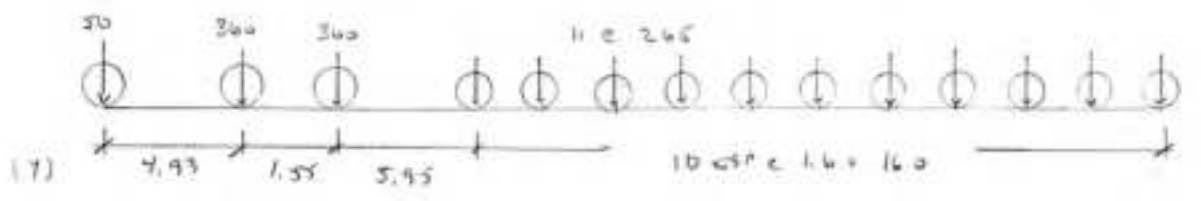
Date: 31 oct '12

Sujet: _____

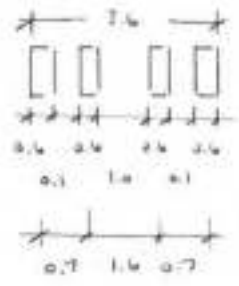
No du projet: _____

Analyse 3D au point A - Dessin de la roue - Nominale

1) Analyse avec le casier de conception



(X)
-1.5, +1.5



(A)
-1.5, -0.8, +0.8, +1.5



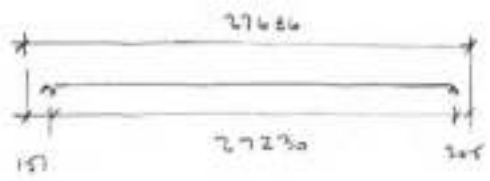
Nom du projet: _____

Par: _____

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____



Portée

effet de biais : $\epsilon = 5 \frac{\mu}{L}$
 $= 2.157 \frac{16}{27220} = 0.025 < \frac{1}{10} + 0.0056$
↳ Effet négligeable de biais
↳ Analyse est réalisée sans biais



Nom du projet: _____

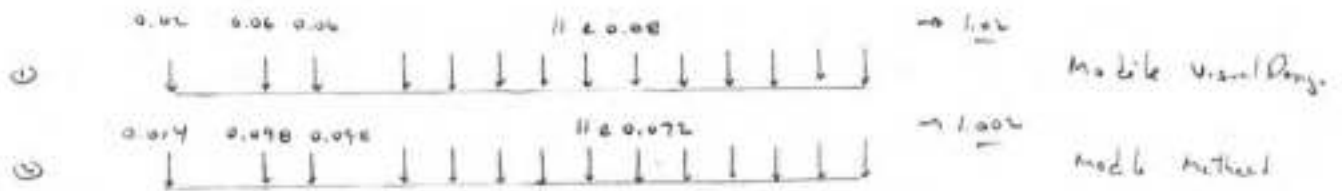
Par: P.L.

Date: 31 oct '12

Sujet: _____

No du projet: _____

Calcul 20 : $\begin{cases} M = 16498 \text{ kNm} \\ V = 2598 \text{ kN} \end{cases}$



$\begin{cases} M = 17491 \text{ kNm} & \text{vs} & 16498 & 90.2 \\ V = 2156 \text{ kN} & \text{vs} & 2598 & 93.2 \end{cases}$

$2.07 / 2.00 \rightarrow 0.90$

- Comparer les facteurs d'influence 20 vs 30

trucks	len	1	2
1	0.02 + 0.06	0.752 kNm	$7.78 \cdot 10^{10} \text{ Nm}^2$
2	0.02 + 0.06		$7.78 \cdot 10^{10} \text{ Nm}^2$
3	0.02 + 0.06 + 0.06	2.077 kNm	$77.4 \cdot 10^{10} \text{ Nm}^2$
4	0.02 + 0.06 + 0.06	2.077 kNm	$93.2 \cdot 10^{10} \text{ Nm}^2$

Sections de bitum : $\frac{1}{4} = 22220 \text{ } \cdot \frac{1}{4} = 68100$



Nom du projet: _____

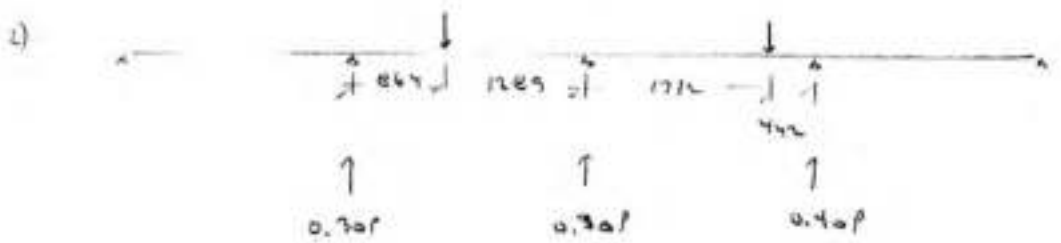
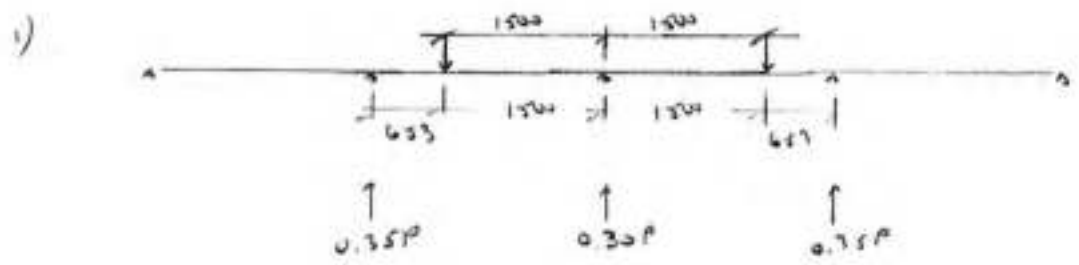
Par: P.L.

Sujet: _____

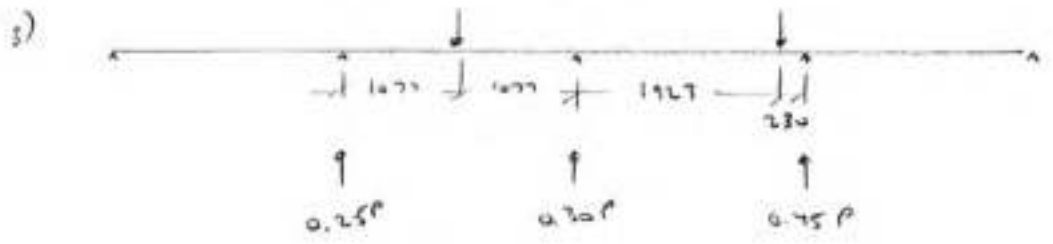
Date: 26 nov '12

No du projet: _____

Calcul de facteur d'assise (Hauter) (original)



entre 0 et 30



Roue verticaux
entre 2
partie

Analyse d'ila
avec appuis
simple



Nom du projet: _____

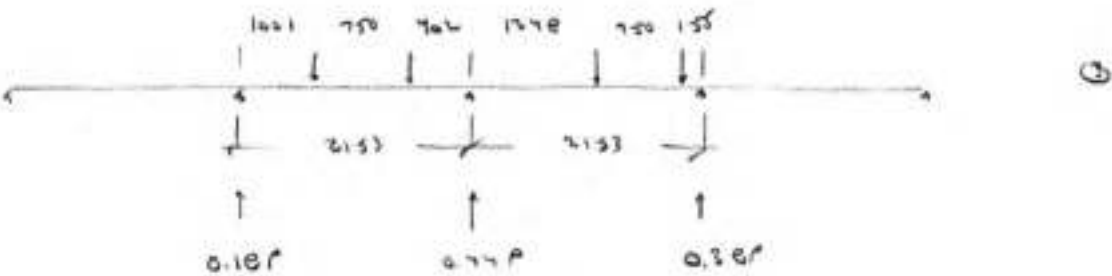
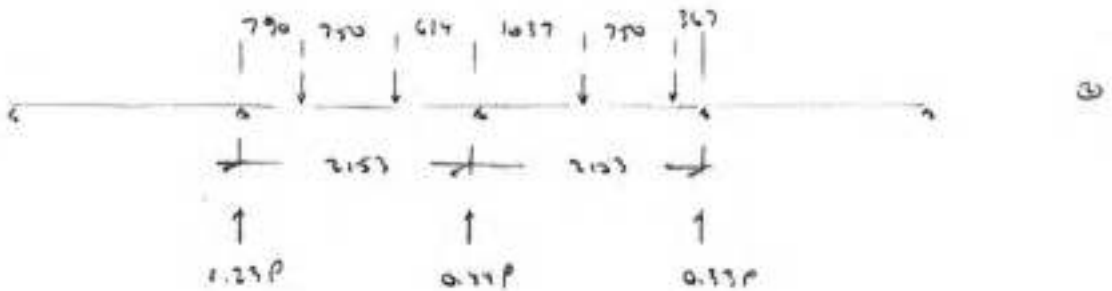
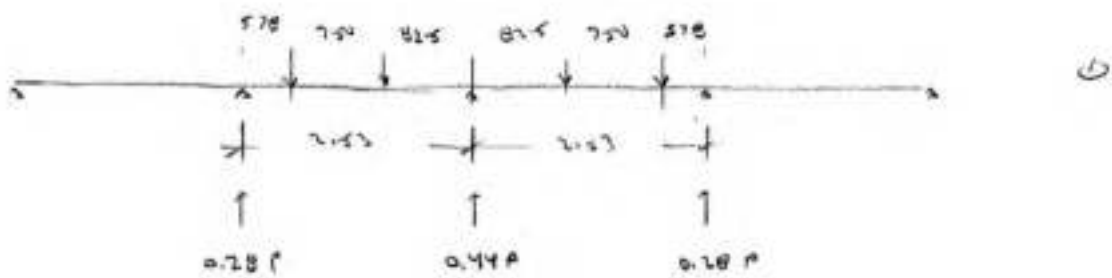
Par: P.L.

Sujet: _____

Date: 25 nov 12

No du projet: _____

Calcul de facteurs d'inertie (Multi ligne) (original)



Analyse de la
craie - poutre
simple



Nom du projet: _____

Par: PK

Date: 4 mai '16

Sujet: _____

No du projet: _____

Analyse 30 de la charge de courant

• Comparaison 30 vs dist. sur appareil simple

→ La distribution en considérant un appareil simple est plus serrée

• Part de centre

- charge centre :

0.49	App: simple
0.29	M } Mobil 30
0.34	V

→ Multiligne

• Part de centre

- charge centre

- CUGR :

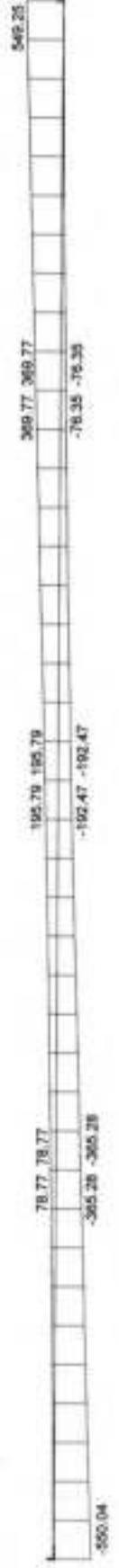
0.65	App: simple
0.49	M } Mobil 30
0.50	V

56.06 → 0.50 Part int M
0.64 Part V

Retour

Pour l'état de véhicule hors norme, l'hypothèse de distribution une dette sur appareil simple pour l'état de la facture donnée est raisonnable et sécuritaire

Membrures
Vy (kN)



| Comma closed

- Enveloppe : Lm01

Part - 20, 30, 40, 50

Membrures
Mx (kN.m)



| sans calcul

- Enveloppe : Lm01

Point. 20, 30 et 40.

Membrures

Vy (kN)

Similitude

R₂₀₁₀ R₂₀₁₅

f_c f_t

35	0.17	0.15
70	0.50	0.16
353	1.67	0.58
279	0.5	0.16
55	0.17	0.15

$\Sigma V = 1101 \text{ kN}$

vs 235500 mm²

2 cants en C25 e 8.0-16 avec sur 6 part

- Enveloppe : Lm01

part. 30.3606 vdi

Membrures
Mx (kN.m)

Simulation

Ratio
f.c. f.a.

0.27 0.27 0.27

1.94 0.46 0.41

1.63 0.54 0.49

1.57 0.46 0.41

0.26 0.27 0.27

Σ M = 6526 kNm

MS 203210 = 6426 kNm

2 colonnes et 30 m c/a centre sur le port

- Enveloppe : Lm01

Page - 30 - 306 - 21

Membrures
 Mx (kN.m)



12537.80 12537.80

16407.91 16407.91

12537.80 12537.80

Multiples 3m et 2.0

$73.7 \frac{kN}{m}$
 $2.0 \times 22.1 \frac{kN}{m}$
 $11.0 \times 9.8 \frac{kN}{m}$
 $11.0 \times 29.0 \frac{kN}{m}$
 $3685 \frac{kN}{m}$

TOTAL = 37527
 = 13660
 + 22

- Enveloppe : Lm10

- Pour 20.0m 3606.4kN

Membrures
 Mx (kN.m)



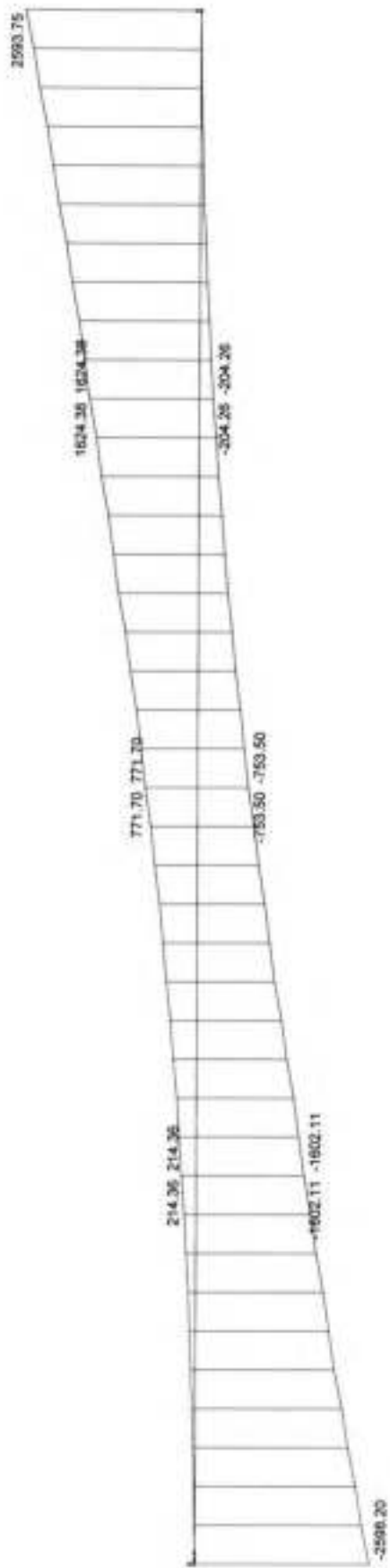
$\Delta = 12 \text{ vs } Lm12$
 $12251.46 / 12498 = 0.98$



- Enveloppe : Lm09

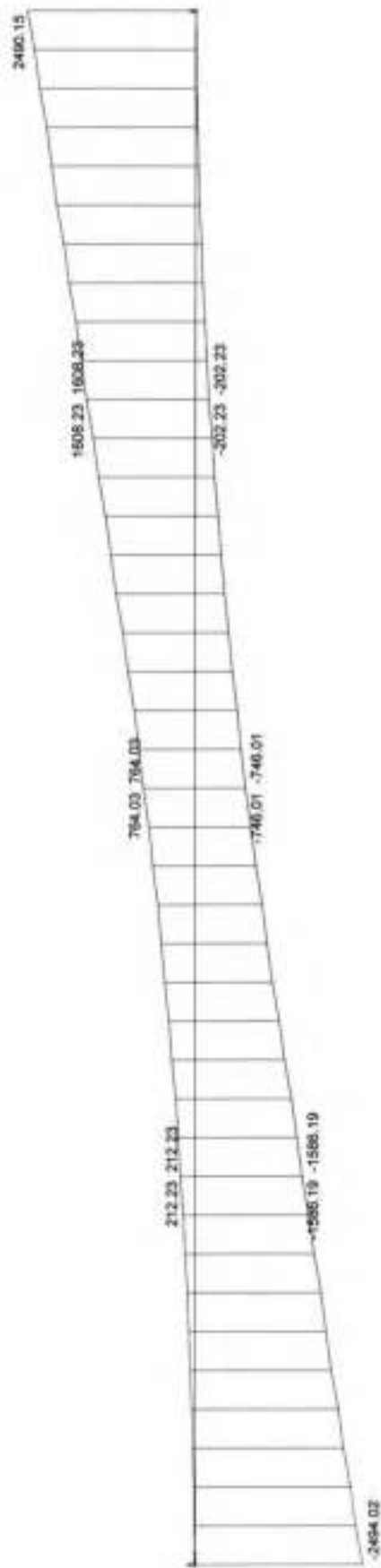
- P. 201 - 20.3606 vdi

Membrures
Vy (kN)



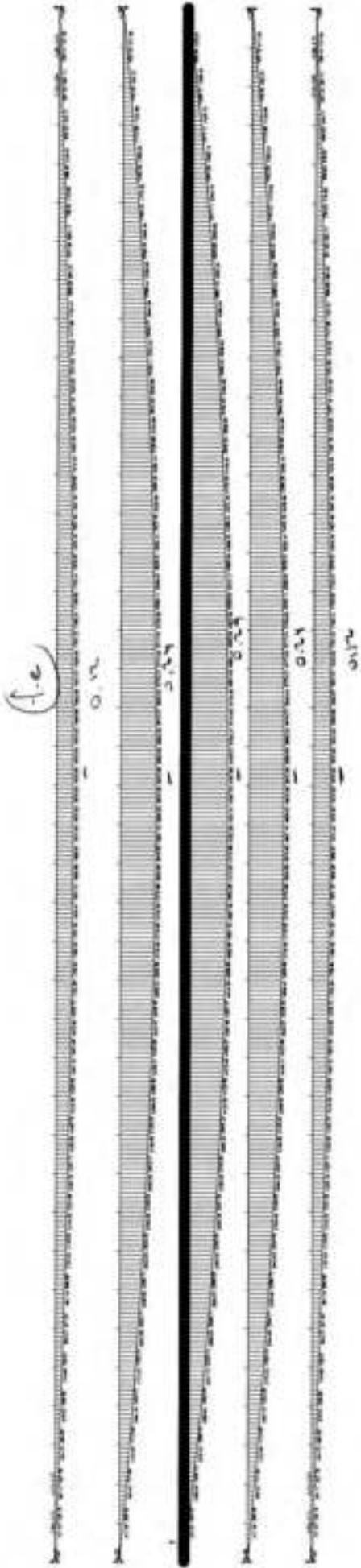
- Enveloppe : Lm10

Membrures
Vy (kN)



$$\frac{2794}{2576} = 0.94$$

- Enveloppe : Lm09



TOTAL $M_x = 1885 + 3870 + 9768 + 3270 + 1005 = 16268 \text{ kNm}$
 vs 16335 kNm

2 x gaine d'acier (11)
 e 12 = d acier

$\rightarrow \frac{0.25}{2} = \frac{16.5}{2} = 8.25$

- Enveloppe : Lm10

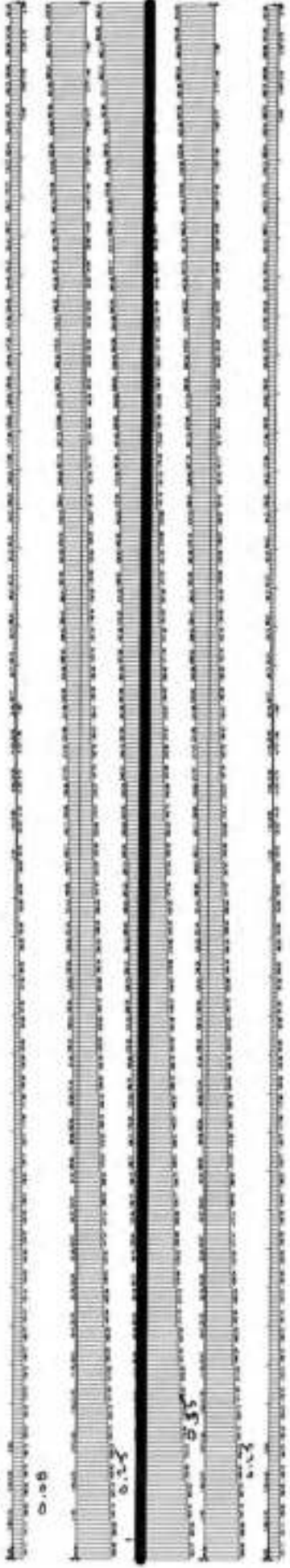
→ facteur d'acier actual

Res. 30. 306. 01

Comis. acier
 sur le point

Membrures
 Vy (kN)

(F.o)



$$70000 \times 191 + 6000 \times 650 = 650 \times 191 = 24500 \text{ kN}$$

$$= 2450 \text{ kN}$$

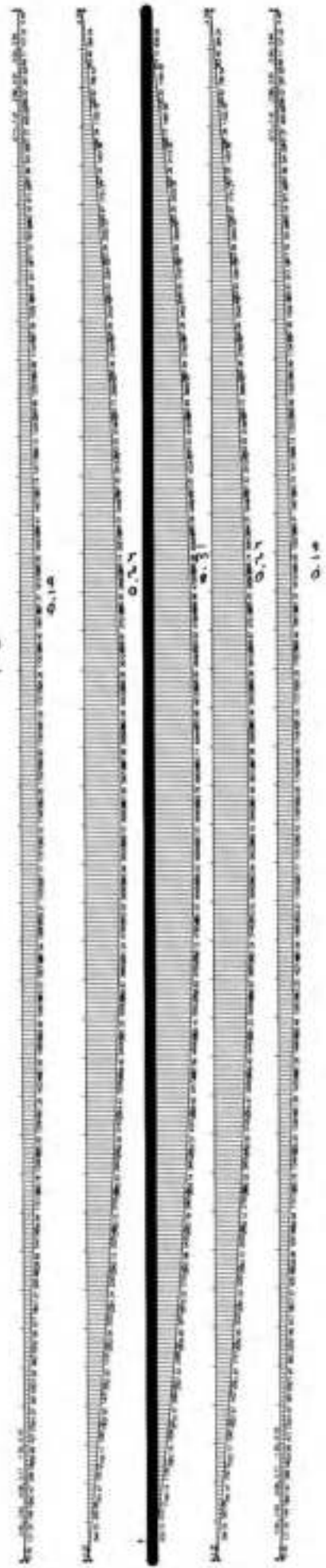
$$= 983 \text{ kN}$$

- Enveloppe : Lm10

Couleur
sur le pont

Page 20. 7/10 6. 10 21

f.e



TOTAL m = $1730 + 390 + 7100 + 390 + 1730$
 $= 16360$ kNm

2 vous-voies (11)
 e 0.9m de large
 en version Lm10
 mais avec la
 section plus fine
 de votre

- Enveloppe : Lm07

AUTRES CALCULS

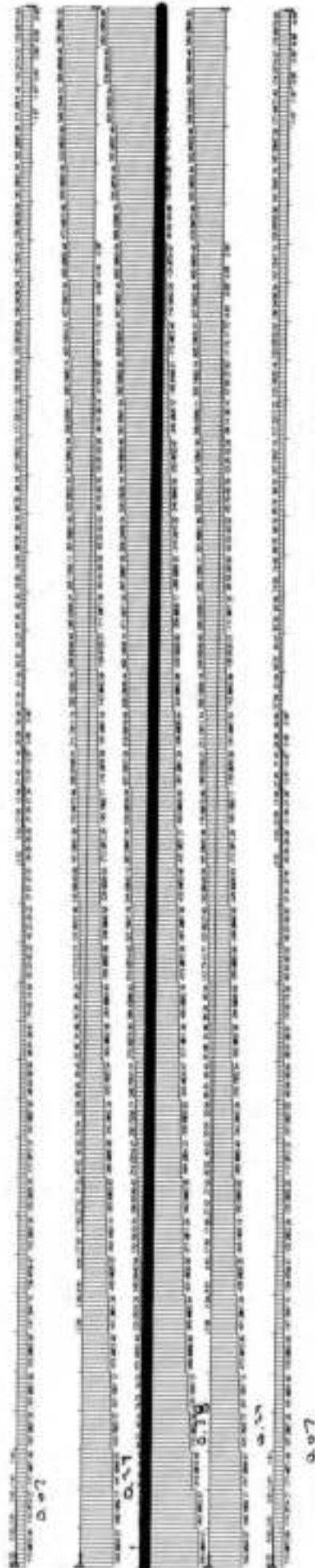
Pont - 30.3.2016 - 21

Croquis vu de l'axe sur le pont

Membrures

Vy (kN)

f.e.



Total V: 176 + 507 + 176 + 507 = 1366
= 3366
= 3366

- Enveloppe : Lm07

NUMERIQUE GÉNÉRALISÉ

Part. 32-3006 vdi



Nom du projet: _____

Par: _____ PL

Date: _____ 17 Jan 2017

Sujet: _____

No du projet: _____

- Etude de l'impact d'une modification du modèle de répartition des parts à l'acte dans le modèle 20

→ utiliser O.S.E

En utilisant une répartition de la dette de O.S.E, la distribution se fait nous bien entre les parts mais est plus réaliste pour considérer la dette qui est financée

Membrures

Vy (kN)

Redution de l'enveloppe

fe 1.005

0.76

0.76

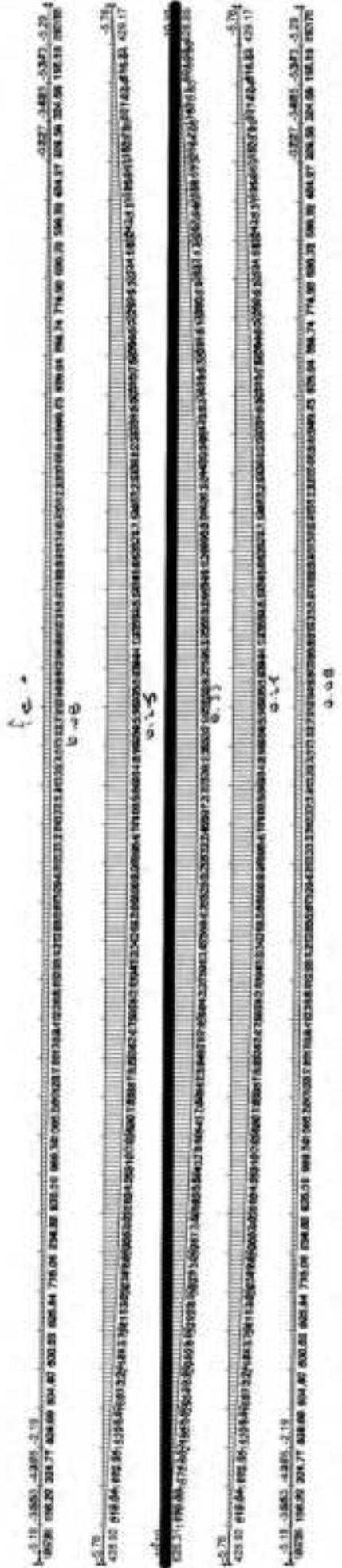
0.76

0.76

0.2021	2.2072	2.2111	10.0002	10.0045	22.0002	20.0000	40.0000	40.0000	100.0000	100.0000	200.0000	200.0000	400.0000	400.0000	800.0000	800.0000	1600.0000	1600.0000	3200.0000	3200.0000	6400.0000	6400.0000	12800.0000	12800.0000	25600.0000	25600.0000	51200.0000	51200.0000	102400.0000	102400.0000	204800.0000	204800.0000	409600.0000	409600.0000	819200.0000	819200.0000	1638400.0000	1638400.0000	3276800.0000	3276800.0000	6553600.0000	6553600.0000	13107200.0000	13107200.0000	26214400.0000	26214400.0000	52428800.0000	52428800.0000	104857600.0000	104857600.0000	209715200.0000	209715200.0000	419430400.0000	419430400.0000	838860800.0000	838860800.0000	1677721600.0000	1677721600.0000	3355443200.0000	3355443200.0000	6710886400.0000	6710886400.0000	13421772800.0000	13421772800.0000	26843545600.0000	26843545600.0000	53687091200.0000	53687091200.0000	107374182400.0000	107374182400.0000	214748364800.0000	214748364800.0000	429496729600.0000	429496729600.0000	858993459200.0000	858993459200.0000	1717986918400.0000	1717986918400.0000	3435973836800.0000	3435973836800.0000	6871947673600.0000	6871947673600.0000	13743895347200.0000	13743895347200.0000	27487790694400.0000	27487790694400.0000	54975581388800.0000	54975581388800.0000	109951162777600.0000	109951162777600.0000	219902325555200.0000	219902325555200.0000	439804651110400.0000	439804651110400.0000	879609302220800.0000	879609302220800.0000	1759218644441600.0000	1759218644441600.0000	3518437288883200.0000	3518437288883200.0000	7036874577766400.0000	7036874577766400.0000	14073749155532800.0000	14073749155532800.0000	28147498311065600.0000	28147498311065600.0000	56294996622131200.0000	56294996622131200.0000	112589993244262400.0000	112589993244262400.0000	225179986488524800.0000	225179986488524800.0000	450359972977049600.0000	450359972977049600.0000	900719945954099200.0000	900719945954099200.0000	1801439891908198400.0000	1801439891908198400.0000	3602879783816396800.0000	3602879783816396800.0000	7205759567632793600.0000	7205759567632793600.0000	14411519135265587200.0000	14411519135265587200.0000	28823038270531174400.0000	28823038270531174400.0000	57646076541062348800.0000	57646076541062348800.0000	115292153082124697600.0000	115292153082124697600.0000	230584306164249395200.0000	230584306164249395200.0000	461168612328498790400.0000	461168612328498790400.0000	922337224656997580800.0000	922337224656997580800.0000	1844674449313995161600.0000	1844674449313995161600.0000	3689348898627990323200.0000	3689348898627990323200.0000	7378697797255980646400.0000	7378697797255980646400.0000	14757395594511961292800.0000	14757395594511961292800.0000	29514791189023922022400.0000	29514791189023922022400.0000	59029582378047844044800.0000	59029582378047844044800.0000	118059164756095688089600.0000	118059164756095688089600.0000	236118329512191376179200.0000	236118329512191376179200.0000	472236659024382752358400.0000	472236659024382752358400.0000	944473318048765504716800.0000	944473318048765504716800.0000	1888946636097531011433600.0000	1888946636097531011433600.0000	3777893272195062022867200.0000	3777893272195062022867200.0000	7555786544390124045734400.0000	7555786544390124045734400.0000	15111573088780248091468800.0000	15111573088780248091468800.0000	30223146177560496182937600.0000	30223146177560496182937600.0000	60446292355120992385875200.0000	60446292355120992385875200.0000	12089258471198194777177600.0000	12089258471198194777177600.0000	24178516942396393555353600.0000	24178516942396393555353600.0000	483570338847927871107067200.0000	483570338847927871107067200.0000	96714067769585574221434400.0000	96714067769585574221434400.0000	19342813553917114854888800.0000	19342813553917114854888800.0000	38685627107834229709137600.0000	38685627107834229709137600.0000	773712542156684594182675200.0000	773712542156684594182675200.0000	154742508431368918836550400.0000	154742508431368918836550400.0000	3094850168627378377371100800.0000	3094850168627378377371100800.0000	6189700337254756754742214400.0000	6189700337254756754742214400.0000	123794006745095135094884800.0000	123794006745095135094884800.0000	2475880134919002701897777600.0000	2475880134919002701897777600.0000	4951760269838005403795555200.0000	4951760269838005403795555200.0000	9903520539676010875591110400.0000	9903520539676010875591110400.0000	1980704107935202175110222220800.0000	1980704107935202175110222220800.0000	39614082158704043002244441600.0000	39614082158704043002244441600.0000	7922816431740808600448883200.0000	7922816431740808600448883200.0000	158456328748816017208977766400.0000	158456328748816017208977766400.0000	316912657497632034417979555200.0000	316912657497632034417979555200.0000	6338253149952640695599110400.0000	6338253149952640695599110400.0000	1267650629990528139119982220800.0000	1267650629990528139119982220800.0000	25353012599810562783984441600.0000	25353012599810562783984441600.0000	50706025199621125767968883200.0000	50706025199621125767968883200.0000	1014120503992422515553793766400.0000	1014120503992422515553793766400.0000	20282410079848450311111587555200.0000	20282410079848450311111587555200.0000	405648201596969006222231751100800.0000	405648201596969006222231751100800.0000	8112964031939380124444444441600.0000	8112964031939380124444444441600.0000	1622592807877876024888888883200.0000	1622592807877876024888888883200.0000	324518561575575204977777766400.0000	324518561575575204977777766400.0000	649037123151151009955555555200.0000	649037123151151009955555555200.0000	129807424602230201991111111100800.0000	129807424602230201991111111100800.0000	25961484920446040382222222220800.0000	25961484920446040382222222220800.0000	51922969840892080764444444441600.0000	51922969840892080764444444441600.0000	10384593968178016152888888883200.0000	10384593968178016152888888883200.0000	207691879363560323057777766400.0000	207691879363560323057777766400.0000	41538375872712064611555555555200.0000	41538375872712064611555555555200.0000	8307675174432412222222222220800.0000	8307675174432412222222222220800.0000	16615350348864824444444444441600.0000	16615350348864824444444444441600.0000	3323070069772964888888888883200.0000	3323070069772964888888888883200.0000	6646140139515929777777766400.0000	664614013951592977777766400.0000	132922802790318595555555555200.0000	132922802790318595555555555200.0000	26584560558063719111111111100800.0000	26584560558063719111111111100800.0000	5316912111612743822222222220800.0000	5316912111612743822222222220800.0000	10633824223225487644444444441600.0000	10633824223225487644444444441600.0000	2126764844645097528888888883200.0000	2126764844645097528888888883200.0000	425352968929019557777766400.0000	42535296892901955777766400.0000	850705937858039115555555555200.0000	850705937858039115555555555200.0000	17014118757163823111111111100800.0000	17014118757163823111111111100800.0000	3402823751432764222222222220800.0000	3402823751432764222222222220800.0000	6805647502865528444444444441600.0000	6805647502865528444444444441600.0000	1361129500573115688888888883200.0000	1361129500573115688888888883200.0000	272225900114637137777766400.0000	27222590011463713777766400.0000	544451800229274275555555555200.0000	544451800229274275555555555200.0000	10889036004585485511111111100800.0000	10889036004585485511111111100800.0000	2177807200917097110222222220800.0000	2177807200917097110222222220800.0000	4355614401834194244444444441600.0000	4355614401834194244444444441600.0000	8711228803668388488888888883200.0000	8711228803668388488888888883200.0000	174224576773377769777766400.0000	17422457677337776977766400.0000	348449153546755555555555555200.0000	348449153546755555555555555200.0000	6968983070935111111111111100800.0000	6968983070935111111111111100800.0000	1393796614187022222222222220800.0000	1393796614187022222222222220800.0000	2787593228374044444444444441600.0000	2787593228374044444444444441600.0000	5575186456748088888888888883200.0000	5575186456748088888888888883200.0000	111503729134971777766400.0000	11150372913497177766400.0000	223007458269943555555555555200.0000	223007458269943555555555555200.0000	4460149165398871111111111100800.0000	4460149165398871111111111100800.0000	8920298330797742222222222220800.0000	8920298330797742222222222220800.0000	1784059666159554444444444441600.0000	1784059666159554444444444441600.0000	3568119332319108888888888883200.0000	3568119332319108888888888883200.0000	713623866463821777766400.0000	71362386646382177766400.0000	142724773292764355555555555200.0000	142724773292764355555555555200.0000	2854495465855287111111111100800.0000	2854495465855287111111111100800.0000	5708990931710574222222222220800.0000	5708990931710574222222222220800.0000	1141798186342144444444444441600.0000	1141798186342144444444444441600.0000	2283596372684288888888888883200.0000	2283596372684288888888888883200.0000	45671927453685777766400.0000	4567192745368577766400.0000	913438549073715555555555555200.0000	913438549073715555555555555200.0000	1826877098147431111111111100800.0000	1826877098147431111111111100800.0000	3653754196294862222222222220800.0000	3653754196294862222222222220800.0000	7307508392589724444444444441600.0000	7307508392589724444444444441600.0000	1461501678517944888888888883200.0000	1461501678517944888888888883200.0000	292300335703588977766400.0000	29230033570358897766400.0000	584600671407177955555555555200.0000	584600671407177955555555555200.0000	1169201342814359111111111100800.0000	1169201342814359111111111100800.0000	2338402685628718222222222220800.0000	2338402685628718222222222220800.0000	4676805371257436444444444441600.0000	4676805371257436444444444441600.0000	9353610742514872888888888883200.0000	9353610742514872888888888883200.0000	187072214850974577766400.0000	18707221485097457766400.0000	374144429701949155555555555200.0000	374144429701949155555555555200.0000	7482888594038983111111111100800.0000	7482888594038983111111111100800.0000	1496577718077976622222222220800.0000	1496577718077976622222222220800.0000	2993155436155952444444444441600.0000	2993155436155952444444444441600.0000	5986310872311904888888888883200.0000	5986310872311904888888888883200.0000	119726217446380977766400.0000	11972621744638097766400.0000	239452434892761955555555555200.0000	239452434892761955555555555200.0000	4789048697855239111111111100800.0000	4789048697855239111111111100800.0000	9578097395710478222222222220800.0000	957809739571047822222
--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--	--	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--	--	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------

Membrures
Mx (kN.m)

Reduct. à E=0.45E



$$M = 1527 + 9111 + 5797 = 8115 \text{ kN.m}$$

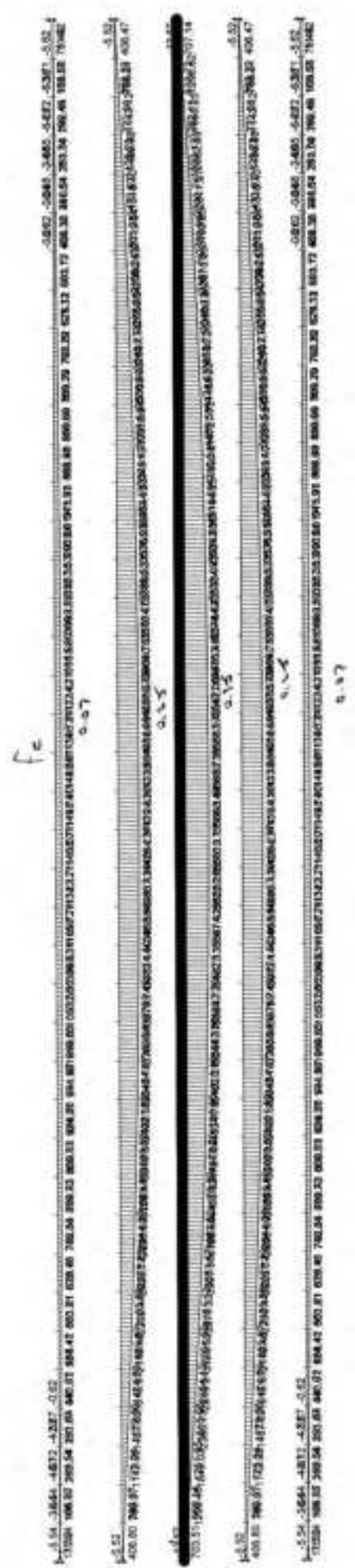
- Enveloppe : Lm10

Page 10 - Table. Encl. 02.

Membrures

Mx (kN.m)

Reduction de 0.5%



$$M_x = 1.50 + 4.13 + 7.73 + 11.70 = 16.16$$

- Enveloppe : Lm07

Page 10, 306 - Envel. u.k.

Membrures
Vy (kN)

Rebutio de Ec e as E

0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	
-10255	7.095	-5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205
-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85	-85.85
-49042	999	206	07176	999	206	07176	999	206	07176	999	206	07176	999	206	07176	999	206	07176	999	206	07176	999	206	07176	999
-10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	
114.44	130.56	150.47	168.86	189.31	207.31	228.63	246.95	268.89	292.88	311.74	335.75	358.62	379.88	405.93	427.90	454.73	478.02	501.49	528.01	548.19	572.49	599.34	600.85		
-4827	-11794	-20096	-28568	-37195	-45987	-54955	-64099	-73420	-82919	-92596	-102451	-112495	-122728	-133150	-143761	-154561	-165560	-176758	-188156	-199754	-211552	-223550	-235748	-248146	
0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	0.015	5.205	1.265	1.705	0.205	
114.44	130.56	150.47	168.86	189.31	207.31	228.63	246.95	268.89	292.88	311.74	335.75	358.62	379.88	405.93	427.90	454.73	478.02	501.49	528.01	548.19	572.49	599.34	600.85		
-4827	-11794	-20096	-28568	-37195	-45987	-54955	-64099	-73420	-82919	-92596	-102451	-112495	-122728	-133150	-143761	-154561	-165560	-176758	-188156	-199754	-211552	-223550	-235748	-248146	

$f_{cr} = 0.24$

0.26

0.25

0.25

0.26

$$V = 95 + 60x + 105x^2 + 60x^3 + 1x^4$$

$$= 7150$$

- Enveloppe : Lm07

Page 230-360. Envelope



Nom du projet: _____

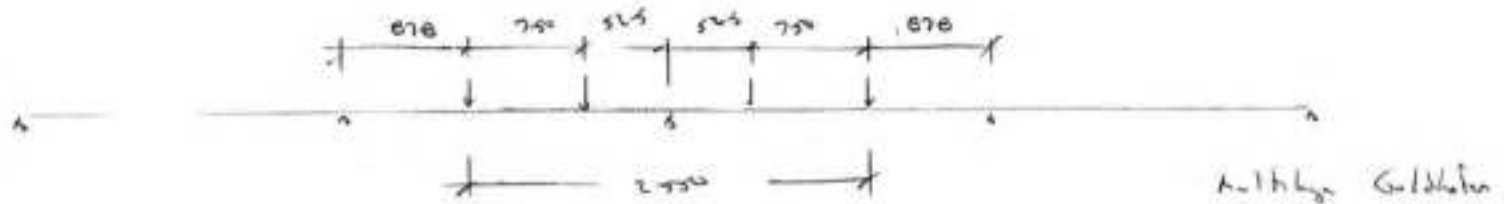
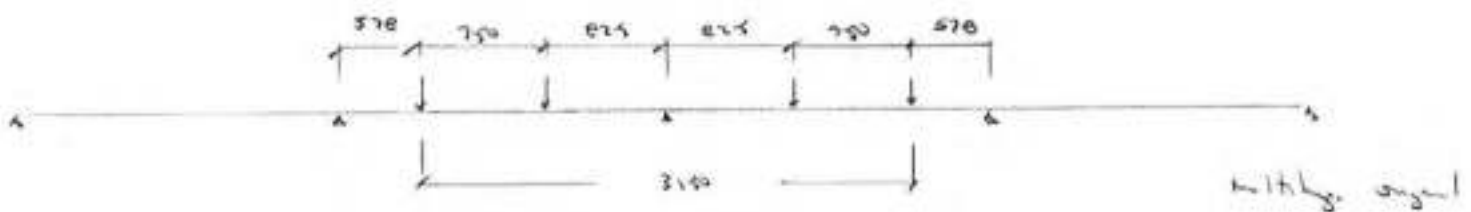
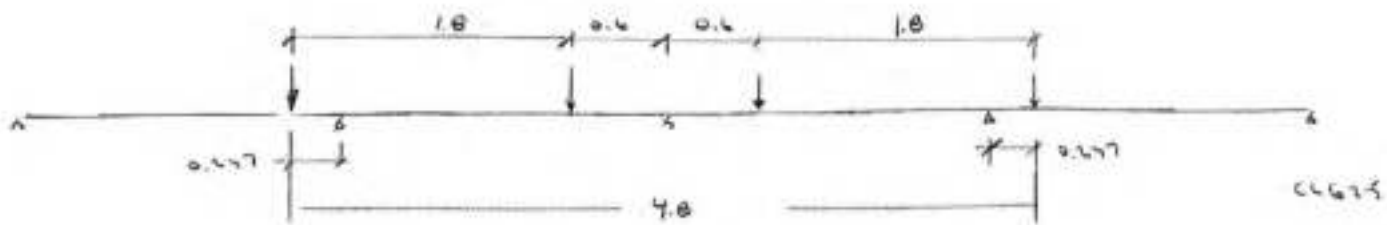
Par: P.L.

Date: 15 Jan '19

Sujet: _____

No du projet: _____

• Position des charges de calcul sur les charges de référence
Goldstein



Par 6 calcul $\rightarrow l_e = 0.65$

Appui	Surcharge	2 charges	10.9
56-06	$l_e = 0.56$ m		862
		0.64 V	902
70	$l_e = 0.45$ m		752
		0.58 V	852



Nom du projet: _____

Par: P.L.

Date: 15 juiv '13

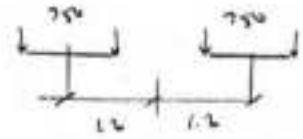
Sujet: _____

No du projet: _____

Etude des facteurs de surcharge pour le multiple

En fonction l'étude de distribution 30 pour 11 ans et 1.5m sur les compte de traction, les valeurs sont les suivantes

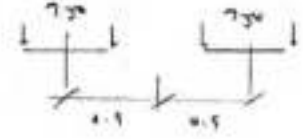
1) 2 groupes de surcharge



(70) $f_c = 0.29 \rightarrow 662$
 $\quad \quad = 0.35 \rightarrow 802$

App. simple $f_c = 0.47$

2) 2 groupes de surcharge



(70) $f_c = 0.71 \rightarrow 582$
 $\quad \quad = 0.38 \rightarrow 662$

App. simple $f_c = 0.58$

FEUILLE DE PROJET

NO. _____ de _____

BPR

Nom du projet: _____

Par: _____

Date: 28 Janv. '17

Sujet: _____

No du projet: _____

Calcul de facteurs de surcharge selon un module 30

-> 16 articles : Utiliser $E = 0.5E_c$ pour les parties

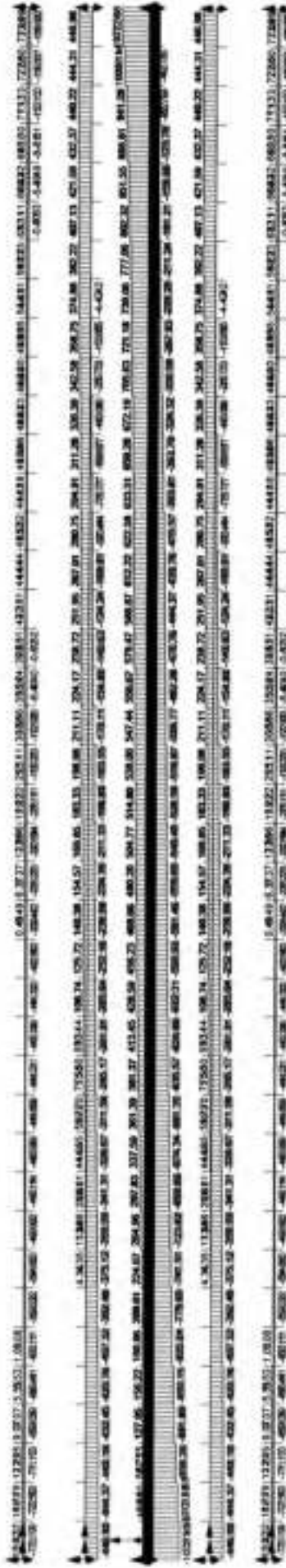
$$f_c = 0.51 \text{ V} \quad (30)$$

$$0.37 \text{ M}$$

$$f_c = 0.38 \quad (20)$$

Membrures

Vy (kN)



$f_c = 0.03; \sigma_{11}; \sigma_{21}; \sigma_{31}; \sigma_{41}$

Multiplan 16 00000

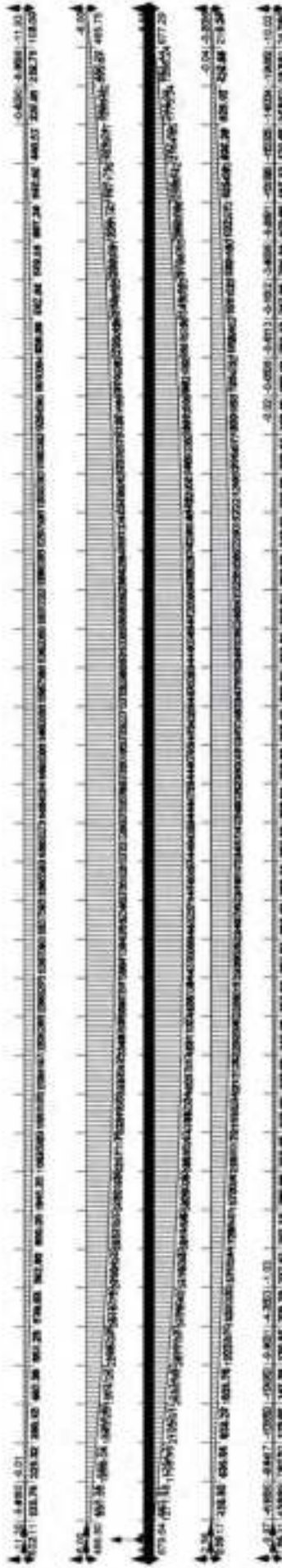
$V = 73 + 47 + 107 + 437 + 770 = 2154$

Caractéristiques

- Enveloppe : Lm02

Ps-T-30.2 - 2012 - 2012 - 2012

Membrures
Mx (kN.m)



$f_c = 0.11 \cdot 1703 + 0.76 \cdot 0.20 = 0.03$

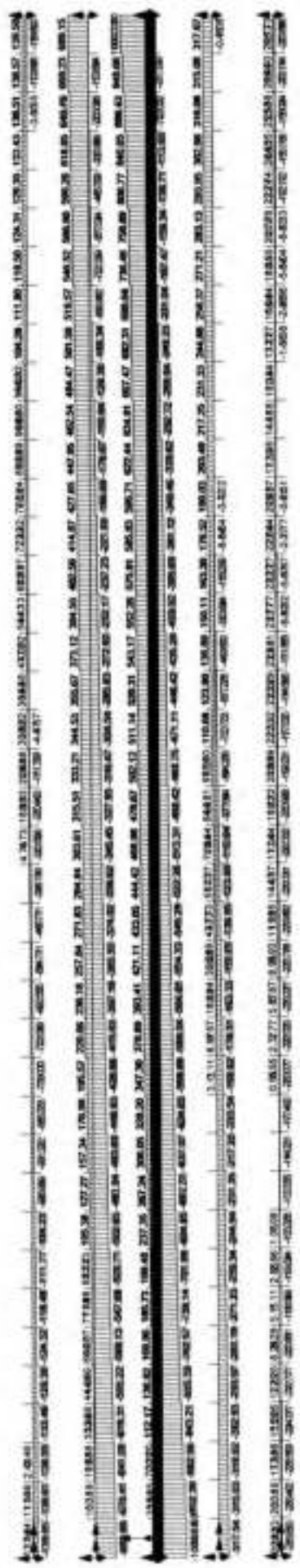
Multiplicar por 1000

$M = 1703 + 1703 + 2444 + 2500 + 3000 = 12715$

CHAVE REPRESENTA 60000

- Enveloppe : Lm01

Part. 30. Part. Encl. 1. udi



$f_c = 0.06 \cdot 0.72 : 0.46 = 0.15 : 0.41$

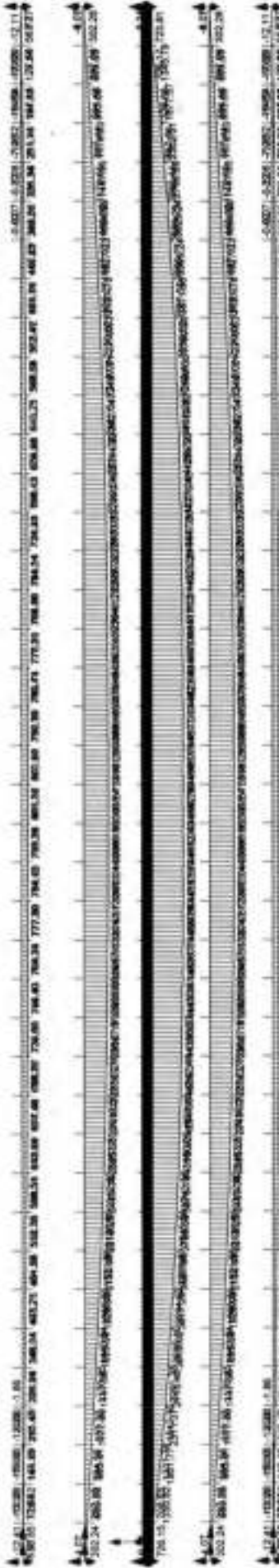
Aut H₂O (G₁)

$V_0 = (70 + 69) + 1006 + 718 + 77 = 2162$

Charge de service G₁

- Enveloppe : Lm01

Membrures
Mx (kN.m)



$$f_{ex} = 0.06; 0.25; 0.37; 0.25; 0.06$$

$$M_{x} = E_{04} + 3I=1 + 4591 + 3I=1 + E_{04} = 12401$$

Ausdrucks / Ausdrucks

Summe / Summe

- Enveloppe : Lm02

Page - 10 - Page - 10 -

Membrures
Mx (kN.m)



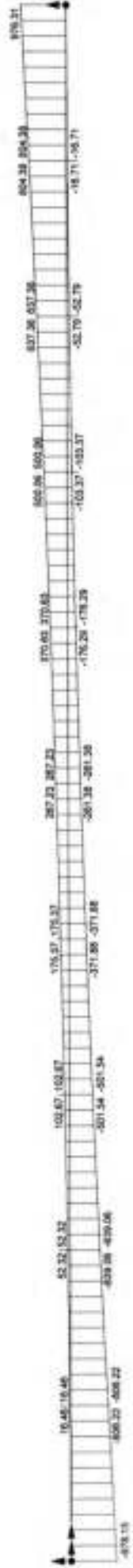
6189

120 12378 kNm

- Enveloppe : Lm01

PANT 15-21

Membrures
 Vy (kN)



970.22 / 1936.64

- Enveloppe : Lm01

Page 5 / 42



Nom du projet: _____

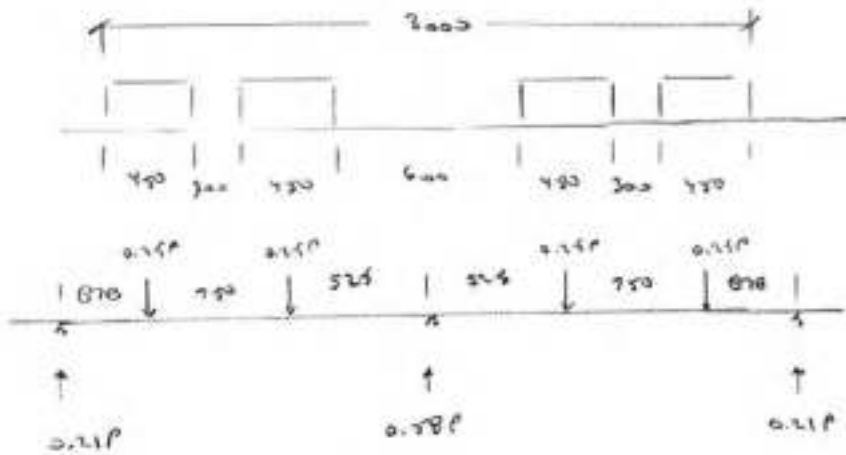
Par: P.L.

Sujet: _____

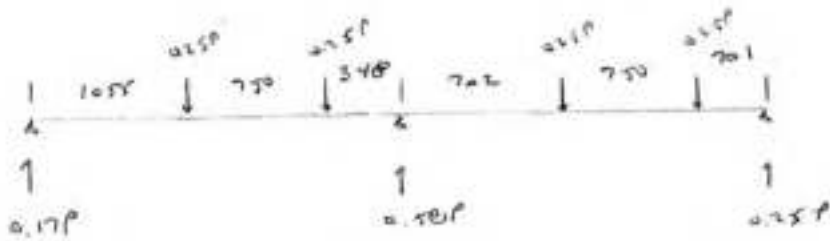
Date: 11 Janv '13

No du projet: _____

Evaluation de la dalle pour un multiple de type GARDERON



①



③
voir parties
de tracter



Nom du projet: _____

Par: P.L.

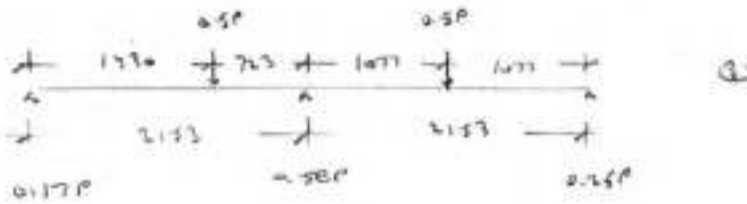
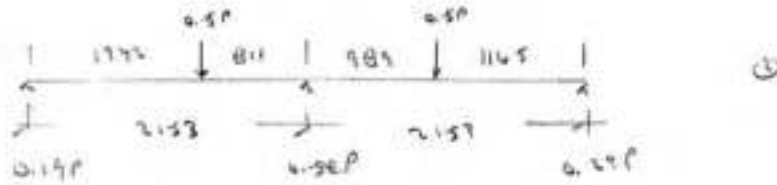
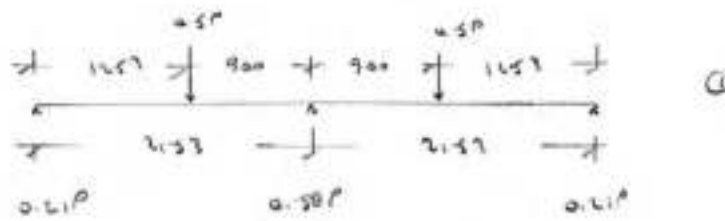
Date: 11 Jan 2019

Sujet: _____

No du projet: _____

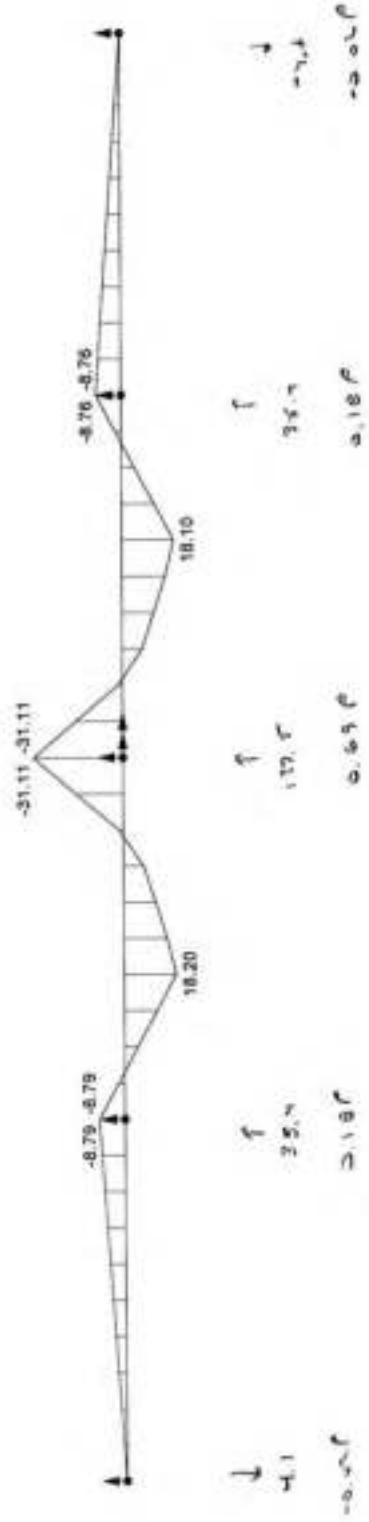
Facteur d'inertie du tracteur

Trace wronski ou CGGTS



change wronski
a la 2 partie

Membrures
 My (kN.m)

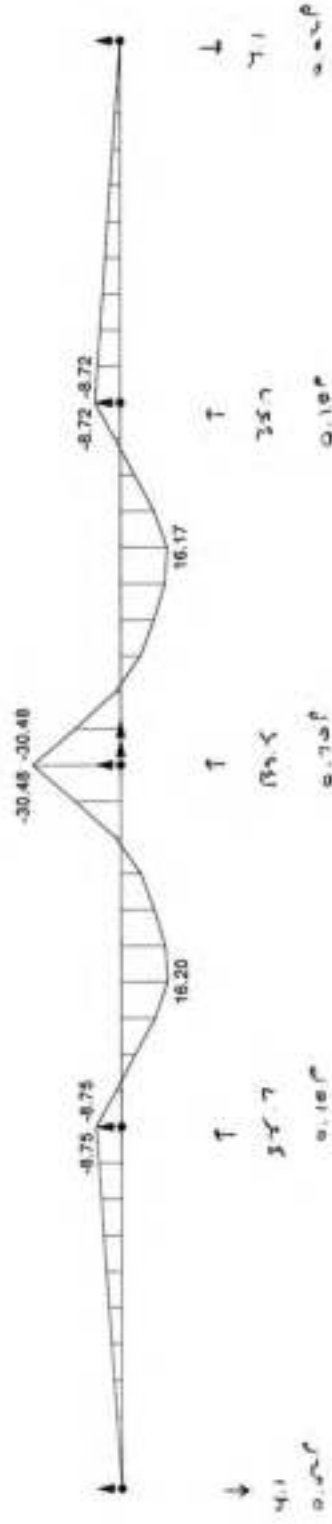


*Analysis performed
 on 10/10/2020*

- Combinaison : P 200 kN p1

multibody Simulation

Membrures
 My (kN.m)



*Analysis plus en plus
 mes mes autres*

- Combinaison : P 200 kN p1 D

Multiligne Calcul

CAVALLI DI FACCE

DESSIN POST. 46

CANTON 66-625



Nom du projet: _____

Par: PL

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

Les valeurs qui suivent démontrent les valeurs
 de facteurs d'adhésion à utiliser pour le cas
 de collection CB-625 qui est produit par la
 norme 26-06,

<u>Revue</u>	Norme	$f_e m = 0.56$	
		$v = 0.64$	
Analyse 30		$f_e m = 0.49$	< 0.56
		$v = 0.58$	< 0.64
Analyse appui simple		$f_u = 0.65$	> 0.56
			> 0.64

La méthode d'analyse appui simple donne des résultats pour le calcul de l'adhésion d'adhésion



Nom du projet: _____

Par: LC

Sujet: _____

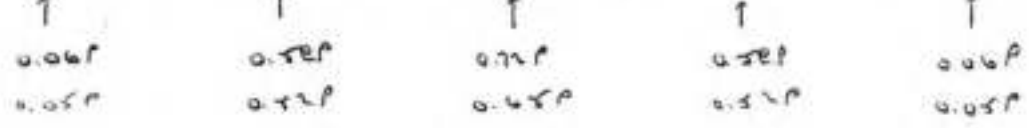
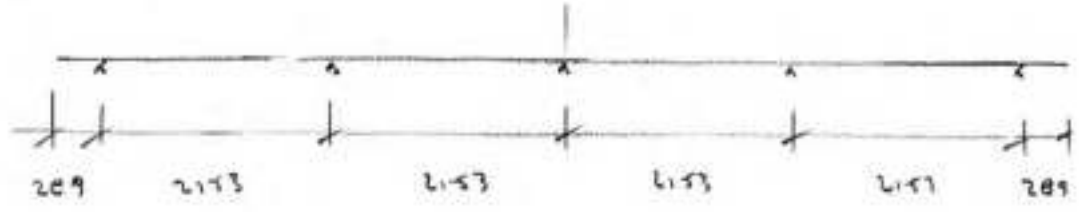
Date: 26 nov 12

No du projet: _____

Calcul des facteurs d'ordre

CL 625

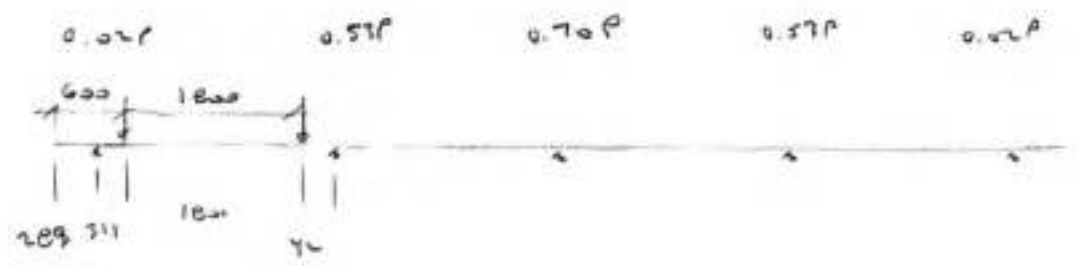
Appui simple



Appui simple

209

Appui continu





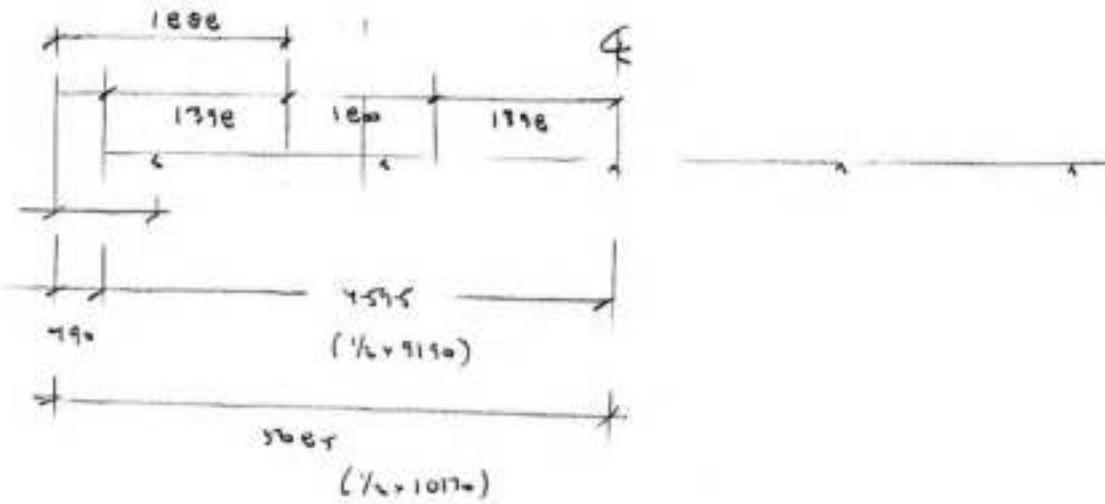
Nom du projet: _____

Par: _____

Sujet: _____

Date: 26 mai 12

No du projet: _____



Sol. SC-06

		INT	EXT
ELU	M	0.56	0.56
ELU	V	0.67	0.67
EXT	M	0.42	0.43
EXT	V	0.60	0.60

← Tel que appaie sur le

Calcul du facteur d'essieu selon la norme CSA/S6-2000

Calcul pour pont avec dalle sur poutres (type C) en acier ou béton avec classe de route A ou B

$$W_c := 9190\text{mm} \quad W_c = \text{largeur carrossable du pont}$$

$$n := \begin{cases} 1 & \text{if } W_c < 6.0\text{m} \\ 2 & \text{if } W_c \geq 6.0\text{m} \wedge W_c < 10.0\text{m} \\ 3 & \text{if } W_c \geq 10.0\text{m} \wedge W_c < 13.5\text{m} \\ 4 & \text{if } W_c \geq 13.5\text{m} \wedge W_c < 17.0\text{m} \\ 5 & \text{if } W_c \geq 17.0\text{m} \wedge W_c < 20.5\text{m} \\ 6 & \text{if } W_c \geq 20.5\text{m} \wedge W_c < 24.0\text{m} \\ 7 & \text{if } W_c \geq 24.0\text{m} \wedge W_c < 27.5\text{m} \\ 8 & \text{if } W_c \geq 27.5\text{m} \end{cases} \quad n = 2$$

$$R_L := \begin{cases} 1.00 & \text{if } n = 1 \\ 0.90 & \text{if } n = 2 \\ 0.80 & \text{if } n = 3 \\ 0.70 & \text{if } n = 4 \\ 0.60 & \text{if } n = 5 \\ 0.55 & \text{if } n > 5 \end{cases}$$

$$M_T := 1.0 \quad M.T = \text{Moment maximal par voie de calcul (à l'ultime)}$$

$$V_T := 1.0 \quad V.T = \text{Cisaillement maximal par voie de calcul (à l'ultime)}$$

$$N := 5 \quad N = \text{Nombre de poutre}$$

$$S := 2.153\text{m} \quad S = \text{espacement des poutres}$$

$$S_p := 0.78\text{m} \quad S_p = \text{longueur du porte-à-faux}$$

$$\text{if}(S_p \leq 0.6S, \text{"OK"}, \text{"Trop grand porte-à-faux"}) = \text{"OK"}$$

Calcul des efforts dans la travée #1

$$L := 27.23\text{m} \quad L \text{ est la distance entre les moments nuls (points d'inflexion)}$$

$$M_{g,avg} := \frac{n \cdot M_T \cdot R_L}{N} \quad M_{g,avg} = 0.36 \quad L := \max(3.0\text{m}, L) \quad L = 27.23\text{m}$$

Valeur minimale de L = 3.0 m

$$W_e := \frac{W_c}{n} \quad W_e = 4.595\text{m}$$

$$\mu := \min\left(\frac{W_e - 3.3m}{0.6m}, 1.0\right) \quad \mu = 1$$

1.0 Calcul de la flexion États limites ultimes et d'utilisation

$$C_f := \begin{cases} 5 - \frac{12m}{L} & \text{if } n = 1 \\ 5 - \frac{15m}{L} & \text{if } n = 2 \\ 10 - \frac{25m}{L} & \text{if } n = 3 \\ 10 - \frac{25m}{L} & \text{if } n = 4 \\ 10 - \frac{25m}{L} & \text{if } n > 4 \end{cases} \quad C_f = 4.449$$

$$F_{\text{ext.flex}} := \begin{cases} 3.30 & \text{if } (L \geq 3m \wedge L \leq 10m) \wedge n = 1 \\ 3.50 - \frac{2m}{L} & \text{if } L > 10m \wedge n = 1 \\ 6.50 & \text{if } (L \geq 3m \wedge L \leq 10m) \wedge n = 2 \\ 6.80 - \frac{3m}{L} & \text{if } L > 10m \wedge n = 2 \\ 8.30 & \text{if } (L \geq 3m \wedge L \leq 10m) \wedge n = 3 \\ 8.70 - \frac{4m}{L} & \text{if } L > 10m \wedge n = 3 \\ 9.50 & \text{if } (L \geq 3m \wedge L \leq 10m) \wedge n = 4 \\ 10.0 - \frac{5m}{L} & \text{if } L > 10m \wedge n = 4 \\ 9.50 \cdot \frac{n \cdot R_L}{2.80} & \text{if } (L \geq 3m \wedge L \leq 10m) \wedge n > 4 \\ \left(10.0 - \frac{5m}{L}\right) \cdot \frac{n \cdot R_L}{2.80} & \text{if } L > 10m \wedge n > 4 \end{cases} \quad \begin{aligned} F_{\text{ext.flex}} &= 6.69 \\ f_{\text{corr}} &:= \text{if}(S_p > 0.5S \wedge S_p \leq 0.6 \cdot S, 0.952, 1.0) \\ f_{\text{corr}} &= 1 \\ F_{\text{ext.flex}} &:= f_{\text{corr}} \cdot F_{\text{ext.flex}} \\ F_{\text{ext.flex}} &= 6.69 \end{aligned}$$

$$F_{\text{m.ext}} := \frac{\frac{S}{m} \cdot N}{F_{\text{ext.flex}} \left(1 + \frac{\mu \cdot C_f}{100}\right)} \quad F_{\text{m.ext}} = 1.541$$

$$M_{\text{g.ext}} := F_{\text{m.ext}} \cdot M_{\text{g.avg}} \quad M_{\text{g.ext}} = 0.555 \quad \text{Poutre extérieure}$$

$$F_{\text{int.flex}} := \begin{cases} 3.30 + \frac{0.05L}{m} & \text{if } (L \geq 3m \wedge L \leq 10m) \wedge n = 1 \\ 4.40 - \frac{6m}{L} & \text{if } L > 10m \wedge n = 1 \\ 4.80 + 0.10 \frac{L}{m} & \text{if } (L \geq 3m \wedge L \leq 10m) \wedge n = 2 \\ 7.20 - \frac{14m}{L} & \text{if } L > 10m \wedge n = 2 \\ 6.70 + 0.08 \frac{L}{m} & \text{if } (L \geq 3m \wedge L \leq 10m) \wedge n = 3 \\ 9.60 - \frac{21m}{L} & \text{if } L > 10m \wedge n = 3 \\ 7.60 + 0.14 \frac{L}{m} & \text{if } (L \geq 3m \wedge L \leq 10m) \wedge n = 4 \\ 11.20 - \frac{22m}{L} & \text{if } L > 10m \wedge n = 4 \\ \left(7.60 + 0.14 \frac{L}{m}\right) \cdot \frac{n \cdot R_L}{2.80} & \text{if } (L \geq 3m \wedge L \leq 10m) \wedge n > 4 \\ \left(11.20 - \frac{22m}{L}\right) \cdot \frac{n \cdot R_L}{2.80} & \text{if } L > 10m \wedge n > 4 \end{cases} \quad F_{\text{int.flex}} = 6.686$$

$$F_{m.int} := \frac{\frac{S}{m} \cdot N}{F_{\text{int.flex}} \left(1 + \frac{\mu \cdot C_f}{100}\right)} \quad F_{m.int} = 1.542$$

$$M_{g.int} := F_{m.int} \cdot M_{g.avg}$$

$$M_{g.int} = 0.555$$

Poutre intérieure

2.0 Calcul du cisaillement aux états limites ultimes et d'utilisation

$$V_{g.avg} := \frac{n \cdot V_T \cdot R_L}{N} \quad V_{g.avg} = 0.36$$

$$F_{\text{cisail.}} := \begin{cases} 3.50 & \text{if } n = 1 \\ 6.10 & \text{if } n = 2 \\ 8.20 & \text{if } n = 3 \\ 9.50 & \text{if } n = 4 \\ 9.50 \cdot \frac{n \cdot R_L}{2.80} & \text{if } n > 4 \end{cases} \quad F_{\text{cisail.}} = 6.1$$

$$F_{\text{cisail.}} := \text{if} \left[S \leq 2.0\text{m}, F_{\text{cisail.}} \cdot \left(\frac{S}{2.0\text{m}} \right)^{0.25}, F_{\text{cisail.}} \right]$$

$$F_{\text{cisail.}} = 6.1$$

$$F_v := \frac{\frac{S}{m} \cdot N}{F_{\text{cisail.}}} \quad F_v = 1.765$$

Pour la poutre extérieure, calculer la réaction en considérant la dalle comme appui simple et l'effort doit être au moins égal à celui d'une poutre intérieure.

$$V_g := F_v \cdot V_{g,\text{avg}} \quad V_g = 0.635 \quad \text{Poutre intérieure}$$

3.0 Calcul de la flexion aux états limites de fatigue

$$C_{f,\text{fatigue}} := \begin{cases} 5 - \frac{12\text{m}}{L} & \text{if } n = 1 \\ 5 - \frac{15\text{m}}{L} & \text{if } n = 2 \\ 0 & \text{if } n = 3 \\ 0 & \text{if } n = 4 \\ 0 & \text{if } n > 4 \end{cases} \quad C_{f,\text{fatigue}} = 4.449$$

$$F_{\text{ext.flex.f}} := \begin{cases} 3.30 & \text{if } (L \geq 3\text{m} \wedge L \leq 10\text{m}) \wedge n = 1 \\ 3.50 - \frac{2\text{m}}{L} & \text{if } L > 10\text{m} \wedge n = 1 \\ 3.60 & \text{if } (L \geq 3\text{m} \wedge L \leq 10\text{m}) \wedge n = 2 \\ 3.80 - \frac{2\text{m}}{L} & \text{if } L > 10\text{m} \wedge n = 2 \\ 3.60 + 0.01 \cdot \frac{L}{\text{m}} & \text{if } (L \geq 3\text{m} \wedge L \leq 10\text{m}) \wedge n = 3 \\ 3.70 + \frac{L - 10\text{m}}{140\text{m}} & \text{if } L > 10\text{m} \wedge n = 3 \\ 3.80 & \text{if } (L \geq 3\text{m} \wedge L \leq 10\text{m}) \wedge n \geq 4 \\ 3.80 + \frac{L - 10\text{m}}{140\text{m}} & \text{if } L > 10\text{m} \wedge n \geq 4 \end{cases} \quad F_{\text{ext.flex.f}} = 3.727$$

$$f_{\text{corr}} := \text{if} (S_p > 0.5S \wedge S_p \leq 0.6 \cdot S, 0.952, 1.0)$$

$$f_{\text{corr}} = 1$$

$$F_{\text{ext.flex.f}} := f_{\text{corr}} \cdot F_{\text{ext.flex.f}}$$

$$F_{\text{ext.flex.f}} = 3.727$$

$$F_{\text{ext.flex.fatigue}} := F_{\text{ext.flex.f}}$$

$$F_{\text{ext.flex.fatigue}} = 3.727$$

$$F_{\text{int.flex.f}} := \begin{cases} 3.30 + \frac{0.05L}{m} & \text{if } (L \geq 3\text{m} \wedge L \leq 10\text{m}) \wedge n = 1 \\ 4.40 - \frac{6m}{L} & \text{if } L > 10\text{m} \wedge n = 1 \\ 2.80 + 0.12 \frac{L}{m} & \text{if } (L \geq 3\text{m} \wedge L \leq 10\text{m}) \wedge n = 2 \\ 4.60 - \frac{6m}{L} & \text{if } L > 10\text{m} \wedge n = 2 \\ 2.80 + 0.12 \frac{L}{m} & \text{if } (L \geq 3\text{m} \wedge L \leq 10\text{m}) \wedge n = 3 \\ 4.80 - \frac{8m}{L} & \text{if } L > 10\text{m} \wedge n = 3 \\ 2.80 + 0.12 \frac{L}{m} & \text{if } (L \geq 3\text{m} \wedge L \leq 10\text{m}) \wedge n \geq 4 \\ 5.00 - \frac{10m}{L} & \text{if } L > 10\text{m} \wedge n \geq 4 \end{cases} \quad F_{\text{int.flex.f}} = 4.38$$

$$F_{\text{int.flex.fatigue}} := \begin{cases} \left[1.00 + \left(0.29 \frac{S}{m} - 0.35 \right) \cdot \frac{L - 10\text{m}}{40\text{m}} \right] \cdot F_{\text{int.flex.f}} & \text{if } (L \geq 10\text{m} \wedge L \leq 50\text{m}) \wedge n \geq 2 \\ \left(0.29 \frac{S}{m} + 0.65 \right) \cdot F_{\text{int.flex.f}} & \text{if } L > 50\text{m} \wedge n \geq 2 \\ F_{\text{int.flex.f}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_{\text{int.flex.fatigue}} = 4.897$$

$$D_{\text{VE}} := \min(3.0\text{m}, 1.89\text{m})$$

D. VE = Distance entre l'extrémité du porte-à-faux et la roue du camion en considérant le camion au centre de la voie

$$C_{e,ext} := \begin{cases} 0.0 & \text{if } (L \geq 3 \cdot m \wedge L \leq 20 \cdot m) \wedge n = 1 \\ 0.0 & \text{if } L \geq 20 \cdot m \wedge n = 1 \\ 30 \cdot \left(\frac{D_{VE}}{m} - 1 \right) \cdot \left[1 + 0.4 \cdot \left(\frac{D_{VE}}{m} - 1 \right)^2 \right] & \text{if } (L \geq 3 \cdot m \wedge L \leq 20 \cdot m) \wedge n = 2 \\ 30 \cdot \left(\frac{D_{VE}}{m} - 1 \right) \cdot \left[1 + \frac{160m^2}{L^2} \cdot \left(\frac{D_{VE}}{m} - 1 \right)^2 \right] & \text{if } L > 20m \wedge n = 2 \\ 26 \cdot \left(\frac{D_{VE}}{m} - 1 \right) \cdot \left[1 + 0.4 \cdot \left(\frac{D_{VE}}{m} - 1 \right)^2 \right] & \text{if } (L \geq 3 \cdot m \wedge L \leq 20 \cdot m) \wedge n \geq 3 \\ 26 \cdot \left(\frac{D_{VE}}{m} - 1 \right) \cdot \left[1 + \frac{160m^2}{L^2} \cdot \left(\frac{D_{VE}}{m} - 1 \right)^2 \right] & \text{if } L > 20m \wedge n \geq 3 \end{cases}$$

$$C_{e,ext} = 31.264$$

$$C_{e,int} := 0$$

$$F_{m,f,int} := \max \left[1.05, \frac{\frac{S \cdot N}{m}}{F_{int,flex,fatigue} \left(1 + \frac{\mu \cdot C_{f,fatigue}}{100} + \frac{C_{e,int}}{100} \right)} \right] \quad F_{m,f,int} = 2.105$$

$$F_{m,f,ext} := \max \left[1.05, \frac{\frac{S \cdot N}{m}}{F_{ext,flex,fatigue} \left(1 + \frac{\mu \cdot C_{f,fatigue}}{100} + \frac{C_{e,ext}}{100} \right)} \right] \quad F_{m,f,ext} = 2.129$$

$$M_{g,avg} := \frac{1.0M_T \cdot 1.0}{N} \quad M_{g,avg} = 0.2$$

$$M_{g,f,int} := F_{m,f,int} \cdot M_{g,avg} \quad M_{g,f,int} = 0.421 \quad \text{Poutre intérieure}$$

$$M_{g,f,ext} := F_{m,f,ext} \cdot M_{g,avg} \quad M_{g,f,ext} = 0.426 \quad \text{Poutre extérieure}$$

4.0 Calcul du cisaillement aux états limites de fatigue

$$V_{g,avg} := \frac{1.0 \cdot V_T \cdot 1.0}{N} \quad V_{g,avg} = 0.2$$

$$F_{\text{cisail.fatigue}} := \begin{cases} 3.50 & \text{if } n = 1 \\ 3.60 & \text{if } n = 2 \\ 3.60 & \text{if } n = 3 \\ 3.70 & \text{if } n = 4 \\ 3.70 \cdot \frac{n \cdot R_L}{2.80} & \text{if } n > 4 \end{cases} \quad F_{\text{cisail}} = 6.1$$

$$F_{v.\text{fatigue}} := \frac{\frac{S}{m} \cdot N}{F_{\text{cisail.fatigue}}} \quad F_{v.\text{fatigue}} = 2.99$$

Pour la poutre extérieure, calculer la réaction en considérant la dalle comme appui simple et l'effort doit être au moins égal à celui d'une poutre intérieure.

$$V_{g.f} := F_{v.\text{fatigue}} \cdot V_{g.\text{avg}} \quad V_{g.f} = 0.598$$

Poutre intérieure

CALUL DES FACTORS

DE CONDÉMNATION

FEUILLE DE PROJET NO. _____ de _____



Nom du projet: _____

Par: P. S. _____

Sujet: _____

Date: _____

No du projet: _____

LA PORTÉE DES CHARGES EST MASSE

SUR LE CHARPENTE IV DE LA VILLE S.G. 06

Nom du projet: _____

Sujet: _____

Par: _____ Date: _____ N° de projet: _____

Facteurs de pondération des charges

Pentes à cisser : S_2 } $\beta = 2,75$
 E_3
 $1-2-3$

$\alpha_{01} = 1,06$
 $\alpha_{02} = 1,12$
 $\alpha_{03} = 1,30$

α_{01}	•	1,42		CU1, CU2, CU3	Normal trafic
	•	1,72		Normal trafic	"Attente loading"
	•	1,34	⊙	PA Traffic	Mixed with other traffic without supervision Axle load > maximum legal load
		1,34	⊙		
		1,13	⊙	PB Traffic	Mixed with other traffic
		1,13	⊙		Axle load < maximum legal load
		1,14	⊙	PC Traffic	Under supervision and
		1,15	⊙		specialized travel condition
		1,36	⊙	PS traffic	Single trip axle with other traffic
		1,30	⊙		without supervision

⊙ Sophisticated Analysis
 ⊙ Simplified sect. 5



Nom du projet: _____

Sujet: _____

Par: _____ Date: _____ N° de projet: _____

Dalle en béton : S3
 E3 } $\beta = 2,75$
 I45P2

Miner faiten de sur pour la
partie de cuir

CALCULUS PART ONE

Nom du projet: _____

Par: Ph _____

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

La partie posteur des ardoises de cisaillement et des ardoises porteurs aux appuis. Ceux de cisaillement doivent être suffisamment rigide et bien fixés à l'axe des poutres. Les ardoises porteurs aux appuis doivent avoir fait pour assurer la liaison d'appui à l'appareil d'appui.

ici, les ardoises ne sont suffisamment fixes à l'axe pour développer la pleine résistance de tension. Il y a donc un coefficient réduit à appliquer à la résistance au cisaillement.

ici, la résistance posteur a atteint la résistance que la partie au cisaillement

$$V_{Rd} = 2534 \text{ kN}$$

$$E_{Rd} = 2505 \text{ kN} \quad (9892 \text{ Ve})$$

Calculer les dimensions d'un raidisseurs

$$kN := 10^3 N$$

$$MPa := 10^6 Pa$$

$$a := 1503 \text{ mm} \quad w := 12.7 \text{ mm} \quad h := 1829 \text{ mm} \quad F_y := 350 \text{ MPa} \quad F_{ys} := 350 \text{ MPa}$$

Acier de l'âme Acier du raidisseur

$$k_v := \text{if} \left[\frac{a}{h} < 1.4 + \frac{5.34}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}, 5.34 + \frac{4}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \right] \quad k_v = 11.908 \quad \frac{a}{h} = 0.822$$

Type de raidisseurs

- 1) D = 1.0 pour deux raidisseurs soudés Ast = 2bt
- 2) D = 2.4 pour un raidisseur soudé Ast = bt
- 3) D = 1.8 pour un raidisseur avec une cornière (fixé au dos) Ast = Ac
- 4) D = 3.0 pour un raidisseur avec une cornière (fixé à l'aile) Ast = Ac

$$TypR := 2$$

Aire du raidisseur :

$$D := \text{if}(TypR = 1, 1.0, \text{if}(TypR = 2, 2.4, \text{if}(TypR = 3, 1.8, 3.0))) \quad D = 2.4$$

$$C := \max \left[1 - \frac{310000 \text{ MPa} \cdot k_v}{F_y \left(\frac{h}{w}\right)^2}, 0.1 \right] \quad C = 0.491 \quad C := \max(0.1, C) \quad C = 0.491$$

$$Y := \frac{F_y}{F_{ys}} \quad Y = 1$$

$$A_{st, \min} := \left[\frac{a \cdot w}{2} \left[1 - \frac{\frac{a}{h}}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] \cdot C \cdot D \cdot Y \right] \quad A_{st, \min} = 4.11 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

Équation S16.1-01

Si le raidisseur est une cornière, l'aire de la cornière est A.st.min

$$b_r := 305 \text{ mm} \quad b_{r, \max} := \frac{b - w}{2} \quad b_{r, \max} = 146.15 \text{ mm} \quad b_r := 152 \text{ mm} \quad t_r := 22 \text{ mm}$$

$$t_{\min 1} := \text{if} \left(TypR = 1, \frac{A_{st, \min}}{2 \cdot b_r}, \text{if} \left(TypR = 2, \frac{A_{st, \min}}{b_r}, \text{"N.A."} \right) \right) \quad t_{\min 1} = 27.042 \text{ mm}$$

$$t_{\min 2} := \text{if} \left(TypR \leq 2, \frac{b_r \sqrt{F_y \text{ MPa}}}{200 \text{ MPa}}, \text{"N.A."} \right) \quad t_{\min 2} = 14.218 \text{ mm}$$

$$\text{if}(t_r > \max(t_{\min 1}, t_{\min 2}), \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"NOT OK"}$$



Inertie du raidisseur :

$$y := 0 \text{ mm}$$

$$I_x := 0 \text{ mm}^4$$

$$A_c := 0 \text{ mm}^2$$

Valeurs pour le calcul d'inertie avec une cornière comme raidisseur

$$I_{st,1} := \text{if}\left[\text{Typ}_R = 1, t_r \cdot \frac{(2 \cdot b_r + w)^3}{12}, \text{if}\left[\text{Typ}_R = 2, t_r \cdot \frac{(b_r + 0.5 \cdot w)^3}{3}, \text{"N.A."}\right]\right]$$

$$I_{st,1} = 2.912 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{st,2} := \text{if}\left[\text{Typ}_R = 1, t_r \cdot \frac{(2 \cdot b_r + w)^3}{12}, \text{if}\left[\text{Typ}_R = 2, \frac{t_r \cdot b_r^3}{3}, I_x + A_c \cdot y^2\right]\right]$$

$$I_{st,2} = 2.575 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{st, \min 1} := \frac{0.172 \cdot h^4}{\left(\frac{a}{h} \cdot \frac{h}{w}\right)^3} \quad I_{st, \min 1} = 1.161 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4 \quad I_{st, \min 1} := \max\left[I_{st, \min 1}, \left(\frac{h}{50}\right)^4\right]$$

$$I_{st, \min 1} = 1.791 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$\left(\frac{h}{50}\right)^4 = 1.791 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$j := \max\left[\frac{2.5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} - 2.0, 0.5\right] \quad j = 1.702$$

$$I_{st, \min 2} := a \cdot w^3 \cdot j$$

$$I_{st, \min 2} = 5.24 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$\text{if}(I_{st,1} > I_{st, \min 1}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"OK"}$$

$$\text{if}(I_{st,2} > I_{st, \min 2}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"OK"}$$

$$a_{\max} := \text{if}\left[\frac{h}{w} \leq 150, 3 \cdot h, \frac{67500 \cdot h}{\left(\frac{h}{w}\right)^2}\right] \quad a_{\max} = 5.487 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$\text{if}(a \leq a_{\max}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"OK"}$$

Selon les règles de bonne pratique

$$\text{if} \left(b_f \geq \frac{b}{4}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"} \right) = \text{"OK"}$$

$$\text{if} \left(b_f \geq 50\text{mm} + \frac{h}{30}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"} \right) = \text{"OK"}$$

$$\text{if} \left(b_f \leq 30 \cdot t_f, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"} \right) = \text{"OK"}$$

Flux de cisaillement :

$$q_f := 0.0001 \cdot h \cdot \left(\frac{F_y}{\text{MPa}} \right)^{1.5} \cdot \text{MPa} \quad q_f = 1.198 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

Soudures 1/4" - 3" @ 12"

$$q_f := 0.967 \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \cdot \frac{3}{12} \cdot 2 \quad q_f = 0.484 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

$$\frac{q_r}{q_f} = 0.404$$

Les cisaillements ne sont pas affectés à 100%
Le rapport V/V_{cr} est conséquent

Calcul du flux de cisaillement selon le guide d'évaluation de la capacité portante des structures du MTQ

$$q_{fcr} := \frac{1.5 \cdot a \cdot w}{h} \left[1 - \frac{\frac{a}{h}}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h} \right)^2}} \right] \cdot C \cdot F_y$$

$$q_f = 0.983 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

$$\frac{q_r}{q_f} = 0.492$$

Les cisaillements ne sont pas affectés à 100%
Le rapport V/V_{cr} est conséquent

$$r_s := \frac{q_r}{q_f} \quad r_s = 0.492$$

Calcul de la norme S6-66

$$\text{kips} := 1000\text{lb} \quad \text{ksi} = 6.895 \cdot \text{MPa}$$

$$q_s := 0.001 \cdot \left(\frac{h}{\text{in}} \right) \cdot \sqrt{\left(\frac{F_y}{\text{ksi}} \cdot \frac{1}{3.4} \right)^3} \cdot \frac{\text{kips}}{\text{in}}$$

$$q_s = 4.154 \frac{\text{kips}}{\text{in}} \quad q_s = 0.7275 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

Équation S6-06

$$A_{st,min} := \left[\frac{a \cdot w}{2} \left[1 - \frac{\frac{a}{h}}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] \cdot C \cdot D - 18 \cdot w^2 \right] \cdot Y \quad A_{st,min} = 1.207 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

Calculer les dimensions d'un raidisseurs

$kN := 10^3 N$
 $MPa := 10^6 Pa$

$a := 1219 mm$ $w := 12.7 mm$ $h := 1829 mm$ $F_y := 350 MPa$ $F_{ys} := 350 MPa$

Acier de l'âme Acier du raidisseur

$k_v := \text{if} \left[\frac{a}{h} < 1.4 + \frac{5.34}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}, 5.34 + \frac{4}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \right]$ $k_v = 16.022$ $\frac{a}{h} = 0.666$

- Type de raidisseurs
- 1) D = 1.0 pour deux raidisseurs soudés Ast = 2bt
 - 2) D = 2.4 pour un raidisseur soudé Ast = bt
 - 3) D = 1.8 pour un raidisseur avec une cornière (fixé au dos) Ast = Ac
 - 4) D = 3.0 pour un raidisseur avec une cornière (fixé à l'aile) Ast = Ac

$TypR := 2$

Aire du raidisseur :

$D := \text{if}(TypR = 1, 1.0, \text{if}(TypR = 2, 2.4, \text{if}(TypR = 3, 1.8, 3.0)))$ $D = 2.4$

$C_w := \max \left[1 - \frac{310000 MPa \cdot k_v}{F_y \cdot \left(\frac{h}{w}\right)^2}, 0.1 \right]$ $C = 0.316$ $C_w := \max(0.1, C)$ $C = 0.316$
 $Y := \frac{F_y}{F_{ys}}$ $Y = 1$

$A_{st,min} := \left[\frac{a \cdot w}{2} \cdot \left[1 - \frac{\frac{a}{h}}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] \cdot C \cdot D \cdot Y \right]$ $A_{st,min} = 2.613 \times 10^3 \cdot mm^2$
 Équation S16.1-01

Si le raidisseur est une cornière, l'aire de la cornière est A.st.min

$b := 305 mm$ $b_{r,max} := \frac{b - w}{2}$ $b_{r,max} = 146.15 \cdot mm$ $b_r := 152 mm$ $t_r := 22 mm$

$t_{min1} := \text{if} \left(TypR = 1, \frac{A_{st,min}}{2 \cdot b_r}, \text{if} \left(TypR = 2, \frac{A_{st,min}}{b_r}, "N.A." \right) \right)$ $t_{min1} = 17.192 \cdot mm$

$t_{min2} := \text{if} \left(TypR \leq 2, \frac{b_r \cdot \sqrt{F_y \cdot MPa}}{200 MPa}, "N.A." \right)$ $t_{min2} = 14.218 \cdot mm$

$$\text{if}(t_r > \max(t_{\min 1}, t_{\min 2}), \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"OK"}$$

Inertie du raidisseur :

$$y_c := 0 \text{ mm} \quad I_x := 0 \text{ mm}^4 \quad A_c := 0 \text{ mm}^2 \quad \text{Valeurs pour le calcul d'inertie avec une cornière comme raidisseur}$$

$$I_{st,1} := \text{if}\left[\text{TypR} = 1, t_r \frac{(2 \cdot b_r + w)^3}{12}, \text{if}\left[\text{TypR} = 2, t_r \frac{(b_r + 0.5 \cdot w)^3}{3}, \text{"N.A."}\right]\right]$$

$$I_{st,1} = 2.912 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{st,2} := \text{if}\left[\text{TypR} = 1, t_r \frac{(2 \cdot b_r + w)^3}{12}, \text{if}\left[\text{TypR} = 2, \frac{t_r \cdot b_r^3}{3}, I_x + A_c \cdot y_c^2\right]\right]$$

$$I_{st,2} = 2.575 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{st, \min 1} := \frac{0.172 \cdot h^4}{\left(\frac{a}{h} \cdot \frac{h}{w}\right)^3} \quad I_{st, \min 1} = 2.177 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4 \quad I_{st, \min 1} := \max\left[I_{st, \min 1}, \left(\frac{h}{50}\right)^4\right]$$

$$I_{st, \min 1} = 2.177 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$j := \max\left[\frac{2.5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} - 2.0, 0.5\right] \quad j = 3.628$$

$$\left(\frac{h}{50}\right)^4 = 1.791 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{st, \min 2} := a \cdot w^3 \cdot j$$

$$I_{st, \min 2} = 9.059 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$\text{if}(I_{st,1} > I_{st, \min 1}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"OK"}$$

$$\text{if}(I_{st,2} > I_{st, \min 2}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"OK"}$$

$$a_{\max} := \text{if}\left[\frac{h}{w} \leq 150, 3 \cdot h, \frac{67500 \cdot h}{\left(\frac{h}{w}\right)^2}\right] \quad a_{\max} = 5.487 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$\text{if}(a \leq a_{\max}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"OK"}$$

Selon les règles de bonne pratique

$$\text{if} \left(b_r \geq \frac{b}{4}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"} \right) = \text{"OK"}$$

$$\text{if} \left(b_r \geq 50\text{mm} + \frac{h}{30}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"} \right) = \text{"OK"}$$

$$\text{if} \left(b_r \leq 30 \cdot t_r, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"} \right) = \text{"OK"}$$

Flux de cisaillement :

$$q_f := 0.0001 \cdot h \cdot \left(\frac{F_y}{\text{MPa}} \right)^{1.5} \cdot \text{MPa} \quad q_f = 1.198 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

Soudures 1/4" - 3" @ 12" $q_r := 0.967 \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \cdot \frac{3}{12} \cdot 2 \quad q_r = 0.484 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$

$$\frac{q_r}{q_f} = 0.404$$

Les soldes ne sont pas placés à 100%
résultant V/V en conséquence

Calcul du flux de cisaillement selon le guide d'évaluation de la capacité portante des structures du MTQ

$$q_{\text{MTQ}} := \frac{1.5 \cdot a \cdot w}{h} \cdot \left[1 - \frac{\frac{a}{h}}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h} \right)^2}} \right] \cdot C \cdot F_y$$

$$q_f = 0.625 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{mm}} \quad \frac{q_r}{q_f} = 0.774$$

Les soldes ne sont pas placés à 100%
résultant V/V en conséquence

Calcul de la norme S6-66

$$\text{kips} := 1000\text{lb} \quad \text{ksi} = 6.895\text{MPa}$$

$$q_s := 0.001 \cdot \left(\frac{h}{\text{in}} \right) \cdot \sqrt{\left(\frac{F_y}{\text{ksi}} \cdot \frac{1}{3.4} \right)^3} \cdot \frac{\text{kips}}{\text{in}}$$

$$q_s = 4.154 \cdot \frac{\text{kips}}{\text{in}} \quad q_s = 0.7275 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

Équation S6-08

$$\Lambda_{st,min} := \left[\frac{a \cdot w}{2} \left[1 - \frac{\frac{a}{h}}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] \cdot C \cdot D - 18 \cdot w^2 \right] \cdot Y \quad \Lambda_{st,min} = -290,066 \cdot \text{mm}^2$$

Calcul de raidisseurs porteurs d'extrémité

$$\text{MPa} := 10^6 \text{ Pa}$$

$$\text{kN} := 10^3 \text{ N}$$

$F_y := 350 \text{ MPa}$ $\phi := 0.95$ $E := 200000 \text{ MPa}$ $G_w := 77000 \text{ MPa}$
 $w := 12.7 \text{ mm}$ $h := 1829 \text{ mm}$ $d := 1889 \text{ mm}$ $l := 35 \text{ mm}$ $k := t$ $b := 305 \text{ mm}$
 $N_w := 406 \text{ mm}$ (dimension de l'appuis) chanfrein du raidisseur : $r_w := 12 \text{ mm}$

Selon S16.1-94 cl. 15.9

Plastification de l'âme

$$B_r := 1.10 \cdot \phi \cdot w \cdot (N + 2.5 \cdot k) \cdot F_y \quad B_r = 2.292 \times 10^3 \text{ kN}$$

Flambement de l'âme

$$B_{cr} := 150 \cdot \phi \cdot w^2 \left[1 + 3 \cdot \left(\frac{N}{d} \right) \cdot \left(\frac{w}{t} \right)^{1.5} \right] \cdot \sqrt{\frac{F_y \cdot \text{MPa}}{\frac{w}{t}}} \quad B_r = 814.422 \text{ kN}$$

Selon S6-00 cl. 10.10.8 $\phi_{be} := 0.75$

$$B_{cr} := \min \left[\phi_{be} \cdot w \cdot (N + 4 \cdot t) \cdot F_y, 0.60 \cdot \phi_{be} \cdot w^2 \cdot \sqrt{F_y \cdot E} \right] \quad B_r = 607.252 \text{ kN}$$

Besoin d'utiliser des raidisseurs porteurs :

$$\text{if} \left(\frac{h}{w} > \frac{1100 \cdot \text{MPa}^{0.5}}{\sqrt{F_y}}, \text{"Raidisseurs requis"}, \text{"raidisseurs non requis"} \right) = \text{"Raidisseurs requis"}$$

$$b_r := \frac{b - w - 2 \cdot c}{2} \quad b_r = 114.15 \text{ mm} \quad \text{Largeur du raidisseur sous l'appui} \quad r_w := 22 \text{ mm}$$

$$B_{cr} := 2 \cdot 1.50 \cdot \phi \cdot b_r \cdot t \cdot F_y \quad B_r = 2.505 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$b_{rc} := 152 \text{ mm} \quad \text{Largeur du raidisseur au centre}$$

$$t_{r,\min} := b_{rc} \cdot \frac{\sqrt{F_y}}{200 \text{ MPa}^{0.5}} \quad t_{r,\min} = 14.218 \text{ mm}$$

$$t_r := 22 \text{ mm}$$

Calcul du raidisseur comme une colonne

$$l_{\text{eff}} := 0.75 \cdot h$$

Distance entre le centre du raidisseur et l'extrémité de la poutre

$$d_r := 152 \text{ mm}$$

$$b_c := \min(24 \cdot w + t_r \cdot d_r + t_r + 12 \cdot w) \quad b_c = 326.4 \text{ mm}$$

$$A_r := b_c \cdot w + 2 \cdot b_{rc} \cdot t_r \quad A_r = 1.083 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$I_x := \frac{1}{12} \cdot b_c \cdot w^3 + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot t_r \cdot b_{rc}^3 + 2 \cdot t_r \cdot b_{rc} \cdot \left(\frac{w}{2} + \frac{b_{rc}}{2} \right)^2 \quad I_x = 5.829 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_y := \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot b_{rc} \cdot t_r^3 + \frac{1}{12} \cdot w \cdot b_c^3 \quad I_y = 3.707 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

$$J := \frac{b_c \cdot w^3}{3} + \frac{2 \cdot b_{rc} \cdot t_r^3}{3} \quad J = 1.302 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4 \quad C_w := 0 \text{ mm}^6$$

$$F_e := \left(\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{L^2} + G \cdot J \right) \cdot \frac{1}{I_x + I_y} \quad F_e = 1.051 \times 10^3 \cdot \text{MPa}$$

$$\lambda_e := \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \quad n := 2.24 \quad \phi := 0.90$$

$$C_{re} := \phi \cdot A_r \cdot F_y \cdot \left(1 + \lambda_e^{2 \cdot n} \right)^{\frac{-1}{n}} \quad C_{re} = 3.29 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$r_x := \sqrt{\frac{I_x}{A_r}} \quad r_x = 73.351 \cdot \text{mm} \quad r_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_r}} \quad r_y = 58.498 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda_x := \frac{L}{r_x} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \quad \lambda_y := \frac{L}{r_y} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}}$$

$$C_{rx} := \phi \cdot A_r \cdot F_y \cdot \left(1 + \lambda_x^{2 \cdot n} \right)^{\frac{-1}{n}} \quad C_{ry} := \phi \cdot A_r \cdot F_y \cdot \left(1 + \lambda_y^{2 \cdot n} \right)^{\frac{-1}{n}}$$

$$C_{rx} = 3.409 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_{ry} = 3.404 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_r := \min(C_{re}, C_{rx}, C_{ry})$$

DETAIL DES APPAREILS

APPAREILS

(AVOINES EQUIVALENTS

A CURE INSTANTS)



Nom du projet: _____

Par: _____ P.L.

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

LES NOUVEAUX APPAREILS D'APPUI ON PEUT NE SONT PAS LONGS MAIS SONT SEMBLABLES AUX ANCIENS B1-450, B2-450 ET B3-450 EN DIMENSION.

Capacité en service : 450 kips = 2000 kN
(non-pondée)

Considérant que P_{cr} = 2575 kN pour les charges pondées, la capacité des appuis d'appui devant être être suffisante pour la capacité demandée.

Authentifier le essai axial (voir calculs qui suivent)

$$V_u = 0.58 \cdot 1600 \cdot 1.1 = 1026 \text{ kN}$$

$$V_u = 74 \cdot 177 = 13108 \text{ kN} \\ - 1701 \text{ kN} \leftarrow 1000 \text{ kN} \\ 292 \text{ kips} < 450 \text{ kips}$$

Authentifier le essai

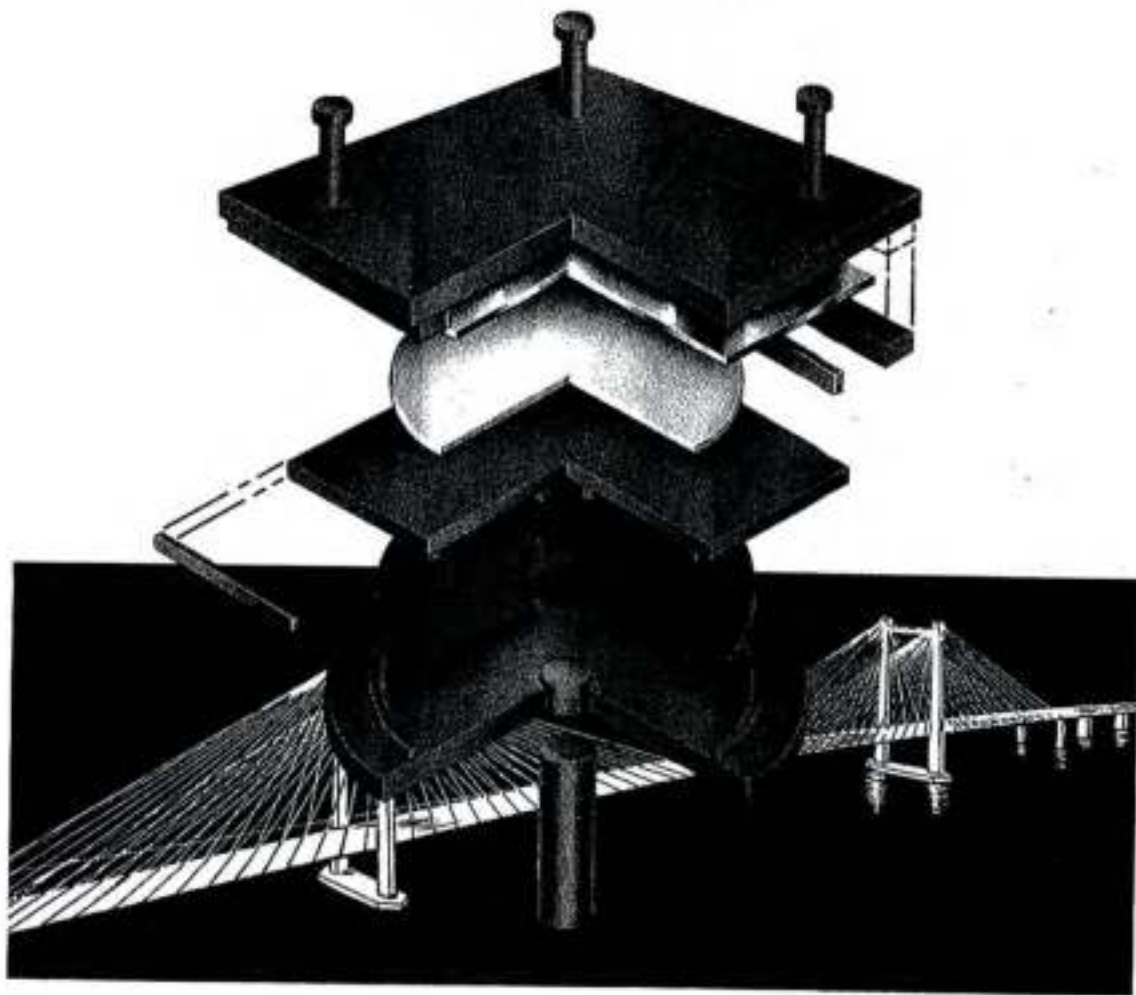
$$V_u = 0.58 \cdot 1775 \cdot 1.1 = 1126 \text{ kN}$$

$$V_u = 74 \cdot 177 = 13108 \text{ kN} \\ - 1407 \text{ kN} \leftarrow 2000 \text{ kN} \\ 216 \text{ kips} < 450 \text{ kips}$$

WABO - FYFE



HIGH LOAD STRUCTURAL BEARING MODEL II



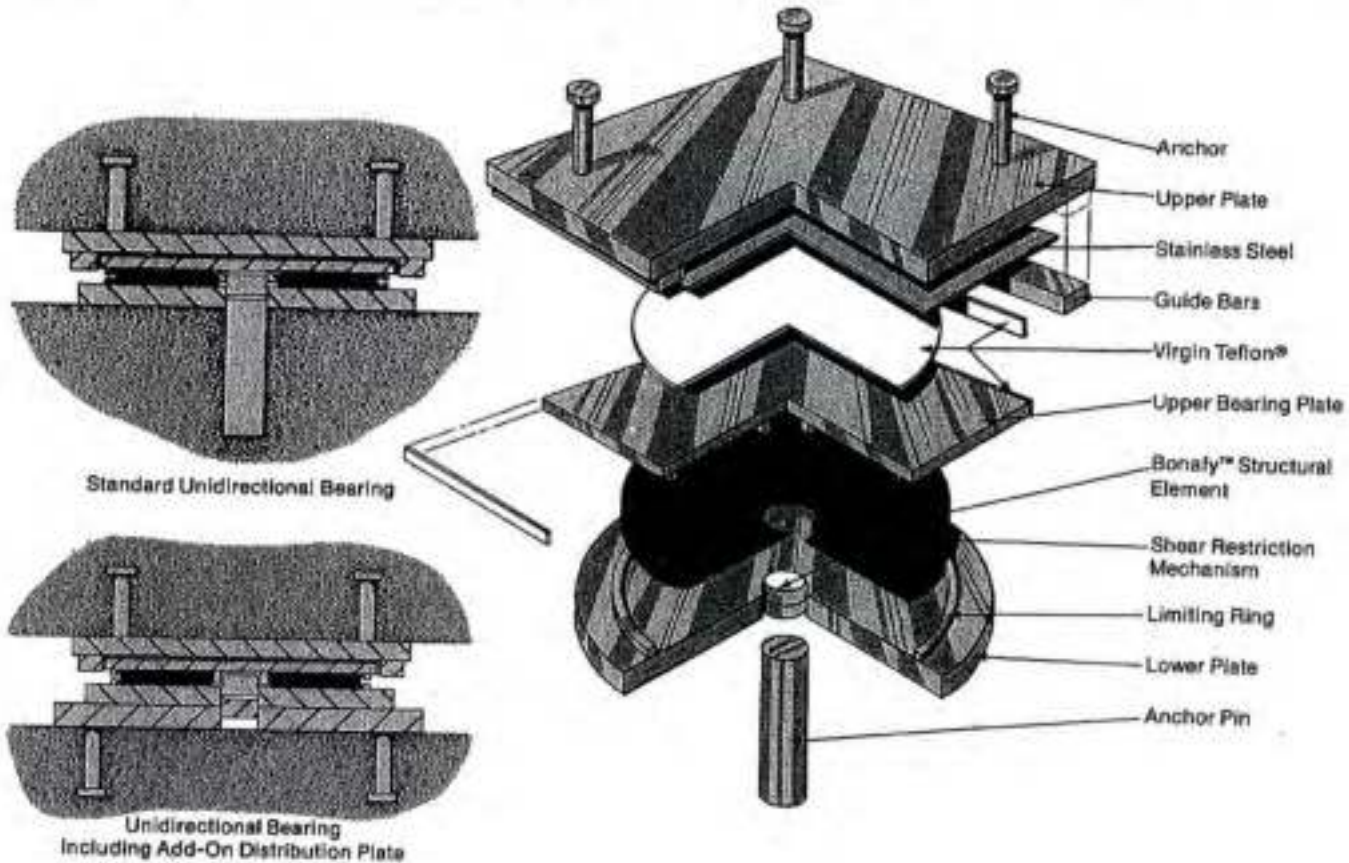
INTRODUCTION

The Wabo Fyfe Bearing Model II uses the Bonafy™ Structural Element and results in a simple bearing ideally suited for today's structural bearing application.

The principle of the Wabo Fyfe Model II Bearing is to use Bonafy™ Structural Elements restricted from shear

(by the shear mechanism) to accommodate the load and rotation of the structure.

The horizontal structural movements are taken by the sliding of Virgin Teflon® against special polished stainless steel.



THE BONAFY™ STRUCTURAL ELEMENT

(The Heart of the Wabo-Fyfe Bearing)

The BONAFY™ Structural Element is molded from engineering material specifically formulated to be incorporated in the Wabo-Fyfe Bearing design.

The BONAFY™ Structural Elements are engineered combining the disc shape and high material compression strength resulting in the exact load deflection characteristics for the Wabo-Fyfe design. The BONAFY™ material also has low temperature and long term resistance to the environmental contaminants.

The BONAFY™ Structural Elements are designed based on the material's unique

properties. Comparisons or extrapolations of conventional elastomeric data are not valid.

Many years of laboratory, field and environmental testing have proven the excellent application of BONAFY™ Structural Elements to the Wabo-Fyfe Bearing.

Material specifications and other technical information are available upon request.

WABO FYFE BEARING MODEL II FEATURES

Using Bonafy™ Structural Elements

1. UNIQUE DESIGN PRINCIPLE: A) The shear restriction mechanism eliminates shear, on the BONAFY™ element due to horizontal forces and allows high loading on the elastomer. The result is a compact bearing. B) BONAFY™ Structural Elements have been tested to 4760 kg/cm² (68,000 psi) with no material failure. The Wabo-Fyfe Bearing Model II is conservatively designed at approximately 245 kg/cm² (3,500 psi).

2. BEARING IS UNCOMPLICATED: There are no machined curved surfaces that produce high concentrations of pressure. There are no critical tolerances required on inter-facing components in this design.

3. EXCELLENT LOW TEMPERATURE PROPERTIES: Tests have proven the bearing concept using Bonafy™ to -73°C (-100°F) with no change in material performance. The temperature range for design is -73°C to 121°C (-100°F to 250°F). For higher temperatures consult the manufacturer.

4. LOW SHIFT IN CENTER OF GRAVITY: Bonafy™ A is used for the bearing to 2% rotation and Bonafy™ B is used for the bearing to 4% rotation to control the shift in the center of gravity. The excellent low temperature properties maintain this low shift in the center of gravity in cold temperatures.

5. BONAFY™ MATERIAL HAS EXCELLENT LONG TERM & AGING PROPERTIES: Excellent resistance to oils and solvents, oxidation, ozone, moisture and other ambient conditions.

6. LOW OVER-ALL HEIGHT: The low profile of the Model II bearing is beneficial for aesthetics and mechanics of modern structures.

7. FLEXIBLE IN DESIGN: Add-on distribution plates give flexibility in the design for varying bearing pressures on the concrete.

8. BEARINGS ARE OF STEEL: In the field of structural bearings, steel has proven its long term durability.

9. ROTATION: The Model II bearing design allows for up to 4% rotation i.e. a slope of 4/100 about the center of the Bonafy™ Structural Element.

10. HIGH HORIZONTAL FORCE LOADING DESIGNS: High horizontal force designs are easily accommodated by minor design changes.

11. UP-LIFT DESIGNS: Up-lift bearing designs are available. See page 14 for typical section.

12. LOW SLIDING COEFFICIENT OF FRICTION: Excellent low coefficient of friction from sliding of Virgin Teflon® against polished stainless steel. The stainless steel is continuously welded to the steel plates using refined welding procedures.

13. EASE OF INSTALLATION: Simple to install. See page 15.

14. EASE OF REPLACEMENT: Simple to replace by jacking structure. Contact the manufacturer for analysis of jacking height for actual bearing situation.

15. EASE OF INSPECTION: Simple and easy to visually inspect bearing performance.

16. EARTHQUAKE DESIGNS AVAILABLE: Earthquake horizontal force guide systems are available upon request as well as earthquake structural design systems.

SERVICE AVAILABLE:

We will, at no obligation to the Engineer, provide assistance and prepare proposal drawings for special structural bearing situations.

DESIGN BASIS

1. The working compressive stress design pressure on the Bonafy™ structural element is 245 kg/cm² (3,500 psi).
2. Long Term Deflection of the Bonafy™ structural elastomer is less than 7% of element thickness.
3. Design coefficient of friction between mirror polished stainless steel and Teflon® at design load is less than 3%.
4. The pressure on the Virgin Teflon® horizontal surface in contact with the stainless steel is 175.8 kg/cm² (2,500 psi). The force on the mechanically fastened Teflon® guides is designed for 450 kg/cm² (6,429 psi).
5. The shear restriction mechanism, guide bars, all restraints, and anchorage systems are designed for a horizontal force up to 10% of the total vertical load. Designs can be worked out for higher horizontal forces.
6. A minimum distance from the edge of the Bonafy™ disc to the edge of the lower steel plate is twice the thickness of the plate.
7. The standard bearing lower plate is designed for 175.8 kg/cm² (2,500 psi) pressure on the concrete or grout. Add-on distribution plate sizes are given for pressures of:
 - 49.2 kg/cm² (700 psi)
 - 70.3 kg/cm² (1000 psi)
 - 91.4 kg/cm² (1300 psi)
 - 112.5 kg/cm² (1600 psi)

See pages 10, 11, 12, and 13 for details.

8. The lower plate is made square for the 140.6 kg/cm² (2000 psi) bearing. The table on page 10 gives the plate dimensions for this design.

TESTING

The Wabo Fyfe Model II Bearing using the Bonafy™ Structural Element concept has evolved from years of research development and field observations.

Testing has been carried out on Bonafy™ to twenty times design load with full material recovery.

A technical report on the testing of the Model II bearing is available upon request.

Where lot testing is required, it is recommended that a 150 kip size Bonafy™ disc be manufactured from the production batch and the prototype bearing be evaluated. This testing would be carried out on the Wabo-Fyfe test machine which has the following features:

- load capacity 400 kips (178.6 Mp) vertical load.
- rotational hydraulic jack 50 kips (22.3 Mp).
- horizontal hydraulic jack with load cell and digital recorder for coefficient of friction testing.



4% rotation condition under test on Baldwin 535.7 MP test machine at the University of Toronto.

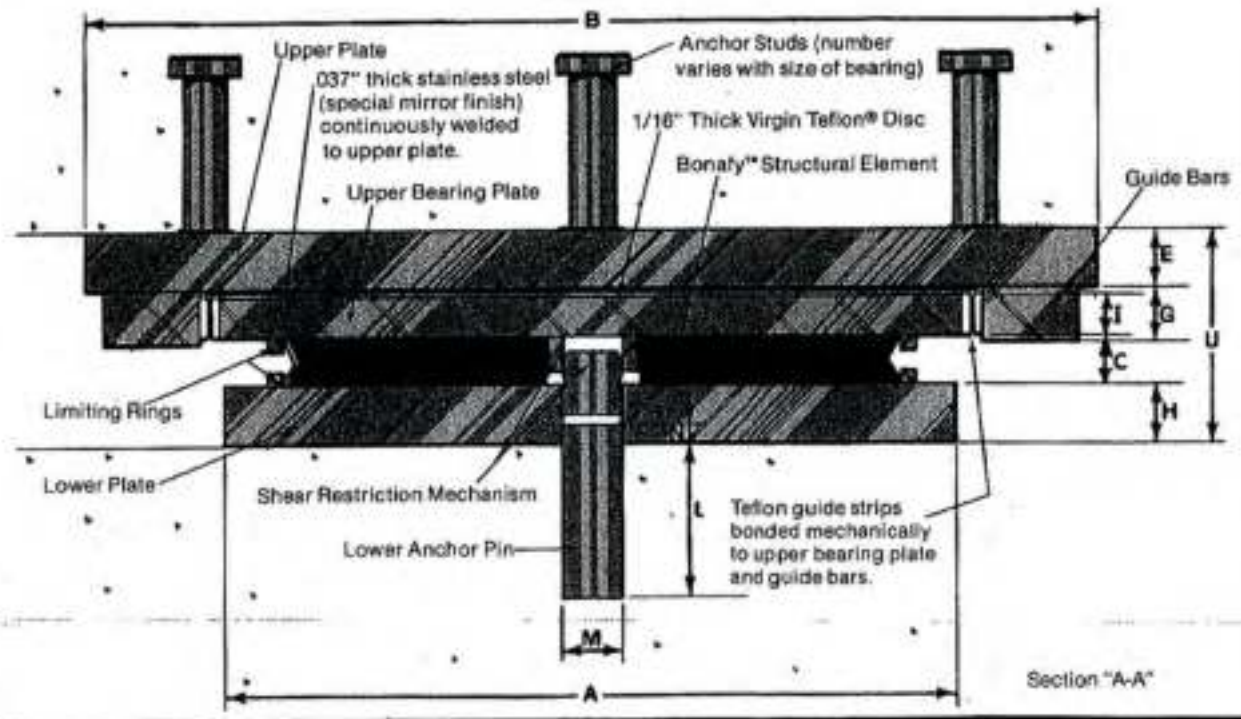
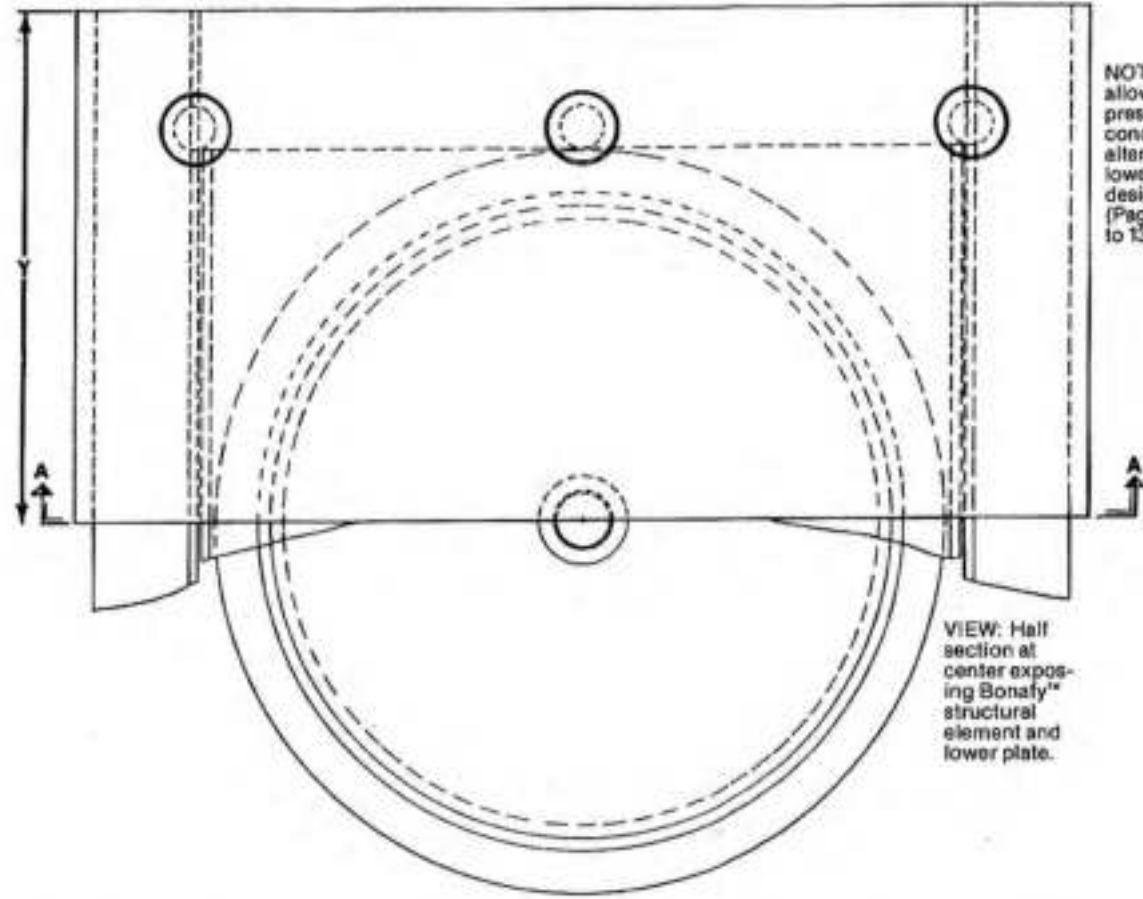


System reloader for deflection curves on the Baldwin test machine.

CODE **B1**

UNIDIRECTIONAL

DESIGNED FOR 175.8 KG/CM² (2500 P.S.I)
ALLOWABLE PRESSURE ON CONCRETE SUPPORT



MODEL NO.		B1-100	B1-150	B1-225	B1-300	B1-450	B1-600
LOAD	Mp	45.4	68.0	102.1	136.1	204.1	272.2
	KIPS	100	150	225	300	450	600
A	18.10 7.125	22.20 8.740	27.20 10.709	31.40 12.362	38.50 15.158	44.50 17.520	55.00 21.660
H	0.95 0.375	1.27 .500	1.27 .500	1.27 .500	1.27 .500	1.59 0.625	1.91 0.750
I	1.27 0.500	1.27 0.500	1.27 0.500	1.27 0.500	1.27 0.500	1.27 0.500	1.27 0.500
E	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750
L	7.20 2.830	10.80 4.252	13.30 5.237	15.00 5.906	18.20 7.165	21.60 8.504	27.00 10.500
M	3.18 1.250	3.18 1.250	3.81 1.500	4.45 1.750	5.40 2.125	6.35 2.500	7.70 3.000
N	0.18 0.071	0.27 0.106	0.33 0.130	0.37 0.146	0.46 0.181	0.54 0.213	0.66 0.258
Y	18.80 7.402	23.30 9.173	28.60 11.260	32.70 12.874	40.00 15.748	46.20 18.189	55.00 21.660
G	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750
B	27.90 10.974	32.50 12.798	40.40 15.905	44.50 17.520	51.70 20.354	58.00 22.835	70.20 27.638
U	5.70 2.243	6.32 2.368	6.32 2.458	6.53 2.609	7.30 2.875	8.05 3.168	9.90 3.885
C	1.318 .518	1.318 .518	1.621 .638	1.828 .759	2.286 .900	2.713 1.068	3.281 1.293

MODEL NO.		B1-750	B1-900	B1-1050	B1-1200	B1-1350	B1-1500
LOAD	Mp	340.2	408.2	476.3	544.3	612.4	680.4
	KIPS	750	900	1050	1200	1350	1500
A	49.70 19.567	54.40 21.417	58.80 23.150	62.80 24.724	66.60 26.220	70.20 27.638	73.10 28.780
H	1.91 0.750	2.54 1.000	2.54 1.000	2.54 1.000	2.54 1.000	2.54 1.000	3.18 1.250
I	1.27 0.500	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	2.54 1.000
E	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750
L	23.10 9.094	25.30 9.961	27.20 10.709	28.80 11.339	31.20 12.283	33.50 13.189	35.50 13.980
M	7.31 2.875	7.94 3.125	8.58 3.375	9.21 3.625	9.53 3.750	10.16 4.000	10.16 4.000
N	0.58 0.228	0.63 0.248	0.68 0.268	0.72 0.283	0.78 0.307	0.84 0.331	0.84 0.331
Y	51.70 20.354	56.60 22.263	61.10 24.055	65.40 25.748	69.30 27.280	73.10 28.780	73.10 28.780
G	1.91 0.750	2.54 1.000	2.54 1.000	2.54 1.000	2.54 1.000	2.54 1.000	3.18 1.250
B	63.50 25.000	68.40 26.928	72.90 28.700	76.70 30.378	80.60 31.913	83.60 32.913	87.40 34.409
U	8.33 3.281	8.89 3.493	9.43 3.697	10.00 3.913	10.60 4.138	11.20 4.375	11.80 4.625
C	3.000 1.181	3.284 1.293	3.500 1.378	3.785 1.490	4.001 1.575	4.218 1.660	4.435 1.745

MODEL NO.		B1-1650	B1-1800	B1-1950	B1-2100	B1-2250	B1-2400
LOAD	Mp	748.4	816.5	884.5	952.6	1020.6	1088.6
	KIPS	1650	1800	1950	2100	2250	2400
A	73.60 28.976	76.90 30.276	80.10 31.540	83.10 32.716	86.00 33.858	88.80 34.961	91.50 36.035
H	3.18 1.250	3.18 1.250	3.18 1.250	3.81 1.500	3.81 1.500	3.81 1.500	3.81 1.500
I	2.54 1.000	2.54 1.000	2.54 1.000	2.54 1.000	2.54 1.000	2.54 1.000	2.54 1.000
E	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750
L	35.60 14.016	38.60 15.197	40.90 15.709	43.00 16.378	45.00 17.008	47.00 17.698	49.00 18.448
M	10.16 4.000	10.80 4.250	11.43 4.500	12.00 4.750	12.60 5.000	13.20 5.250	13.80 5.500
N	0.89 0.350	0.94 0.370	0.96 0.380	1.00 0.393	1.04 0.409	1.08 0.425	1.12 0.441
Y	76.60 30.157	80.00 31.500	83.30 32.795	86.40 34.016	89.50 35.236	92.40 36.378	95.20 37.570
G	3.18 1.250	3.18 1.250	3.18 1.250	3.18 1.250	3.18 1.250	3.18 1.250	3.18 1.250
B	90.80 35.787	94.30 37.125	97.60 38.425	100.70 39.646	103.80 40.866	106.70 42.008	109.50 43.170
U	12.30 4.843	12.45 4.900	12.66 4.985	13.44 5.290	13.65 5.375	13.80 5.431	14.00 5.488
C	4.427 1.743	4.572 1.800	4.788 1.885	4.928 1.940	5.144 2.025	5.286 2.081	5.431 2.137

MODEL NO.		B1-2550	B1-2700	B1-2850	B1-3000	B1-3300	B1-3600
LOAD	Mp	1156.7	1224.7	1292.8	1360.8	1496.9	1633.0
	KIPS	2550	2700	2850	3000	3300	3600
A		91.80 36.083	94.20 37.087	96.80 38.110	99.30 39.094	104.20 41.024	108.80 42.835
H		3.81 1.500	3.81 1.500	4.45 1.750	4.45 1.750	4.45 1.750	5.08 2.000
I		2.54 1.000	3.18 1.250	3.18 1.250	3.18 1.250	3.18 1.250	3.81 1.500
E		1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750
L		44.60 17.559	46.00 18.110	47.30 18.622	48.60 19.134	50.90 20.039	53.00 20.866
M		12.70 5.000	13.34 5.250	13.34 5.250	14.61 5.750	15.24 6.000	15.88 6.250
N		1.12 0.441	1.15 0.453	1.16 0.465	1.22 0.480	1.27 0.500	1.33 0.524
Y		96.20 37.480	98.00 38.583	100.70 39.646	103.30 40.669	108.90 42.674	113.20 44.567
G		3.18 1.250	3.18 1.250	3.81 1.500	3.81 1.500	3.81 1.500	4.45 1.750
B		109.50 43.110	112.30 44.213	115.00 45.276	117.60 46.300	123.20 48.504	127.50 50.197
U		14.00 5.515	14.79 5.822	15.57 6.128	15.71 6.185	15.99 6.297	17.55 6.910
C		5.489 2.165	5.644 2.222	5.786 2.278	5.931 2.335	6.215 2.447	6.502 2.560

MODEL NO.		B1-3900	B1-4200	B1-4500	B1-4800	B1-5100	B1-5400
LOAD	Mp	1769.0	1905.1	2041.2	2177.3	2313.4	2449.4
	KIPS	3900	4200	4500	4800	5100	5400
A		113.20 44.567	117.50 46.260	121.60 47.874	125.60 49.449	129.50 50.984	133.20 52.441
H		5.08 2.000	5.08 2.000	5.08 2.000	5.72 2.250	5.72 2.250	6.35 2.500
I		3.81 1.500	3.81 1.500	3.81 1.500	3.81 1.500	3.81 1.500	4.45 1.750
E		1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	2.54 1.000
L		54.90 21.614	56.60 22.283	58.30 22.953	60.90 23.976	62.30 24.528	64.70 25.472
M		16.51 6.500	17.78 7.000	18.42 7.250	19.05 7.500	19.69 7.750	19.69 7.750
N		1.37 0.539	1.42 0.559	1.46 0.575	1.52 0.598	1.56 0.614	1.62 0.638
Y		117.80 46.378	122.20 48.110	126.50 49.803	130.70 51.457	134.70 53.031	138.60 54.567
G		4.45 1.750	4.45 1.750	4.45 1.750	4.45 1.750	4.45 1.750	5.08 2.000
B		132.10 52.008	136.50 53.740	140.80 55.433	145.00 57.087	149.00 58.661	152.90 60.197
U		17.84 7.022	18.05 7.106	18.33 7.218	18.18 7.353	19.41 7.642	21.52 8.472
C		6.787 2.672	7.000 2.756	7.285 2.868	7.501 2.953	7.727 3.042	7.930 3.122

MODEL NO.		B1-6000	B1-7000	B1-8000
LOAD	Mp	2721.6	3175.2	3628.6
	KIPS	6000	7000	8000
A		140.46 55.30	151.70 59.724	162.60 64.016
H		6.35 2.500	6.89 3.500	6.89 3.500
I		4.45 1.750	5.08 2.000	5.08 2.000
E		2.54 1.000	3.18 1.250	3.18 1.250
L		69.40 27.320	70.80 27.875	76.20 30.000
M		20.32 8.000	22.86 9.000	24.13 9.500
N		1.73 0.681	1.75 0.689	1.91 0.750
Y		146.10 57.520	157.80 62.125	169.10 66.575
G		5.08 2.000	5.72 2.250	5.72 2.250
B		180.40 63.150	173.00 68.115	185.00 72.830
U		21.95 8.640	26.95 10.612	27.50 10.828
C		8.357 3.290	8.555 3.762	10.104 3.978

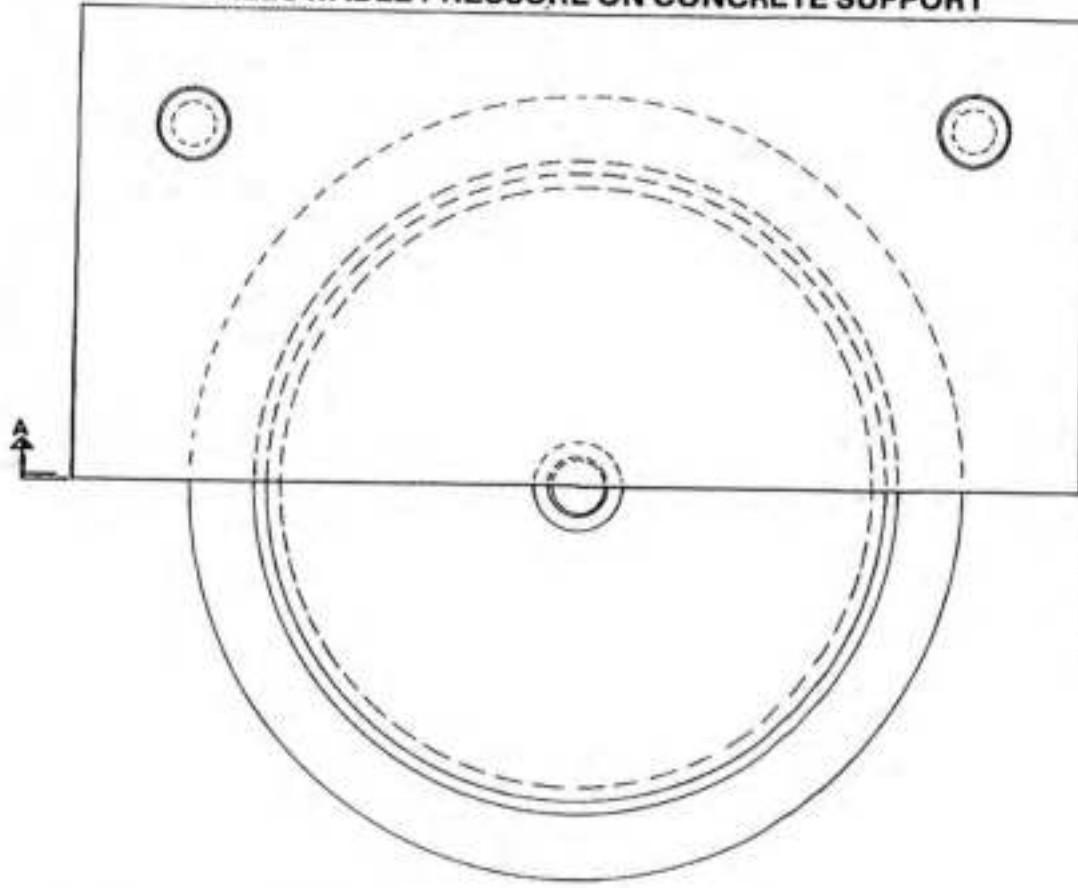
- NOTE - "U" IS OVERALL HEIGHT UNDER DESIGN LOAD
 - MODEL NUMBER BASED ON TOTAL LOAD (KIPS) (DEAD LOAD & LIVE LOAD)
 - Mp DENOTES METRIC TON = 2204.6 LB.
 - "Y" = MINIMUM DIMENSION ADD TOTAL MOVEMENT TO DESIGN UPPER PLATE SIZE
 - STANDARD DESIGN IS FOR 1/16" CLEARANCE (TOTAL) BETWEEN TEFLON GUIDES.
 - TO CONVERT FROM KIPS TO KILONEWTON MULTIPLY BY 4.4482.

Bold numerals in chart indicate centimeters.
 Regular numerals in chart indicate inches.

CODE **B2**

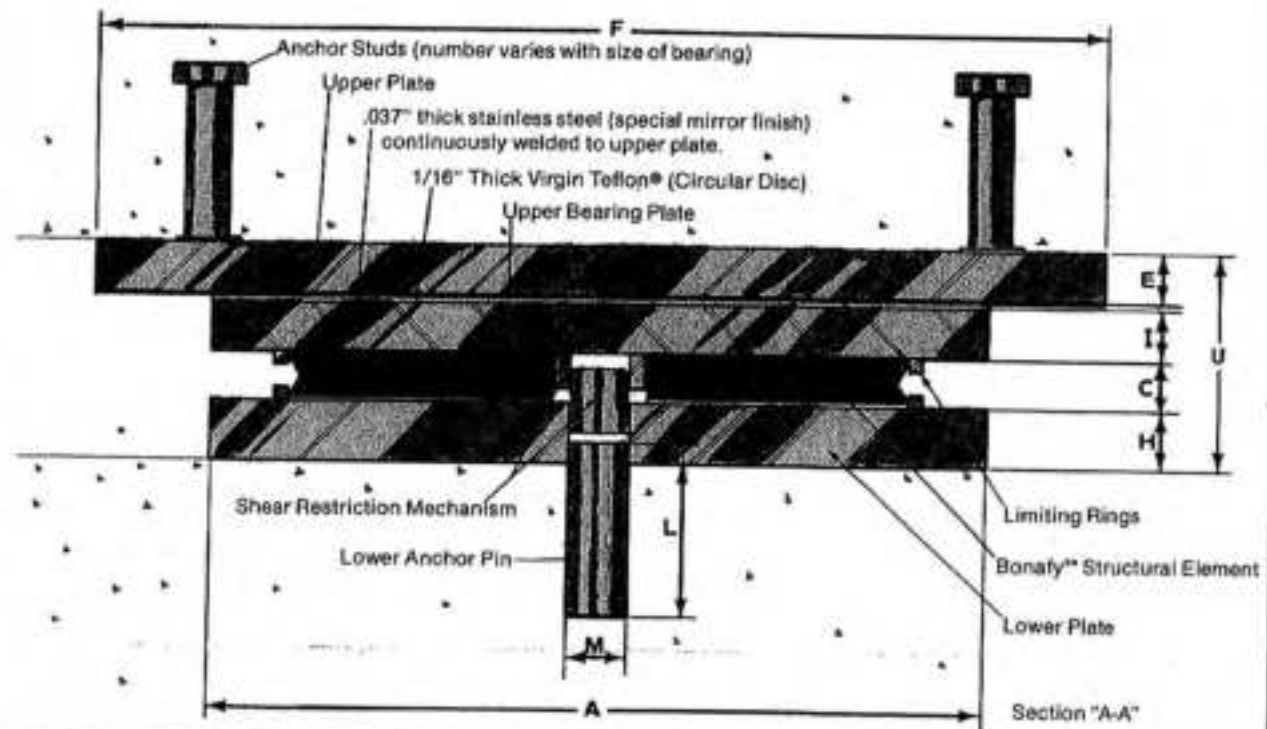
MULTIDIRECTIONAL

DESIGNED FOR 175.8 KG/CM² (2500 P.S.I.)
ALLOWABLE PRESSURE ON CONCRETE SUPPORT



NOTE: For lower allowable pressures on concrete see alternate lower plate designs (Pages 10 to 13).

VIEW: Half section at center exposing Bonafly™ structural element and lower plate.



MODEL NO.		B2-100	B2-150	B2-225	B2-300	B2-450	B2-600
LOAD	Mp	45.4	68.0	102.1	136.1	204.1	272.2
	KIPS	100	150	225	300	450	600
A		18.10	22.20	27.20	31.40	38.50	44.50
		7.125	8.740	10.709	12.362	15.158	17.520
H		0.95	1.27	1.27	1.27	1.59	1.91
		0.375	.500	.500	.500	0.625	0.750
I		0.95	0.95	0.95	0.95	1.59	1.91
		0.375	0.375	0.375	0.375	0.625	0.750
E		0.95	0.95	0.95	0.95	1.59	1.91
		0.375	0.375	0.375	0.375	0.625	0.750
F		19.00	23.30	28.60	33.00	40.40	46.70
		7.481	9.173	11.260	12.992	15.908	18.386
L		7.20	10.80	13.30	15.00	18.20	21.60
		2.83	4.252	5.237	5.906	7.165	8.504
M		2.86	3.18	3.81	4.45	5.40	6.35
		1.125	1.250	1.50	1.750	2.125	2.500
N		0.18	0.27	0.33	0.37	0.46	0.54
		0.071	0.106	0.130	0.146	0.181	0.213
U		4.43	4.745	5.05	5.357	7.30	8.68
		1.743	1.868	1.988	2.109	2.875	3.418
C		1.316	1.316	1.621	1.928	2.286	2.713
		.518	.518	.638	.759	.900	1.068

MODEL NO.		B2-750	B2-900	B2-1050	B2-1200	B2-1350	B2-1500
LOAD	Mp	340.2	408.2	476.3	544.3	612.4	680.4
	KIPS	750	900	1050	1200	1350	1500
A		49.70	54.40	58.80	62.80	66.60	70.20
		19.567	21.417	23.150	24.724	26.220	27.636
H		1.91	2.54	2.54	2.54	2.54	3.18
		0.750	1.000	1.000	1.000	1.000	1.250
I		1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91
		0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750
E		1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91
		0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750
F		52.20	57.10	61.70	66.00	70.00	73.80
		20.551	22.480	24.291	25.984	27.559	29.055
L		23.10	25.30	27.20	28.80	31.20	33.50
		9.094	9.961	10.709	11.339	12.283	13.189
M		7.31	7.94	8.58	9.21	9.53	10.16
		2.875	3.125	3.375	3.625	3.750	4.000
N		0.58	0.63	0.68	0.72	0.78	0.84
		0.228	0.248	0.268	0.283	0.307	0.331
U		8.97	9.89	10.10	10.39	10.61	11.46
		3.531	3.693	3.978	4.090	4.175	4.510
C		3.000	3.284	3.500	3.785	4.001	4.216
		1.181	1.293	1.378	1.490	1.575	1.680

MODEL NO.		B2-1650	B2-1800	B2-1950	B2-2100	B2-2250	B2-2400
LOAD	Mp	748.4	816.5	884.5	952.6	1020.6	1088.6
	KIPS	1650	1800	1950	2100	2250	2400
A		73.60	76.90	80.10	83.10	86.00	88.80
		28.976	30.276	31.540	32.716	33.858	34.961
H		3.18	3.18	3.18	3.81	3.81	3.81
		1.250	1.25	1.25	1.500	1.500	1.500
I		1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91
		0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750
E		1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91
		0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750
F		77.40	80.80	84.10	87.30	90.30	93.30
		30.472	31.811	33.110	34.370	35.551	36.732
L		35.60	37.60	38.30	40.00	41.60	43.20
		14.016	14.803	15.079	15.748	16.378	17.008
M		10.16	10.80	11.43	11.43	12.065	12.70
		4.000	4.250	4.500	4.500	4.75	5.00
N		0.89	0.94	0.96	1.00	1.04	1.08
		0.350	0.370	0.380	0.393	0.409	0.425
U		11.67	11.81	12.03	12.80	13.018	13.160
		4.593	4.650	4.735	5.040	5.125	5.181
C		4.427	4.572	4.788	4.928	5.144	5.286
		1.743	1.800	1.885	1.940	2.025	2.081

MODEL NO.		B2-2550	B2-2700	B2-2850	B2-3000	B2-3300	B2-3600
LOAD	Mp	1156.7	1224.7	1292.8	1360.8	1496.9	1633.0
	KIPS	2550	2700	2850	3000	3300	3600
A	91.60 36.063	94.20 37.087	96.80 38.110	99.30 39.084	104.20 41.024	108.80 42.835	
H	3.81 1.500	3.81 1.500	4.45 1.750	4.45 1.750	4.45 1.750	5.08 2.000	
I	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	
E	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	
F	96.20 37.874	98.90 38.937	101.70 40.039	104.30 41.063	109.40 43.071	114.30 45.000	
L	44.60 17.559	46.00 18.110	47.30 18.622	48.60 19.134	50.90 20.039	53.00 20.866	
M	12.70 5.00	13.34 5.25	13.34 5.25	14.61 5.75	15.24 6.00	15.88 6.250	
N	1.12 0.441	1.15 0.453	1.18 0.465	1.22 0.480	1.27 0.500	1.40 0.551	
U	13.373 5.265	13.518 5.322	14.295 5.628	14.440 5.685	14.724 5.797	15.65 6.160	
C	5.499 2.165	5.644 2.222	5.786 2.278	5.931 2.335	6.215 2.447	6.502 2.560	

MODEL NO.		B2-3900	B2-4200	B2-4500	B2-4800	B2-5100	B2-5400
LOAD	Mp	1769.0	1905.1	2041.2	2177.3	2313.4	2449.4
	KIPS	3900	4200	4500	4800	5100	5400
A	113.20 44.567	117.50 46.260	121.60 47.874	125.60 49.449	129.50 50.984	133.20 52.441	
H	5.08 2.000	5.08 2.000	5.08 2.000	5.08 2.000	5.08 2.000	5.72 2.250	
I	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	2.54 1.00	
E	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	1.91 0.750	2.54 1.00	
F	118.90 46.810	123.40 48.583	127.70 50.276	131.90 51.929	136.00 53.543	140.00 55.118	
L	54.90 21.614	56.60 22.283	58.30 22.953	60.90 23.976	62.30 24.528	64.70 25.472	
M	15.88 6.250	16.51 6.500	17.78 7.000	18.42 7.250	19.05 7.500	19.69 7.750	
N	1.37 0.539	1.42 0.559	1.46 0.575	1.52 0.598	1.56 0.614	1.62 0.638	
U	15.93 6.272	16.14 6.356	16.43 6.468	16.64 6.553	16.87 6.642	18.96 7.472	
C	6.787 2.672	7.000 2.756	7.285 2.868	7.501 2.953	7.727 3.042	7.930 3.122	

MODEL NO.		B2-6000	B2-7000	B2-8000
LOAD	Mp	2721.6	3175.2	3628.8
	KIPS	6000	7000	8000
A	140.46 55.30	151.70 59.724	162.60 64.016	
H	5.72 2.250	8.89 3.500	8.89 3.50	
I	2.54 1.00	3.18 1.25	3.18 1.25	
E	2.54 1.00	3.18 1.25	3.18 1.25	
F	147.50 58.071	159.29 62.713	170.80 67.244	
L	69.40 27.320	70.80 27.875	76.20 30.000	
M	20.32 8.000	22.86 9.000	24.13 9.500	
N	1.73 0.681	1.75 0.689	1.91 0.750	
U	19.43 7.650	25.05 9.862	25.60 10.078	
C	8.357 3.290	9.555 3.762	10.104 3.978	

NOTE: — "U" IS OVERALL HEIGHT UNDER DESIGN LOAD (DEAD)
 — MODEL NUMBER BASED ON TOTAL LOAD (KIPS) (DEAD & LIVE)
 — Mp DENOTES METRIC TON = 2204.6 LB.
 — "X" = MINIMUM DIMENSION
 ADD MOVEMENT IN BOTH DIRECTIONS TO DESIGN UPPER PLATE SIZE.

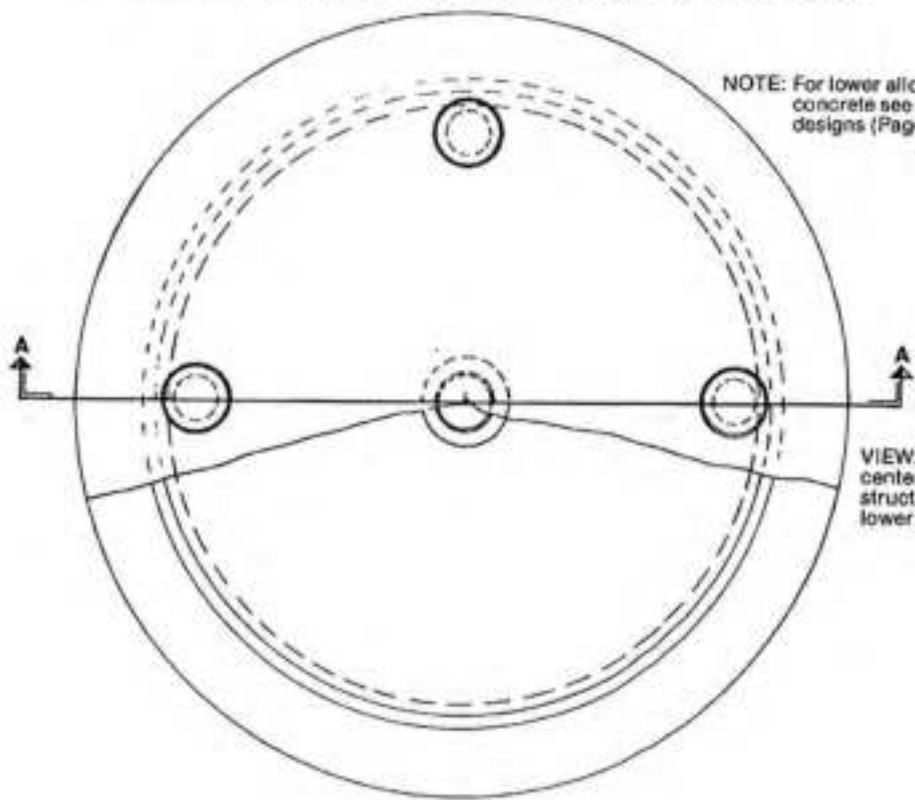
Bold numerals in chart indicate centimeters.
 Regular numerals in chart indicate inches.

CODE **B3**

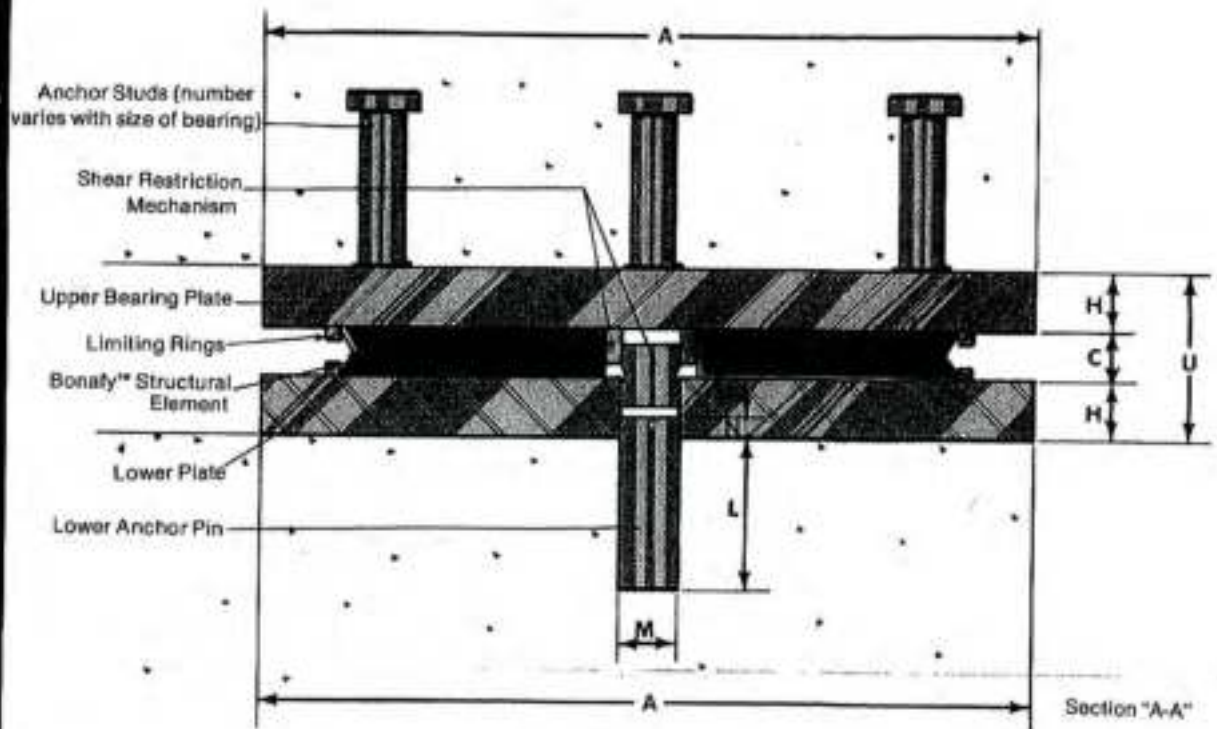
FIXED

DESIGNED FOR 175.8 KG/CM² (2500 P.S.I)
ALLOWABLE PRESSURE ON CONCRETE SUPPORT

NOTE: For lower allowable pressures on concrete see alternate lower plate designs (Pages 10 to 13).



VIEW: Half section at center exposing Bonafy™ structural element and lower plate.



MODEL NO.		B3-100	B3-150	B3-225	B3-300	B3-450	B3-600
LOAD	Mp	45.4	68	102.1	136.1	204.1	272.2
	KIPS	100	150	225	300	450	600
A		18.10 7.125	22.20 8.740	27.20 10.709	31.40 12.362	38.50 15.158	44.50 17.520
H		0.95 0.375	1.27 0.500	1.27 0.500	1.27 0.500	1.59 0.625	1.91 0.750
L		7.20 2.830	10.80 4.252	13.30 5.237	15.00 5.906	18.20 7.165	21.60 8.504
M		3.18 1.25	3.18 1.25	3.81 1.50	4.45 1.750	5.40 2.125	6.35 2.500
N		0.18 0.071	0.27 0.106	0.33 0.130	0.37 0.146	0.46 0.181	0.54 0.213
U		3.22 1.268	3.856 1.518	4.161 1.638	4.468 1.759	5.46 2.150	6.52 2.568
C		1.316 .518	1.316 .518	1.621 .638	1.928 .759	2.286 .900	2.713 1.068

MODEL NO.		B3-750	B3-900	B3-1050	B3-1200	B3-1350	B3-1500
LOAD	Mp	340.2	406.2	476.3	544.3	612.4	680.4
	KIPS	750	900	1050	1200	1350	1500
A		49.70 19.567	54.40 21.417	58.80 23.150	62.80 24.724	66.60 26.220	70.20 27.638
H		1.91 0.750	2.54 1.00	2.54 1.00	2.54 1.00	2.54 1.00	3.18 1.25
L		23.10 9.094	25.30 9.961	27.20 10.709	28.80 11.339	31.20 12.283	33.50 13.189
M		7.31 2.875	7.94 3.125	8.58 3.375	9.21 3.625	9.53 3.750	10.16 4.000
N		0.58 0.228	0.63 0.248	0.68 0.268	0.72 0.283	0.78 0.307	0.84 0.331
U		6.81 2.681	8.36 3.298	8.58 3.378	8.87 3.490	9.08 3.575	10.57 4.160
C		3.000 1.181	3.284 1.293	3.500 1.378	3.785 1.490	4.001 1.575	4.216 1.680

MODEL NO.		B3-1650	B3-1800	B3-1950	B3-2100	B3-2250	B3-2400
LOAD	Mp	748.4	816.5	884.5	952.6	1020.6	1088.6
	KIPS	1650	1800	1950	2100	2250	2400
A		73.60 28.978	76.90 30.276	80.10 31.540	83.10 32.716	86.00 33.858	88.80 34.961
H		3.18 1.25	3.18 1.25	3.18 1.25	3.81 1.500	3.81 1.500	3.81 1.500
L		35.60 14.016	37.60 14.803	38.30 15.079	40.00 15.746	41.60 16.378	43.20 17.008
M		10.16 4.00	10.80 4.250	11.43 4.500	11.43 4.500	12.065 4.750	12.70 5.000
N		0.89 0.350	0.94 0.370	0.96 0.380	1.00 0.393	1.04 0.409	1.08 0.425
U		10.78 4.243	10.92 4.300	11.14 4.385	12.55 4.940	12.76 5.025	12.91 5.081
C		4.427 1.743	4.572 1.800	4.788 1.885	4.928 1.940	5.144 2.025	5.286 2.081

MODEL NO.		B3-2550	B3-2700	B3-2850	B3-3000	B3-3300	B3-3600
LOAD	Mp	1156.7	1224.7	1292.8	1360.8	1496.9	1633.0
	KIPS	2550	2700	2850	3000	3300	3600
A		91.60 36.063	94.20 37.087	96.80 38.110	99.30 39.094	104.20 41.024	108.80 42.835
H		3.81 1.500	3.81 1.500	4.45 1.750	4.45 1.750	4.45 1.750	5.08 2.00
L		44.60 17.559	46.00 18.110	47.30 18.622	48.60 19.134	50.90 20.039	53.00 20.866
M		12.70 5.000	13.34 5.250	13.34 5.250	14.61 5.750	15.24 6.000	15.88 6.250
N		1.12 0.441	1.15 0.453	1.18 0.465	1.22 0.480	1.27 0.500	1.33 0.524
U		13.12 5.185	13.26 5.222	14.68 5.778	14.82 5.835	15.11 5.947	16.66 6.560
C		5.499 2.165	5.644 2.222	5.786 2.278	5.931 2.335	6.215 2.447	6.502 2.560

MODEL NO.		B3-3900	B3-4200	B3-4500	B3-4800	B3-5100	B3-5400
LOAD	Mp	1769.0	1905.1	2041.2	2177.3	2313.4	2449.4
	KIPS	3900	4200	4500	4800	5100	5400
A		113.20 44.587	117.50 46.260	121.60 47.874	125.60 49.449	129.50 50.984	133.20 52.441
H		5.08 2.000	5.08 2.000	5.08 2.000	5.72 2.250	5.72 2.250	6.35 2.500
L		54.90 21.614	56.60 22.283	58.30 22.953	60.90 23.976	62.30 24.528	64.70 25.472
M		16.51 6.500	17.78 7.000	18.42 7.250	19.05 7.500	19.69 7.750	19.69 7.750
N		1.37 0.539	1.42 0.559	1.46 0.575	1.52 0.598	1.56 0.614	1.62 0.638
U		16.95 6.672	17.18 6.756	17.45 6.869	18.93 7.453	19.16 7.542	20.63 8.122
C		6.787 2.672	7.000 2.756	7.285 2.868	7.501 2.953	7.727 3.042	7.930 3.122

MODEL NO.		B3-6000	B3-7000	B3-8000
LOAD	Mp	2721.6	3175.2	3628.8
	KIPS	6000	7000	8000
A		140.46 55.30	151.70 59.724	162.60 64.016
H		6.35 2.500	8.89 3.500	8.89 3.500
L		69.40 27.320	70.80 27.875	76.20 30.00
M		20.32 8.000	22.86 9.000	24.13 9.500
N		1.73 0.681	1.75 0.689	1.91 0.750
U		21.06 8.290	27.34 10.762	27.88 10.978
C		8.357 3.290	9.555 3.762	10.104 3.978

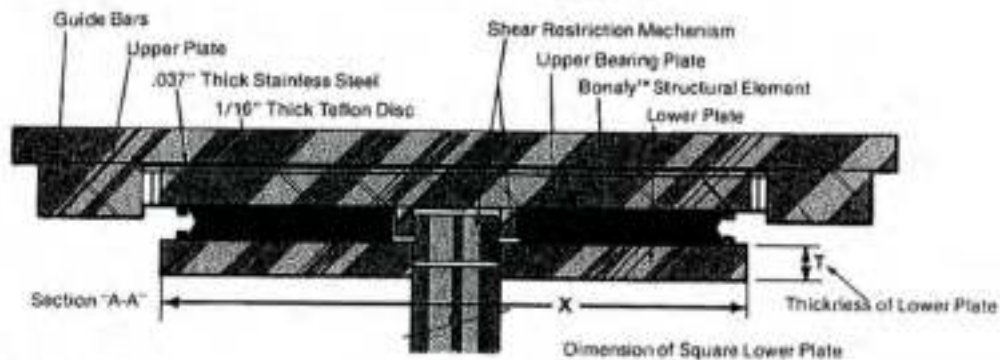
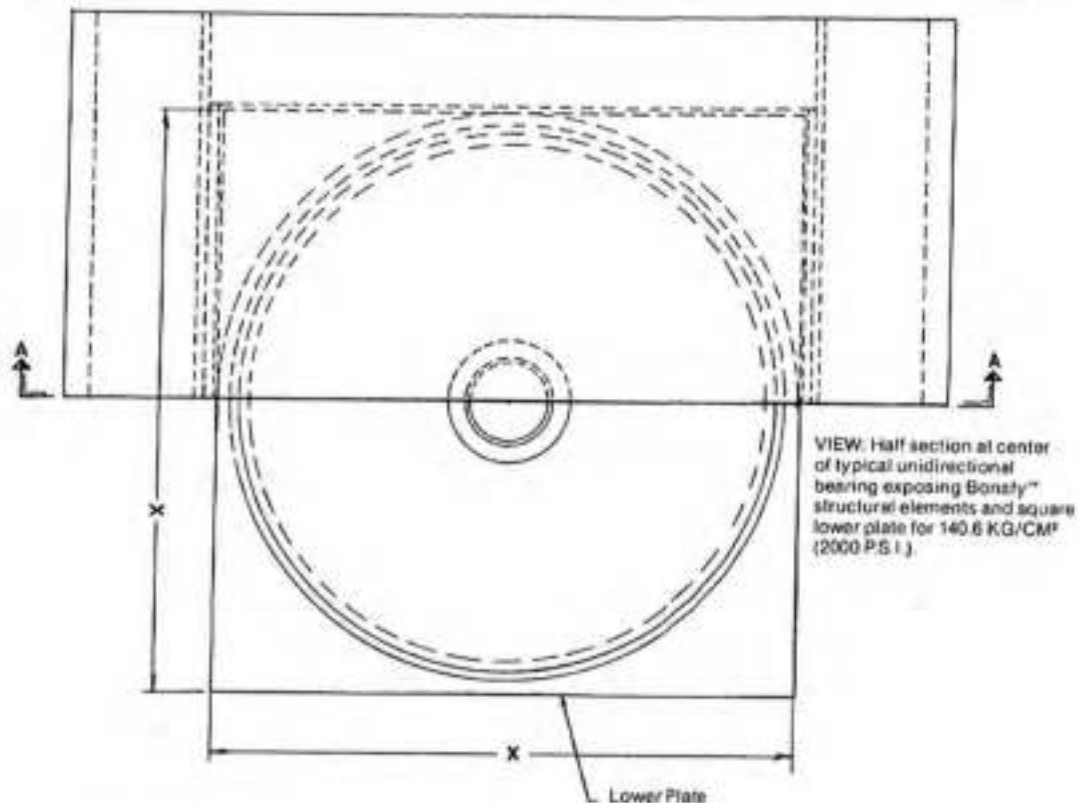
NOTE:

- "U" IS OVERALL HEIGHT UNDER DESIGN LOAD (DEAD)
- MODEL NUMBER BASED ON TOTAL LOAD (KIPS) (DEAD & LIVE)
- Mp DENOTES METRIC TON = 2204.6 LB.

Bold numerals in chart indicate centimeters.
Regular numerals in chart indicate inches.

BEARING DESIGN

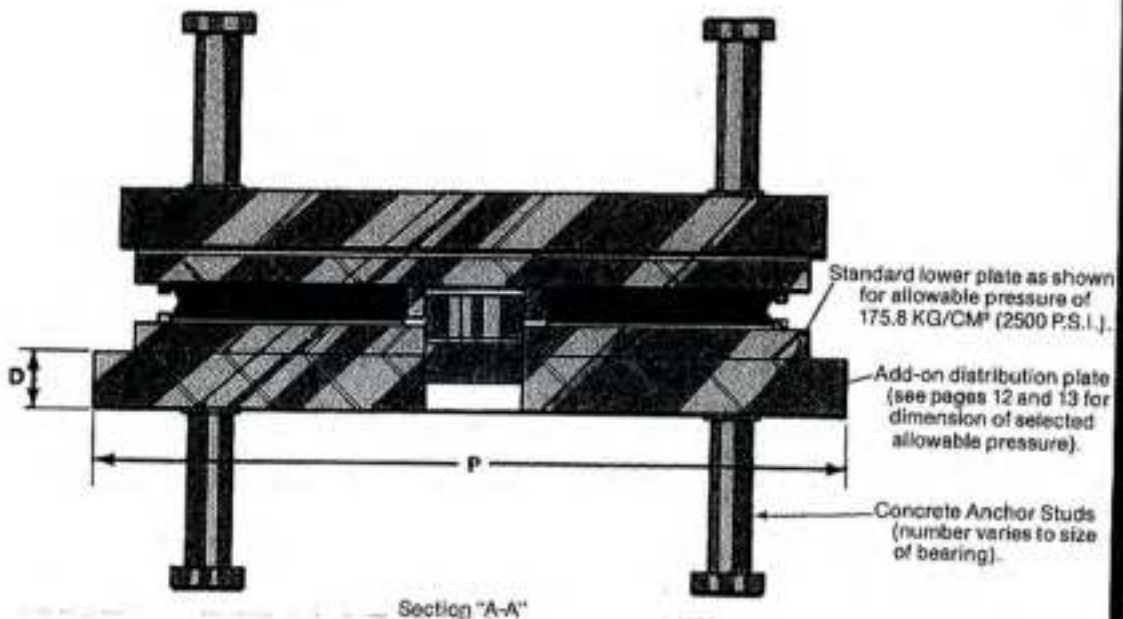
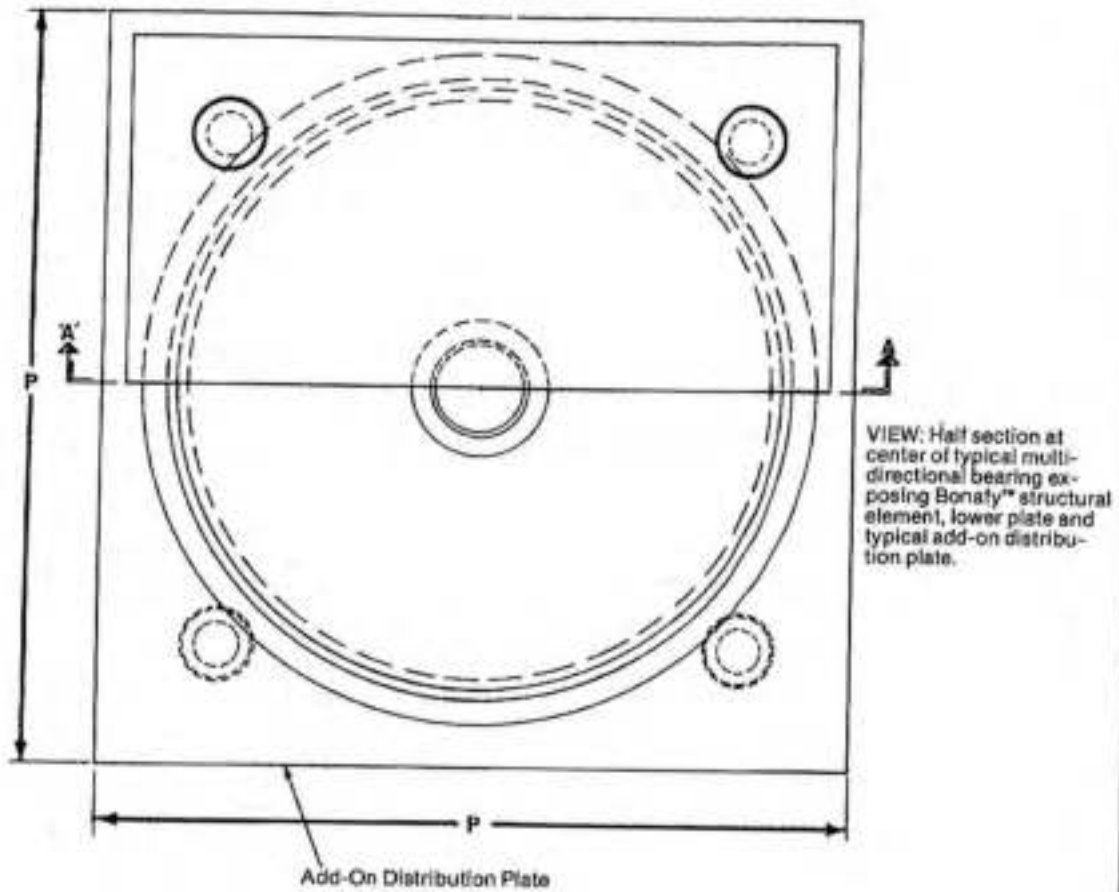
FOR 140.6 KG/CM² (2000 P.S.I.) ALLOWABLE PRESSURE ON CONCRETE SUPPORT



Mp Denotes Metric Ton 2204.6 LB

LOAD	Mp	45.4	68.0	102.1	136.1	204.1	272.2	340.2	408.2	476.3	544.3	612.4
	KIPS	100	150	225	300	450	600	750	900	1050	1200	1350
Dim. 'X' (IN.)		18.00	22.00	27.00	31.10	38.10	44.00	49.20	53.90	58.20	62.20	66.00
		7.10	8.66	10.61	12.25	15.00	17.32	19.36	21.21	22.91	24.49	25.98
Dim. 'T' (IN.)		.95	1.27	1.59	1.59	1.91	2.54	2.54	3.18	3.18	3.81	3.81
		.375	.50	.625	.625	.75	1.00	1.00	1.25	1.25	1.50	1.50
LOAD	Mp	680.4	748.4	816.5	884.5	952.6	1020.6	1088.6	1156.7	1224.7	1292.8	1360.8
	KIPS	1500	1650	1800	1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850	3000
Dim. 'X' (IN.)		69.60	73.00	76.20	79.30	82.30	85.20	88.00	90.70	93.30	95.90	98.40
		27.39	28.72	30.00	31.22	32.40	33.54	34.64	35.71	36.74	37.75	38.73
Dim. 'T' (IN.)		3.81	3.81	4.45	4.45	4.45	5.08	5.08	5.08	5.08	5.72	5.72
		1.50	1.50	1.75	1.75	1.75	2.00	2.00	2.00	2.00	2.25	2.25
LOAD	Mp	1496.9	1633.0	1769.1	1905.1	2041.2	2177.3	2313.4	2449.4	2721.6	3175.2	3628.8
	KIPS	3300	3900	3900	4200	4500	4800	5100	5400	6000	7000	8000
Dim. 'X' (IN.)		103.20	107.80	112.20	116.40	120.50	124.40	128.30	132.00	139.10	150.10	161.30
		40.62	42.43	44.16	45.83	47.43	48.99	50.50	51.96	54.77	59.10	63.50
Dim. 'T' (IN.)		5.72	6.35	6.35	6.35	6.99	6.99	6.99	7.62	8.26	10.16	10.80
		2.25	2.50	2.50	2.50	2.75	2.75	2.75	3.00	3.25	4.00	4.25

Typical ADD-ON DISTRIBUTION PLATE



WABO-FYFE MODEL II HIGH LOAD BEARING

FOR 112.5 KG/CM² (1600 P.S.I.), 91.4 KG/CM² (1300 P.S.I.), 70.3 KG/CM² (1000 P.S.I.), 49.2 KG/CM² (700 P.S.I.)

LOAD	Mp	45.4		68.0		102.1		136.1		204.1		272.2	
	KIPS	100		150		225		300		450		600	
Allowable Pressure On Concrete		Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'
P.S.I.	KG/CM ²	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.
1,600	112.5	20.10 7.90	.63 0.25	24.60 9.68	1.27 0.50	30.10 11.86	1.27 0.50	34.80 13.69	1.59 0.625	42.60 16.77	1.91 0.75	49.20 19.36	2.54 1.00
1,300	91.4	22.20 8.75	.63 0.25	27.30 10.74	1.59 0.625	33.40 13.16	1.91 0.75	38.60 15.19	1.91 0.75	47.30 18.61	2.54 1.00	54.60 21.48	3.18 1.25
1,000	70.3	25.40 10.00	1.59 0.625	31.10 12.25	1.91 0.75	38.10 15.00	2.54 1.00	44.00 17.32	2.54 1.00	53.90 21.20	3.18 1.25	62.20 24.49	3.81 1.50
700	49.2	36.20 14.25	2.54 1.00	37.20 14.64	2.54 1.00	45.50 17.93	3.18 1.25	52.60 20.70	3.81 1.50	64.40 25.35	4.45 1.75	74.40 29.28	5.08 2.00

LOAD	Mp	340.2		408.2		476.3		544.3		612.4		680.4	
	KIPS	750		900		1050		1200		1350		1500	
Allowable Pressure On Concrete		Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'
P.S.I.	KG/CM ²	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.
1,600	112.5	55.00 21.65	2.54 1.00	60.20 23.72	2.54 1.00	65.10 25.62	2.54 1.00	69.60 27.39	3.18 1.25	73.80 29.05	3.81 1.25	77.80 30.62	3.18 1.25
1,300	91.4	61.00 24.02	3.18 1.25	66.80 26.31	3.81 1.50	72.20 28.42	3.81 1.50	77.20 30.38	4.45 1.75	81.90 32.23	4.45 1.75	86.30 33.97	4.45 1.75
1,000	70.3	69.60 27.39	4.45 1.75	76.20 30.00	4.45 1.75	82.30 32.40	5.08 2.00	88.00 34.64	5.72 2.25	93.30 36.74	5.72 2.25	98.40 38.73	5.72 2.25
700	49.2	83.10 32.73	5.72 2.25	91.10 35.86	5.72 2.25	98.40 38.73	6.35 2.50	105.20 41.40	6.99 2.75	111.60 43.92	6.99 2.75	117.60 46.29	7.62 3.00

LOAD	Mp	748.4		816.5		884.5		952.6		1020.6		1088.6	
	KIPS	1650		1800		1950		2100		2250		2400	
Allowable Pressure On Concrete		Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'
P.S.I.	KG/CM ²	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.
1,600	112.5	81.60 32.11	3.81 1.50	85.20 33.54	3.81 1.50	88.70 34.91	3.81 1.50	92.00 36.23	3.81 1.50	95.30 37.50	4.45 1.75	98.40 38.73	4.45 1.75
1,300	91.4	90.50 35.63	5.08 2.00	94.50 37.21	5.08 2.00	98.40 38.73	5.08 2.00	102.10 40.19	5.72 2.25	105.70 41.60	5.72 2.25	109.10 42.97	5.72 2.25
1,000	70.3	103.20 40.62	6.35 2.50	107.80 42.43	6.35 2.50	112.20 44.16	6.99 2.75	116.40 45.83	6.99 2.75	120.50 47.43	7.62 3.00	124.40 48.99	7.62 3.00
700	49.2	123.30 48.55	7.62 3.00	128.80 50.71	8.26 3.25	134.10 52.78	8.89 3.50	139.10 54.77	8.89 3.50	144.00 56.69	8.89 3.50	148.70 58.55	9.53 3.75

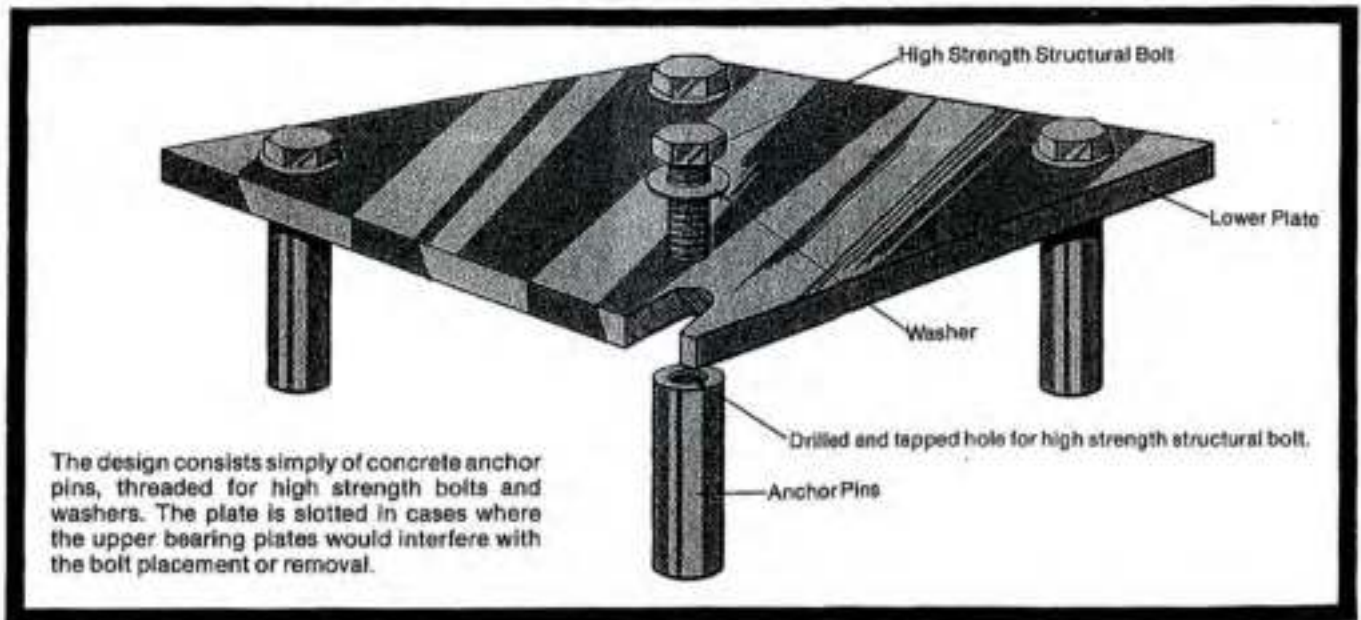
ADD-ON DISTRIBUTION PLATE DIMENSIONS

LOAD	Mp	1156.7		1224.7		1292.8		1360.8		1496.9		1633.0	
	KIPS	2550		2700		2850		3000		3300		3600	
Allowable Pressure On Concrete		Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'
P.S.I.	KG/CM ²	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.
1,600	112.5	101.40 39.92	4.45 1.75	104.30 41.08	4.45 1.75	107.20 42.20	4.45 1.75	110.00 43.30	4.45 1.75	115.40 45.41	5.08 2.00	120.50 47.43	5.08 2.00
1,300	91.4	112.50 44.29	5.72 2.25	115.80 45.57	6.35 2.50	118.90 46.82	6.35 2.50	122.00 48.04	6.35 2.50	128.00 50.38	6.99 2.75	133.70 52.62	6.99 2.75
1,000	70.3	128.30 50.50	7.62 3.00	132.00 51.96	8.26 3.25	135.60 53.39	8.26 3.25	139.10 54.77	8.26 3.25	145.90 57.45	8.89 3.50	152.40 60.00	8.89 3.50
700	49.2	153.30 60.36	10.16 4.00	157.80 62.11	10.16 4.00	162.10 63.81	10.80 4.25	166.30 65.47	10.80 4.25	174.40 68.66	11.43 4.50	182.20 71.71	11.43 4.50

LOAD	Mp	1769.1		1905.1		2041.2		2177.3		5313.4		2449.4	
	KIPS	3900		4200		4500		4800		5100		5400	
Allowable Pressure On Concrete		Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'
P.S.I.	KG/CM ²	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.
1,600	112.5	125.40 49.37	5.08 2.00	130.10 51.23	5.72 2.25	134.70 53.03	5.72 2.25	139.10 54.77	5.72 2.25	143.40 56.46	5.72 2.25	147.60 58.09	6.35 2.50
1,300	91.4	139.10 54.77	7.62 3.00	144.40 56.84	7.62 3.00	149.40 58.83	7.62 3.00	154.30 60.76	8.26 3.25	159.10 62.63	8.26 3.25	163.70 64.45	8.26 3.25
1,000	70.3	158.60 62.45	9.53 3.75	164.80 64.81	10.16 4.00	170.40 67.08	10.16 4.00	176.00 69.28	10.80 4.25	181.40 71.41	10.80 4.25	186.70 73.48	11.43 4.50
700	49.2	189.60 74.64	12.07 4.75	196.80 77.46	12.70 5.00	203.70 80.18	12.70 5.00	210.30 82.81	13.34 5.25	216.80 85.36	13.97 5.50	223.10 87.83	13.97 5.50

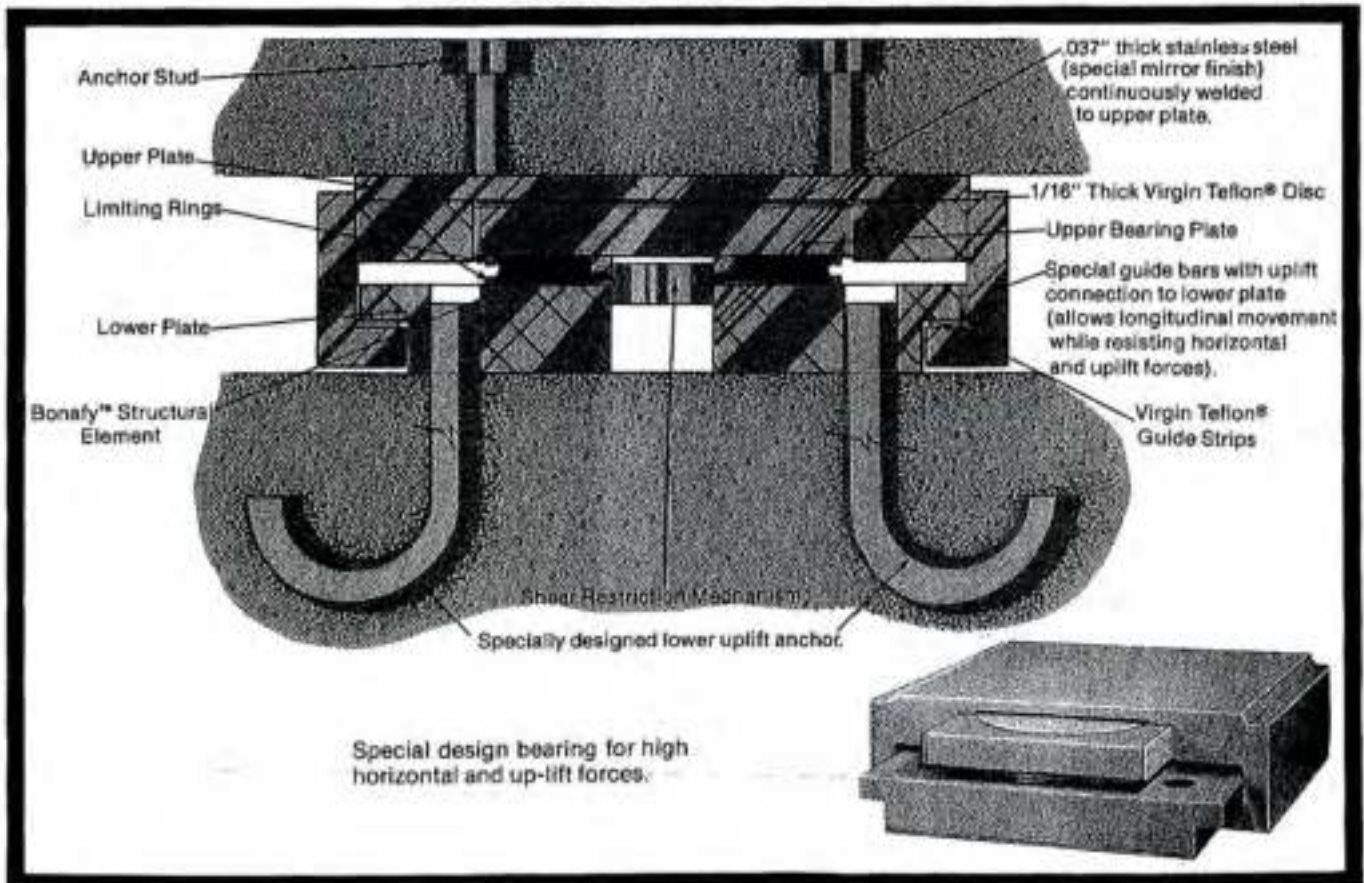
LOAD	Mp	2721.6		3175.2		3628.8	
	KIPS	6000		7000		8000	
Allowable Pressure On Concrete		Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'	Dim. 'P'	Dim. 'D'
P.S.I.	KG/CM ²	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.	Cm. In.
1,600	112.5	155.50 61.24	6.35 2.50	167.60 66.00	6.99 2.75	180.30 71.00	7.62 3.00
1,300	91.4	172.60 67.94	8.89 3.50	185.40 73.00	9.53 3.75	199.40 78.50	10.16 4.00
1,000	70.3	196.80 77.46	12.07 4.75	213.40 84.00	12.70 5.00	227.30 89.50	13.34 5.25
700	49.2	235.20 92.58	15.24 6.00	254.00 100.00	16.51 6.50	271.80 107.00	17.78 7.00

ALTERNATE BOTTOM PLATE ANCHORAGE SYSTEM



UNIDIRECTIONAL BEARING

TYPICAL UP-LIFT DETAILS



MATERIAL SPECIFICATION

1. STEEL COMPONENTS

All standard steel components ASTM A36 or G40.21. Special steels are available upon request.

2. STAINLESS STEEL

The stainless steel sheet shall conform to ASTM A-167 type 304. The face of the stainless steel in contact with the Virgin Teflon® shall have a bright annealed mirror finish.

3. POLYTETRAFLUOROETHYLENE (PTFE)

The polytetrafluoroethylene (PTFE) shall be 100% virgin (unfilled) polymer and etched on bonding side.

The properties of the PTFE shall conform to the following:

Requirement	Test Method	Value
Hardness at 78° F	ASTM D-1706-59T	50-65 Durometer
Tensile Strength (psi)	ASTM D-638	2,500 minimum
Elongation %	ASTM D-638	200 minimum
Specific Gravity	ASTM D-792	2.1 to 2.3

4. BONDING OF TEFLON® TO STEEL

Special etched one side Virgin Teflon® is bonded with Elastometal 100 adhesive to grit blasted steel using special bonding procedures.

The Virgin Teflon® guides are bonded and mechanically fixed in place.

5. BONAFY™ STRUCTURAL ELEMENT

Detailed material specification for Bonafy™ A or high rotation Bonafy™ B are available. A sample 150 kip bearing can be manufactured from the batch used for production bearings and tested as part of bearing order.

6. EXPOSED STEEL SURFACES

All steel surfaces exposed to the environment are zinc metallized seven mils thick to CSA G-189 or painted with structural primer to design authorities' specifications.

CALCUL DE LA PENTE

- CL 025 H.V. 1.2 et 3

FEUILLE DE PROJET NO. _____ de _____



Nom du projet: _____

Par: _____ P.L.

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

LES PRESENTS TRAVAUX SONT POUR
LES CAS DE CHARGEMENT D'QUALITE
DE LA NORME S6-06 (CHAPITRE 14)

Calcul des charges et évaluation / Pont Rivière Némiscau

Calcul avec Vr
avec raidisseur

Charge vive :

$$\text{ORIGIN} := 0$$

Longueur : $L_w := 27230 \text{ mm}$

$L < 50 \text{ m}$

Calcul selon la norme S6-06 mais avec des chargements hors-norme

Multiligne à 16 roues hors-tout de 3000mm

$$x_c := (0 \ 0.1 \ 0.2 \ 0.25 \ 0.3 \ 0.4 \ 0.5 \ 0.6 \ 0.7 \ 0.75 \ 0.8 \ 0.9 \ 1.0)^T \cdot L \quad i := 0.. \text{rows}(x_c) - 1 \quad \text{rows}(x_c) = 13$$

$$\text{div} := \text{rows}(x_c) - 1$$

Charges d'essieux :

NIV1 $P_1 := (50 \ 125 \ 125 \ 175 \ 150)^T \text{ kN}$

NIV2 $P_2 := (50 \ 125 \ 125 \ 175)^T \text{ kN}$

NIV3 $P_3 := (50 \ 125 \ 125)^T \text{ kN}$

Position des roues

$$x_{p1} := (0 \ 3600 \ 4800 \ 11400 \ 18000)^T \text{ mm}$$

$$x_{p2} := (0 \ 3600 \ 4800 \ 11400)^T \text{ mm}$$

$$x_{p3} := (0 \ 3600 \ 4800)^T \text{ mm}$$

Pas pour le calcul

$$\text{step} := \frac{L}{100}$$

$$\Delta p_{1i} := -x_{p1}$$

$$\Delta p_{2i} := -x_{p2}$$

$$\Delta p_{3i} := -x_{p3}$$

Cas de charge 3 :

$$j := 0.. \text{rows}(x_{p3}) - 1 \quad k := 0.. \text{ceil}\left(\frac{|\min(x_{p3})| + L}{\text{step}}\right) \quad \frac{|\min(x_{p3})| + L}{\text{step}} = 117.628$$

Calcul des efforts aux appuis :

$$R_{1k} := \sum_j \left[\text{if} \left[(k \cdot \text{step} + x_{p3j}) < L \wedge (k \cdot \text{step} + x_{p3j}) \geq 0 \text{mm}, \frac{P_{3j} \cdot [L - (k \cdot \text{step} + x_{p3j})]}{L}, 0 \cdot \text{kN} \right] \right]$$

$$R_{2k} := \sum_j \left[\text{if} \left[(k \cdot \text{step} + x_{p3j}) < L \wedge (k \cdot \text{step} + x_{p3j}) \geq 0 \text{mm}, \frac{P_{3j} \cdot (k \cdot \text{step} + x_{p3j})}{L}, 0 \cdot \text{kN} \right] \right]$$

$$\max(R_1) = 284.56 \cdot \text{kN} \quad \max(R_2) = 261.44 \cdot \text{kN}$$

Calcul du cisaillement :

$$V_{i,k} := \sum_j \left[\left[\begin{array}{l} \left[\frac{P_{3j} \cdot [L - (k \cdot \text{step} + x_{p3j})]}{L} \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p3j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3j} \geq x_{c_i} \\ \left[\frac{-P_{3j} \cdot (k \cdot \text{step} + x_{p3j})}{L} \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p3j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3j} < x_{c_i} \\ (0 \cdot \text{kN}) \text{ otherwise} \end{array} \right] \right]$$

$$V_{\max_i} := \max\left[(V^T)^{\langle \hat{v} \rangle}\right] \quad V_{c3.\max} := V_{\max}$$

$$V_{\min_i} := \min\left[(V^T)^{\langle \hat{v} \rangle}\right] \quad V_{c3.\min} := V_{\min} \quad V_{c3_i} := \max(V_{\max_i}, |V_{\min_i}|)$$

$$V_{\max}^T = (284.6 \ 254.6 \ 224.6 \ 209.6 \ 194.6 \ 164.6 \ 134.6 \ 104.6 \ 74.6 \ 59.6 \ 44.6 \ 18.6 \ 0) \cdot \text{kN}$$

$$-V_{\min}^T = (0 \ 5 \ 21.4 \ 36.4 \ 48.4 \ 81.4 \ 111.4 \ 138.4 \ 168.4 \ 183.4 \ 201.4 \ 231.4 \ 261.4) \cdot \text{kN}$$

$$V_{i,k} := |V_{i,k}|$$

$$V_{\max.\text{abs}_i} := \max\left[(V^T)^{\langle \hat{v} \rangle}\right]$$

$$V_{\max.\text{total}} := \max(V_{\max.\text{abs}}) \quad V_{\max.\text{total}} = 284.56 \cdot \text{kN}$$

Calcul de la flexion :

$$M_{i,k} := \sum_j \left[\begin{array}{l} \left[P_{3j} \cdot \left[\frac{L - (k \cdot \text{step} + x_{p3j})}{L} \right] \cdot x_{c_i} \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p3j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3j} \geq x_{c_i} \\ \left[P_{3j} \cdot \left[\frac{(k \cdot \text{step} + x_{p3j})}{L} \right] \cdot (L - x_{c_i}) \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p3j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3j} < x_{c_i} \\ (0 \text{kN}\cdot\text{m}) \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$$M_{\max_j} := \max \left[(M^T)^{\langle \hat{\nu} \rangle} \right] \quad M_{c3} := M_{\max}$$

$$M_{\max}^T = (0 \ 693 \ 1223 \ 1427 \ 1593 \ 1804 \ 1872 \ 1788 \ 1542 \ 1358 \ 1132 \ 630 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max, \text{total}} := \max(M_{\max}) \quad M_{\max, \text{total}} = 1871.945 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Cas de charge 2 :

$$j := 0.. \text{rows}(x_{p2}) - 1 \quad k := 0.. \text{ceil} \left(\frac{|\min(x_{p2})| + L}{\text{step}} \right) \quad \frac{|\min(x_{p2})| + L}{\text{step}} = 141.866$$

Calcul des efforts aux appuis :

$$R_{1k} := \sum_j \text{if} \left[(k \cdot \text{step} + x_{p2j}) < L \wedge (k \cdot \text{step} + x_{p2j}) \geq 0 \text{mm}, \frac{P_{2j} \cdot [L - (k \cdot \text{step} + x_{p2j})]}{L}, 0 \cdot \text{kN} \right]$$

$$R_{2k} := \sum_j \text{if} \left[(k \cdot \text{step} + x_{p2j}) < L \wedge (k \cdot \text{step} + x_{p2j}) \geq 0 \text{mm}, \frac{P_{2j} \cdot (k \cdot \text{step} + x_{p2j})}{L}, 0 \cdot \text{kN} \right]$$

$$\max(R_1) = 387.325 \cdot \text{kN} \quad \max(R_2) = 368.425 \cdot \text{kN}$$

Calcul du cisaillement :

$$V_{i,k} := \sum_j \left[\begin{array}{l} \left[P_{2j} \cdot \left[\frac{L - (k \cdot \text{step} + x_{p2j})}{L} \right] \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p2j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p2j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p2j} \geq x_{c_i} \\ \left[-P_{2j} \cdot \left[\frac{(k \cdot \text{step} + x_{p2j})}{L} \right] \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p2j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p2j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p2j} < x_{c_i} \\ (0 \text{kN}) \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$$V_{\max_i} := \max\left[(V^T)^{(i)}\right] \quad V_{c2.\max} := V_{\max}$$

$$V_{\min_i} := \min\left[(V^T)^{(i)}\right] \quad V_{c2.\min} := V_{\min} \quad V_{c2_i} := \max(V_{\max_i}, |V_{\min_i}|)$$

$$V_{\max}^T = (387.3 \ 339.8 \ 292.3 \ 268.6 \ 244.8 \ 197.3 \ 149.8 \ 103.3 \ 60.8 \ 44.3 \ 34.8 \ 17.3 \ 0) \cdot \text{kN}$$

$$-V_{\min}^T = (0 \ 5 \ 21.4 \ 36.4 \ 48.4 \ 89.9 \ 137.4 \ 184.9 \ 232.4 \ 256.2 \ 279.9 \ 325.9 \ 368.4) \cdot \text{kN}$$

$$V_{i,k} := |V_{i,k}|$$

$$V_{\max.\text{abs}_i} := \max\left[(V^T)^{(i)}\right]$$

$$V_{\max.\text{total}} := \max(V_{\max.\text{abs}}) \quad V_{\max.\text{total}} = 387.325 \cdot \text{kN}$$

Calcul de la flexion :

$$M_{i,k} := \sum_j \left[\begin{array}{l} \left[P_{2_j} \left[\frac{L - (k\text{-step} + x_{p2_j})}{L} \right] \right] \cdot x_{c_i} \quad \text{if } k\text{-step} + x_{p2_j} \geq 0\text{mm} \wedge k\text{-step} + x_{p2_j} \leq L \wedge k\text{-step} + x_{p2_j} \geq x_{c_i} \\ \left[P_{2_j} \left[\frac{(k\text{-step} + x_{p2_j})}{L} \right] \right] \cdot (L - x_{c_i}) \quad \text{if } k\text{-step} + x_{p2_j} \geq 0\text{mm} \wedge k\text{-step} + x_{p2_j} \leq L \wedge k\text{-step} + x_{p2_j} < x_{c_i} \\ (0\text{kN}\cdot\text{m}) \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$M_{\max_i} := \max\left[(M^T)^{(i)}\right] \quad M_{c2} := M_{\max}$$

$$M_{\max}^T = (0 \ 925 \ 1592 \ 1828 \ 2000 \ 2254 \ 2455 \ 2406 \ 2130 \ 1907 \ 1620 \ 887 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max.\text{total}} := \max(M_{\max}) \quad M_{\max.\text{total}} = 2454.725 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Cas de charge 1 :

$$j := 0.. \text{rows}(x_{p1}) - 1 \quad k := 0.. \text{ceil}\left(\frac{|\min(x_{p1})| + L}{\text{step}}\right) \quad \frac{|\min(x_{p1})| + L}{\text{step}} = 166.104$$

Calcul des efforts aux appuis :

$$R_{1k} := \sum_j \left[\text{if} \left[(k \cdot \text{step} + x_{p1j}) < L \wedge (k \cdot \text{step} + x_{p1j}) \geq 0 \text{mm}, \frac{P_{1j} \cdot [L - (k \cdot \text{step} + x_{p1j})]}{L}, 0 \text{ kN} \right] \right]$$

$$R_{2k} := \sum_j \left[\text{if} \left[(k \cdot \text{step} + x_{p1j}) < L \wedge (k \cdot \text{step} + x_{p1j}) \geq 0 \text{mm}, \frac{P_{1j} \cdot (k \cdot \text{step} + x_{p1j})}{L}, 0 \text{ kN} \right] \right]$$

$$\max(R_1) = 417.231 \text{ kN} \quad \max(R_2) = 438.769 \text{ kN}$$

Calcul du cisaillement :

$$V_{i,k} := \sum_j \left[\begin{array}{l} \left[\frac{P_{1j} \cdot [L - (k \cdot \text{step} + x_{p1j})]}{L} \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p1j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p1j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p1j} \geq x_{c_i} \\ \left[-\frac{P_{1j} \cdot (k \cdot \text{step} + x_{p1j})}{L} \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p1j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p1j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p1j} < x_{c_i} \\ (0 \text{ kN}) \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$$V_{\max_i} := \max\left[(V^T)^{\langle \hat{\psi} \rangle}\right]$$

$$V_{c1.\max} := V_{\max}$$

$$V_{\min_i} := \min\left[(V^T)^{\langle \hat{\psi} \rangle}\right]$$

$$V_{c1.\min} := V_{\min}$$

$$V_{c1_i} := \max(V_{\max_i}, |V_{\min_i}|)$$

$$V_{\max}^T = (417.2 \quad 354.7 \quad 292.3 \quad 267.2 \quad 236 \quad 173.5 \quad 118 \quad 84.7 \quad 52.2 \quad 36.2 \quad 28.7 \quad 13.7 \quad 0) \text{ kN}$$

$$-V_{\min}^T = (0 \quad 5 \quad 21.4 \quad 36.4 \quad 48.4 \quad 89.9 \quad 137.4 \quad 195.3 \quad 257.8 \quad 289 \quad 320.3 \quad 381.3 \quad 438.8) \text{ kN}$$

$$V_{i,k} := |V_{i,k}|$$

$$V_{\max.\text{abs}_i} := \max\left[(V^T)^{\langle \hat{\psi} \rangle}\right]$$

$$V_{\max.\text{total}} := \max(V_{\max.\text{abs}}) \quad V_{\max.\text{total}} = 438.769 \text{ kN}$$

Calcul de la flexion :

$$M_{i,k} := \sum_j \left[\begin{array}{l} \left[P_{1j} \left[\frac{L - (k\text{-step} + x_{p1j})}{L} \right] \right] \cdot x_{c_i} \quad \text{if } k\text{-step} + x_{p1j} \geq 0\text{mm} \wedge k\text{-step} + x_{p1j} \leq L \wedge k\text{-step} + x_{p1j} \geq x_{c_i} \\ \left[P_{1j} \left[\frac{(k\text{-step} + x_{p1j})}{L} \right] \right] \cdot (L - x_{c_i}) \quad \text{if } k\text{-step} + x_{p1j} \geq 0\text{mm} \wedge k\text{-step} + x_{p1j} \leq L \wedge k\text{-step} + x_{p1j} < x_{c_i} \\ (0\text{kN}\cdot\text{m}) \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$M_{\max_i} := \max \left[(M^T)^{(i)} \right] \quad M_{c1} := M_{\max}$$

$$M_{\max}^T = (0 \ 979 \ 1621 \ 1856 \ 2169 \ 2539 \ 2572 \ 2591 \ 2358 \ 2133 \ 1839 \ 1038 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max.\text{total}} := \max(M_{\max}) \quad M_{\max.\text{total}} = 2591.43 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Résumé des efforts :

$$V_{c1}^T = (417 \ 355 \ 292 \ 267 \ 236 \ 173 \ 137 \ 195 \ 258 \ 289 \ 320 \ 381 \ 439) \cdot \text{kN}$$

$$V_{c2}^T = (387 \ 340 \ 292 \ 269 \ 245 \ 197 \ 150 \ 185 \ 232 \ 256 \ 280 \ 326 \ 368) \cdot \text{kN}$$

$$V_{c3}^T = (285 \ 255 \ 225 \ 210 \ 195 \ 165 \ 135 \ 138 \ 168 \ 183 \ 201 \ 231 \ 261) \cdot \text{kN}$$

$$M_{c1}^T = (0 \ 979 \ 1621 \ 1856 \ 2169 \ 2539 \ 2572 \ 2591 \ 2358 \ 2133 \ 1839 \ 1038 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c2}^T = (0 \ 925 \ 1592 \ 1828 \ 2000 \ 2254 \ 2455 \ 2406 \ 2130 \ 1907 \ 1620 \ 887 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c3}^T = (0 \ 693 \ 1223 \ 1427 \ 1593 \ 1804 \ 1872 \ 1788 \ 1542 \ 1358 \ 1132 \ 630 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Facteur d'impact :

$$I_V := \text{if}(\max(V_{c3}) = \max(V_{c2}), 0.30, 0.25) \quad I_V = 0.25$$

Si les 3 premiers essieux sont utilisés, $I = 0.30$

Si les 4 ou 5 essieux sont utilisés, $I = 0.25$

$$I_M := \text{if}(\max(M_{c3}) = \max(M_{c2}), 0.30, 0.25) \quad I_M = 0.25$$

$$M_{c1_i} := \max(M_{c1_i}, M_{c1_{\text{div}-i}}) \quad V_{c1_i} := \max(|V_{c1_i}|, |V_{c1_{\text{div}-i}}|)$$

$$M_{c2_i} := \max(M_{c2_i}, M_{c2_{\text{div}-i}}) \quad V_{c2_i} := \max(|V_{c2_i}|, |V_{c2_{\text{div}-i}}|)$$

$$M_{c3_i} := \max(M_{c3_i}, M_{c3_{\text{div}-i}}) \quad V_{c3_i} := \max(|V_{c3_i}|, |V_{c3_{\text{div}-i}}|)$$

$$V_{c1_i} := V_{c1_i} \cdot (1 + I_V) \quad M_{c1_i} := M_{c1_i} \cdot (1 + I_M)$$

$$V_{c1}^T = (548 \ 477 \ 400 \ 361 \ 322 \ 244 \ 172 \ 244 \ 322 \ 361 \ 400 \ 477 \ 548) \cdot \text{kN}$$

$$M_{c1}^T = (0 \ 1298 \ 2299 \ 2667 \ 2948 \ 3239 \ 3215 \ 3239 \ 2948 \ 2667 \ 2299 \ 1298 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{c2_i} := V_{c2_i} \cdot (1 + I_V) \quad M_{c2_i} := M_{c2_i} \cdot (1 + I_M)$$

$$V_{c2}^T = (484 \ 425 \ 365 \ 336 \ 306 \ 247 \ 187 \ 247 \ 306 \ 336 \ 365 \ 425 \ 484) \cdot \text{kN}$$

$$M_{c2}^T = (0 \ 1157 \ 2025 \ 2384 \ 2663 \ 3007 \ 3068 \ 3007 \ 2663 \ 2384 \ 2025 \ 1157 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{c3_i} := V_{c3_i} \cdot (1 + I_V) \quad M_{c3_i} := M_{c3_i} \cdot (1 + I_M)$$

$$V_{c3}^T = (356 \ 318 \ 281 \ 262 \ 243 \ 206 \ 168 \ 206 \ 243 \ 262 \ 281 \ 318 \ 356) \cdot \text{kN}$$

$$M_{c3}^T = (0 \ 866 \ 1529 \ 1783 \ 1991 \ 2255 \ 2340 \ 2255 \ 1991 \ 1783 \ 1529 \ 866 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Calcul de la déflexion avec un facteur d'essieu = 1 et une inertie arbitraire et sans impact

$$E_s := 200000 \text{ MPa} \quad I_{xx} := 1000 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad I_{xc} := I_{xx}$$

Calcul avec le cas de charge #1

$$\Delta_{i,k} := \sum_j \begin{cases} \left[\left[P_{1_j} \cdot \left[\frac{L - (k\text{-step} + x_{p1_j})}{6 \cdot E_s \cdot I_{xc} \cdot L} \right] \cdot x_{c_i} \cdot \left[L^2 - [L - (k\text{-step} + x_{p1_j})]^2 - (x_{c_i})^2 \right] \right] \right] & \text{if } (k\text{-step} + x_{p1_j}) \geq 0 \text{mm} \wedge (k\text{-step} \\ \left[\left[P_{1_j} \cdot \left[\frac{(k\text{-step} + x_{p1_j})}{6 \cdot E_s \cdot I_{xc} \cdot L} \right] \cdot (L - x_{c_i}) \cdot \left[L^2 - (k\text{-step} + x_{p1_j})^2 - (L - x_{c_i})^2 \right] \right] \right] & \text{if } (k\text{-step} + x_{p1_j}) \geq 0 \text{mm} \wedge (k\text{-step} + \\ (0 \text{mm}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta_{\max.v_i} := \max \left[(\Delta^T)^{\langle i \rangle} \right]$$

$$\Delta_{\max.v}^T = (0 \ 309.3 \ 585.7 \ 703.2 \ 803.8 \ 945.2 \ 995.9 \ 952.4 \ 816.7 \ 716.1 \ 596.8 \ 314.8 \ 0) \cdot \text{mm}$$

$$\Delta_{\max.v,\text{total}} := \max(\Delta_{\max.v}) \quad \Delta_{\max.v,\text{total}} = 995.871 \cdot \text{mm}$$

Calcul de la charge morte :

$$j := 0..rows(x_c) - 1 \quad x := x_c$$

Charges à considérer :

Poids de la poutre : $w_{Ds} := 5,47 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Poids de la dalle : $w_{Db} := 13,12 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Effet non-composite

Poids des bordures et glissières : $w_{Dc} := 1,6 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Effet composite

$$V_{Ds_j} := \frac{w_{Ds} \cdot L}{2} - w_{Ds} \cdot x_j \quad V_{Ds_i} := |V_{Ds_j}|$$

$$V_{Ds}^T = (74 \ 60 \ 45 \ 37 \ 30 \ 15 \ 0 \ 15 \ 30 \ 37 \ 45 \ 60 \ 74) \cdot \text{kN}$$

$$V_{Ds.c} := \max(V_{Ds})$$

$$V_{Ds.c} = 74,474 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Db_j} := \frac{w_{Db} \cdot L}{2} - w_{Db} \cdot x_j \quad V_{Db_i} := |V_{Db_j}|$$

$$V_{Db}^T = (179 \ 143 \ 107 \ 89 \ 71 \ 36 \ 0 \ 36 \ 71 \ 89 \ 107 \ 143 \ 179) \cdot \text{kN}$$

$$V_{Db.c} := \max(V_{Db})$$

$$V_{Db.c} = 178,629 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Dc_j} := \frac{w_{Dc} \cdot L}{2} - w_{Dc} \cdot x_j \quad V_{Dc_i} := |V_{Dc_j}|$$

$$V_{Dc}^T = (22 \ 17 \ 13 \ 11 \ 9 \ 4 \ 0 \ 4 \ 9 \ 11 \ 13 \ 17 \ 22) \cdot \text{kN}$$

$$V_{Dc.c} := \max(V_{Dc})$$

$$V_{Dc.c} = 21,784 \cdot \text{kN}$$

$$M_{Ds_j} := w_{Ds} \cdot x_j \cdot \frac{L - x_j}{2}$$

$$M_{Ds}^T = (0 \ 183 \ 324 \ 380 \ 426 \ 487 \ 507 \ 487 \ 426 \ 380 \ 324 \ 183 \ 0) \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ds.c} := \max(M_{Ds})$$

$$M_{Ds.c} = 506,982 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Db_j} := w_{Db} \cdot x_j \cdot \frac{L - x_j}{2}$$

$$M_{Db}^T = (0 \ 438 \ 778 \ 912 \ 1021 \ 1167 \ 1216 \ 1167 \ 1021 \ 912 \ 778 \ 438 \ 0) \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Db.c} := \max(M_{Db})$$

$$M_{Db.c} = 1216,016 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Dc_j} := w_{Dc} \cdot x_j \cdot \frac{L - x_j}{2}$$

$$M_{Dc}^T = (0 \ 53 \ 95 \ 111 \ 125 \ 142 \ 148 \ 142 \ 125 \ 111 \ 95 \ 53 \ 0) \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Dc.c} := \max(M_{Dc})$$

$$M_{Dc.c} = 148,295 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{cc} := \max(\max(V_{c1}), \max(V_{c2}), \max(V_{c3}))$$

$$M_{cc} := \max(\max(M_{c1}), \max(M_{c2}), \max(M_{c3}))$$

Calcul des efforts totaux :

Espaces à 1.8m

Facteur d'essieu en flexion (ÉLUL + ÉLUT) :

$$f_{e,M} := 0.555$$

Facteur d'essieu en cisaillement (ÉLUL + ÉLUT) :

$$f_{e,V} := 0.635$$

Facteur d'essieu en flexion (Fatigue + Flèche) :

$$f_{e,M,f} := 0.426$$

Facteur d'essieu en cisaillement (Fatigue + Flèche) :

$$f_{e,V,f} := 0.598$$

Effort en service :

$$M_s := M_{Ds,c} + M_{Db,c} + M_{Dc,c} + f_{e,M} M_{cc} \quad M_s = 3.669 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Effort ultime avec les coefficients d'évaluation :

$$\alpha_{Ds} = 1.0 \quad \alpha_{Dc} = 1.0 \quad \alpha_L = 1.0$$

Efforts de conception

$$\alpha_{Dc,s} = 1.0 \quad \alpha_{Dc,c} = 1.0 \quad \alpha_{Dc,e} = 1.0$$

Efforts d'évaluation

$$V_f := \alpha_{Ds} V_{Ds,c} + \alpha_{Dc} (V_{Db,c} + V_{Dc,c}) + \alpha_L f_{e,V} V_{cc}$$

$$V_f = 797.953 \text{ kN}$$

$$M_f := \alpha_{Ds} M_{Ds,c} + \alpha_{Dc} (M_{Db,c} + M_{Dc,c}) + \alpha_L f_{e,M} M_{cc}$$

$$M_f = 4.618 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{f1} := \alpha_{Ds} V_{Ds} + \alpha_{Dc} (V_{Db} + V_{Dc}) + \alpha_L f_{e,V} V_{c1}$$

$$V_{f,D} := \alpha_{Ds} V_{Ds} + \alpha_{Dc} (V_{Db} + V_{Dc})$$

$$V_{f2} := \alpha_{Ds} V_{Ds} + \alpha_{Dc} (V_{Db} + V_{Dc}) + \alpha_L f_{e,V} V_{c2}$$

$$M_{f,D} := \alpha_{Ds} M_{Ds} + \alpha_{Dc} (M_{Db} + M_{Dc})$$

$$V_{f3} := \alpha_{Ds} V_{Ds} + \alpha_{Dc} (V_{Db} + V_{Dc}) + \alpha_L f_{e,V} V_{c3}$$

$$V_{f,L1} := \alpha_L f_{e,V} V_{c1} \quad M_{f,L1} := \alpha_L f_{e,M} M_{c1}$$

$$M_{f1} := \alpha_{Ds} M_{Ds} + \alpha_{Dc} (M_{Db} + M_{Dc}) + \alpha_L f_{e,M} M_{c1}$$

$$V_{f,L2} := \alpha_L f_{e,V} V_{c2} \quad M_{f,L2} := \alpha_L f_{e,M} M_{c2}$$

$$M_{f2} := \alpha_{Ds} M_{Ds} + \alpha_{Dc} (M_{Db} + M_{Dc}) + \alpha_L f_{e,M} M_{c2}$$

$$V_{f,L3} := \alpha_L f_{e,V} V_{c3} \quad M_{f,L3} := \alpha_L f_{e,M} M_{c3}$$

$$M_{f3} := \alpha_{Ds} M_{Ds} + \alpha_{Dc} (M_{Db} + M_{Dc}) + \alpha_L f_{e,M} M_{c3}$$

$$M_{L1} := f_{e,M} M_{c1}$$

$$M_{L2} := f_{e,M} M_{c2}$$

$$M_{L3} := f_{e,M} M_{c3}$$

Calcul des propriétés d'une section en composite - Section #1 (0L@0.25L et 0.75L@1L)

Longueur de la travée : $l_w := 27230\text{mm}$ $\text{ORIGIN} := 1$
 Espacement des poutres : $S_p := 2153\text{mm}$
 Épaisseur de la dalle : $t_c := 100\text{mm}$
 Résistance du béton : $f_c := 25\text{MPa}$ $E_c := (3000 \cdot \sqrt{f_c \cdot \text{MPa}} + 6900\text{MPa}) \cdot \left(\frac{2350}{2300}\right)^{1.5}$
 Épaisseur d'asphalte : $t_p := 0\text{mm}$ $E_c = 2.262 \times 10^4 \cdot \text{MPa}$
 Propriétés de la poutre :

Épaisseur de l'aile supérieure : $t_1 := 25\text{mm}$
 Largeur de l'aile supérieure : $b_1 := 305\text{mm}$
 Épaisseur de l'aile inférieure : $t_2 := 35\text{mm}$
 Largeur de l'aile inférieure : $b_2 := 610\text{mm}$
 Hauteur de l'âme : $h := 1829\text{mm}$ $d := h + t_1 + t_2$ $d = 1889\text{mm}$
 Épaisseur de l'âme : $w := 13\text{mm}$
 Résistance de l'acier : $f_y := 350\text{MPa}$ $E_s := 200000\text{MPa}$ $G_s := 77000\text{MPa}$

G40.21 - 350AT

$A_1 := b_1 \cdot t_1$ $A_2 := b_2 \cdot t_2$ $A_3 := h \cdot w$
 $A_1 = 7.625 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$ $A_2 = 2.135 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$ $A_3 = 2.378 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$

$A_s := A_1 + A_2 + A_3$
 $A_s = 5.275 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$ $77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot A_s = 4.062 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$y_1 := \frac{A_1 \cdot \left(d - \frac{t_1}{2}\right) + A_3 \cdot \left(t_2 + \frac{h}{2}\right) + A_2 \cdot \frac{t_2}{2}}{A_s}$ $y_1 = 706.29\text{mm}$

$y_2 := d - y_1$ $y_2 = 1.183 \times 10^3 \cdot \text{mm}$

$I_w := \frac{1}{3} \cdot \left(A_1 \cdot t_1^2 + A_3 \cdot w^2 + A_2 \cdot t_2^2\right)$ $I = 1.165 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$

$$C_w := \frac{\left(d - \frac{t_1 + t_2}{2}\right)^2 \cdot b_1^3 \cdot t_1}{12 \left[1 + \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^3 \cdot \left(\frac{t_1}{t_2}\right)\right]} \quad C_w = 1.875 \times 10^{14} \cdot \text{mm}^6$$

$$I_{xx} := \frac{1}{12} \cdot (A_1 \cdot t_1^2 + A_2 \cdot t_2^2 + A_3 \cdot h^2) + A_1 \cdot \left(y_2 - \frac{t_1}{2}\right)^2 + A_2 \cdot \left(y_1 - \frac{t_2}{2}\right)^2 + A_3 \cdot \left(y_1 - t_2 - \frac{h}{2}\right)^2$$

$$I_{xx} = 2.861 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{xx,1} := I_{xx}$$

$$I_{yy} := \frac{1}{12} \cdot (A_1 \cdot b_1^2 + A_2 \cdot b_2^2 + A_3 \cdot w^2)$$

$$I_{yy} = 7.215 \times 10^8 \cdot \text{mm}^4$$

$$S_{x1} := \frac{I_{xx}}{y_1} \quad S_{x1} = 4.05 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3 \quad S_{x2} := \frac{I_{xx}}{y_2} \quad S_{x2} = 2.419 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3 \quad S_{x,\min} := \min(S_{x1}, S_{x2})$$

$$S_{yy} := \frac{I_{yy}}{0.5b_1} \quad S_{yy} = 4.731 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{x1,1} := S_{x1}$$

$$S_{x2,1} := S_{x2}$$

Déterminer la classe de la poutre :

Pour ce cas-ci, utiliser des épaisseurs suffisante pour avoir une section compacte pour l'âme et vérifier si la aile est une section non-compacte, elle ne doit pas être en compression.

$$\text{classe1} := \text{if} \left[\left(\max \left(\frac{b_1 - w}{2 \cdot t_1}, \frac{b_2 - w}{2 \cdot t_2} \right) \leq \frac{170 \cdot \text{MPa}^{0.5}}{\sqrt{F_y}} \right), \text{"compacte"}, \text{"non-compacte"} \right]$$

classe1 = compacte

$$\text{classe2} := \text{if} \left[\left(\frac{h}{w} \leq \frac{1700 \text{MPa}^{0.5}}{\sqrt{F_y}} \right), \text{"compacte"}, \text{"non-compacte"} \right]$$

classe2 = non-compacte

Les calculs qui suivent sont effectués pour une section compacte (aile et âme), il faut valider si la hauteur de la section comprimée de l'âme se situe à l'intérieur de d_c .

$$d_{c,\max} := \frac{850 \cdot w}{\sqrt{F_y} \cdot \text{MPa}^{-0.5}} \quad d_{c,\max} = 590.647 \cdot \text{mm}$$

Calcul de résistance ultime (CSA/S6-06) :

$\phi_r = 0.90$ acier d'armature
 $\phi_c = 0.75$ béton
 $\phi_b = 0.80$ boulons
 $\phi_{sc} = 0.85$ goujons
 $\phi = 0.95$ acier de charpente

Largeur effective de la dalle :
 $be_1 := 0.25 \cdot L \quad be_1 = 6.808 \times 10^3 \text{ mm}$
 $be_2 := S \quad be_2 = 2.153 \times 10^3 \text{ mm}$
 $be_3 := b_1 + 12 \cdot t_c \quad be_3 = 3.353 \times 10^3 \text{ mm}$
 $b_e := \min(be_1, be_2, be_3) \quad b_e = 2.153 \times 10^3 \text{ mm}$
 $b_e = 2.153 \text{ m} \quad \text{Calcul selon la norme S6-06}$

Goujons :

$$d_{sc} := 22 \text{ mm} \quad A_{sc} := \frac{\pi}{4} \cdot d_{sc}^2 \quad A_{sc} = 380.133 \text{ mm}^2$$

$$F_u := 415 \text{ MPa}$$

$$Q_r := \text{if} \left(0.5 \cdot \phi_{sc} \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c} \leq \phi_{sc} \cdot F_u \cdot A_{sc}, 0.4 \cdot d_{sc} \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c} \cdot \phi_{sc} \cdot F_u \cdot A_{sc} \right) \quad H_{sc, \min} := 4 \cdot d_{sc}$$

$$Q_r = 145.58 \text{ kN} \quad H_{sc, \min} = 88 \text{ mm}$$

Acier d'armature :

$$A_{sp} := 0 \text{ mm}^2 \quad f_{yp} = 300 \text{ MPa} \quad d_{sp} := \frac{l_c}{2} \quad \text{distance entre la fibre la plus comprimée et l'acier d'armature}$$

$$P_{1, \max} := \phi \cdot A_s \cdot F_y \quad P_1 = 1.754 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$P_{2, \max} := 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_c + A_{sp} \cdot \phi_r \cdot f_{yp} \quad P_2 = 8.716 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$P := \min(P_1, P_2) \quad P = 8.716 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$N_{\text{req}} := \frac{P}{Q_r} \quad N_{\text{req}} = 59.868 \quad \text{Nombre de goujons entre la position de moment maximal et la position de moment nul}$$

$$N_{\text{util}} := 100 \quad \alpha := \text{if} \left(N_{\text{util}} > N_{\text{req}}, 1, \frac{N_{\text{util}}}{N_{\text{req}}} \right) \quad \alpha = 1 \quad \text{degré de connexion}$$

Zone de moment positif :

$$C_c := 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_c \quad C_c = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_s := \phi_r \cdot A_{sp} \cdot f_{yp} \quad C_s = 0 \cdot \text{kN}$$

$$C_{EQR} := N_{util} \cdot Q_r \quad C_{EQR} = 1.456 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$C_1 := C_c + C_s \quad C_1 = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_2 := \phi \cdot A_s \cdot F_y \quad C_2 = 1.754 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$C_3 := C_{EQR} \quad C_3 = 1.456 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$C_r := \min(C_1, C_2, C_3) \quad C_r = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_{adv} := \min(C_1, C_3) \quad C_1 = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$CAS := \text{if}(C_1 > C_2, 1, 2)$$

CAS = 1 - ACI 318-11 (11.6.4.2.1) - ACI 318-11 (11.6.4.2.1) - ACI 318-11 (11.6.4.2.1)

CAS # 1

$$a := \text{if}\left(CAS = 1, \frac{C_2 - \phi_r \cdot A_{sp} \cdot f_{yp}}{0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e}, 0 \text{mm}\right) \quad a = 0 \cdot \text{mm}$$

$$C_{con} := \text{if}(CAS = 1, 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot a, 0 \text{kN}) \quad C_c = 0 \cdot \text{kN}$$

$$e_c := \text{if}(CAS = 1, y_2 + t_c - 0.5 \cdot a, 0 \text{mm}) \quad e_c = 0 \cdot \text{mm}$$

$$e_s := \text{if}(CAS = 1, y_2 + t_c - d_{sp}, 0 \text{mm}) \quad e_s = 0 \cdot \text{mm}$$

$$M_{r1} := C_c \cdot e_c + C_s \cdot e_s \quad M_{r1} = 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

CAS # 2

$$C_{con} := \text{if}(CAS = 2, 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_c, 0 \text{kN}) \quad C_c = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_p := \text{if}(CAS = 2, 0.5 \cdot (\phi \cdot A_s \cdot F_y - C_1), 0 \text{kN}) \quad C_p = 4.412 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$A_{tr} := b_1 \cdot t_1 \quad A_{tr} = 7.625 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2 \quad t_{tr} := t_1$$

$$A_w := d \cdot w \quad A_w = 2.456 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

Cas 21 : Axe neutre dans l'aile de la poutre

Cas 22 : Axe neutre dans l'âme de la poutre

$$\text{CAS2} := \text{if} \left[\left(C_p < \phi \cdot A_{tf} \cdot F_y \right) \wedge \text{CAS} = 2, 21, \text{if} \left(C_p \geq \phi \cdot A_{tf} \cdot F_y \wedge \text{CAS} = 2, 22, 0 \right) \right]$$

CAS2 = 22

$$y_{tc} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, \frac{C_p}{\phi \cdot A_{tf} \cdot F_y} \cdot t_{tf}, \text{if} \left(\text{CAS2} = 22, t_{tf} + \frac{C_p - \phi \cdot A_{tf} \cdot F_y}{\phi \cdot A_w \cdot F_y} \cdot d, 0 \text{mm} \right) \right)$$

$$y_{tc} = 459.217 \text{mm}$$

Pour le cas # 21

$$t_{cp} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, t_1 - y_{tc}, 0 \text{mm} \right) \quad t_{cp} = 0 \text{mm}$$

$$d_p := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, d - t_1 + t_{cp}, 0 \text{mm} \right) \quad d_p = 0 \text{mm}$$

$$A_{st} := b_1 \cdot t_{cp} + h \cdot w + b_2 \cdot t_2 \quad A_{st} = 4.513 \times 10^4 \text{mm}^2$$

$$y_{cg} := \frac{b_1 \cdot t_{cp} \left(d_p - \frac{t_{cp}}{2} \right) + h \cdot w \left(t_2 + \frac{h}{2} \right) + b_2 \cdot t_2 \left(\frac{t_2}{2} \right)}{A_{st}} \quad y_{cg} = 508.562 \text{mm}$$

$$y_{bp} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, y_{cg}, 0 \text{mm} \right) \quad y_{bp} = 0 \text{mm}$$

$$y_{tp} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, d - y_{tc} - y_{cg}, 0 \text{mm} \right) \quad y_{tp} = 0 \text{mm}$$

$$d_b := d \quad d_b = 1.889 \times 10^3 \text{mm}$$

$$e_{ov} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, d_b + 0.5t_c - y_{bp}, 0 \text{mm} \right) \quad e_c = 0 \text{mm}$$

$$e_{os} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, d_b + t_c - d_{sp} - y_{bp}, 0 \text{mm} \right) \quad e_s = 0 \text{mm}$$

$$e_p := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, d - y_{bp} - \frac{y_{tc}}{2}, 0 \text{mm} \right) \quad e_p = 0 \text{mm}$$

$$M_{r2} := C_c \cdot e_c + C_s \cdot e_s + C_p \cdot e_p \quad M_{r2} = 0 \text{kN}\cdot\text{m}$$

Pour le cas # 22

$$d_{sp} := d - y_{tc} \quad d_p = 1.43 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$h_p := d_p - t_2 \quad h_p = 1.395 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$A_{st} := b_2 \cdot t_2 + h_p \cdot w$$

$$y_{cg} := \frac{h_p \cdot w \cdot \left(\frac{h_p}{2} + t_2 \right) + b_2 \cdot t_2 \cdot \frac{t_2}{2}}{A_{st}} \quad y_{cg} = 345.814 \cdot \text{mm}$$

$$y_{bp} := y_{cg} \quad y_{bp} = 345.814 \cdot \text{mm}$$

$$y_{tp} := \frac{A_1 \cdot \left(\frac{t_1}{2} \right) + (y_{tc} - t_1) \cdot w \cdot \frac{y_{tc} + t_1}{2}}{A_1 + (y_{tc} - t_1) \cdot w} \quad y_{tp} = 110.173 \cdot \text{mm}$$

$$s_{sc} := \text{if}(\text{CAS2} = 22, d_b + 0.5t_c - y_{bp}, 0\text{mm}) \quad e_c = 1.67 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$s_{sc} := \text{if}(\text{CAS2} = 22, d_b + t_c - d_{sp} - y_{bp}, 0\text{mm}) \quad e_s = 1.67 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$s_{sp} := \text{if}(\text{CAS2} = 22, d_b - y_{bp} - y_{tp}, 0\text{mm}) \quad e_p = 1.433 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$M_{r3} := C_c \cdot e_c + C_s \cdot e_s + C_p \cdot e_p \quad M_{r3} = 20879 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Résistance ultime:

$$M_r := \max(M_{r1}, M_{r2}, M_{r3}) \quad M_r = 20879 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{r,c1} := M_r$$

Calcul des contraintes en service :

Propriétés de la section composite :

$$n := \frac{E_s}{E_c} \quad n = 8.843$$

Vérifier la position de l'axe neutre (pour b_e/n) :

$$y_s := y_2 + t_c$$

$$\text{CAS3} := \text{if} \left[\frac{n \cdot A_s}{b_e} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_e \cdot y_s}{n \cdot A_s}} - 1 \right) \leq t_c, 31, 32 \right]$$

Cas # 31 : axe neutre dans la dalle de béton

Cas # 32 : axe neutre dans la poutre en acier

$$y_t := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{n \cdot A_s}{b_e} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_e \cdot y_s}{n \cdot A_s}} - 1 \right), 0 \text{ mm} \right] \quad y_t = 0 \text{ mm} \quad y_{t,n_1} := y_t$$

$$y_b := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, d + t_c - y_t, 0 \text{ mm} \right] \quad y_b = 0 \text{ mm} \quad y_{b,n_1} := y_b$$

$$I_{c,n_1} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{b_e \cdot y_t^3}{n} + I_{xx} + A_s \cdot (y_s - y_t)^2, 0 \text{ mm}^4 \right] \quad I_{c,n_1} = 0 \text{ mm}^4$$

$$S_{b,n_1} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c,n_1}}{d + t_c - y_t}, 0 \text{ mm}^3 \right] \quad S_{b,n_1} = 0 \text{ mm}^3$$

$$S_{t,n_1} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c,n_1}}{y_t}, 0 \text{ mm}^3 \right] \quad S_{t,n_1} = 0 \text{ mm}^3$$

$$S_{tb,n_1} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c,n_1}}{y_t - t_c}, 0 \text{ mm}^3 \right] \quad S_{tb,n_1} = 0 \text{ mm}^3$$

$$y_{t,n_2} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{\left(\frac{b_e}{n} \cdot t_c \right) \cdot 0.5 \cdot t_c + A_s \cdot y_s}{\frac{b_e}{n} \cdot t_c + A_s}, 0 \text{ mm} \right] \quad y_t = 729.896 \text{ mm} \quad y_{t,n_2} := y_t$$

$$y_{bn} := \text{if}(\text{CAS3} = 32, d + t_c - y_t, 0 \text{ mm})$$

$$y_b = 1.413 \times 10^3 \text{ mm} \quad y_{b.n_2} := y_b$$

$$I_{c.n_2} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{1}{12} \frac{b_e}{n} t_c^3 + I_{xx} + \left(\frac{b_e}{n} t_c \right) (y_t - 0.5 t_c)^2 + A_s (y_s - y_t)^2, 0 \text{ mm}^4 \right]$$

$$I_{c.n_2} = 7.777 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$S_{b.n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c.n_2}}{d + t_c - y_t}, 0 \text{ mm}^3 \right)$$

$$S_{b.n_2} = 5.504 \times 10^7 \text{ mm}^3$$

$$S_{t.n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c.n_2}}{y_t}, 0 \text{ mm}^3 \right)$$

$$S_{t.n_2} = 1.066 \times 10^8 \text{ mm}^3$$

$$S_{tb.n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c.n_2}}{y_t - t_c}, 0 \text{ mm}^3 \right)$$

$$S_{tb.n_2} = 1.634 \times 10^8 \text{ mm}^3$$

Vérifier la position de l'axe neutre (pour $b_e/3n$):

$$y_{an} := y_2 + t_c$$

$$\text{CAS3} := \text{if} \left[\frac{3n \cdot A_s}{b_e} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_e \cdot y_s}{3n \cdot A_s}} - 1 \right) \leq t_c, 31, 32 \right]$$

Cas # 31 : axe neutre dans la dalle de béton

Cas # 32 : axe neutre dans la poutre en acier

$$y_{an} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{3n \cdot A_s}{b_e} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_e \cdot y_s}{3n \cdot A_s}} - 1 \right), 0 \text{ mm} \right]$$

$$y_t = 0 \text{ mm}$$

$$y_{t.3n_1} := y_t$$

$$y_{bn} := \text{if}(\text{CAS3} = 31, d + t_c - y_t, 0 \text{ mm})$$

$$y_b = 0 \text{ mm}$$

$$y_{b.3n_1} := y_b$$

$$I_{c.3n_1} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{b_e}{3n} \frac{y_t^3}{3} + I_{xx} + A_s (y_s - y_t)^2, 0 \text{ mm}^4 \right]$$

$$I_{c.3n_1} = 0 \text{ mm}^4$$

$$S_{b.3n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c.3n_1}}{d + t_c - y_t}, 0 \text{ mm}^3 \right)$$

$$S_{b.3n_1} = 0 \text{ mm}^3$$

$$S_{t.3n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c.3n_1}}{y_t}, 0 \text{ mm}^3 \right)$$

$$S_{t.3n_1} = 0 \text{ mm}^3$$

$$S_{tb.3n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c.3n_1}}{y_t - t_c}, 0 \text{ mm}^3 \right)$$

$$S_{tb.3n_1} = 0 \text{ mm}^3$$

$$y_{ax} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{\left(\frac{b_e}{3n} \cdot t_c \right) \cdot 0.5 \cdot t_c + A_s \cdot y_s}{\frac{b_e}{3n} \cdot t_c + A_s}, 0 \text{mm} \right]$$

$$y_t = 1.069 \times 10^3 \cdot \text{mm} \quad y_{t,3n_2} := y_t$$

$$y_{bx} := \text{if}(\text{CAS3} = 32, d + t_c - y_t, 0 \text{mm})$$

$$y_b = 1.074 \times 10^3 \cdot \text{mm} \quad y_{b,3n_2} := y_b$$

$$I_{c,3n_2} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{1}{12} \cdot \frac{b_e}{3n} \cdot t_c^3 + I_{xx} + \left(\frac{b_e}{3n} \cdot t_c \right) \cdot (y_t - 0.5 \cdot t_c)^2 + A_s \cdot (y_s - y_t)^2, 0 \text{mm}^4 \right]$$

$$I_{c,3n_2} = 5.414 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4$$

$$S_{b,3n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,3n_2}}{d + t_c - y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{b,3n_2} = 5.04 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{t,3n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,3n_2}}{y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{t,3n_2} = 5.066 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{tb,3n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,3n_2}}{y_t - t_c}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{tb,3n_2} = 6.646 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{b,n,1} := \max(S_{b,n}) \quad \boxed{S_{b,n,1} = 5.504 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3}$$

$$S_{b,3n,1} := \max(S_{b,3n}) \quad \boxed{S_{b,3n,1} = 5.04 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3}$$

$$S_{t,n,1} := \max(S_{t,n}) \quad \boxed{S_{t,n,1} = 1.066 \times 10^8 \cdot \text{mm}^3}$$

$$S_{t,3n,1} := \max(S_{t,3n}) \quad \boxed{S_{t,3n,1} = 5.066 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3}$$

$$S_{tb,n,1} := \max(S_{tb,n}) \quad \boxed{S_{tb,n,1} = 1.634 \times 10^8 \cdot \text{mm}^3}$$

$$S_{tb,3n,1} := \max(S_{tb,3n}) \quad \boxed{S_{tb,3n,1} = 6.646 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3}$$

$$I_{c,n,1} := \max(I_{c,n}) \quad \boxed{I_{c,n,1} = 7.777 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4}$$

$$I_{c,3n,1} := \max(I_{c,3n}) \quad \boxed{I_{c,3n,1} = 5.414 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4}$$

Vérifier la résistance de la section non-composite

$$L_y := 5423 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 yy_1 &:= y_2 - \frac{t_1}{2} & yy_1 &= 1.17 \times 10^3 \text{ mm} & b_1 &:= b_1 & b_2 &:= b_2 & t_1 &:= t_1 & t_2 &:= t_2 \\
 yy_2 &:= y_1 - \frac{t_2}{2} & yy_2 &= 688.79 \text{ mm} & A_1 &:= A_1 & A_2 &:= A_2 & S_{x1} &:= S_{x1} & S_{x2} &:= S_{x2} \\
 I_1 &:= \frac{b_1^3 \cdot t_1}{12} & I_1 &= 5.911 \times 10^7 \text{ mm}^4 & y_1 &:= y_1 & y_2 &:= y_2 \\
 I_2 &:= \frac{b_2^3 \cdot t_2}{12} & I_2 &= 6.62 \times 10^8 \text{ mm}^4 \\
 y_0 &:= \left| \frac{yy_1 \cdot I_1 - yy_2 \cdot I_2}{I_1 + I_2} \right| & y_0 &= 536.413 \text{ mm} & M_c &:= 0.1 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

L'effort à considérer est M_c qui est moment qui agit sur la section non-composite,

$$Ac := \text{if}(M_c < 0 \text{ kN}\cdot\text{m}, \text{"aile inf comprimée"}, \text{"aile sup comprimée"}) \quad Ac = \text{"aile sup comprimée"}$$

Si la semelle la plus large est comprimée, y_0 est négatif ce qui donne γ positif

Si la semelle la plus large est tendue, y_0 est positif ce qui donne γ négatif

$$s_{y0} := \text{if}[(Ac = \text{"aile inf comprimée"} \wedge b_2 > b_1) \vee (Ac = \text{"aile sup comprimée"} \wedge b_1 > b_2), -1, 1]$$

$$s_{y0} = 1$$

$$y_0 := s_{y0} \cdot y_0 \quad y_0 = 536.413 \text{ mm}$$

l'indice b concerne l'aile tendu et a l'aile comprimée

Si on veut calculer M_u pour le moment positif: l'aile comprimé $aa = 1$ et l'aile tendu $bb = 2$

Si on veut calculer M_u pour le moment négatif: l'aile comprimé $aa = 2$ et l'aile tendu $bb = 1$

$$aa := \text{if}(Ac = \text{"aile sup comprimée"}, 1, 2)$$

$$bb := \text{if}(Ac = \text{"aile sup comprimée"}, 2, 1)$$

$$aa = 1 \quad bb = 2$$

$$\gamma := \frac{1}{2 \cdot I_{xx}} \left[yy_{bb} \left[I_{bb} + b_{bb} \cdot t_{bb} \cdot (yy_{bb})^2 + w \cdot \frac{(yy_{bb})^3}{4} \right] - yy_{aa} \left[I_{aa} + b_{aa} \cdot t_{aa} \cdot (yy_{aa})^2 + \frac{w \cdot (yy_{aa})^3}{4} \right] \right] - y_0$$

$$\gamma = -715.003 \cdot \text{mm}$$

$$\omega_2 := 1.0 \quad \text{Sécuritaire}$$

$$M_u := \frac{\omega_2 \cdot \pi}{L_s} \left[\sqrt{E_s \cdot I_{yy} \cdot G \cdot J + \left(\frac{\pi \cdot E_s}{L_s} \right)^2 \cdot I_{yy} \cdot C_w + \left(\frac{\gamma \cdot \pi \cdot E_s \cdot I_{yy}}{L_s} \right)^2} + \frac{\gamma \cdot \pi \cdot E_s \cdot I_{yy}}{L_s} \right] \quad M_u = 2.324 \times 10^{11} \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_y := S_{x,\min} \cdot F_y \quad M_y = 8.466 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{rS} := \text{if} \left[M_u > 0.67 \cdot M_y, \min \left[1.15 \cdot \phi \cdot M_y \left(1 - \frac{0.28 \cdot M_y}{M_u} \right), \phi \cdot M_y \right], \phi \cdot M_u \right]$$

$$M_{rS} = 8.043 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$c_{\text{réd}} := \text{if} \left[\frac{2 \cdot y_{bb}}{w} > \frac{1900 \text{MPa}}{\sqrt{F_y \cdot \text{MPa}}}, 1.0 - \frac{1}{300 + \frac{1200 \cdot A_{aa}}{A_3}} \left(\frac{2 \cdot y_{bb}}{w} - \frac{1900 \text{MPa}}{\sqrt{M_{rS} \cdot \text{MPa}}} \right), 1.0 \right] \quad c_{\text{réd}} = 0.883$$

$$s_{\text{red}} := \min(c_{\text{réd}}, 1.0) \quad c_{\text{réd}} = 0.883$$

$$M_{\text{red}} := M_{rS} \cdot c_{\text{réd}}$$

$$M_r = 7.099 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{r,nc_i} := M_r$$

Calcul de la résistance en cisaillement :

espacement des raidisseurs : $a_w = 1219 \text{ mm}$

résistance de l'acier : $F_{yw} = 350 \text{ MPa}$ $\phi_w = 0.95$

$$k_v := \text{if} \left[\frac{a}{h} < 1,4 + \frac{5,34}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}, 5,34 + \frac{4}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \right] \quad k_v = 16,022 \quad \frac{h}{w} = 140,692$$

$$F_{\text{cri}} := \frac{290 \cdot \sqrt{F_y \cdot k_v} \cdot \text{MPa}^{0,5}}{\frac{h}{w}} \quad F_{\text{cri}} = 154,353 \cdot \text{MPa}$$

Utiliser des raidisseurs
si $h/w > 150$

$$F_{\text{t,cri}} := (0,50 \cdot F_y - 0,866 \cdot F_{\text{cri}}) \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \quad F_{\text{t,cri}} = 34,392 \cdot \text{MPa}$$

$f_{\text{acier}} = 0 \text{ MPa}$

à l'appui
(poutre sur
appui simple)

$$F_{\text{s,cri}} := F_{\text{cri}} + F_{\text{t,cri}} \quad F_{\text{s,cri}} = 154,353 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{\text{cre}} := \frac{180000 \cdot \text{MPa} \cdot k_v}{\left(\frac{h}{w}\right)^2} \quad F_{\text{cre}} = 145,692 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{\text{t,cre}} := (0,50 \cdot F_y - 0,866 \cdot F_{\text{cre}}) \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \quad F_{\text{t,cre}} = 40,633 \cdot \text{MPa}$$

$f_{\text{acier}} = 0 \text{ MPa}$

à l'appui
(poutre sur
appui simple)

$$F_{\text{s,cre}} := F_{\text{cre}} + F_{\text{t,cre}} \quad F_{\text{s,cre}} = 145,692 \cdot \text{MPa}$$

$$F_s := \begin{cases} (0,577 \cdot F_{yw}) & \text{if } \frac{h}{w} \leq 502 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \end{cases} \quad F_s = 145,692 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{\text{s,cri}} \quad \text{if } \frac{h}{w} > 502 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \wedge \frac{h}{w} \leq 621 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \quad 502 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} = 107,404$$

$$F_{\text{s,cre}} \quad \text{if } \frac{h}{w} > 621 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \quad 621 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} = 132,865$$

$$V_r := \phi \cdot h \cdot w \cdot \max(F_s) \quad V_r = 3,291 \times 10^3 \text{ kN} \quad V_{r,c1} := V_r \quad V_r = 2,534 \times 10^3 \text{ kN}$$

Calcul des propriétés d'une section en composite - Section #2 (0.25L @ 0.75L)

Longueur de la travée : $L_w = 27230 \text{ mm}$ $\text{ORIGIN} := 1$
 Espacement des poutres : $S_w = 2183 \text{ mm}$
 Épaisseur de la dalle : $t_w = 100 \text{ mm}$
 Résistance du béton : $f_{cw} = 25 \text{ MPa}$ $E_{\text{concr}} := (3000 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \text{MPa} + 6900 \text{ MPa}) \cdot \left(\frac{2350}{2300}\right)^{1.5}$
 Épaisseur d'asphalte : $t_{\text{asph}} = 0 \text{ mm}$ $E_c = 2.262 \times 10^4 \cdot \text{MPa}$
 Propriétés de la poutre :

Épaisseur de l'aile supérieure : $t_{1w} = 32 \text{ mm}$
 Largeur de l'aile supérieure : $b_{1w} = 305 \text{ mm}$
 Épaisseur de l'aile inférieure : $t_{2w} = 48 \text{ mm}$
 Largeur de l'aile inférieure : $b_{2w} = 610 \text{ mm}$
 Hauteur de l'âme : $h_w = 1829 \text{ mm}$ $d := h + t_1 + t_2 \quad d = 1909 \text{ mm}$
 Épaisseur de l'âme : $w_w = 13 \text{ mm}$
 Résistance de l'acier : $f_{yw} = 350 \text{ MPa}$ $E_{\text{acier}} := 200000 \text{ MPa}$ $G_s := 77000 \text{ MPa}$

$$\Delta A_w = b_1 \cdot t_1 \quad \Delta A_2 = b_2 \cdot t_2 \quad \Delta A_3 = h \cdot w \quad \text{G40.21 - 350AT}$$

$$A_1 = 9.76 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2 \quad A_2 = 2.928 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2 \quad A_3 = 2.378 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{\text{concr}} = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_s = 6.282 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot A_s = 4.837 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$y_{1w} = \frac{A_1 \cdot \left(d - \frac{t_1}{2}\right) + A_3 \cdot \left(t_2 + \frac{h}{2}\right) + A_2 \cdot \frac{t_2}{2}}{A_s}$$

$$y_1 = 669.624 \cdot \text{mm}$$

$$y_{2w} = d - y_1$$

$$y_2 = 1.239 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$J_w = \frac{1}{3} \cdot \left(A_1 \cdot t_1^2 + A_3 \cdot w^2 + A_2 \cdot t_2^2\right)$$

$$J = 2.716 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

$$S_{\text{max}} := \frac{\left(d - \frac{t_1 + t_2}{2}\right)^2 \cdot b_1^3 \cdot t_1}{12 \cdot \left[1 + \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^3 \cdot \left(\frac{t_1}{t_2}\right)\right]}$$

$$C_w = 2.44 \times 10^{14} \cdot \text{mm}^6$$

$$I_{\text{xx}} := \frac{1}{12} \cdot (A_1 \cdot t_1^2 + A_2 \cdot t_2^2 + A_3 \cdot h^2) + A_1 \cdot \left(y_2 - \frac{t_1}{2}\right)^2 + A_2 \cdot \left(y_1 - \frac{t_2}{2}\right)^2 + A_3 \cdot \left(y_1 - t_2 - \frac{h}{2}\right)^2$$

$$I_{\text{xx}} = 3.549 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{\text{xx}.2} := I_{\text{xx}}$$

$$I_{\text{yy}} := \frac{1}{12} \cdot (A_1 \cdot b_1^2 + A_2 \cdot b_2^2 + A_3 \cdot w^2)$$

$$I_{\text{yy}} = 9.839 \times 10^8 \cdot \text{mm}^4$$

$$S_{\text{xx}.1} := \frac{I_{\text{xx}}}{y_1} \quad S_{\text{xx}.1} = 5.299 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{\text{xx}.2} := \frac{I_{\text{xx}}}{y_2}$$

$$S_{\text{xx}.2} = 2.863 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{\text{xx}.\text{min}} := \min(S_{\text{xx}.1}, S_{\text{xx}.2})$$

$$S_{\text{yy}.1} := \frac{I_{\text{yy}}}{0.5b_1} \quad S_{\text{yy}.1} = 6.452 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{\text{xx}.1.2} := S_{\text{xx}.1}$$

$$S_{\text{xx}.2.2} := S_{\text{xx}.2}$$

Déterminer la classe de la poutre :

Pour ce cas-ci, utiliser des épaisseurs suffisante pour avoir une section compacte pour l'âme et vérifier si l'aile est une section non-compacte, elle ne doit pas être en compression.

$$\text{class1} := \text{if} \left[\left(\max \left(\frac{b_1 - w}{2 \cdot t_1}, \frac{b_2 - w}{2 \cdot t_2} \right) \leq \frac{170 \cdot \text{MPa}^{0.5}}{\sqrt{F_y}} \right), \text{"compacte"}, \text{"non-compacte"} \right]$$

class1 = compacte

$$\text{class2} := \text{if} \left[\left(\frac{h}{w} \leq \frac{1700 \text{MPa}^{0.5}}{\sqrt{F_y}} \right), \text{"compacte"}, \text{"non-compacte"} \right]$$

class2 = non-compacte

Les calculs qui suivent sont effectués pour une section compacte (aile et âme), il faut valider si la hauteur de la section comprimée de l'âme se situe à l'intérieur de d_c .

$$d_{c,\text{max}} := \frac{850 \cdot w}{\sqrt{F_y} \cdot \text{MPa}^{-0.5}}$$

$$d_{c,\text{max}} = 590.647 \cdot \text{mm}$$

Calcul de résistance ultime (CSA/S6-06) :

ϕ_{sc}	0.90	acier d'armature
ϕ_{cs}	0.75	béton
ϕ_{sc}	0.80	boulons
ϕ_{sc}	0.85	goujons
ϕ_c	0.95	acier de charpente

Largeur effective de la dalle :

$$b_{e1} := 0.25 \cdot L \quad b_{e1} = 6.808 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$b_{e2} := S \quad b_{e2} = 2.153 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$b_{e3} := b_1 + 12 \cdot t_c \quad b_{e3} = 3.353 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$b_e := \min(b_{e1}, b_{e2}, b_{e3}) \quad b_e = 2.153 \times 10^3 \text{ mm}$$

Calcul selon la norme S6-06

Goujons :

$$d_{sc} := 22 \text{ mm} \quad A_{sc} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{sc}^2 = 380.133 \text{ mm}^2$$

$$F_u = 415 \text{ MPa}$$

$$Q_r := \text{if} \left(0.5 \cdot \phi_{sc} \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c} \leq \phi_{sc} \cdot F_u \cdot A_{sc}, 0.4 \cdot d_{sc} \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c}, \phi_{sc} \cdot F_u \cdot A_{sc} \right) \quad H_{sc, \min} := 4 \cdot d_{sc}$$

$$Q_r = 145.58 \text{ kN}$$

$$H_{sc, \min} = 88 \text{ mm}$$

Acier d'armature :

$$H_{util} := 125 \text{ mm}$$

$$A_{sp} := 0 \text{ mm}^2 \quad f_{yp} = 300 \text{ MPa} \quad d_{sp} := \frac{t_c}{2} \quad \text{distance entre la fibre la plus comprimée et l'acier d'armature}$$

$$P_1 := \phi \cdot A_s \cdot F_y \quad P_1 = 2.089 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$P_2 := 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_c + A_{sp} \cdot \phi_r \cdot f_{yp} \quad P_2 = 8.716 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$P_u := \min(P_1, P_2) \quad P = 8.716 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$N_{req} := \frac{P}{Q_r} \quad N_{req} = 59.868 \quad \text{Nombre de goujons entre la position de moment maximal et la position de moment nul}$$

$$N_{util} := 100 \quad \alpha := \text{if} \left(N_{util} > N_{req}, 1, \frac{N_{util}}{N_{req}} \right) \quad \alpha = 1 \quad \text{degré de connexion}$$

Zone de moment positif :

$$C_{con} := 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_c \quad C_c = 8.716 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$C_{st} := \phi_s \cdot A_{sp} \cdot f_{yp} \quad C_s = 0 \text{ kN}$$

$$C_{EQR} := N_{util} \cdot Q_r \quad C_{EQR} = 1.456 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$C_{1w} := C_c + C_s \quad C_1 = 8.716 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$C_{2w} := \phi \cdot A_s \cdot F_y \quad C_2 = 2.089 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$C_{3w} := C_{EQR} \quad C_3 = 1.456 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$C_w := \min(C_1, C_2, C_3) \quad C_r = 8.716 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$C_{1w} := \min(C_1, C_3) \quad C_1 = 8.716 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$CAS := \text{if}(C_1 > C_2, 1, 2)$$

CAS = 1 - Zone de moment positif - Zone de moment négatif - Zone de moment négatif

CAS # 1

$$a_c := \text{if}\left(CAS = 1, \frac{C_2 - \phi_s \cdot A_{sp} \cdot f_{yp}}{0.85 \cdot \phi_c \cdot b_e \cdot f_c}, 0 \text{ mm}\right) \quad a = 0 \text{ mm}$$

$$C_{con} := \text{if}(CAS = 1, 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot a, 0 \text{ kN}) \quad C_c = 0 \text{ kN}$$

$$e_{con} := \text{if}(CAS = 1, y_2 + t_c - 0.5 \cdot a, 0 \text{ mm}) \quad e_c = 0 \text{ mm}$$

$$e_{st} := \text{if}(CAS = 1, y_2 + t_c - d_{sp}, 0 \text{ mm}) \quad e_s = 0 \text{ mm}$$

$$M_{r1} := C_c \cdot e_c + C_s \cdot e_s \quad M_{r1} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

CAS # 2

$$C_{con} := \text{if}(CAS = 2, 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_c, 0 \text{ kN}) \quad C_c = 8.716 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$C_{sp} := \text{if}(CAS = 2, 0.5 \cdot (\phi \cdot A_s \cdot F_y - C_1), 0 \text{ kN}) \quad C_p = 6.086 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$A_{cf} := b_1 \cdot t_1 \quad A_{tf} = 9.76 \times 10^3 \text{ mm}^2 \quad I_{cf} := t_1$$

$$A_w := d \cdot w \quad A_w = 2.482 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

Cas 21 : Axe neutre dans l'aile de la poutre

Cas 22 : Axe neutre dans l'âme de la poutre

$$CAS2 := \text{if} \left[\left(C_p < \phi \cdot A_{tf} \cdot F_y \right) \wedge CAS = 2, 21, \text{if} \left(C_p \geq \phi \cdot A_{tf} \cdot F_y \wedge CAS = 2, 22, 0 \right) \right]$$

$$CAS2 = 22$$

$$y_{1c} := \text{if} \left(CAS2 = 21, \frac{C_p}{\phi \cdot A_{tf} \cdot F_y} \cdot t_{tf}, \text{if} \left(CAS2 = 22, t_{tf} + \frac{C_p - \phi \cdot A_{tf} \cdot F_y}{\phi \cdot A_w \cdot F_y} \cdot d, 0 \text{mm} \right) \right)$$

$$y_{1c} = 689.101 \cdot \text{mm}$$

Pour le cas # 21

$$t_{cp} := \text{if} \left(CAS2 = 21, t_1 - y_{1c}, 0 \text{mm} \right) \quad t_{cp} = 0 \cdot \text{mm}$$

$$d_p := \text{if} \left(CAS2 = 21, d - t_1 + t_{cp}, 0 \text{mm} \right) \quad d_p = 0 \cdot \text{mm}$$

$$A_{st} := b_1 \cdot t_{cp} + h \cdot w + b_2 \cdot t_2 \quad A_{st} = 5.306 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$y_{cg} := \frac{b_1 \cdot t_{cp} \left(d_p - \frac{t_{cp}}{2} \right) + h \cdot w \left(t_2 + \frac{h}{2} \right) + b_2 \cdot t_2 \left(\frac{t_2}{2} \right)}{A_{st}} \quad y_{cg} = 444.58 \cdot \text{mm}$$

$$y_{bp} := \text{if} \left(CAS2 = 21, y_{cg}, 0 \text{mm} \right) \quad y_{bp} = 0 \cdot \text{mm}$$

$$y_{tp} := \text{if} \left(CAS2 = 21, d - y_{1c} - y_{cg}, 0 \text{mm} \right) \quad y_{tp} = 0 \cdot \text{mm}$$

$$d_b := d \quad d_b = 1.909 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$e_c := \text{if} \left(CAS2 = 21, d_b + 0.5t_c - y_{bp}, 0 \text{mm} \right) \quad e_c = 0 \cdot \text{mm}$$

$$e_s := \text{if} \left(CAS2 = 21, d_b + t_c - d_{sp} - y_{bp}, 0 \text{mm} \right) \quad e_s = 0 \cdot \text{mm}$$

$$e_p := \text{if} \left(CAS2 = 21, d - y_{bp} - \frac{y_{1c}}{2}, 0 \text{mm} \right) \quad e_p = 0 \cdot \text{mm}$$

$$M_{t2} := C_c \cdot e_c + C_s \cdot e_s + C_p \cdot e_p \quad M_{t2} = 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Pour le cas # 22

$$d_{sp} := d - y_{tc} \quad d_p = 1.22 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$h_p := d_p - t_2 \quad h_p = 1.172 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$A_{st} := b_2 \cdot t_2 + h_p \cdot w$$

$$y_{cg} := \frac{h_p \cdot w \cdot \left(\frac{h_p}{2} + t_2 \right) + b_2 \cdot t_2 \cdot \frac{t_2}{2}}{A_{st}} \quad y_{cg} = 232.749 \cdot \text{mm}$$

$$y_{bp} := y_{cg} \quad y_{bp} = 232.749 \cdot \text{mm}$$

$$y_{tp} := \frac{A_1 \cdot \left(\frac{t_1}{2} \right) + (y_{tc} - t_1) \cdot w \cdot \frac{y_{tc} + t_1}{2}}{A_1 + (y_{tc} - t_1) \cdot w} \quad y_{tp} = 176.814 \cdot \text{mm}$$

$$e_{sv} := \text{if}(\text{CAS2} = 22, d_b + 0.5t_c - y_{bp}, 0 \text{mm}) \quad e_c = 1.803 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$e_{ss} := \text{if}(\text{CAS2} = 22, d_b + t_c - d_{sp} - y_{bp}, 0 \text{mm}) \quad e_s = 1.803 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$e_{sp} := \text{if}(\text{CAS2} = 22, d_b - y_{bp} - y_{tp}, 0 \text{mm}) \quad e_p = 1.499 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$M_{red} := C_c \cdot e_c + C_s \cdot e_s + C_p \cdot e_p \quad M_{r3} = 24841 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Résistance ultime:

$$M_{ue} := \max(M_{r1}, M_{r2}, M_{r3}) \quad M_r = 24841 \cdot \text{kN}\cdot\text{m} \quad \boxed{M_{r,c_2} := M_r}$$

Calcul des contraintes en service :

Propriétés de la section composite :

$$n := \frac{E_s}{E_c} \quad n = 8.843$$

Vérifier la position de l'axe neutre (pour b_e/n) :

$$y_{ax} := y_2 + t_c$$

$$CAS3 := \text{if} \left[\frac{n \cdot A_s}{b_e} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_e \cdot y_s}{n \cdot A_s}} - 1 \right) \leq t_c, 31, 32 \right]$$

Cas # 31 : axe neutre dans la dalle de béton

Cas # 32 : axe neutre dans la poutre en acier

$$y_{ax} := \text{if} \left[CAS3 = 31, \frac{n \cdot A_s}{b_e} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_e \cdot y_s}{n \cdot A_s}} - 1 \right), 0 \text{mm} \right]$$

$$y_t = 0 \text{mm}$$

$$y_{t,n_1} := y_t$$

$$y_{bx} := \text{if} (CAS3 = 31, d + t_c - y_t, 0 \text{mm})$$

$$y_b = 0 \text{mm}$$

$$y_{b,n_1} := y_b$$

$$I_{c,n_1} := \text{if} \left[CAS3 = 31, \frac{b_e \cdot y_t^3}{3} + I_{xx} + A_s \cdot (y_s - y_t)^2, 0 \text{mm}^4 \right] \quad I_{c,n_1} = 0 \text{mm}^4$$

$$S_{b,n_1} := \text{if} \left(CAS3 = 31, \frac{I_{c,n_1}}{d + t_c - y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{b,n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$S_{t,n_1} := \text{if} \left(CAS3 = 31, \frac{I_{c,n_1}}{y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{t,n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$S_{tb,n_1} := \text{if} \left(CAS3 = 31, \frac{I_{c,n_1}}{y_t - t_c}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{tb,n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$y_{ax} := \text{if} \left[CAS3 = 32, \frac{\left(\frac{b_e}{n} \cdot t_c \right) \cdot 0.5 \cdot t_c + A_s \cdot y_s}{\frac{b_e}{n} \cdot t_c + A_s}, 0 \text{mm} \right]$$

$$y_t = 815.517 \text{mm}$$

$$y_{t,n_2} := y_t$$

$$y_{bx} := \text{if} (CAS3 = 32, d + t_c - y_t, 0 \text{mm})$$

$$y_b = 1.347 \times 10^3 \text{mm} \quad y_{b,n_2} := y_b$$

$$I_{c,n_2} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{1}{12} \frac{b_c}{n} t_c^3 + I_{xx} + \left(\frac{b_c}{n} t_c \right) \cdot (y_t - 0.5 t_c)^2 + A_s \cdot (y_s - y_t)^2, 0 \text{mm}^4 \right]$$

$$I_{c,n_2} = 9.4 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4$$

$$S_{b,n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,n_2}}{d + t_c - y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{b,n_2} = 6.976 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{t,n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,n_2}}{y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{t,n_2} = 1.153 \times 10^8 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{tb,n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,n_2}}{y_t - t_c}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{tb,n_2} = 1.674 \times 10^8 \cdot \text{mm}^3$$

Vérifier la position de l'axe neutre (pour $b_c/3n$):

$$y_{ax} := y_2 + t_c$$

$$\text{CAS3} := \text{if} \left[\frac{3n \cdot A_s}{b_c} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_c \cdot y_s}{3n \cdot A_s}} - 1 \right) \leq t_c, 31, 32 \right]$$

Cas # 31 : axe neutre dans la dalle de béton

Cas # 32 : axe neutre dans la poutre en acier

$$y_{ax} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{3n \cdot A_s}{b_c} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_c \cdot y_s}{3n \cdot A_s}} - 1 \right), 0 \text{mm} \right]$$

$$y_1 = 0 \text{mm}$$

$$y_{t,3n_1} := y_t$$

$$y_{bx} := \text{if} (\text{CAS3} = 31, d + t_c - y_t, 0 \text{mm})$$

$$y_b = 0 \text{mm}$$

$$y_{b,3n_1} := y_b$$

$$I_{c,3n_1} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{b_c}{3n} \frac{y_t^3}{3} + I_{xx} + A_s \cdot (y_s - y_t)^2, 0 \text{mm}^4 \right]$$

$$I_{c,3n_1} = 0 \text{mm}^4$$

$$S_{b,3n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c,3n_1}}{d + t_c - y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{b,3n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$S_{t,3n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c,3n_1}}{y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{t,3n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$S_{tb,3n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c,3n_1}}{y_t - t_c}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{tb,3n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$y_b := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{\left(\frac{b_e}{3n} \cdot t_c \right) \cdot 0.5 \cdot t_c + A_s \cdot y_s}{\frac{b_e}{3n} \cdot t_c + A_s}, 0 \text{mm} \right]$$

$$y_t = 1.156 \times 10^3 \text{mm} \quad y_{t,3n_2} := y_t$$

$$y_b := \text{if}(\text{CAS3} = 32, d + t_c - y_t, 0 \text{mm})$$

$$y_b = 1.007 \times 10^3 \text{mm} \quad y_{b,3n_2} := y_b$$

$$I_{c,3n_2} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{1}{12} \cdot \frac{b_e}{3n} \cdot t_c^3 + I_{xx} + \left(\frac{b_e}{3n} \cdot t_c \right) \cdot (y_t - 0.5 \cdot t_c)^2 + A_s \cdot (y_s - y_t)^2, 0 \text{mm}^4 \right]$$

$$I_{c,3n_2} = 6.458 \times 10^{10} \text{mm}^4$$

$$S_{b,3n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,3n_2}}{d + t_c - y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{b,3n_2} = 6.411 \times 10^7 \text{mm}^3$$

$$S_{t,3n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,3n_2}}{y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{t,3n_2} = 5.587 \times 10^7 \text{mm}^3$$

$$S_{tb,3n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,3n_2}}{y_t - t_c}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{tb,3n_2} = 7.161 \times 10^7 \text{mm}^3$$

$$S_{b,n,2} := \max(S_{b,n}) \quad \boxed{S_{b,n,2} = 6.976 \times 10^7 \text{mm}^3}$$

$$S_{b,3n,2} := \max(S_{b,3n}) \quad \boxed{S_{b,3n,2} = 6.411 \times 10^7 \text{mm}^3}$$

$$S_{t,n,2} := \max(S_{t,n}) \quad \boxed{S_{t,n,2} = 1.153 \times 10^8 \text{mm}^3}$$

$$S_{t,3n,2} := \max(S_{t,3n}) \quad \boxed{S_{t,3n,2} = 5.587 \times 10^7 \text{mm}^3}$$

$$S_{tb,n,2} := \max(S_{tb,n}) \quad \boxed{S_{tb,n,2} = 1.674 \times 10^8 \text{mm}^3}$$

$$S_{tb,3n,2} := \max(S_{tb,3n}) \quad \boxed{S_{tb,3n,2} = 7.161 \times 10^7 \text{mm}^3}$$

$$I_{c,n,2} := \max(I_{c,n}) \quad \boxed{I_{c,n,2} = 9.4 \times 10^{10} \text{mm}^4}$$

$$I_{c,3n,2} := \max(I_{c,3n}) \quad \boxed{I_{c,3n,2} = 6.458 \times 10^{10} \text{mm}^4}$$

Vérifier la résistance de la section non-composite

$$j_{\text{max}} := 5423 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 yy_1 &:= y_2 - \frac{t_1}{2} & yy_1 &= 1.223 \times 10^3 \text{ mm} & b_1 &:= b_1 & b_2 &:= b_2 & t_1 &:= t_1 & t_2 &:= t_2 \\
 yy_2 &:= y_1 - \frac{t_2}{2} & yy_2 &= 645.624 \text{ mm} & A_1 &:= A_1 & A_2 &:= A_2 & S_{x1} &:= S_{x1} & S_{x2} &:= S_{x2} \\
 I_1 &:= \frac{b_1^3 \cdot t_1}{12} & I_1 &= 7.566 \times 10^7 \text{ mm}^4 & y_1 &:= y_1 & y_2 &:= y_2 \\
 I_2 &:= \frac{b_2^3 \cdot t_2}{12} & I_2 &= 9.079 \times 10^8 \text{ mm}^4 \\
 j_{\text{av}} &:= \left| \frac{yy_1 \cdot I_1 - yy_2 \cdot I_2}{I_1 + I_2} \right| & y_0 &= 501.855 \text{ mm} & M_{\text{max}} &:= 0.1 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

L'effort à considérer est M_c qui est moment qui agit sur la section non-composite,

$$A_c := \text{if}(M_c < 0 \text{ kN}\cdot\text{m}, \text{"aile inf comprimée"}, \text{"aile sup comprimée"}) \quad A_c = \text{"aile sup comprimée"}$$

Si la semelle la plus large est comprimée, y_0 est négatif ce qui donne γ positif
 Si la semelle la plus large est tendue, y_0 est positif ce qui donne γ négatif

$$s_{y0} := \text{if}([A_c = \text{"aile inf comprimée"} \wedge b_2 > b_1] \vee [A_c = \text{"aile sup comprimée"} \wedge b_1 > b_2], -1, 1)$$

$$s_{y0} = 1$$

$$j_{\text{av}} := s_{y0} \cdot y_0 \quad y_0 = 501.855 \text{ mm}$$

l'indice b concerne l'aile tendu et a l'aile comprimée

Si on veut calculer M_u pour le moment positif: l'aile comprimé $aa = 1$ et l'aile tendu $bb = 2$

Si on veut calculer M_u pour le moment négatif: l'aile comprimé $aa = 2$ et l'aile tendu $bb = 1$

$$aa := \text{if}(A_c = \text{"aile sup comprimée"}, 1, 2)$$

$$bb := \text{if}(A_c = \text{"aile sup comprimée"}, 2, 1)$$

$$aa = 1 \quad bb = 2$$

$$\tilde{w} = \frac{1}{2 \cdot I_{xx}} \left[yy_{bb} \left[I_{bb} + b_{bb} \cdot t_{bb} \cdot (yy_{bb})^2 + w \cdot \frac{(yy_{bb})^3}{4} \right] - yy_{aa} \left[I_{aa} + b_{aa} \cdot t_{aa} \cdot (yy_{aa})^2 + \frac{w \cdot (yy_{aa})^3}{4} \right] - y_0 \right]$$

$$\gamma = -730.282 \cdot \text{mm}$$

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = 1.0 \quad \text{Sécuritaire}$$

$$M_{\text{flex}} = \frac{\omega_2 \cdot \pi}{L_s} \left[\sqrt{E_s \cdot I_{yy} \cdot G \cdot J + \left(\frac{\pi \cdot E_s}{L_s} \right)^2 \cdot I_{yy} \cdot C_w + \left(\frac{\gamma \cdot \pi \cdot E_s \cdot I_{yy}}{L_s} \right)^2} + \frac{\gamma \cdot \pi \cdot E_s \cdot I_{yy}}{L_s} \right] \quad M_u = 2.983 \times 10^{11} \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{flex}} = S_{x,\text{min}} \cdot F_y \quad M_y = 1.002 \times 10^4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{flex}} = \text{if} \left[M_u > 0.67 \cdot M_y, \min \left[1.15 \cdot \phi \cdot M_y \left(1 - \frac{0.28 \cdot M_y}{M_u} \right), \phi \cdot M_y \right], \phi \cdot M_u \right]$$

$$M_{rS} = 9.52 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$s_{\text{red}} = \text{if} \left[\frac{2 \cdot y_{bb}}{w} > \frac{1900 \text{MPa}}{\sqrt{F_y \text{MPa}}}, 1.0 - \frac{1}{300 + \frac{1200 \cdot A_{aa}}{\Lambda_3}} \left(\frac{2 \cdot y_{bb}}{w} - \frac{1900 \text{MPa}}{\sqrt{\frac{M_{rS} \text{MPa}}{\phi \cdot S_{x,\text{min}}}}} \right), 1.0 \right] \quad c_{\text{red}} = 0.888$$

$$s_{\text{red}} = \min(c_{\text{red}}, 1.0) \quad c_{\text{red}} = 0.888$$

$$M_{\text{flex}} = M_{rS} \cdot c_{\text{red}}$$

$$M_r = 8.45 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\boxed{M_{r,nc_2} = M_r}$$

Calcul de la résistance en cisaillement :

espacement des raidisseurs : $a_s = 1503 \text{ mm}$

résistance de l'acier : $F_{yw} = 350 \text{ MPa}$ $\phi_w = 0.95$

$$k_{sw} := \text{if} \left[\frac{a}{h} < 1,4 + \frac{5,34}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}, 5,34 + \frac{4}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \right] \quad k_v = 11.908$$

$$\frac{h}{w} = 140.692$$

Utiliser des raidisseurs
si $h/w > 150$

$$F_{s,cri} := \frac{290 \cdot \sqrt{F_y \cdot k_v} \cdot \text{MPa}^{0.5}}{\frac{h}{w}} \quad F_{s,cri} = 133.069 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{s,cri} = 0 \text{ MPa}$$

$$F_{t,cri} := (0.50 \cdot F_y - 0.866 \cdot F_{s,cri}) \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \quad F_{t,cri} = 46.173 \cdot \text{MPa}$$

à l'appui (poutre sur appui simple)
ce qui n'est pas le cas ici car pas à l'appui.

$$F_{s,cri} := F_{s,cri} + F_{t,cri} \quad F_{s,cri} = 179.241 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{s,cre} := \frac{180000 \cdot \text{MPa} \cdot k_v}{\left(\frac{h}{w}\right)^2} \quad F_{s,cre} = 108.283 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{s,cre} = 0 \text{ MPa}$$

$$F_{t,cre} := (0.50 \cdot F_y - 0.866 \cdot F_{s,cre}) \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \quad F_{t,cre} = 62.756 \cdot \text{MPa}$$

à l'appui (poutre sur appui simple)
ce qui n'est pas le cas ici car pas à l'appui.

$$F_{s,cre} := F_{s,cre} + F_{t,cre} \quad F_{s,cre} = 171.039 \cdot \text{MPa}$$

$$F_s := \begin{cases} (0.577 \cdot F_{yw}) & \text{if } \frac{h}{w} \leq 502 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \\ F_{s,cri} & \text{if } \frac{h}{w} > 502 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \wedge \frac{h}{w} \leq 621 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \\ F_{s,cre} & \text{if } \frac{h}{w} > 621 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \end{cases} \quad F_s = 171.039 \cdot \text{MPa}$$

$$502 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} = 92.594$$

$$621 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} = 114.544$$

$$V_{sw} := \phi_w \cdot h \cdot w \cdot \max(F_s) \quad V_r = 3.863 \times 10^3 \cdot \text{kN} \quad V_{sw} := \tau_f \cdot V_r \quad V_r = 1.893 \times 10^3 \cdot \text{kN} \quad V_{r,c2} := V_r$$

Déterminer les résistances :

$$U_V := 1.0$$

$$U_M := 1.0$$

$$j := 1..rows(x_c)$$

$$V_{rr,j} := \begin{cases} U_V V_{r,c_1} & \text{if } j \leq 3 \vee j \geq 11 \\ U_V V_{r,c_2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} j = 1 &\Rightarrow 0.0L \\ j = 2 &\Rightarrow 0.1L \\ j = 3 &\Rightarrow 0.2L \\ j = 4 &\Rightarrow 0.25L \\ j = 5 &\Rightarrow 0.3L \\ j = 6 &\Rightarrow 0.4L \\ j = 7 &\Rightarrow 0.5L \\ j = 8 &\Rightarrow 0.6L \\ j = 9 &\Rightarrow 0.7L \\ j = 10 &\Rightarrow 0.75L \\ j = 11 &\Rightarrow 0.8L \\ j = 12 &\Rightarrow 0.9L \\ j = 13 &\Rightarrow 1.0L \end{aligned}$$

$$M_{rr,c_j} := \begin{cases} U_M M_{r,c_1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ U_M M_{r,c_2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_{rr,nc_j} := \begin{cases} U_M M_{r,nc_1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ U_M M_{r,nc_2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$V_{rr}^T = (2534 \ 2534 \ 2534 \ 1893 \ 1893 \ 1893 \ 1893 \ 1893 \ 1893 \ 1893 \ 2534 \ 2534 \ 2534)\text{-kN}$$

$$M_{rr,c}^T = (20879 \ 20879 \ 20879 \ 20879 \ 24841 \ 24841 \ 24841 \ 24841 \ 24841 \ 20879 \ 20879 \ 20879 \ 20879)\text{-kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{rr,nc}^T = (7099 \ 7099 \ 7099 \ 7099 \ 8450 \ 8450 \ 8450 \ 8450 \ 8450 \ 7099 \ 7099 \ 7099 \ 7099)\text{-kN}\cdot\text{m}$$

$$S_{axj} := \begin{cases} S_{x1.1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{x1.2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{axj} := \begin{cases} S_{x2.1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{x2.2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{b,n_j} := \begin{cases} S_{b,n.1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{b,n.2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{t,n_j} := \begin{cases} S_{t,n.1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{t,n.2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{tb,n_j} := \begin{cases} S_{tb,n.1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{tb,n.2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{b,3n_j} := \begin{cases} S_{b,3n.1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{b,3n.2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{t,3n_j} := \begin{cases} S_{t,3n.1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{t,3n.2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{tb,3n_j} := \begin{cases} S_{tb,3n.1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{tb,3n.2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Calcul des FCS pour le niveau 1 :

Cisaillement :
$$FCS_{V,nivl_j} := \frac{V_{rr_j} - V_{fD_j}}{V_{fLl_j}}$$

$$FCS_{V,nivl}^T = (4.51 \quad 5.33 \quad 6.52 \quad 5.35 \quad 6.1 \quad 8.33 \quad 12.22 \quad 8.33 \quad 6.1 \quad 5.35 \quad 6.52 \quad 5.33 \quad 4.51)$$

Flexion (non-composite) :
$$FCS_{M,nc,nivl_j} := \frac{M_{rr,nc_j} - M_{fD_j}}{\max(1\text{kN}\cdot\text{m}, M_{fLl_j})}$$

$$FCS_{M,nc,nivl}^T = (7098.51 \quad 6.21 \quad 3.19 \quad 2.64 \quad 2.89 \quad 2.53 \quad 2.52 \quad 2.53 \quad 2.89 \quad 2.64 \quad 3.19 \quad 6.21 \quad 7098.51)$$

Flexion (composite) :
$$FCS_{M,c,nivl_j} := \frac{M_{rr,c_j} - M_{fD_j}}{\max(1\text{kN}\cdot\text{m}, M_{fLl_j})}$$

$$FCS_{M,c,nivl}^T = (20879.46 \quad 19.69 \quad 10.79 \quad 9.2 \quad 9.95 \quad 8.95 \quad 8.99 \quad 8.95 \quad 9.95 \quad 9.2 \quad 10.79 \quad 19.69 \quad 20879.46)$$

Calcul de l'interaction Flexion-Cisaillement (non-mixte) :

Section non-composite :

$$v_{D,nc_j} := \frac{0.727 \cdot M_{fD_j}}{M_{rr,nc_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{fD_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{D,nc}^T = (0.054 \quad 0.12 \quad 0.168 \quad 0.195 \quad 0.178 \quad 0.185 \quad 0.178 \quad 0.185 \quad 0.178 \quad 0.195 \quad 0.168 \quad 0.12 \quad 0.054)$$

$$v_{Ll,nc_j} := \frac{0.727 \cdot M_{fLl_j}}{M_{rr,nc_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{fLl_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{Ll,nc}^T = (0.089 \quad 0.182 \quad 0.25 \quad 0.294 \quad 0.27 \quad 0.273 \quad 0.255 \quad 0.273 \quad 0.27 \quad 0.294 \quad 0.25 \quad 0.182 \quad 0.089)$$

$$FCS_{MV,nc,nivl_j} := \frac{1 - v_{D,nc_j}}{v_{Ll,nc_j}}$$

$$FCS_{MV,nc,nivl}^T = (10.648 \quad 4.839 \quad 3.322 \quad 2.742 \quad 3.046 \quad 2.99 \quad 3.222 \quad 2.99 \quad 3.046 \quad 2.742 \quad 3.322 \quad 4.839 \quad 10.648)$$

Section composite :

$$v_{D,c_j} := \frac{0.727 \cdot M_{fD_j}}{M_{rr,c_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{fD_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{D,c}^T = (0.054 \ 0.069 \ 0.079 \ 0.09 \ 0.08 \ 0.073 \ 0.06 \ 0.073 \ 0.08 \ 0.09 \ 0.079 \ 0.069 \ 0.054)$$

$$v_{L1,c_j} := \frac{0.727 \cdot M_{fL1_j}}{M_{rr,c_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{fL1_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{L1,c}^T = (0.089 \ 0.113 \ 0.128 \ 0.151 \ 0.138 \ 0.128 \ 0.111 \ 0.128 \ 0.138 \ 0.151 \ 0.128 \ 0.113 \ 0.089)$$

$$FCS_{MV,c,nivl_j} := \frac{1 - v_{D,c_j}}{v_{L1,c_j}}$$

$$FCS_{MV,c,nivl}^T = (10.648 \ 8.251 \ 7.202 \ 6.005 \ 6.676 \ 7.267 \ 8.436 \ 7.267 \ 6.676 \ 6.005 \ 7.202 \ 8.251 \ 10.648)$$

Calcul en service :

Aile inférieure

Section non-composite

$$\sigma_{b,D,nc_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x1_j}}$$

$$\sigma_{b,D,nc}^T = (0 \ 16.632 \ 29.568 \ 34.65 \ 29.661 \ 33.899 \ 35.311 \ 33.899 \ 29.661 \ 34.65 \ 29.568 \ 16.632 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{b,L1,nc_j} := \frac{M_{L1_j}}{S_{x1_j}}$$

$$\sigma_{b,L1,nc}^T = (0 \ 17.782 \ 31.506 \ 36.538 \ 30.872 \ 33.924 \ 33.667 \ 33.924 \ 30.872 \ 36.538 \ 31.506 \ 17.782 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$FCS_{b,nc,nivl_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{b,D,nc_j}}{\max(0.1 \text{MPa}, \sigma_{b,L1,nc_j})}$$

$$FCS_{b,nc,nivl}^T = (3.325 \times 10^3 \ 17.764 \ 9.615 \ 8.152 \ 9.809 \ 8.802 \ 8.827 \ 8.802 \ 9.809 \ 8.152 \ 9.615 \ 17.764 \ 3.325 \times 10^3)$$

Section composite

$$\sigma_{b.D.c_j} = \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j}}{S_{x1_j}} + \frac{M_{Dc_j}}{S_{b.3n_j}}$$

$$\sigma_{b.D.c}^T = (0 \ 16.373 \ 29.108 \ 34.11 \ 29.254 \ 33.433 \ 34.826 \ 33.433 \ 29.254 \ 34.11 \ 29.108 \ 16.373 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{b.L1.c_j} = \frac{M_{L1_j}}{S_{b.n_j}}$$

$$\sigma_{b.L1.c}^T = (0 \ 13.086 \ 23.187 \ 26.89 \ 23.453 \ 25.771 \ 25.575 \ 25.771 \ 23.453 \ 26.89 \ 23.187 \ 13.086 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$FCS_{b.c.niv1_j} = \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{b.D.c_j}}{\max(1 \text{MPa}, \sigma_{b.L1.c_j})}$$

$$FCS_{b.c.niv1}^T = (332.5 \ 24.157 \ 13.085 \ 11.097 \ 12.93 \ 11.605 \ 11.639 \ 11.605 \ 12.93 \ 11.097 \ 13.085 \ 24.157 \ 332.5)$$

Aile supérieure

Section non-composite

$$\sigma_{tb.D.nc_j} = \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x2_j}}$$

$$\sigma_{tb.D.nc}^T = (0 \ 27.851 \ 49.512 \ 58.022 \ 54.899 \ 62.741 \ 65.356 \ 62.741 \ 54.899 \ 58.022 \ 49.512 \ 27.851 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{tb.L1.nc_j} = \frac{M_{L1_j}}{S_{x2_j}}$$

$$\sigma_{tb.L1.nc}^T = (0 \ 29.776 \ 52.758 \ 61.185 \ 57.14 \ 62.789 \ 62.312 \ 62.789 \ 57.14 \ 61.185 \ 52.758 \ 29.776 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$FCS_{tb.nc.niv1_j} = \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{tb.D.nc_j}}{\max(1 \text{MPa}, \sigma_{tb.L1.nc_j})}$$

$$FCS_{tb.nc.niv1}^T = (332.5 \ 10.231 \ 5.364 \ 4.486 \ 4.858 \ 4.296 \ 4.287 \ 4.296 \ 4.858 \ 4.486 \ 5.364 \ 10.231 \ 332.5)$$

Section composite

$$\sigma_{fb,D,c_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j}}{S_{x2_j}} + \frac{M_{Dc_j}}{S_{fb,3n_j}}$$

$$\sigma_{fb,D,c}^T = (0 \ 26.447 \ 47.017 \ 55.097 \ 52.288 \ 59.757 \ 62.247 \ 59.757 \ 52.288 \ 55.097 \ 47.017 \ 26.447 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fb,L1,c_j} := \frac{M_{L1_j}}{S_{fb,n_j}}$$

$$\sigma_{fb,L1,c}^T = (0 \ 4.407 \ 7.809 \ 9.056 \ 9.773 \ 10.739 \ 10.658 \ 10.739 \ 9.773 \ 9.056 \ 7.809 \ 4.407 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{fb,c,niv1_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{fb,D,c_j}}{\max(1 \text{ MPa}, \sigma_{fb,L1,c_j})}$$

$$FCS_{fb,c,niv1}^T = (332.5 \ 69.445 \ 36.56 \ 30.632 \ 28.672 \ 25.397 \ 25.358 \ 25.397 \ 28.672 \ 30.632 \ 36.56 \ 69.445 \ 332.5)$$

Béton :

Section composite

$$\sigma_{t,D,c_j} := \frac{M_{Dc_j}}{S_{t,3n_j}} \cdot \frac{1}{3 \cdot n}$$

$$\sigma_{t,D,c}^T = (0 \ 0.04 \ 0.071 \ 0.083 \ 0.084 \ 0.096 \ 0.1 \ 0.096 \ 0.084 \ 0.083 \ 0.071 \ 0.04 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,L1,c_j} := \frac{M_{L1_j}}{S_{t,n_j}} \cdot \frac{1}{n}$$

$$\sigma_{t,L1,c}^T = (0 \ 0.764 \ 1.354 \ 1.571 \ 1.605 \ 1.764 \ 1.75 \ 1.764 \ 1.605 \ 1.571 \ 1.354 \ 0.764 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{t,c,niv1_j} := \frac{\phi_c \cdot f_c - \sigma_{t,D,c_j}}{\max(0.1 \text{ MPa}, \sigma_{t,L1,c_j})}$$

$$FCS_{t,c,niv1}^T = (187.5 \ 24.476 \ 13.792 \ 11.884 \ 11.628 \ 10.576 \ 10.654 \ 10.576 \ 11.628 \ 11.884 \ 13.792 \ 24.476 \ 187.5)$$

Calcul des FCS pour le niveau 2 :

Cisaillement :
$$FCS_{V,niv2_j} := \frac{V_{rr_j} - V_{f,D_j}}{V_{f,L2_j}}$$

$$FCS_{V,niv2}^T = (5.11 \ 5.98 \ 7.14 \ 5.75 \ 6.42 \ 8.24 \ 11.21 \ 8.24 \ 6.42 \ 5.75 \ 7.14 \ 5.98 \ 5.11)$$

Flexion (non-composite) :
$$FCS_{M,nc,niv2_j} := \frac{M_{rr,nc_j} - M_{f,D_j}}{\max(1\text{kN}\cdot\text{m}, M_{f,L2_j})}$$

$$FCS_{M,nc,niv2}^T = (7098.51 \ 6.97 \ 3.62 \ 2.95 \ 3.2 \ 2.73 \ 2.64 \ 2.73 \ 3.2 \ 2.95 \ 3.62 \ 6.97 \ 7098.51)$$

Flexion (composite) :
$$FCS_{M,c,niv2_j} := \frac{M_{rr,c_j} - M_{f,D_j}}{\max(1\text{kN}\cdot\text{m}, M_{f,L2_j})}$$

$$FCS_{M,c,niv2}^T = (20879.46 \ 22.09 \ 12.26 \ 10.29 \ 11.01 \ 9.65 \ 9.42 \ 9.65 \ 11.01 \ 10.29 \ 12.26 \ 22.09 \ 20879.46)$$

Calcul de l'interaction Flexion-Cisaillement (non-mixte) :

Section non-composite :

$$v_{D,nc_j} := \frac{0.727 \cdot M_{f,D_j}}{M_{rr,nc_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{f,D_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{D,nc}^T = (0.054 \ 0.12 \ 0.168 \ 0.195 \ 0.178 \ 0.185 \ 0.178 \ 0.185 \ 0.178 \ 0.195 \ 0.168 \ 0.12 \ 0.054)$$

$$v_{L2,nc_j} := \frac{0.727 \cdot M_{f,L2_j}}{M_{rr,nc_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{f,L2_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{L2,nc}^T = (0.078 \ 0.162 \ 0.223 \ 0.265 \ 0.247 \ 0.257 \ 0.249 \ 0.257 \ 0.247 \ 0.265 \ 0.223 \ 0.162 \ 0.078)$$

$$FCS_{MV,nc,niv2_j} := \frac{1 - v_{D,nc_j}}{v_{L2,nc_j}}$$

$$FCS_{MV,nc,niv2}^T = (12.062 \ 5.429 \ 3.738 \ 3.035 \ 3.328 \ 3.166 \ 3.307 \ 3.166 \ 3.328 \ 3.035 \ 3.738 \ 5.429 \ 12.062)$$

Section composite :

$$v_{D,c_j} := \frac{0.727 \cdot M_{f,D_j}}{M_{rr,c_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{f,D_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{D,c}^T = (0.054 \ 0.069 \ 0.079 \ 0.09 \ 0.08 \ 0.073 \ 0.06 \ 0.073 \ 0.08 \ 0.09 \ 0.079 \ 0.069 \ 0.054)$$

$$v_{L2,c_j} := \frac{0.727 \cdot M_{f,L2_j}}{M_{rr,c_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{f,L2_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{L2,c}^T = (0.078 \ 0.101 \ 0.115 \ 0.138 \ 0.128 \ 0.123 \ 0.111 \ 0.123 \ 0.128 \ 0.138 \ 0.115 \ 0.101 \ 0.078)$$

$$FCS_{MV,c,niv2_j} := \frac{1 - v_{D,c_j}}{v_{L2,c_j}}$$

$$FCS_{MV,c,niv2}^T = (12.062 \ 9.258 \ 8.031 \ 6.583 \ 7.203 \ 7.551 \ 8.437 \ 7.551 \ 7.203 \ 6.583 \ 8.031 \ 9.258 \ 12.062)$$

Calcul en service :

Aile inférieure

Section non-composite

$$\sigma_{b,D,nc_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{xI_j}}$$

$$\sigma_{b,D,nc}^T = (0 \ 16.632 \ 29.568 \ 34.65 \ 29.661 \ 33.899 \ 35.311 \ 33.899 \ 29.661 \ 34.65 \ 29.568 \ 16.632 \ 0) \text{-MPa}$$

$$\sigma_{b,L2,nc_j} := \frac{M_{L2_j}}{S_{xI_j}}$$

$$\sigma_{b,L2,nc}^T = (0 \ 15.849 \ 27.743 \ 32.667 \ 27.886 \ 31.492 \ 32.135 \ 31.492 \ 27.886 \ 32.667 \ 27.743 \ 15.849 \ 0) \text{-MPa}$$

$$FCS_{b,nc,niv2_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{b,D,nc_j}}{\max(0.1 \text{MPa}, \sigma_{b,L2,nc_j})}$$

$$FCS_{b,nc,niv2}^T = (3325 \ 19.93 \ 10.919 \ 9.118 \ 10.86 \ 9.482 \ 9.248 \ 9.482 \ 10.86 \ 9.118 \ 10.919 \ 19.93 \ 3325)$$

Section composite

$$\sigma_{b.D.c_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x1_j}} + \frac{M_{Dc_j}}{S_{b,3n_j}}$$

$$\sigma_{b.D.c}^T = (0 \ 16.373 \ 29.108 \ 34.11 \ 29.254 \ 33.433 \ 34.826 \ 33.433 \ 29.254 \ 34.11 \ 29.108 \ 16.373 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{b.L2.c_j} := \frac{M_{L2_j}}{S_{b,n_j}}$$

$$\sigma_{b.L2.c}^T = (0 \ 11.664 \ 20.417 \ 24.041 \ 21.184 \ 23.924 \ 24.412 \ 23.924 \ 21.184 \ 24.041 \ 20.417 \ 11.664 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$\text{FCS}_{b.c.niv2_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{b.D.c_j}}{\max(1 \text{MPa}, \sigma_{b.L2.c_j})}$$

$$\text{FCS}_{b.c.niv2}^T = (332.5 \ 27.103 \ 14.86 \ 12.412 \ 14.315 \ 12.501 \ 12.194 \ 12.501 \ 14.315 \ 12.412 \ 14.86 \ 27.103 \ 332.5)$$

Aile supérieure

Section non-composite

$$\sigma_{tb.D.nc_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x2_j}}$$

$$\sigma_{tb.D.nc}^T = (0 \ 27.851 \ 49.512 \ 58.022 \ 54.899 \ 62.741 \ 65.356 \ 62.741 \ 54.899 \ 58.022 \ 49.512 \ 27.851 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{tb.L2.nc_j} := \frac{M_{L2_j}}{S_{x2_j}}$$

$$\sigma_{tb.L2.nc}^T = (0 \ 26.54 \ 46.457 \ 54.703 \ 51.612 \ 58.288 \ 59.477 \ 58.288 \ 51.612 \ 54.703 \ 46.457 \ 26.54 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$\text{FCS}_{tb.nc.niv2_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{tb.D.nc_j}}{\max(1 \text{MPa}, \sigma_{tb.L2.nc_j})}$$

$$\text{FCS}_{tb.nc.niv2}^T = (332.5 \ 11.479 \ 6.091 \ 5.018 \ 5.379 \ 4.628 \ 4.492 \ 4.628 \ 5.379 \ 5.018 \ 6.091 \ 11.479 \ 332.5)$$

Section composite

$$\sigma_{tb,D,c_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j}}{S_{x2_j}} + \frac{M_{Dc_j}}{S_{tb,3n_j}}$$

$$\sigma_{tb,D,c}^T = (0 \ 26.447 \ 47.017 \ 55.097 \ 52.288 \ 59.757 \ 62.247 \ 59.757 \ 52.288 \ 55.097 \ 47.017 \ 26.447 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{tb,L2,c_j} := \frac{M_{L2_j}}{S_{tb,n_j}}$$

$$\sigma_{tb,L2,c}^T = (0 \ 3.928 \ 6.876 \ 8.096 \ 8.828 \ 9.969 \ 10.173 \ 9.969 \ 8.828 \ 8.096 \ 6.876 \ 3.928 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{tb,c,niv2_j} := \frac{\phi F_y - \sigma_{tb,D,c_j}}{\max(1 \text{ MPa}, \sigma_{tb,L2,c_j})}$$

$$FCS_{tb,c,niv2}^T = (332.5 \ 77.914 \ 41.519 \ 34.262 \ 31.743 \ 27.358 \ 26.566 \ 27.358 \ 31.743 \ 34.262 \ 41.519 \ 77.914 \ 332.5)$$

Béton :

Section composite

$$\sigma_{t,D,c_j} := \frac{M_{Dc_j}}{S_{t,3n_j}} \cdot \frac{1}{3 \cdot n}$$

$$\sigma_{t,D,c}^T = (0 \ 0.04 \ 0.071 \ 0.083 \ 0.084 \ 0.096 \ 0.1 \ 0.096 \ 0.084 \ 0.083 \ 0.071 \ 0.04 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,L2,c_j} := \frac{M_{L2_j}}{S_{t,n_j}} \cdot \frac{1}{n}$$

$$\sigma_{t,L2,c}^T = (0 \ 0.681 \ 1.193 \ 1.404 \ 1.45 \ 1.637 \ 1.671 \ 1.637 \ 1.45 \ 1.404 \ 1.193 \ 0.681 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{t,c,niv2_j} := \frac{\phi_c f_c - \sigma_{t,D,c_j}}{\max(0.1 \text{ MPa}, \sigma_{t,L2,c_j})}$$

$$FCS_{t,c,niv2}^T = (187.5 \ 27.462 \ 15.662 \ 13.293 \ 12.874 \ 11.392 \ 11.162 \ 11.392 \ 12.874 \ 13.293 \ 15.662 \ 27.462 \ 187.5)$$

Calcul des FCS pour le niveau 3 :

$$\text{Cisaillement : } FCS_{V,niv3_j} := \frac{V_{rr_j} - V_{fD_j}}{V_{fL3_j}}$$

$$FCS_{V,niv3}^T = (6.95 \ 7.99 \ 9.29 \ 7.37 \ 8.08 \ 9.88 \ 12.48 \ 9.88 \ 8.08 \ 7.37 \ 9.29 \ 7.99 \ 6.95)$$

$$\text{Flexion (non-composite) : } FCS_{M,nc,niv3_j} := \frac{M_{rr,nc_j} - M_{fD_j}}{\max(1\text{kN}\cdot\text{m}, M_{fL3_j})}$$

$$FCS_{M,nc,niv3}^T = (7098.51 \ 9.31 \ 4.79 \ 3.95 \ 4.28 \ 3.64 \ 3.46 \ 3.64 \ 4.28 \ 3.95 \ 4.79 \ 9.31 \ 7098.51)$$

$$\text{Flexion (composite) : } FCS_{M,c,niv3_j} := \frac{M_{rr,c_j} - M_{fD_j}}{\max(1\text{kN}\cdot\text{m}, M_{fL3_j})}$$

$$FCS_{M,c,niv3}^T = (20879.46 \ 29.49 \ 16.23 \ 13.75 \ 14.73 \ 12.86 \ 12.35 \ 12.86 \ 14.73 \ 13.75 \ 16.23 \ 29.49 \ 20879.46)$$

Calcul de l'interaction Flexion-Cisaillement (non-mixte) :

Section non-composite :

$$v_{D,nc_j} := \frac{0.727 \cdot M_{fD_j}}{M_{rr,nc_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{fD_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{D,nc}^T = (0.054 \ 0.12 \ 0.168 \ 0.195 \ 0.178 \ 0.185 \ 0.178 \ 0.185 \ 0.178 \ 0.195 \ 0.168 \ 0.12 \ 0.054)$$

$$v_{L3,nc_j} := \frac{0.727 \cdot M_{fL3_j}}{M_{rr,nc_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{fL3_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{L3,nc}^T = (0.058 \ 0.121 \ 0.169 \ 0.201 \ 0.188 \ 0.197 \ 0.195 \ 0.197 \ 0.188 \ 0.201 \ 0.169 \ 0.121 \ 0.058)$$

$$FCS_{MV,nc,niv3_j} := \frac{1 - v_{D,nc_j}}{v_{L3,nc_j}}$$

$$FCS_{MV,nc,niv3}^T = (16.418 \ 7.248 \ 4.928 \ 4.01 \ 4.377 \ 4.127 \ 4.214 \ 4.127 \ 4.377 \ 4.01 \ 4.928 \ 7.248 \ 16.418)$$

Section composite :

$$v_{D,c_j} := \frac{0.727 \cdot M_{f,D_j}}{M_{rr,c_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{f,D_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{D,c}^T = (0.054 \ 0.069 \ 0.079 \ 0.09 \ 0.08 \ 0.073 \ 0.06 \ 0.073 \ 0.08 \ 0.09 \ 0.079 \ 0.069 \ 0.054)$$

$$v_{L3,c_j} := \frac{0.727 \cdot M_{f,L3_j}}{M_{rr,c_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{f,L3_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{L3,c}^T = (0.058 \ 0.075 \ 0.087 \ 0.106 \ 0.099 \ 0.097 \ 0.09 \ 0.097 \ 0.099 \ 0.106 \ 0.087 \ 0.075 \ 0.058)$$

$$FCS_{MV,c,niv3_j} := \frac{1 - v_{D,c_j}}{v_{L3,c_j}}$$

$$FCS_{MV,c,niv3}^T = (16.418 \ 12.358 \ 10.542 \ 8.605 \ 9.329 \ 9.602 \ 10.391 \ 9.602 \ 9.329 \ 8.605 \ 10.542 \ 12.358 \ 16.418)$$

Calcul en service :

Aile inférieure

Section non-composite

$$\sigma_{b,D,nc_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x1_j}}$$

$$\sigma_{b,D,nc}^T = (0 \ 16.632 \ 29.568 \ 34.65 \ 29.661 \ 33.899 \ 35.311 \ 33.899 \ 29.661 \ 34.65 \ 29.568 \ 16.632 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{b,L3,nc_j} := \frac{M_{L3_j}}{S_{x1_j}}$$

$$\sigma_{b,L3,nc}^T = (0 \ 11.872 \ 20.946 \ 24.434 \ 20.848 \ 23.612 \ 24.506 \ 23.612 \ 20.848 \ 24.434 \ 20.946 \ 11.872 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{b,nc,niv3_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{b,D,nc_j}}{\max(1 \text{ MPa}, \sigma_{b,L3,nc_j})}$$

$$FCS_{b,nc,niv3}^T = (332.5 \ 26.605 \ 14.462 \ 12.19 \ 14.526 \ 12.646 \ 12.127 \ 12.646 \ 14.526 \ 12.19 \ 14.462 \ 26.605 \ 332.5)$$

Section composite

$$\sigma_{b,D,c_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x1_j}}$$

$$\sigma_{b,D,c}^T = (0 \ 16.373 \ 29.108 \ 34.11 \ 29.254 \ 33.433 \ 34.826 \ 33.433 \ 29.254 \ 34.11 \ 29.108 \ 16.373 \ 0) \text{-MPa}$$

$$\sigma_{b,L3,c_j} := \frac{M_{L3_j}}{S_{b,n_j}}$$

$$\sigma_{b,L3,c}^T = (0 \ 8.737 \ 15.415 \ 17.982 \ 15.837 \ 17.937 \ 18.616 \ 17.937 \ 15.837 \ 17.982 \ 15.415 \ 8.737 \ 0) \text{-MPa}$$

$$FCS_{b,c,niv3_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{b,D,c_j}}{\max(1 \text{MPa}, \sigma_{b,L3,c_j})}$$

$$FCS_{b,c,niv3}^T = (332.5 \ 36.181 \ 19.681 \ 16.594 \ 19.148 \ 16.673 \ 15.99 \ 16.673 \ 19.148 \ 16.594 \ 19.681 \ 36.181 \ 332.5)$$

Aile supérieure

Section non-composite

$$\sigma_{tb,D,nc_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x2_j}}$$

$$\sigma_{tb,D,nc}^T = (0 \ 27.851 \ 49.512 \ 58.022 \ 54.899 \ 62.741 \ 65.356 \ 62.741 \ 54.899 \ 58.022 \ 49.512 \ 27.851 \ 0) \text{-MPa}$$

$$\sigma_{tb,L3,nc_j} := \frac{M_{L3_j}}{S_{x2_j}}$$

$$\sigma_{tb,L3,nc}^T = (0 \ 19.881 \ 35.075 \ 40.916 \ 38.586 \ 43.703 \ 45.356 \ 43.703 \ 38.586 \ 40.916 \ 35.075 \ 19.881 \ 0) \text{-MPa}$$

$$FCS_{tb,nc,niv3_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{tb,D,nc_j}}{\max(1 \text{MPa}, \sigma_{tb,L3,nc_j})}$$

$$FCS_{tb,nc,niv3}^T = (332.5 \ 15.324 \ 8.068 \ 6.708 \ 7.194 \ 6.173 \ 5.89 \ 6.173 \ 7.194 \ 6.708 \ 8.068 \ 15.324 \ 332.5)$$

Section composite

$$\sigma_{tb.D,c_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j}}{S_{x2_j}} + \frac{M_{Dc_j}}{S_{tb.3n_j}}$$

$$\sigma_{tb.D,c}^T = (0 \ 26.447 \ 47.017 \ 55.097 \ 52.288 \ 59.757 \ 62.247 \ 59.757 \ 52.288 \ 55.097 \ 47.017 \ 26.447 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{tb.L3,c_j} := \frac{M_{L3_j}}{S_{tb.n_j}}$$

$$\sigma_{tb.L3,c}^T = (0 \ 2.943 \ 5.191 \ 6.056 \ 6.6 \ 7.475 \ 7.758 \ 7.475 \ 6.6 \ 6.056 \ 5.191 \ 2.943 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{tb.c.niv3_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{tb.D,c_j}}{\max(1 \text{ MPa}, \sigma_{tb.L3,c_j})}$$

$$FCS_{tb.c.niv3}^T = (332.5 \ 104.011 \ 54.991 \ 45.807 \ 42.459 \ 36.488 \ 34.837 \ 36.488 \ 42.459 \ 45.807 \ 54.991 \ 104.011 \ 332)$$

Béton :

Section composite

$$\sigma_{t.D,c_j} := \frac{M_{Dc_j}}{S_{t.3n_j}} \cdot \frac{1}{3 \cdot n}$$

$$\sigma_{t.D,c}^T = (0 \ 0.04 \ 0.071 \ 0.083 \ 0.084 \ 0.096 \ 0.1 \ 0.096 \ 0.084 \ 0.083 \ 0.071 \ 0.04 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t.L3,c_j} := \frac{M_{L3_j}}{S_{t.n_j}} \cdot \frac{1}{n}$$

$$\sigma_{t.L3,c}^T = (0 \ 0.51 \ 0.9 \ 1.05 \ 1.084 \ 1.228 \ 1.274 \ 1.228 \ 1.084 \ 1.05 \ 0.9 \ 0.51 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{t.c.niv3_j} := \frac{\phi_c \cdot f_c - \sigma_{t.D,c_j}}{\max(0.1 \text{ MPa}, \sigma_{t.L3,c_j})}$$

$$FCS_{t.c.niv3}^T = (187.5 \ 36.66 \ 20.744 \ 17.772 \ 17.22 \ 15.194 \ 14.637 \ 15.194 \ 17.22 \ 17.772 \ 20.744 \ 36.66 \ 187.5)$$

Calcul de la flèche :

$$\Delta_{\max, v, \text{total}} = 995.871 \cdot \text{mm} \quad \text{Calculé avec } I_{xc} = 1 \times 10^9 \cdot \text{mm}^4$$

Calculé avec la section non-composite (utiliser l'inertie de la section 1 ce qui est conservateur)

$$\Delta_{\max, nc} := \Delta_{\max, v, \text{total}} \frac{I_{xc}}{I_{xx,1}} \quad \Delta_{\max, nc} = 34.811 \cdot \text{mm} \quad \frac{I_{xx,1}}{I_{xx,2}} = 0.806 \quad \frac{L}{\Delta_{\max, nc}} = 782.227$$

Calculé avec la section non-composite (utiliser l'inertie de la section 1 ce qui est conservateur)

$$\Delta_{\max, c} := \Delta_{\max, v, \text{total}} \frac{I_{xc}}{I_{c,n,1}} \quad \Delta_{\max, c} = 12.805 \cdot \text{mm} \quad \frac{I_{c,n,1}}{I_{c,n,2}} = 0.827 \quad \frac{L}{\Delta_{\max, c}} = 2.127 \times 10^3$$

Résumé des résultats :

Niveau 1 :

$$FCS_{nc,niv1} := \min(\min(FCS_{V,niv1}), \min(FCS_{M,nc,niv1}), \min(FCS_{MV,nc,niv1}), \min(FCS_{b,nc,niv1}), \min(FCS_{tb,nc,niv1}))$$

$$FCS_{nc,niv1} = 2.52$$

$$FCS_{c,niv1} := \min(\min(FCS_{V,niv1}), \min(FCS_{M,c,niv1}), \min(FCS_{MV,c,niv1}), \min(FCS_{b,c,niv1}), \min(FCS_{tb,c,niv1}), \min(FCS_{tc,niv1}))$$

$$FCS_{c,niv1} = 4.51$$

$\min(FCS_{V,niv1}) = 4.51$	Ultime / Cisaillement	
$\min(FCS_{M,nc,niv1}) = 2.52$	$\min(FCS_{M,c,niv1}) = 8.954$	Ultime / Flexion
$\min(FCS_{MV,nc,niv1}) = 2.742$	$\min(FCS_{MV,c,niv1}) = 6.005$	Ultime / Interaction Flexion/cisaillement
$\min(FCS_{b,nc,niv1}) = 8.152$	$\min(FCS_{b,c,niv1}) = 11.097$	Service / Tension aile inférieure
$\min(FCS_{tb,nc,niv1}) = 4.287$	$\min(FCS_{tb,c,niv1}) = 25.358$	Service / Compression aile supérieure
	$\min(FCS_{tc,niv1}) = 10.576$	Service / Compression béton

Niveau 2 :

$$FCS_{nc,niv2} := \min(\min(FCS_{V,niv2}), \min(FCS_{M,nc,niv2}), \min(FCS_{MV,nc,niv2}), \min(FCS_{b,nc,niv2}), \min(FCS_{tb,nc,niv2}))$$

$$FCS_{nc,niv2} = 2.64$$

$$FCS_{c,niv2} := \min(\min(FCS_{V,niv2}), \min(FCS_{M,c,niv2}), \min(FCS_{MV,c,niv2}), \min(FCS_{b,c,niv2}), \min(FCS_{tb,c,niv2}), \min(FCS_{tc,niv2}))$$

$$FCS_{c,niv2} = 5.109$$

$\min(FCS_{V,niv2}) = 5.109$	Ultime / Cisaillement	
$\min(FCS_{M,nc,niv2}) = 2.64$	$\min(FCS_{M,c,niv2}) = 9.418$	Ultime / Flexion
$\min(FCS_{MV,nc,niv2}) = 3.035$	$\min(FCS_{MV,c,niv2}) = 6.583$	Ultime / Interaction Flexion/cisaillement
$\min(FCS_{b,nc,niv2}) = 9.118$	$\min(FCS_{b,c,niv2}) = 12.194$	Service / Tension aile inférieure
$\min(FCS_{tb,nc,niv2}) = 4.492$	$\min(FCS_{tb,c,niv2}) = 26.566$	Service / Compression aile supérieure
	$\min(FCS_{tc,niv2}) = 11.162$	Service / Compression béton

Niveau 3 :

$$FCS_{nc,niv3} := \min(\min(FCS_{V,niv3}), \min(FCS_{M,nc,niv3}), \min(FCS_{MV,nc,niv3}), \min(FCS_{b,nc,niv3}), \min(FCS_{tb,nc,niv3}))$$

$$FCS_{nc,niv3} = 3.462$$

$$FCS_{c,niv3} := \min(\min(FCS_{V,niv3}), \min(FCS_{M,c,niv3}), \min(FCS_{MV,c,niv3}), \min(FCS_{b,c,niv3}), \min(FCS_{tb,c,niv3}), \min(FCS_{Lc,niv3}))$$

$$FCS_{c,niv3} = 6.955$$

$\min(FCS_{V,niv3}) = 6.955$	Ultime / Cisaillement	
$\min(FCS_{M,nc,niv3}) = 3.462$	$\min(FCS_{M,c,niv3}) = 12.351$	Ultime / Flexion
$\min(FCS_{MV,nc,niv3}) = 4.01$	$\min(FCS_{MV,c,niv3}) = 8.605$	Ultime / Interaction Flexion/cisaillement
$\min(FCS_{b,nc,niv3}) = 12.127$	$\min(FCS_{b,c,niv3}) = 15.99$	Service / Tension aile inférieure
$\min(FCS_{tb,nc,niv3}) = 5.89$	$\min(FCS_{tb,c,niv3}) = 34.837$	Service / Compression aile supérieure
	$\min(FCS_{Lc,niv3}) = 14.637$	Service / Compression béton

Calcul de la Poutre

- OUTILS ORIGINAUX
- NOUVEAU OUTILS
- FAIBLE



Nom du projet: _____

Par: _____

Date: _____

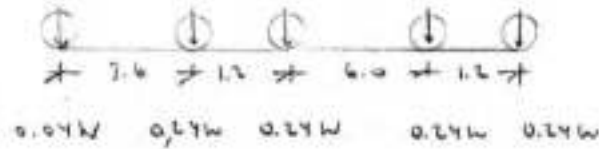
Sujet: _____

No du projet: _____

Tous calculs sont normés, soit

1. Le multipleur par rapport
2. Le multipleur illustré dans la référence de la SEM
3. un facteur connu de 90 km

Le facteur est détaillé comme suit





Nom du projet: _____

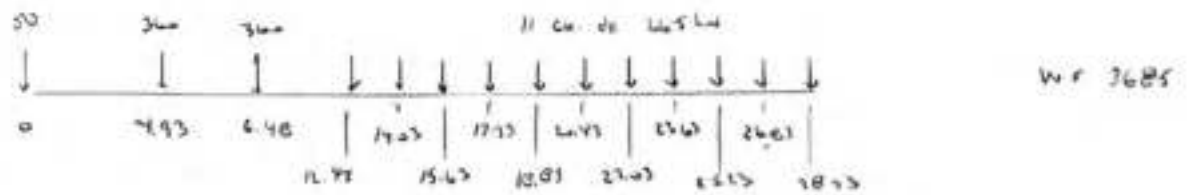
Par: _____ P.L. _____

Sujet: _____

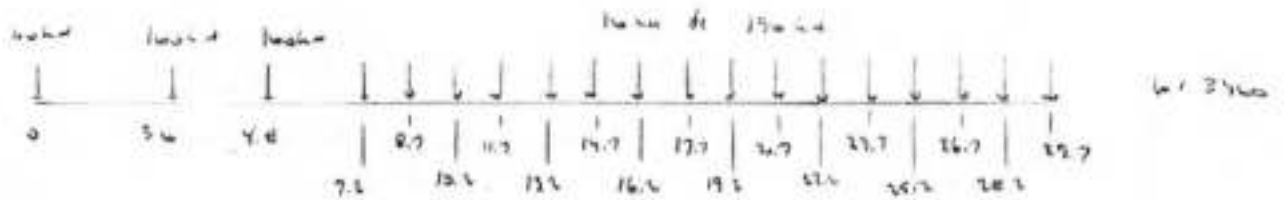
Date: _____

No du projet: _____

Calcul des efforts avec un seul degré de liberté



0.022 0.022 0.022 11 x 0.022

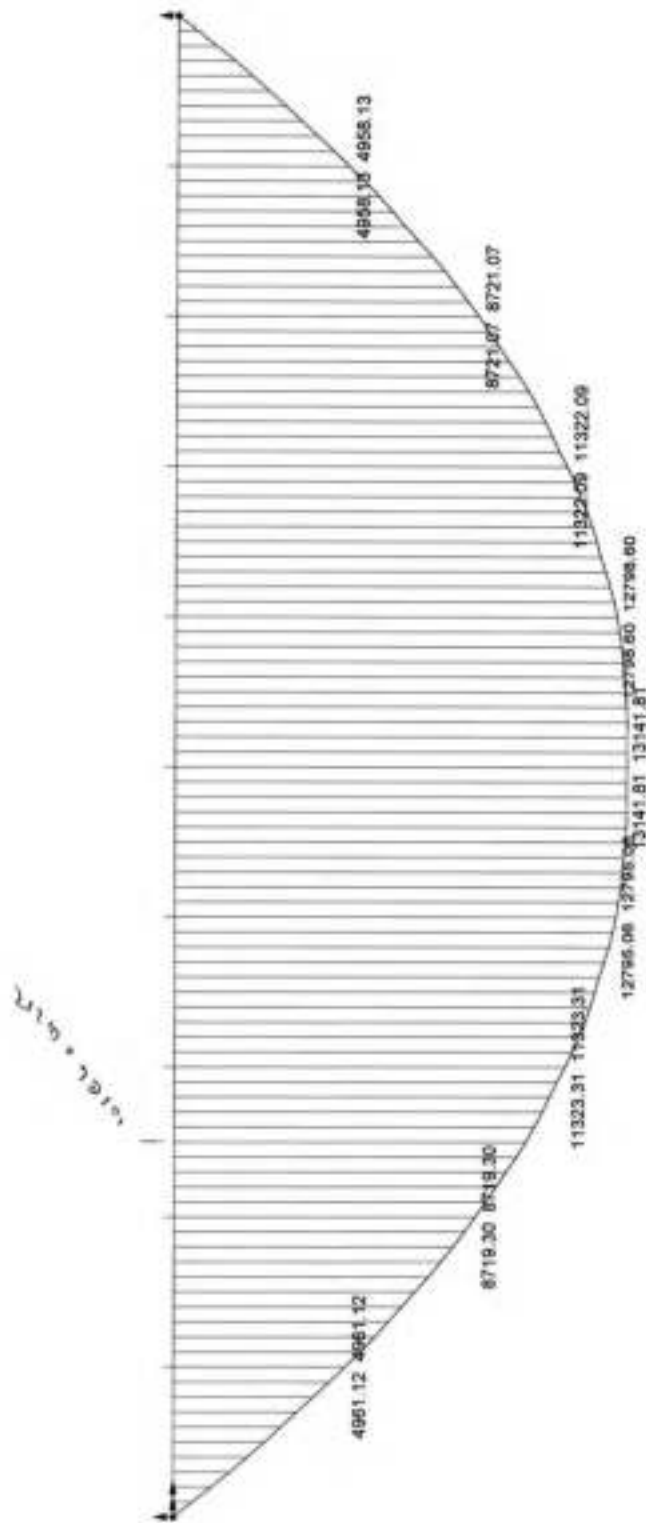


0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03

0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03

Membrures

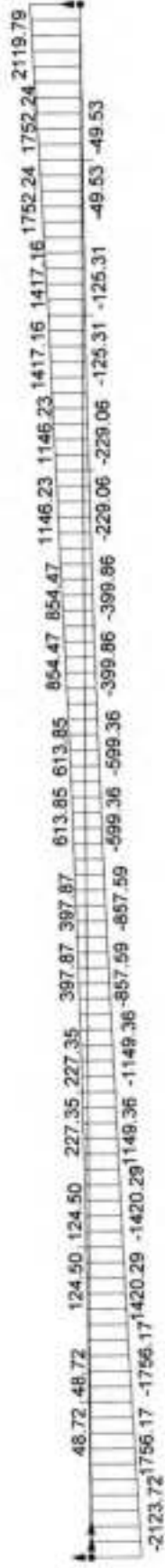
M_x (kN.m)



ملف 1

- Enveloppe : Lm01

Membrures
Vy (kN)



2123.72
kN

M-V-11-03-04

- Enveloppe : Lm01

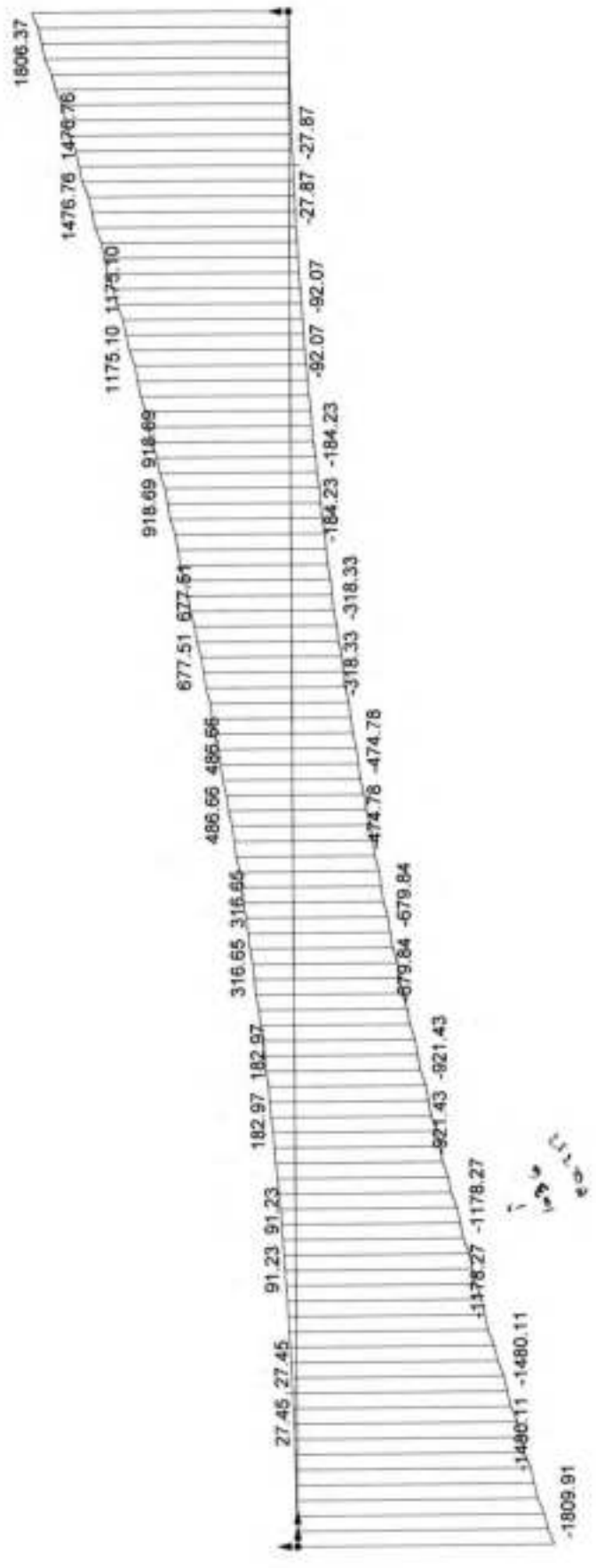
Membrures
Mx (kN.m)



- Enveloppe : Lm01

12-15 16 17 18

Membrures
 Vy (kN)



100% 100%

- Enveloppe : Lm01



Nom du projet: _____

Par: PL

Date: _____

Sujet: _____

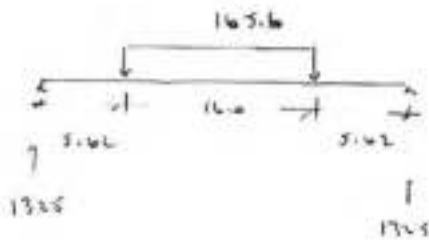
No du projet: _____

Validation des efforts

Mathilde II essai

265 kN à 1.6m

ou $265/1.6 = 165.6 \text{ kN/m}$



$$M = 1325 \cdot \frac{2.722}{2} - 165.6 \cdot 0.8 \cdot \frac{0.8}{2}$$

$$= 12741 \text{ kNm}$$

$$\Rightarrow 11675 \text{ kNm (V.O.)}$$

$$+ 91.42$$



$$V = 1871 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow 1810 \text{ kN (V.O.)}$$

$$+ 96.72$$

Calcul des charges et évaluation / Pont Rivière Némiscau

Calcul avec Vr
avec raidisseur

Charge vive :

$$\text{ORIGIN} = 0$$

Longueur : $l_{\text{tot}} = 27230 \text{ mm}$

$L < 50 \text{ m}$

Calcul selon la norme S6-06 mais avec des chargements hors-norme

Multiligne à 16 roues hors-tout de 3000mm

$$x_c := (0 \ 0.1 \ 0.2 \ 0.25 \ 0.3 \ 0.4 \ 0.5 \ 0.6 \ 0.7 \ 0.75 \ 0.8 \ 0.9 \ 1.0)^T \cdot L \quad i := 0.. \text{rows}(x_c) - 1 \quad \text{rows}(x_c) = 13$$

$$\text{div} := \text{rows}(x_c) - 1$$

Charges d'essieux :

$$\text{NIV1} \quad P_1 := (100 \ 160 \ 160 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190 \ 190)^T \text{ kN}$$

$$\text{NIV2} \quad P_2 := \frac{0.44}{0.58} \left(50 \frac{0.30}{0.44} \ 360 \frac{0.30}{0.44} \ 360 \frac{0.30}{0.44} \ 265 \ 265 \ 265 \ 265 \ 265 \ 265 \ 265 \ 265 \ 265 \ 265 \ 265 \ 265 \ 265 \ 265 \right)^T \text{ kN}$$

$$\text{NIV3} \quad P_3 := \frac{0.64}{0.58} (36 \ 216 \ 216 \ 216 \ 216)^T \text{ kN}$$

NIV 1 = Nouvelle charge proposée
NIV 2 = Charge originale
NIV 3 = Camion + fardier

Position des roues

$$x_{p1} := (0 \ 3.6 \ 4.8 \ 7.2 \ 8.7 \ 10.2 \ 11.7 \ 13.2 \ 14.7 \ 16.2 \ 17.7 \ 19.2 \ 20.7 \ 22.2 \ 23.7 \ 25.2 \ 26.7 \ 28.2 \ 29.7)^T \text{ m}$$

$$x_{p2} := (0 \ 4.930 \ 6.480 \ 12.430 \ 14.030 \ 15.630 \ 17.230 \ 18.830 \ 20.430 \ 22.030 \ 23.630 \ 25.230 \ 26.830 \ 28.430)^T \text{ m}$$

$$x_{p3} := (0 \ 3.600 \ 4.800 \ 10.8 \ 12.0)^T \text{ m}$$

Pas pour le calcul

$$\text{step} := \frac{L}{100}$$

$$\Delta p_{a1} := -x_{p1}$$

$$\Delta p_{a2} := -x_{p2}$$

$$\Delta p_{a3} := -x_{p3}$$

Cas de charge 3 :

$$j := 0.. \text{rows}(x_{p3}) - 1 \quad k := 0.. \text{ceil}\left(\frac{|\min(x_{p3})| + L}{\text{step}}\right) \quad \frac{|\min(x_{p3})| + L}{\text{step}} = 144.069$$

Calcul des efforts aux appuis :

$$R_{1,k} := \sum_j \left[\text{if} \left[(k \cdot \text{step} + x_{p3_j}) < L \wedge (k \cdot \text{step} + x_{p3_j}) \geq 0 \text{mm}, \frac{P_{3_j} \cdot [L - (k \cdot \text{step} + x_{p3_j})]}{L}, 0 \cdot \text{kN} \right] \right]$$

$$R_{2,k} := \sum_j \left[\text{if} \left[(k \cdot \text{step} + x_{p3_j}) < L \wedge (k \cdot \text{step} + x_{p3_j}) \geq 0 \text{mm}, \frac{P_{3_j} \cdot (k \cdot \text{step} + x_{p3_j})}{L}, 0 \cdot \text{kN} \right] \right]$$

$$\max(R_1) = 819.301 \cdot \text{kN} \quad \max(R_2) = 804.224 \cdot \text{kN}$$

Calcul du cisaillement :

$$V_{t,k} := \sum_j \left[\left[\begin{array}{l} \left[\frac{P_{3_j} \cdot [L - (k \cdot \text{step} + x_{p3_j})]}{L} \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p3_j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3_j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3_j} \geq x_{c_i} \\ \left[\frac{-P_{3_j} \cdot (k \cdot \text{step} + x_{p3_j})}{L} \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p3_j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3_j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3_j} < x_{c_i} \\ (0 \text{kN}) \text{ otherwise} \end{array} \right] \right]$$

$$V_{\max_i} := \max\left[(V^T)^{\langle \hat{\varphi} \rangle}\right] \quad V_{c3,\max} := V_{\max}$$

$$V_{\min_i} := \min\left[(V^T)^{\langle \hat{\varphi} \rangle}\right] \quad V_{c3,\min} := V_{\min} \quad V_{c3_i} := \max(V_{\max_i}, |V_{\min_i}|)$$

$$V_{\max}^T = (819.3 \quad 720 \quad 620.7 \quad 571 \quad 521.4 \quad 422.1 \quad 322.7 \quad 225.4 \quad 134.3 \quad 104.2 \quad 80.4 \quad 32.7 \quad 0) \cdot \text{kN}$$

$$-V_{\min}^T = (0 \quad 5.5 \quad 57.2 \quad 83 \quad 116.8 \quad 213.5 \quad 312.8 \quad 412.1 \quad 511.5 \quad 561.1 \quad 610.8 \quad 708.9 \quad 804.2) \cdot \text{kN}$$

$$V_{t,k} := |V_{t,k}|$$

$$V_{\max,\text{abs}_i} := \max\left[(V^T)^{\langle \hat{\varphi} \rangle}\right]$$

$$V_{\max,\text{total}} := \max(V_{\max,\text{abs}}) \quad V_{\max,\text{total}} = 819.301 \cdot \text{kN}$$

Calcul de la flexion :

$$M_{i,k} := \sum_j \left[\begin{array}{l} \left[P_{3j} \cdot \left[\frac{L - (k \cdot \text{step} + x_{p3j})}{L} \right] \cdot x_{c_i} \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p3j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3j} \geq x_{c_i} \\ \left[P_{3j} \cdot \left[\frac{(k \cdot \text{step} + x_{p3j})}{L} \right] \cdot (L - x_{c_i}) \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p3j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p3j} < x_{c_i} \\ (0 \text{kN}\cdot\text{m}) \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$$M_{\max} := \max \left[(M^T)^{\hat{}} \right] \quad M_{c3} := M_{\max}$$

$$M_{\max}^T = (0 \ 1983 \ 3430 \ 3961 \ 4401 \ 4874 \ 4947 \ 4934 \ 4398 \ 3956 \ 3402 \ 1930 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max, \text{total}} := \max(M_{\max}) \quad M_{\max, \text{total}} = 4947.117 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Cas de charge 2 :

$$j := 0 \dots \text{rows}(x_{p2}) - 1 \quad k := 0 \dots \text{ceil} \left(\frac{|\min(x_{p2})| + L}{\text{step}} \right) \quad \frac{|\min(x_{p2})| + L}{\text{step}} = 204.407$$

Calcul des efforts aux appuis :

$$R_{1k} := \sum_j \left[\begin{array}{l} \left[\left[\frac{P_{2j} \cdot [L - (k \cdot \text{step} + x_{p2j})]}{L} \right] \cdot 0 \text{ kN} \right] \text{ if } \left[(k \cdot \text{step} + x_{p2j}) < L \wedge (k \cdot \text{step} + x_{p2j}) \geq 0 \text{mm} \right] \end{array} \right]$$

$$R_{2k} := \sum_j \left[\begin{array}{l} \left[\left[\frac{P_{2j} \cdot (k \cdot \text{step} + x_{p2j})}{L} \right] \cdot 0 \text{ kN} \right] \text{ if } \left[(k \cdot \text{step} + x_{p2j}) < L \wedge (k \cdot \text{step} + x_{p2j}) \geq 0 \text{mm} \right] \end{array} \right]$$

$$\max(R_1) = 1.608 \times 10^3 \quad \max(R_2) = 1.547 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

Calcul du cisaillement :

$$V_{i,k} := \sum_j \left[\begin{array}{l} \left[\left[\frac{P_{2j} \cdot [L - (k \cdot \text{step} + x_{p2j})]}{L} \right] \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p2j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p2j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p2j} \geq x_{c_i} \\ \left[\left[\frac{-P_{2j} \cdot (k \cdot \text{step} + x_{p2j})}{L} \right] \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p2j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p2j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p2j} < x_{c_i} \\ (0 \text{kN}) \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$$V_{\max_i} := \max\left[(V^T)^{\langle i \rangle}\right] \quad V_{c2,\max} := V_{\max}$$

$$V_{\min_i} := \min\left[(V^T)^{\langle i \rangle}\right] \quad V_{c2,\min} := V_{\min} \quad V_{c2_i} := \max(V_{\max_i}, |V_{\min_i}|)$$

$$V_{\max}^T = (1608 \ 1349.6 \ 1106.3 \ 995.7 \ 885.2 \ 664 \ 468.7 \ 306.5 \ 177.5 \ 127.2 \ 85.2 \ 26 \ 0) \cdot \text{kN}$$

$$-V_{\min}^T = (0 \ 7.6 \ 47.5 \ 67.4 \ 92 \ 167.9 \ 369.7 \ 603.4 \ 861.8 \ 987.4 \ 1.1 \times 10^3 \ 1.3 \times 10^3 \ 1.5 \times 10^3) \cdot \text{kN}$$

$$V_{i,k} := |V_{i,k}|$$

$$V_{\max,\text{abs}_i} := \max\left[(V^T)^{\langle i \rangle}\right]$$

$$V_{\max,\text{total}_i} := \max(V_{\max,\text{abs}_i}) \quad V_{\max,\text{total}} = 1.608 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

Calcul de la flexion :

$$M_{i,k} := \sum_j \left[\begin{array}{l} \left[P_{2_j} \cdot \left[\frac{L - (k\text{-step} + x_{p2_j})}{L} \right] \cdot x_{c_i} \right] \text{ if } k\text{-step} + x_{p2_j} \geq 0\text{mm} \wedge k\text{-step} + x_{p2_j} \leq L \wedge k\text{-step} + x_{p2_j} \geq x_{c_i} \\ \left[P_{2_j} \cdot \left[\frac{(k\text{-step} + x_{p2_j})}{L} \right] \cdot (L - x_{c_i}) \right] \text{ if } k\text{-step} + x_{p2_j} \geq 0\text{mm} \wedge k\text{-step} + x_{p2_j} \leq L \wedge k\text{-step} + x_{p2_j} < x_{c_i} \\ (0\text{kN}\cdot\text{m}) \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$$M_{\max_i} := \max\left[(M^T)^{\langle i \rangle}\right] \quad M_{c2} := M_{\max}$$

$$M_{\max}^T = (0 \ 3801 \ 6704 \ 7821 \ 8713 \ 9875 \ 10228 \ 9817 \ 8588 \ 7664 \ 6542 \ 3680 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max,\text{total}_i} := \max(M_{\max_i}) \quad M_{\max,\text{total}} = 10228.383 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Cas de charge 1 :

$$j := 0.. \text{rows}(x_{p1}) - 1 \quad k := 0.. \text{ceil}\left(\frac{|\min(x_{p1})| + L}{\text{step}}\right) \quad \frac{|\min(x_{p1})| + L}{\text{step}} = 209.071$$

Calcul des efforts aux appuis :

$$R_{1k} := \sum_j \text{if} \left[(k \cdot \text{step} + x_{p1j}) < L \wedge (k \cdot \text{step} + x_{p1j}) \geq 0 \text{mm}, \frac{P_{1j} \cdot [L - (k \cdot \text{step} + x_{p1j})]}{L}, 0 \cdot \text{kN} \right]$$

$$R_{2k} := \sum_j \text{if} \left[(k \cdot \text{step} + x_{p1j}) < L \wedge (k \cdot \text{step} + x_{p1j}) \geq 0 \text{mm}, \frac{P_{1j} \cdot (k \cdot \text{step} + x_{p1j})}{L}, 0 \cdot \text{kN} \right]$$

$$\max(R_1) = 1.775 \times 10^3 \quad \max(R_2) = 1.771 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

Calcul du cisaillement :

$$V_{i,k} := \sum_j \left[\begin{array}{l} \left[\frac{P_{1j} \cdot [L - (k \cdot \text{step} + x_{p1j})]}{L} \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p1j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p1j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p1j} \geq x_{c_i} \\ \left[-\frac{P_{1j} \cdot (k \cdot \text{step} + x_{p1j})}{L} \right] \text{ if } k \cdot \text{step} + x_{p1j} \geq 0 \text{mm} \wedge k \cdot \text{step} + x_{p1j} \leq L \wedge k \cdot \text{step} + x_{p1j} < x_{c_i} \\ (0 \text{kN}) \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$$V_{\max_i} := \max\left[(V^T)^{(i)}\right] \quad V_{c1,\max} := V_{\max}$$

$$V_{\min_i} := \min\left[(V^T)^{(i)}\right] \quad V_{c1,\min} := V_{\min} \quad V_{c1_i} := \max(V_{\max_i}, |V_{\min_i}|)$$

$$V_{\max}^T = (1775.1 \quad 1451.8 \quad 1154.5 \quad 1017.8 \quad 889.7 \quad 658.9 \quad 462.3 \quad 300.8 \quad 174.4 \quad 124 \quad 82.1 \quad 24 \quad 0) \cdot \text{kN}$$

$$-V_{\min}^T = (0 \quad 10 \quad 34.6 \quad 55.6 \quad 94.3 \quad 220.9 \quad 381.7 \quad 576.6 \quad 835.6 \quad 984.7 \quad 1.1 \times 10^3 \quad 1.5 \times 10^3 \quad 1.8 \times 10^3) \cdot \text{kN}$$

$$V_{i,k} := |V_{i,k}|$$

$$V_{\max,\text{abs}_i} := \max\left[(V^T)^{(i)}\right]$$

$$V_{\max,\text{total}} := \max(V_{\max,\text{abs}}) \quad V_{\max,\text{total}} = 1.775 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

Calcul de la flexion :

$$M_{i,k} := \sum_j \left[\begin{array}{l} \left[P_{1j} \cdot \left[\frac{L - (k\text{-step} + x_{p1j})}{L} \right] \cdot x_{c_i} \right] \text{ if } k\text{-step} + x_{p1j} \geq 0\text{mm} \wedge k\text{-step} + x_{p1j} \leq L \wedge k\text{-step} + x_{p1j} \geq x_{c_i} \\ \left[P_{1j} \cdot \left[\frac{(k\text{-step} + x_{p1j})}{L} \right] \cdot (L - x_{c_i}) \right] \text{ if } k\text{-step} + x_{p1j} \geq 0\text{mm} \wedge k\text{-step} + x_{p1j} \leq L \wedge k\text{-step} + x_{p1j} < x_{c_i} \\ (0\text{kN}\cdot\text{m}) \text{ otherwise} \end{array} \right]$$

$$M_{\max_i} := \max \left[(M^T)^{(i)} \right] \quad M_{c1} := M_{\max}$$

$$M_{\max}^T = (0 \ 4211 \ 7468 \ 8754 \ 9783 \ 11174 \ 11632 \ 11136 \ 9740 \ 8681 \ 7429 \ 4200 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max,\text{total}} := \max(M_{\max}) \quad M_{\max,\text{total}} = 11631.945 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Résumé des efforts :

$$V_{c1}^T = (1775 \ 1452 \ 1155 \ 1018 \ 890 \ 659 \ 462 \ 577 \ 836 \ 985 \ 1138 \ 1464 \ 1771) \cdot \text{kN}$$

$$V_{c2}^T = (1608 \ 1350 \ 1106 \ 996 \ 885 \ 664 \ 469 \ 603 \ 862 \ 987 \ 1105 \ 1326 \ 1547) \cdot \text{kN}$$

$$V_{c3}^T = (819 \ 720 \ 621 \ 571 \ 521 \ 422 \ 323 \ 412 \ 511 \ 561 \ 611 \ 709 \ 804) \cdot \text{kN}$$

$$M_{c1}^T = (0 \ 4211 \ 7468 \ 8754 \ 9783 \ 11174 \ 11632 \ 11136 \ 9740 \ 8681 \ 7429 \ 4200 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c2}^T = (0 \ 3801 \ 6704 \ 7821 \ 8713 \ 9875 \ 10228 \ 9817 \ 8588 \ 7664 \ 6542 \ 3680 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c3}^T = (0 \ 1983 \ 3430 \ 3961 \ 4401 \ 4874 \ 4947 \ 4934 \ 4398 \ 3956 \ 3402 \ 1930 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Facteur d'impact :

$$I_V := \text{if}(\max(V_{c3}) = \max(V_{c2}), 0.30, 0.25) \quad I_V = 0.25$$

Si les 3 premiers essieux sont utilisés, I = 0.30

Si les 4 ou 5 essieux sont utilisés, I = 0.25

$$I_M := \text{if}(\max(M_{c3}) = \max(M_{c2}), 0.30, 0.25) \quad I_M = 0.25$$

$$M_{c1_i} := \max(M_{c1_i}, M_{c1_{\text{div-i}}}) \quad V_{c1_i} := \max(|V_{c1_i}|, |V_{c1_{\text{div-i}}}|)$$

$$M_{c2_i} := \max(M_{c2_i}, M_{c2_{\text{div-i}}}) \quad V_{c2_i} := \max(|V_{c2_i}|, |V_{c2_{\text{div-i}}}|)$$

$$M_{c3_i} := \max(M_{c3_i}, M_{c3_{\text{div-i}}}) \quad V_{c3_i} := \max(|V_{c3_i}|, |V_{c3_{\text{div-i}}}|)$$

$$M_{c1} = 0$$

$$M_{c2} = 0$$

Dimensionnement
de la structure

$$V_{c1_i} := V_{c1_i} \cdot (1 + I_V) \quad M_{c1_i} := M_{c1_i} \cdot (1 + I_M)$$

$$V_{c1}^T = (1953 \ 1610 \ 1270 \ 1120 \ 979 \ 725 \ 509 \ 725 \ 979 \ 1120 \ 1270 \ 1610 \ 1953) \cdot \text{kN}$$

$$M_{c1}^T = (0 \ 4632 \ 8215 \ 9629 \ 10761 \ 12291 \ 12795 \ 12291 \ 10761 \ 9629 \ 8215 \ 4632 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{c2_i} := V_{c2_i} \cdot (1 + I_V) \quad M_{c2_i} := M_{c2_i} \cdot (1 + I_M)$$

$$V_{c2}^T = (1769 \ 1485 \ 1217 \ 1095 \ 974 \ 730 \ 516 \ 730 \ 974 \ 1095 \ 1217 \ 1485 \ 1769) \cdot \text{kN}$$

$$M_{c2}^T = (0 \ 4181 \ 7375 \ 8604 \ 9585 \ 10862 \ 11251 \ 10862 \ 9585 \ 8604 \ 7375 \ 4181 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{c3_i} := V_{c3_i} \cdot (1 + I_V) \quad M_{c3_i} := M_{c3_i} \cdot (1 + I_M)$$

$$V_{c3}^T = (901 \ 792 \ 683 \ 628 \ 574 \ 464 \ 355 \ 464 \ 574 \ 628 \ 683 \ 792 \ 901) \cdot \text{kN}$$

$$M_{c3}^T = (0 \ 2181 \ 3773 \ 4357 \ 4841 \ 5427 \ 5442 \ 5427 \ 4841 \ 4357 \ 3773 \ 2181 \ 0) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Calcul de la déflexion avec un facteur d'essieu = 1 et une inertie arbitraire et sans impact

$$E_s := 200000 \text{ MPa} \quad I_{xx} := 1000 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad I_{xc} := I_{xx}$$

Calcul avec le cas de charge #1

$$\Delta_{i,k} := \sum_j \begin{cases} \left[P_{1_j} \cdot \left[\frac{L - (k \cdot \text{step} + x_{p1_j})}{6 \cdot E_s \cdot I_{xc} \cdot L} \right] \cdot x_{c_i} \cdot \left[L^2 - [L - (k \cdot \text{step} + x_{p1_j})]^2 - (x_{c_i})^2 \right] \right] & \text{if } (k \cdot \text{step} + x_{p1_j}) \geq 0 \text{mm} \wedge (k \cdot \text{step} \\ \left[P_{1_j} \cdot \left[\frac{(k \cdot \text{step} + x_{p1_j})}{6 \cdot E_s \cdot I_{xc} \cdot L} \right] \cdot (L - x_{c_i}) \cdot \left[L^2 - (k \cdot \text{step} + x_{p1_j})^2 - (L - x_{c_i})^2 \right] \right] & \text{if } (k \cdot \text{step} + x_{p1_j}) \geq 0 \text{mm} \wedge (k \cdot \text{step} + \\ (0 \text{mm}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta_{\max.v_i} := \max[\Delta^T]^{(i)}$$

$$\Delta_{\max.v}^T = (0 \ 1405.7 \ 2659.5 \ 3190.3 \ 3640.4 \ 4262.1 \ 4473 \ 4257.1 \ 3632 \ 3181 \ 2650.1 \ 1399.6 \ 0) \cdot \text{mm}$$

$$\Delta_{\max.v.\text{total}} := \max(\Delta_{\max.v}) \quad \Delta_{\max.v.\text{total}} = 4.473 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

Calcul de la charge morte :

$$j := 0..rows(x_c) - 1 \quad x := x_c$$

Charges à considérer :

Poids de la poutre : $w_{Ds} := 5,47 \frac{kN}{m}$ Poids de la dalle : $w_{Db} := 13,12 \frac{kN}{m}$ Effet non-composite

Poids des bordures et glissières : $w_{Dc} := 1,6 \frac{kN}{m}$ Effet composite

$$V_{Ds_j} := \frac{w_{Ds} \cdot L}{2} - w_{Ds} \cdot x_j \quad V_{Ds_i} := |V_{Ds_j}|$$

$$V_{Ds}^T = (74 \ 60 \ 45 \ 37 \ 30 \ 15 \ 0 \ 15 \ 30 \ 37 \ 45 \ 60 \ 74) \cdot kN \quad V_{Ds.c} := \max(V_{Ds})$$

$$V_{Ds.c} = 74,474 \cdot kN$$

$$V_{Db_j} := \frac{w_{Db} \cdot L}{2} - w_{Db} \cdot x_j \quad V_{Db_i} := |V_{Db_j}|$$

$$V_{Db}^T = (179 \ 143 \ 107 \ 89 \ 71 \ 36 \ 0 \ 36 \ 71 \ 89 \ 107 \ 143 \ 179) \cdot kN \quad V_{Db.c} := \max(V_{Db})$$

$$V_{Db.c} = 178,629 \cdot kN$$

$$V_{Dc_j} := \frac{w_{Dc} \cdot L}{2} - w_{Dc} \cdot x_j \quad V_{Dc_i} := |V_{Dc_j}|$$

$$V_{Dc}^T = (22 \ 17 \ 13 \ 11 \ 9 \ 4 \ 0 \ 4 \ 9 \ 11 \ 13 \ 17 \ 22) \cdot kN \quad V_{Dc.c} := \max(V_{Dc})$$

$$V_{Dc.c} = 21,784 \cdot kN$$

$$M_{Ds_j} := w_{Ds} \cdot x_j \cdot \frac{L - x_j}{2}$$

$$M_{Ds}^T = (0 \ 183 \ 324 \ 380 \ 426 \ 487 \ 507 \ 487 \ 426 \ 380 \ 324 \ 183 \ 0) \cdot kN \cdot m \quad M_{Ds.c} := \max(M_{Ds})$$

$$M_{Ds.c} = 506,982 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{Db_j} := w_{Db} \cdot x_j \cdot \frac{L - x_j}{2}$$

$$M_{Db}^T = (0 \ 438 \ 778 \ 912 \ 1021 \ 1167 \ 1216 \ 1167 \ 1021 \ 912 \ 778 \ 438 \ 0) \cdot kN \cdot m \quad M_{Db.c} := \max(M_{Db})$$

$$M_{Db.c} = 1216,016 \cdot kN \cdot m$$

$$M_{Dc_j} := w_{Dc} \cdot x_j \cdot \frac{L - x_j}{2}$$

$$M_{Dc}^T = (0 \ 53 \ 95 \ 111 \ 125 \ 142 \ 148 \ 142 \ 125 \ 111 \ 95 \ 53 \ 0) \cdot kN \cdot m \quad M_{Dc.c} := \max(M_{Dc})$$

$$M_{Dc.c} = 148,295 \cdot kN \cdot m$$

$$V_{cc} := \max(\max(V_{c1}), \max(V_{c2}), \max(V_{c3}))$$

$$M_{cc} := \max(\max(M_{c1}), \max(M_{c2}), \max(M_{c3}))$$

Calcul des efforts totaux :

Espaces à 1.8m

hors-norme 1

Facteur d'essieu en flexion (ÉLUL + ÉLUT) :

$$f_{e,M} := 0.555$$

$$f_{red,M} := 0.58$$

Facteur d'essieu en cisaillement (ÉLUL + ÉLUT) :

$$f_{e,V} := 0.635$$

$$f_{red,V} := 0.58$$

Facteur d'essieu en flexion (Fatigue + Flèche) :

$$f_{e,M,f} := 0.426$$

$$f_{red,M,f} := 0.58$$

Facteur d'essieu en cisaillement (Fatigue + Flèche) :

$$f_{e,V,f} := 0.598$$

$$f_{red,V,f} := 0.58$$

Effort en service :

$$M_s := M_{Ds,c} + M_{Dh,c} + M_{Dc,c} + f_{e,M} M_{cc} \quad M_s = 9.292 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Effort ultime avec les coefficients d'évaluation :

$$\alpha_{Ds} = 1.0 \quad \alpha_{Dc} = 1.0 \quad \alpha_{L1} = 1.0$$

$$\alpha_{L2} = 1.0 \quad \alpha_{L3} = 1.0 \quad \alpha_{L4} = 1.0$$

Efforts de conception

Efforts d'évaluation niveau 1

$$V_f := \alpha_{Ds} V_{Ds,c} + \alpha_{Dc} (V_{Db,c} + V_{Dc,c}) + \alpha_L f_{e,V} V_{cc}$$

$$V_f = 1.912 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$M_f := \alpha_{Ds} M_{Ds,c} + \alpha_{Dc} (M_{Dh,c} + M_{Dc,c}) + \alpha_L f_{e,M} M_{cc}$$

$$M_f = 1.26 \times 10^4 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{f1} := \alpha_{Ds} V_{Ds} + \alpha_{Dc} (V_{Db} + V_{Dc}) + \alpha_L f_{e,V} V_{c1}$$

$$V_{fD} := \alpha_{Ds} V_{Ds} + \alpha_{Dc} (V_{Db} + V_{Dc})$$

$$V_{f2} := \alpha_{Ds} V_{Ds} + \alpha_{Dc} (V_{Db} + V_{Dc}) + \alpha_L f_{e,V} V_{c2}$$

$$M_{fD} := \alpha_{Ds} M_{Ds} + \alpha_{Dc} (M_{Db} + M_{Dc})$$

$$V_{f3} := \alpha_{Ds} V_{Ds} + \alpha_{Dc} (V_{Db} + V_{Dc}) + \alpha_L f_{e,V} V_{c3}$$

$$V_{fL1} := \alpha_L f_{e,V} V_{c1} \quad M_{fL1} := \alpha_L f_{e,M} M_{c1}$$

$$M_{f1} := \alpha_{Ds} M_{Ds} + \alpha_{Dc} (M_{Db} + M_{Dc}) + \alpha_L f_{e,M} M_{c1}$$

$$V_{fL2} := \alpha_L f_{e,V} V_{c2} \quad M_{fL2} := \alpha_L f_{e,M} M_{c2}$$

$$M_{f2} := \alpha_{Ds} M_{Ds} + \alpha_{Dc} (M_{Db} + M_{Dc}) + \alpha_L f_{e,M} M_{c2}$$

$$V_{fL3} := \alpha_L f_{e,V} V_{c3} \quad M_{fL3} := \alpha_L f_{e,M} M_{c3}$$

$$M_{f3} := \alpha_{Ds} M_{Ds} + \alpha_{Dc} (M_{Db} + M_{Dc}) + \alpha_L f_{e,M} M_{c3}$$

$$M_{L1} := f_{e,M} M_{c1}$$

$$M_{L2} := f_{e,M} M_{c2}$$

$$M_{L3} := f_{e,M} M_{c3}$$

Calcul des propriétés d'une section en composite - Section #1 (0L@0.25L et 0.75L@1L)

Longueur de la travée : $L_w := 27230 \text{ mm}$ $\text{ORIGIN} := 1$
 Espacement des poutres : $S_p := 2153 \text{ mm}$
 Épaisseur de la dalle : $t_c := 230 \text{ mm}$
 Résistance du béton : $f_c := 25 \text{ MPa}$ $E_c := (3000 \cdot \sqrt{f_c} \text{ MPa} + 6900 \text{ MPa}) \cdot \left(\frac{2350}{2300}\right)^{1.5}$
 Épaisseur d'asphalte : $t_p := 0 \text{ mm}$ $E_c = 2.262 \times 10^4 \text{ MPa}$
 Propriétés de la poutre :

Épaisseur de l'aile supérieure : $t_1 := 25 \text{ mm}$
 Largeur de l'aile supérieure : $b_1 := 305 \text{ mm}$
 Épaisseur de l'aile inférieure : $t_2 := 35 \text{ mm}$
 Largeur de l'aile inférieure : $b_2 := 610 \text{ mm}$
 Hauteur de l'âme : $h := 1829 \text{ mm}$ $d := h + t_1 + t_2$ $d = 1889 \text{ mm}$
 Épaisseur de l'âme : $w := 13 \text{ mm}$
 Résistance de l'acier : $f_y := 350 \text{ MPa}$ $E_s := 200000 \text{ MPa}$ $G_s := 77000 \text{ MPa}$

G40.21 - 350AT

$$A_1 := b_1 \cdot t_1 \quad A_2 := b_2 \cdot t_2 \quad A_3 := h \cdot w$$

$$A_1 = 7.625 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2 \quad A_2 = 2.135 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2 \quad A_3 = 2.378 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_s := A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_s = 5.275 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot A_s = 4.062 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$y_1 := \frac{A_1 \left(d - \frac{t_1}{2}\right) + A_3 \left(t_2 + \frac{h}{2}\right) + A_2 \frac{t_2}{2}}{A_s}$$

$$y_1 = 706.29 \text{ mm}$$

$$y_2 := d - y_1$$

$$y_2 = 1.183 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$I_w := \frac{1}{3} \cdot (A_1 \cdot t_1^2 + A_3 \cdot w^2 + A_2 \cdot t_2^2)$$

$$I = 1.165 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

$$C_w := \frac{\left(d - \frac{t_1 + t_2}{2}\right)^2 \cdot b_1^3 \cdot t_1}{12 \cdot \left[1 + \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^3 \cdot \left(\frac{t_1}{t_2}\right)\right]} \quad C_w = 1.875 \times 10^{14} \cdot \text{mm}^6$$

$$I_{xx} := \frac{1}{12} \cdot (A_1 \cdot t_1^2 + A_2 \cdot t_2^2 + A_3 \cdot h^2) + A_1 \cdot \left(y_2 - \frac{t_1}{2}\right)^2 + A_2 \cdot \left(y_1 - \frac{t_2}{2}\right)^2 + A_3 \cdot \left(y_1 - t_2 - \frac{h}{2}\right)^2$$

$$I_{xx} = 2.861 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{xx,1} := I_{xx}$$

$$I_{yy} := \frac{1}{12} \cdot (A_1 \cdot b_1^2 + A_2 \cdot b_2^2 + A_3 \cdot w^2)$$

$$I_{yy} = 7.215 \times 10^8 \cdot \text{mm}^4$$

$$S_{x1} := \frac{I_{xx}}{y_1} \quad S_{x1} = 4.05 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3 \quad S_{x2} := \frac{I_{xx}}{y_2} \quad S_{x2} = 2.419 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3 \quad S_{x,\min} := \min(S_{x1}, S_{x2})$$

$$S_{yy} := \frac{I_{yy}}{0.5b_1} \quad S_{yy} = 4.731 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{x1,1} := S_{x1}$$

$$S_{x2,1} := S_{x2}$$

Déterminer la classe de la poutre :

Pour ce cas-ci, utiliser des épaisseurs suffisante pour avoir une section compacte pour l'âme et vérifier si l'aile est une section non-compacte, elle ne doit pas être en compression.

$$\text{classe1} := \text{if} \left[\left(\max \left(\frac{b_1 - w}{2 \cdot t_1}, \frac{b_2 - w}{2 \cdot t_2} \right) \leq \frac{170 \cdot \text{MPa}^{0.5}}{\sqrt{F_y}} \right), \text{"compacte"}, \text{"non-compacte"} \right]$$

classe1 = compacte

$$\text{classe2} := \text{if} \left[\left(\frac{h}{w} \leq \frac{1700 \text{MPa}^{0.5}}{\sqrt{F_y}} \right), \text{"compacte"}, \text{"non-compacte"} \right]$$

classe2 = non-compacte

Les calculs qui suivent sont effectués pour une section compacte (aile et âme), il faut valider si la hauteur de la section comprimée de l'âme se situe à l'intérieur de d_c .

$$d_{c,\max} := \frac{850 \cdot w}{\sqrt{F_y} \cdot \text{MPa}^{-0.5}} \quad d_{c,\max} = 590.647 \cdot \text{mm}$$

Calcul de résistance ultime (CSA/S6-06) :

- $\phi_r := 0.90$ acier d'armature
- $\phi_c := 0.75$ béton
- $\phi_b := 0.80$ boulons
- $\phi_{sc} := 0.85$ goujons
- $\phi := 0.95$ acier de charpente

Largeur effective de la dalle :

$$be_1 := 0.25 \cdot L \quad be_1 = 6.808 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$be_2 := S \quad be_2 = 2.153 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$be_3 := b_1 + 12 \cdot t_c \quad be_3 = 3.353 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$b_e := \min(be_1, be_2, be_3) \quad b_e = 2.153 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$b_e = 2.153 \text{ m}$ **Calcul selon la norme S6-06**

Goujons :

$$d_{sc} := 22 \text{ mm} \quad A_{sc} := \frac{\pi}{4} \cdot d_{sc}^2 \quad A_{sc} = 380.133 \cdot \text{mm}^2$$

$$F_u := 415 \text{ MPa}$$

$$Q_r := \text{if} \left(0.5 \cdot \phi_{sc} \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c} \leq \phi_{sc} \cdot F_u \cdot A_{sc}, 0.4 \cdot d_{sc}^2 \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c}, \phi_{sc} \cdot F_u \cdot A_{sc} \right) \quad H_{sc, \min} := 4 \cdot d_{sc}$$

$$Q_r = 145.58 \cdot \text{kN} \quad H_{sc, \min} = 88 \cdot \text{mm}$$

$$H_{util} := 125 \text{ mm}$$

Acier d'armature :

$$A_{sp} := 0 \text{ mm}^2 \quad f_{yp} := 100 \text{ MPa} \quad d_{sp} := \frac{t_c}{2} \quad \text{distance entre la fibre la plus comprimée et l'acier d'armature}$$

$$P_{1, \max} := \phi \cdot A_s \cdot F_y \quad P_1 = 1.754 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$P_{2, \max} := 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_c + A_{sp} \cdot \phi_r \cdot f_{yp} \quad P_2 = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$P := \min(P_1, P_2) \quad P = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$N_{req} := \frac{P}{Q_r} \quad N_{req} = 59.868 \quad \text{Nombre de goujons entre la position de moment maximal et la position de moment nul}$$

$$N_{util} := 100 \quad \alpha := \text{if} \left(N_{util} > N_{req}, 1, \frac{N_{util}}{N_{req}} \right) \quad \alpha = 1 \quad \text{degré de connexion}$$

Zone de moment positif :

$$C_c := 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_c \quad C_c = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_s := \phi_r \cdot A_{sp} \cdot f_{yp} \quad C_s = 0 \cdot \text{kN}$$

$$C_{EQR} := N_{util} \cdot Q_r \quad C_{EQR} = 1.456 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$C_1 := C_c + C_s \quad C_1 = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_2 := \phi \cdot A_s \cdot F_y \quad C_2 = 1.754 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$C_3 := C_{EQR} \quad C_3 = 1.456 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$C_r := \min(C_1, C_2, C_3) \quad C_r = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_{okv} := \min(C_1, C_3) \quad C_1 = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$CAS := \text{if}(C_1 > C_2, 1, 2)$$

CAS # 1

$$a := \text{if}\left(CAS = 1, \frac{C_2 - \phi_r \cdot A_{sp} \cdot f_{yp}}{0.85 \cdot \phi_c \cdot b_e \cdot f_c}, 0 \text{mm}\right) \quad a = 0 \cdot \text{mm}$$

$$C_{okv} := \text{if}(CAS = 1, 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot a, 0 \text{kN}) \quad C_c = 0 \cdot \text{kN}$$

$$e_c := \text{if}(CAS = 1, y_2 + t_c - 0.5 \cdot a, 0 \text{mm}) \quad e_c = 0 \cdot \text{mm}$$

$$e_s := \text{if}(CAS = 1, y_2 + t_c - d_{sp}, 0 \text{mm}) \quad e_s = 0 \cdot \text{mm}$$

$$M_{r1} := C_c \cdot e_c + C_s \cdot e_s \quad M_{r1} = 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

CAS # 2

$$C_{okv} := \text{if}(CAS = 2, 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_c, 0 \text{kN}) \quad C_c = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_p := \text{if}(CAS = 2, 0.5 \cdot (\phi \cdot A_s \cdot F_y - C_1), 0 \text{kN}) \quad C_p = 4.412 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$A_{tf} := b_1 \cdot t_1 \quad A_{tf} = 7.625 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2 \quad t_{tf} := t_1$$

$$A_w := d \cdot w \quad A_w = 2.456 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

Cas 21 : Axe neutre dans l'aile de la poutre

Cas 22 : Axe neutre dans l'âme de la poutre

$$\text{CAS2} := \text{if} \left[\left(C_p < \phi \cdot A_{tf} \cdot F_y \right) \wedge \text{CAS} = 2, 21, \text{if} \left(C_p \geq \phi \cdot A_{tf} \cdot F_y \wedge \text{CAS} = 2, 22, 0 \right) \right]$$

$$\text{CAS2} = 22$$

$$y_{tc} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, \frac{C_p}{\phi \cdot A_{tf} \cdot F_y} \cdot t_{tf}, \text{if} \left(\text{CAS2} = 22, t_{tf} + \frac{C_p - \phi \cdot A_{tf} \cdot F_y}{\phi \cdot A_w \cdot F_y} \cdot d, 0 \text{mm} \right) \right)$$

$$y_{tc} = 459.217 \text{ mm}$$

Pour le cas # 21

$$t_{cp} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, t_1 - y_{tc}, 0 \text{mm} \right) \quad t_{cp} = 0 \text{ mm}$$

$$d_p := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, d - t_1 + t_{cp}, 0 \text{mm} \right) \quad d_p = 0 \text{ mm}$$

$$A_{st} := b_1 \cdot t_{cp} + h \cdot w + b_2 \cdot t_2 \quad A_{st} = 4.513 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$y_{cg} := \frac{b_1 \cdot t_{cp} \left(d_p - \frac{t_{cp}}{2} \right) + h \cdot w \left(t_2 + \frac{h}{2} \right) + b_2 \cdot t_2 \left(\frac{t_2}{2} \right)}{A_{st}} \quad y_{cg} = 508.562 \text{ mm}$$

$$y_{bp} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, y_{cg}, 0 \text{mm} \right) \quad y_{bp} = 0 \text{ mm}$$

$$y_{tp} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, d - y_{tc} - y_{cg}, 0 \text{mm} \right) \quad y_{tp} = 0 \text{ mm}$$

$$d_b := d \quad d_b = 1.889 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$e_{bc} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, d_b + 0.5t_c - y_{bp}, 0 \text{mm} \right) \quad e_c = 0 \text{ mm}$$

$$e_{bs} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, d_b + t_c - d_{sp} - y_{bp}, 0 \text{mm} \right) \quad e_s = 0 \text{ mm}$$

$$e_p := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, d - y_{bp} - \frac{y_{tc}}{2}, 0 \text{mm} \right) \quad e_p = 0 \text{ mm}$$

$$M_{r2} := C_c \cdot e_c + C_s \cdot e_s + C_p \cdot e_p \quad M_{r2} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Pour le cas # 22

$$d_{spc} := d - y_{tc} \quad d_p = 1.43 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$h_p := d_p - t_2 \quad h_p = 1.395 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$A_{st} := b_2 \cdot t_2 + h_p \cdot w$$

$$y_{cg} := \frac{h_p \cdot w \left(\frac{h_p}{2} + t_2 \right) + b_2 \cdot t_2 \cdot \frac{t_2}{2}}{A_{st}} \quad y_{cg} = 345.814 \text{ mm}$$

$$y_{bp} := y_{cg} \quad y_{bp} = 345.814 \text{ mm}$$

$$y_{tp} := \frac{A_1 \left(\frac{t_1}{2} \right) + (y_{tc} - t_1) \cdot w \cdot \frac{y_{tc} + t_1}{2}}{A_1 + (y_{tc} - t_1) \cdot w} \quad y_{tp} = 110.173 \text{ mm}$$

$$s_{bc} := \text{if}(\text{CAS2} = 22, d_b + 0.5t_c - y_{bp}, 0 \text{ mm}) \quad e_c = 1.67 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$s_{bs} := \text{if}(\text{CAS2} = 22, d_b + t_c - d_{sp} - y_{bp}, 0 \text{ mm}) \quad e_s = 1.67 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$s_{bp} := \text{if}(\text{CAS2} = 22, d_b - y_{bp} - y_{tp}, 0 \text{ mm}) \quad e_p = 1.433 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$M_{r3} := C_c \cdot e_c + C_s \cdot e_s + C_p \cdot e_p \quad M_{r3} = 20879 \text{ kN-m}$$

Résistance ultime:

$$M_r := \max(M_{r1}, M_{r2}, M_{r3}) \quad M_r = 20879 \text{ kN-m}$$

$$M_{r,c1} := M_r$$

Calcul des contraintes en service :

Propriétés de la section composite :

$$n := \frac{E_s}{E_c} \quad n = 8.843$$

Vérifier la position de l'axe neutre (pour b_e/n) :

$$y_s := y_2 + t_c$$

$$\text{CAS3} := \text{if} \left[\frac{n \cdot A_s}{b_e} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_e \cdot y_s}{n \cdot A_s}} - 1 \right) \leq t_c, 31, 32 \right]$$

Cas # 31 : axe neutre dans la dalle de béton

Cas # 32 : axe neutre dans la poutre en acier

$$y_t := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{n \cdot A_s}{b_e} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_e \cdot y_s}{n \cdot A_s}} - 1 \right), 0 \text{ mm} \right] \quad y_t = 0 \text{ mm} \quad y_{t,n_1} := y_t$$

$$y_b := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, d + t_c - y_t, 0 \text{ mm} \right) \quad y_b = 0 \text{ mm} \quad y_{b,n_1} := y_b$$

$$I_{c,n_1} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{b_e \cdot y_t^3}{3} + I_{xx} + A_s \cdot (y_s - y_t)^2, 0 \text{ mm}^4 \right] \quad I_{c,n_1} = 0 \text{ mm}^4$$

$$S_{b,n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c,n_1}}{d + t_c - y_t}, 0 \text{ mm}^3 \right) \quad S_{b,n_1} = 0 \text{ mm}^3$$

$$S_{t,n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c,n_1}}{y_t}, 0 \text{ mm}^3 \right) \quad S_{t,n_1} = 0 \text{ mm}^3$$

$$S_{tb,n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c,n_1}}{y_t - t_c}, 0 \text{ mm}^3 \right) \quad S_{tb,n_1} = 0 \text{ mm}^3$$

$$y_{t,n_2} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{\left(\frac{b_e}{n} \cdot t_c \right) \cdot 0.5 \cdot t_c + A_s \cdot y_s}{\frac{b_e}{n} \cdot t_c + A_s}, 0 \text{ mm} \right] \quad y_t = 729.896 \text{ mm} \quad y_{t,n_2} := y_t$$

$$y_{bv} := \text{if}(\text{CAS3} = 32, d + t_c - y_t, 0\text{mm})$$

$$y_b = 1.413 \times 10^3 \text{mm} \quad y_{b.n_2} := y_b$$

$$I_{c.n_2} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{1}{12} \cdot \frac{b_c}{n} \cdot t_c^3 + I_{xx} + \left(\frac{b_c}{n} \cdot t_c \right) \cdot (y_t - 0.5 \cdot t_c)^2 + A_s \cdot (y_s - y_t)^2, 0\text{mm}^4 \right]$$

$$I_{c.n_2} = 7.777 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4$$

$$S_{b.n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c.n_2}}{d + t_c - y_t}, 0\text{mm}^3 \right)$$

$$S_{b.n_2} = 5.504 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{t.n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c.n_2}}{y_t}, 0\text{mm}^3 \right)$$

$$S_{t.n_2} = 1.066 \times 10^8 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{tb.n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c.n_2}}{y_t - t_c}, 0\text{mm}^3 \right)$$

$$S_{tb.n_2} = 1.634 \times 10^8 \cdot \text{mm}^3$$

Vérifier la position de l'axe neutre (pour be/3n) :

$$y_{an} := y_2 + t_c$$

$$\text{CAS3} := \text{if} \left[\frac{3n \cdot A_s}{b_c} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_c \cdot y_s}{3n \cdot A_s}} - 1 \right) \leq t_c, 31, 32 \right]$$

CAS3 = 31

Cas # 31 : axe neutre dans la dalle de béton

Cas # 32 : axe neutre dans la poutre en acier

$$y_{an} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{3n \cdot A_s}{b_c} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_c \cdot y_s}{3n \cdot A_s}} - 1 \right), 0\text{mm} \right]$$

$$y_t = 0 \text{mm}$$

$$y_{t.3n_1} := y_t$$

$$y_{bv} := \text{if}(\text{CAS3} = 31, d + t_c - y_t, 0\text{mm})$$

$$y_b = 0 \text{mm}$$

$$y_{b.3n_1} := y_b$$

$$I_{c.3n_1} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{b_c}{3n} \cdot \frac{y_t^3}{3} + I_{xx} + A_s \cdot (y_s - y_t)^2, 0\text{mm}^4 \right] \quad I_{c.3n_1} = 0 \text{mm}^4$$

$$S_{b.3n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c.3n_1}}{d + t_c - y_t}, 0\text{mm}^3 \right)$$

$$S_{b.3n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$S_{t.3n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c.3n_1}}{y_t}, 0\text{mm}^3 \right)$$

$$S_{t.3n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$S_{tb.3n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c.3n_1}}{y_t - t_c}, 0\text{mm}^3 \right)$$

$$S_{tb.3n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$y_{tw} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{\left(\frac{b_c}{3n} \cdot t_c \right) \cdot 0.5 \cdot t_c + A_s \cdot y_s}{\frac{b_c}{3n} \cdot t_c + A_s}, 0 \text{mm} \right]$$

$$y_t = 1.069 \times 10^3 \text{mm} \quad y_{t,3n_2} := y_t$$

$$y_{bw} := \text{if}(\text{CAS3} = 32, d + t_c - y_t, 0 \text{mm})$$

$$y_b = 1.074 \times 10^3 \text{mm} \quad y_{b,3n_2} := y_b$$

$$I_{c,3n_2} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{1}{12} \cdot \frac{b_c}{3n} \cdot t_c^3 + I_{xx} + \left(\frac{b_c}{3n} \cdot t_c \right) \cdot (y_t - 0.5 \cdot t_c)^2 + A_s \cdot (y_s - y_t)^2, 0 \text{mm}^4 \right]$$

$$I_{c,3n_2} = 5.414 \times 10^{10} \text{mm}^4$$

$$S_{b,3n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,3n_2}}{d + t_c - y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{b,3n_2} = 5.04 \times 10^7 \text{mm}^3$$

$$S_{t,3n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,3n_2}}{y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{t,3n_2} = 5.066 \times 10^7 \text{mm}^3$$

$$S_{tb,3n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,3n_2}}{y_t - t_c}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{tb,3n_2} = 6.646 \times 10^7 \text{mm}^3$$

$$S_{b,n,1} := \max(S_{b,n}) \quad \boxed{S_{b,n,1} = 5.504 \times 10^7 \text{mm}^3}$$

$$S_{b,3n,1} := \max(S_{b,3n}) \quad \boxed{S_{b,3n,1} = 5.04 \times 10^7 \text{mm}^3}$$

$$S_{t,n,1} := \max(S_{t,n}) \quad \boxed{S_{t,n,1} = 1.066 \times 10^8 \text{mm}^3}$$

$$S_{t,3n,1} := \max(S_{t,3n}) \quad \boxed{S_{t,3n,1} = 5.066 \times 10^7 \text{mm}^3}$$

$$S_{tb,n,1} := \max(S_{tb,n}) \quad \boxed{S_{tb,n,1} = 1.634 \times 10^8 \text{mm}^3}$$

$$S_{tb,3n,1} := \max(S_{tb,3n}) \quad \boxed{S_{tb,3n,1} = 6.646 \times 10^7 \text{mm}^3}$$

$$I_{c,n,1} := \max(I_{c,n}) \quad \boxed{I_{c,n,1} = 7.777 \times 10^{10} \text{mm}^4}$$

$$I_{c,3n,1} := \max(I_{c,3n}) \quad \boxed{I_{c,3n,1} = 5.414 \times 10^{10} \text{mm}^4}$$

Vérifier la résistance de la section non-composite

$$l_g := 5423 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 yy_1 &:= y_2 - \frac{t_1}{2} & yy_1 &= 1.17 \times 10^3 \text{ mm} & b_1 &:= b_1 & b_2 &:= b_2 & t_1 &:= t_1 & t_2 &:= t_2 \\
 yy_2 &:= y_1 - \frac{t_2}{2} & yy_2 &= 688.79 \text{ mm} & A_1 &:= A_1 & A_2 &:= A_2 & S_{x1} &:= S_{x1} & S_{x2} &:= S_{x2} \\
 I_1 &:= \frac{b_1^3 \cdot t_1}{12} & I_1 &= 5.911 \times 10^7 \text{ mm}^4 & y_1 &:= y_1 & y_2 &:= y_2 \\
 I_2 &:= \frac{b_2^3 \cdot t_2}{12} & I_2 &= 6.62 \times 10^8 \text{ mm}^4 \\
 y_0 &:= \left| \frac{yy_1 \cdot I_1 - yy_2 \cdot I_2}{I_1 + I_2} \right| & y_0 &= 536.413 \text{ mm} & M_c &:= 0.1 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

L'effort à considérer est M_c qui est moment qui agit sur la section non-composite,

$$Ac := \text{if}(M_c < 0 \text{ kN}\cdot\text{m}, \text{"aile inf comprimée"}, \text{"aile sup comprimée"}) \quad Ac = \text{"aile sup comprimée"}$$

Si la semelle la plus large est comprimée, y_0 est négatif ce qui donne γ positif

Si la semelle la plus large est tendue, y_0 est positif ce qui donne γ négatif

$$\gamma_0 := \text{if}[(Ac = \text{"aile inf comprimée"} \wedge b_2 > b_1) \vee (Ac = \text{"aile sup comprimée"} \wedge b_1 > b_2), -1, 1]$$

$$\gamma_0 = 1$$

$$\gamma_0 := \gamma_0 \cdot y_0 \quad y_0 = 536.413 \text{ mm}$$

l'indice b concerne l'aile tendu et a l'aile comprimée

Si on veut calculer M_u pour le moment positif: l'aile comprimé $aa = 1$ et l'aile tendu $bb = 2$

Si on veut calculer M_u pour le moment négatif: l'aile comprimé $aa = 2$ et l'aile tendu $bb = 1$

$$aa := \text{if}(Ac = \text{"aile sup comprimée"}, 1, 2)$$

$$bb := \text{if}(Ac = \text{"aile sup comprimée"}, 2, 1)$$

$$aa = 1 \quad bb = 2$$

$$\gamma := \frac{1}{2 \cdot I_{xx}} \left[yy_{bb} \left[I_{bb} + b_{bb} \cdot t_{bb} \cdot (yy_{bb})^2 + w \cdot \frac{(yy_{bb})^3}{4} \right] - yy_{aa} \left[I_{aa} + b_{aa} \cdot t_{aa} \cdot (yy_{aa})^2 + \frac{w \cdot (yy_{aa})^3}{4} \right] - y_0 \right]$$

$$\gamma = -715.003 \text{ mm}$$

$$\omega_2 := 1.0 \quad \text{Sécuritaire}$$

$$M_u := \frac{\omega_2 \cdot \pi}{L_s} \cdot \left[\sqrt{E_s \cdot I_{yy} \cdot G \cdot J + \left(\frac{\pi \cdot E_s}{L_s} \right)^2 \cdot I_{yy} \cdot C_w + \left(\frac{\gamma \cdot \pi \cdot E_s \cdot I_{yy}}{L_s} \right)^2} + \frac{\gamma \cdot \pi \cdot E_s \cdot I_{yy}}{L_s} \right] \quad M_u = 2.324 \times 10^{11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_y := S_{x,\min} \cdot F_y \quad M_y = 8.466 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{rS} := \text{if} \left[M_u > 0.67 \cdot M_y, \min \left[1.15 \cdot \phi \cdot M_y \left(1 - \frac{0.28 \cdot M_y}{M_u} \right), \phi \cdot M_y \right], \phi \cdot M_u \right]$$

$$M_{rS} = 8.043 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$c_{\text{réd}} := \text{if} \left[\frac{2 \cdot y_{bb}}{w} > \frac{1900 \text{ MPa}}{\sqrt{F_y \text{ MPa}}}, 1.0 - \frac{1}{300 + \frac{1200 \cdot A_{aa}}{A_3}} \left(\frac{2 \cdot y_{bb}}{w} - \frac{1900 \text{ MPa}}{\sqrt{\frac{M_{rS} \text{ MPa}}{\phi \cdot S_{x,\min}}}} \right), 1.0 \right] \quad c_{\text{réd}} = 0.883$$

$$c_{\text{adob}} := \min(c_{\text{réd}}, 1.0) \quad c_{\text{réd}} = 0.883$$

$$M_{\text{adob}} := M_{rS} \cdot c_{\text{réd}}$$

$$M_r = 7.099 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\boxed{M_{r,nc_1} = M_r}$$

Calcul de la résistance en cisaillement :

espacement des raidisseurs : $a_w = 1219 \text{ mm}$

résistance de l'acier : $F_{yw} = 350 \text{ MPa}$ $\phi_w = 0.95$

$$k_v := \text{if} \left[\frac{a}{h} < 1,4 + \frac{5,34}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}, 5,34 + \frac{4}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \right] \quad k_v = 16,022$$

$$\frac{h}{w} = 140,692$$

Utiliser des raidisseurs
si $h/w > 150$

$$F_{\text{cri}} := \frac{290 \cdot \sqrt{F_y \cdot k_v} \cdot \text{MPa}^{0,5}}{\frac{h}{w}} \quad F_{\text{cri}} = 154,353 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{\text{t,cri}} := (0,50 \cdot F_y - 0,866 \cdot F_{\text{cri}}) \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \quad F_{\text{t,cri}} = 34,392 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{\text{t,cri}} = 0 \text{ MPa}$$

à l'appui
(poutre sur
appui simple)

$$F_{\text{s,cri}} := F_{\text{cri}} + F_{\text{t,cri}} \quad F_{\text{s,cri}} = 154,353 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{\text{cre}} := \frac{180000 \cdot \text{MPa} \cdot k_v}{\left(\frac{h}{w}\right)^2} \quad F_{\text{cre}} = 145,692 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{\text{t,cre}} := (0,50 \cdot F_y - 0,866 \cdot F_{\text{cre}}) \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \quad F_{\text{t,cre}} = 40,633 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{\text{t,cre}} = 0 \text{ MPa}$$

à l'appui
(poutre sur
appui simple)

$$F_{\text{s,cre}} := F_{\text{cre}} + F_{\text{t,cre}} \quad F_{\text{s,cre}} = 145,692 \cdot \text{MPa}$$

$$F_s := \begin{cases} (0,577 \cdot F_{yw}) & \text{if } \frac{h}{w} \leq 502 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \\ F_{\text{s,cri}} & \text{if } \frac{h}{w} > 502 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \wedge \frac{h}{w} \leq 621 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \\ F_{\text{s,cre}} & \text{if } \frac{h}{w} > 621 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \end{cases}$$

$$F_s = 145,692 \cdot \text{MPa}$$

$$502 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} = 107,404$$

$$621 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} = 132,865$$

$$V_r := \phi \cdot h \cdot w \cdot \max(F_s) \quad V_r = 3,291 \times 10^3 \text{ kN} \quad V_w := r_f \cdot V_r \quad V_r = 2,534 \times 10^3 \text{ kN} \quad V_{r,c1} := V_r$$

Calcul des propriétés d'une section en composite - Section #2 (0.25L @ 0.75L)

Longueur de la travée : $l_w = 27230\text{mm}$ ORIGIN = 1

Espacement des poutres : $s_w = 2153\text{mm}$

Épaisseur de la dalle : $t_w = 235\text{mm}$

Résistance du béton : $f_{cw} = 25\text{MPa}$ $f_{ctk} = (3000 \cdot \sqrt{f_c} \text{MPa} + 6900\text{MPa}) \left(\frac{2350}{2300}\right)^{1.5}$

Épaisseur d'asphalte : $t_{as} = 0\text{mm}$ $E_c = 2.262 \times 10^4 \text{MPa}$

Propriétés de la poutre :

Épaisseur de l'aile supérieure : $t_{1s} = 32\text{mm}$

Largeur de l'aile supérieure : $b_{1s} = 305\text{mm}$

Épaisseur de l'aile inférieure : $t_{2s} = 48\text{mm}$

Largeur de l'aile inférieure : $b_{2s} = 610\text{mm}$

Hauteur de l'âme : $h_w = 1829\text{mm}$ $d_w = h + t_1 + t_2 \quad d = 1909\text{mm}$

Épaisseur de l'âme : $w_w = 13\text{mm}$

Résistance de l'acier : $f_{yw} = 350\text{MPa}$ $E_s = 200000\text{MPa}$ $G_s = 77000\text{MPa}$

G40.21 - 350AT

$$\Delta_{1w} = b_1 \cdot t_1 \quad \Delta_{2w} = b_2 \cdot t_2 \quad \Delta_{3w} = h \cdot w$$

$$A_1 = 9.76 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2 \quad A_2 = 2.928 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2 \quad A_3 = 2.378 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{sw} = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_s = 6.282 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot A_s = 4.837 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$y_1 = \frac{A_1 \left(d - \frac{t_1}{2}\right) + A_3 \left(t_2 + \frac{h}{2}\right) + A_2 \cdot \frac{t_2}{2}}{A_s}$$

$$y_1 = 669.624\text{mm}$$

$$y_2 = d - y_1$$

$$y_2 = 1.239 \times 10^3\text{mm}$$

$$J_w = \frac{1}{3} \left(A_1 \cdot t_1^2 + A_3 \cdot w^2 + A_2 \cdot t_2^2 \right)$$

$$J = 2.716 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

$$C_{\text{min}} = \frac{\left(d - \frac{t_1 + t_2}{2}\right)^2 \cdot b_1^3 \cdot t_1}{12 \cdot \left[1 + \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^3 \cdot \left(\frac{t_1}{t_2}\right)\right]} \quad C_w = 2.44 \times 10^{14} \cdot \text{mm}^6$$

$$I_{\text{min}} = \frac{1}{12} \cdot (A_1 \cdot t_1^2 + A_2 \cdot t_2^2 + A_3 \cdot h^2) + A_1 \cdot \left(y_2 - \frac{t_1}{2}\right)^2 + A_2 \cdot \left(y_1 - \frac{t_2}{2}\right)^2 + A_3 \cdot \left(y_1 - t_2 - \frac{h}{2}\right)^2$$

$$I_{xx} = 3.549 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4 \quad \boxed{I_{xx,2} := I_{xx}}$$

$$I_{yy} = \frac{1}{12} \cdot (A_1 \cdot b_1^2 + A_2 \cdot b_2^2 + A_3 \cdot w^2)$$

$$I_{yy} = 9.839 \times 10^8 \cdot \text{mm}^4$$

$$S_{\text{min}} = \frac{I_{xx}}{y_1} \quad S_{x1} = 5.299 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3 \quad S_{\text{max}} = \frac{I_{xx}}{y_2} \quad S_{x2} = 2.863 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3 \quad \boxed{S_{\text{min}} := \min(S_{x1}, S_{x2})}$$

$$S_{yy} = \frac{I_{yy}}{0.5b_1} \quad S_{yy} = 6.452 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3 \quad \boxed{S_{x1,2} := S_{x1}} \quad \boxed{S_{x2,2} := S_{x2}}$$

Déterminer la classe de la poutre :

Pour ce cas-ci, utiliser des épaisseurs suffisante pour avoir une section compacte pour l'âme et vérifier si la faile est une section non-compacte, elle ne doit pas être en compression.

$$\text{classe1} := \text{if} \left[\left(\max \left(\frac{b_1 - w}{2 \cdot t_1}, \frac{b_2 - w}{2 \cdot t_2} \right) \leq \frac{170 \cdot \text{MPa}^{0.5}}{\sqrt{F_y}} \right), \text{"compacte"}, \text{"non-compacte"} \right]$$

classe1 = compacte

$$\text{classe2} := \text{if} \left[\left(\frac{h}{w} \leq \frac{1700 \cdot \text{MPa}^{0.5}}{\sqrt{F_y}} \right), \text{"compacte"}, \text{"non-compacte"} \right]$$

classe2 = non-compacte

Les calculs qui suivent sont effectués pour une section compacte (aile et âme), il faut valider si la hauteur de la section comprimée de l'âme se situe à l'intérieur de d_c .

$$d_{\text{c,max}} = \frac{850 \cdot w}{\sqrt{F_y} \cdot \text{MPa}^{-0.5}} \quad d_{\text{c,max}} = 590.647 \cdot \text{mm}$$

Calcul de résistance ultime (CSA/S6-06) :

- $\phi_{\text{acier}} = 0.90$ acier d'armature
- $\phi_{\text{béton}} = 0.75$ béton
- $\phi_{\text{boulons}} = 0.80$ boulons
- $\phi_{\text{goujons}} = 0.85$ goujons
- $\phi_{\text{acier}} = 0.95$ acier de charpente

Largeur effective de la dalle :

$$b_{\text{eff},1} := 0.25 \cdot L \quad b_{e1} = 6.808 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff},2} := S \quad b_{e2} = 2.153 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff},3} := b_1 + 12 \cdot t_c \quad b_{e3} = 3.353 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} := \min(b_{e1}, b_{e2}, b_{e3}) \quad b_e = 2.153 \times 10^3 \text{ mm}$$

Calcul selon la norme S6-06

Goujons :

$$d_{\text{goujon}} = 22 \text{ mm} \quad A_{\text{sc}} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{sc}}^2 = 380.133 \text{ mm}^2$$

$$F_{\text{u}} = 415 \text{ MPa}$$

$$Q_r := \text{if} \left(0.5 \cdot \phi_{\text{sc}} \cdot A_{\text{sc}} \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c} \leq \phi_{\text{sc}} \cdot F_u \cdot A_{\text{sc}}, 0.4 \cdot d_{\text{sc}} \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c}, \phi_{\text{sc}} \cdot F_u \cdot A_{\text{sc}} \right) \quad H_{\text{sc,min}} = 4 \cdot d_{\text{sc}}$$

$$Q_r = 145.58 \text{ kN} \quad H_{\text{sc,min}} = 88 \text{ mm}$$

$$H_{\text{util}} = 125 \text{ mm}$$

Acier d'armature :

$$A_{\text{asp}} = 0 \text{ mm}^2 \quad f_{\text{yp}} = 300 \text{ MPa} \quad d_{\text{asp}} = \frac{t_c}{2}$$

distance entre la fibre la plus comprimée et l'acier d'armature

$$P_1 := \phi \cdot A_s \cdot F_y \quad P_1 = 2.089 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$P_2 := 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_c + A_{\text{asp}} \cdot \phi_f \cdot f_{\text{yp}} \quad P_2 = 8.716 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$P := \min(P_1, P_2) \quad P = 8.716 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$N_{\text{req}} = \frac{P}{Q_r} \quad N_{\text{req}} = 59.868$$

Nombre de goujons entre la position de moment maximal et la position de moment nul

$$N_{\text{util}} = 100 \quad \alpha := \text{if} \left(N_{\text{util}} > N_{\text{req}}, 1, \frac{N_{\text{util}}}{N_{\text{req}}} \right) \quad \alpha = 1 \quad \text{degré de connexion}$$

Zone de moment positif :

$$C_{\text{max}} := 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_c \quad C_c = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_{\text{max}} := \phi_r \cdot A_{sp} \cdot f_{yp} \quad C_s = 0 \cdot \text{kN}$$

$$C_{\text{EQR}} := N_{\text{util}} \cdot Q_r \quad C_{\text{EQR}} = 1.456 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$C_{\text{max}} := C_c + C_s \quad C_1 = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_{\text{max}} := \phi \cdot A_s \cdot F_y \quad C_2 = 2.089 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$C_{\text{max}} := C_{\text{EQR}} \quad C_3 = 1.456 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$C_{\text{max}} := \min(C_1, C_2, C_3) \quad C_r = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_{\text{max}} := \min(C_1, C_3) \quad C_1 = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$CAS := \text{if}(C_1 > C_2, 1, 2)$$

if(CAS = 1, "Zone de moment positif", "Zone de moment négatif")

CAS # 1

$$a := \text{if}\left(CAS = 1, \frac{C_2 - \phi_r \cdot A_{sp} \cdot f_{yp}}{0.85 \cdot \phi_c \cdot b_e \cdot f_c}, 0 \text{mm}\right) \quad a = 0 \cdot \text{mm}$$

$$C_{\text{max}} := \text{if}(CAS = 1, 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot a, 0 \text{kN}) \quad C_c = 0 \cdot \text{kN}$$

$$e_{\text{max}} := \text{if}(CAS = 1, y_2 + t_c - 0.5 \cdot a, 0 \text{mm}) \quad e_c = 0 \cdot \text{mm}$$

$$e_{\text{max}} := \text{if}(CAS = 1, y_2 + t_c - d_{sp}, 0 \text{mm}) \quad e_s = 0 \cdot \text{mm}$$

$$M_{\text{max}} := C_c \cdot e_c + C_s \cdot e_s \quad M_{r1} = 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

CAS # 2

$$C_{\text{max}} := \text{if}(CAS = 2, 0.85 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_c, 0 \text{kN}) \quad C_c = 8.716 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$C_{\text{max}} := \text{if}(CAS = 2, 0.5 \cdot (\phi \cdot A_s \cdot F_y - C_1), 0 \text{kN}) \quad C_p = 6.086 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$A_{\text{max}} := b_1 \cdot t_1 \quad A_{\text{tf}} = 9.76 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2 \quad A_{\text{max}} := t_1$$

$$A_{\text{max}} := d \cdot w \quad A_w = 2.482 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

Cas 21 : Axe neutre dans l'aile de la poutre

Cas 22 : Axe neutre dans l'âme de la poutre

$$\text{CAS2} := \text{if} \left[(C_p < \phi \cdot A_{tf} \cdot F_y) \wedge \text{CAS} = 2, 21, \text{if} (C_p \geq \phi \cdot A_{tf} \cdot F_y \wedge \text{CAS} = 2, 22, 0) \right]$$

$$\text{CAS2} = 22$$

$$y_{tc} := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, \frac{C_p}{\phi \cdot A_{tf} \cdot F_y} \cdot t_{tf}, \text{if} \left(\text{CAS2} = 22, t_{tf} + \frac{C_p - \phi \cdot A_{tf} \cdot F_y}{\phi \cdot A_w \cdot F_y} \cdot d, 0 \text{mm} \right) \right)$$

$$y_{tc} = 689.101 \text{ mm}$$

Pour le cas # 21

$$d_{cp} := \text{if} (\text{CAS2} = 21, t_1 - y_{tc}, 0 \text{mm}) \quad t_{cp} = 0 \text{ mm}$$

$$d_{sp} := \text{if} (\text{CAS2} = 21, d - t_1 + t_{cp}, 0 \text{mm}) \quad d_p = 0 \text{ mm}$$

$$A_{st} := b_1 \cdot t_{cp} + h \cdot w + b_2 \cdot t_2 \quad A_{st} = 5.306 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

$$y_{cg} := \frac{b_1 \cdot t_{cp} \left(d_p - \frac{t_{cp}}{2} \right) + h \cdot w \left(t_2 + \frac{h}{2} \right) + b_2 \cdot t_2 \left(\frac{t_2}{2} \right)}{A_{st}} \quad y_{cg} = 444.58 \text{ mm}$$

$$y_{bp} := \text{if} (\text{CAS2} = 21, y_{cg}, 0 \text{mm}) \quad y_{bp} = 0 \text{ mm}$$

$$y_{tp} := \text{if} (\text{CAS2} = 21, d - y_{tc} - y_{cg}, 0 \text{mm}) \quad y_{tp} = 0 \text{ mm}$$

$$d_b := d \quad d_b = 1.909 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$e_c := \text{if} (\text{CAS2} = 21, d_b + 0.5t_c - y_{bp}, 0 \text{mm}) \quad e_c = 0 \text{ mm}$$

$$e_s := \text{if} (\text{CAS2} = 21, d_b + t_c - d_{sp} - y_{bp}, 0 \text{mm}) \quad e_s = 0 \text{ mm}$$

$$e_p := \text{if} \left(\text{CAS2} = 21, d - y_{bp} - \frac{y_{tc}}{2}, 0 \text{mm} \right) \quad e_p = 0 \text{ mm}$$

$$M_{r2} := C_c \cdot e_c + C_s \cdot e_s + C_p \cdot e_p \quad M_{r2} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Pour le cas # 22

$$d_{sp} := d - y_{1c} \quad d_p = 1.22 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$h_{sp} := d_p - t_2 \quad h_p = 1.172 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$A_{st} := b_2 \cdot t_2 + h_p \cdot w$$

$$y_{cg} := \frac{h_p \cdot w \left(\frac{h_p}{2} + t_2 \right) + b_2 \cdot t_2 \cdot \frac{t_2}{2}}{A_{st}} \quad y_{cg} = 232.749 \text{ mm}$$

$$y_{bp} := y_{cg} \quad y_{bp} = 232.749 \text{ mm}$$

$$y_{tp} := \frac{A_1 \cdot \left(\frac{t_1}{2} \right) + (y_{1c} - t_1) \cdot w \cdot \frac{y_{1c} + t_1}{2}}{A_1 + (y_{1c} - t_1) \cdot w} \quad y_{tp} = 176.814 \text{ mm}$$

$$e_{ov} := \text{if}(\text{CAS2} = 22, d_b + 0.5t_c - y_{bp}, 0 \text{ mm}) \quad e_c = 1.803 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$e_{sv} := \text{if}(\text{CAS2} = 22, d_b + t_c - d_{sp} - y_{bp}, 0 \text{ mm}) \quad e_s = 1.803 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$e_{pv} := \text{if}(\text{CAS2} = 22, d_b - y_{bp} - y_{tp}, 0 \text{ mm}) \quad e_p = 1.499 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$M_{r3} := C_c \cdot e_c + C_s \cdot e_s + C_p \cdot e_p \quad M_{r3} = 24841 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Résistance ultime:

$$M_{ov} := \max(M_{r1}, M_{r2}, M_{r3}) \quad M_r = 24841 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \boxed{M_{r,c_2} := M_r}$$

Calcul des contraintes en service :

Propriétés de la section composite :

$$m := \frac{E_s}{E_c} \quad n = 8.843$$

Vérifier la position de l'axe neutre (pour b_e/n):

$$y_{\text{cen}} := y_2 + t_c$$

$$CAS3 := \text{if} \left[\frac{n \cdot A_s}{b_e} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_e \cdot y_s}{n \cdot A_s}} - 1 \right) \leq t_c, 31, 32 \right]$$

Cas # 31 : axe neutre dans la dalle de béton
 Cas # 32 : axe neutre dans la poutre en acier

$$y_{\text{cn}} := \text{if} \left[CAS3 = 31, \frac{n \cdot A_s}{b_e} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_e \cdot y_s}{n \cdot A_s}} - 1 \right), 0 \text{mm} \right] \quad y_t = 0 \text{mm} \quad y_{t,n_1} := y_t$$

$$y_{\text{bn}} := \text{if} (CAS3 = 31, d + t_c - y_t, 0 \text{mm}) \quad y_b = 0 \text{mm} \quad y_{b,n_1} := y_b$$

$$I_{c,n_1} := \text{if} \left[CAS3 = 31, \frac{b_e \cdot y_t^3}{n} + I_{xx} + A_s \cdot (y_s - y_t)^2, 0 \text{mm}^4 \right] \quad I_{c,n_1} = 0 \text{mm}^4$$

$$S_{b,n_1} := \text{if} \left(CAS3 = 31, \frac{I_{c,n_1}}{d + t_c - y_t}, 0 \text{mm}^3 \right) \quad S_{b,n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$S_{t,n_1} := \text{if} \left(CAS3 = 31, \frac{I_{c,n_1}}{y_t}, 0 \text{mm}^3 \right) \quad S_{t,n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$S_{tb,n_1} := \text{if} \left(CAS3 = 31, \frac{I_{c,n_1}}{y_t - t_c}, 0 \text{mm}^3 \right) \quad S_{tb,n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$y_{\text{cn}} := \text{if} \left[CAS3 = 32, \frac{\left(\frac{b_e}{n} \cdot t_c \right) \cdot 0.5 \cdot t_c + A_s \cdot y_s}{\frac{b_e}{n} \cdot t_c + A_s}, 0 \text{mm} \right] \quad y_t = 815.517 \text{mm} \quad y_{t,n_2} := y_t$$

$$y_{\text{bn}} := \text{if} (CAS3 = 32, d + t_c - y_t, 0 \text{mm}) \quad y_b = 1.347 \times 10^3 \text{mm} \quad y_{b,n_2} := y_b$$

$$I_{c,n_2} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{1}{12} \cdot \frac{b_c}{n} \cdot t_c^3 + I_{xx} + \left(\frac{b_c}{n} \cdot t_c \right) \cdot (y_t - 0.5 \cdot t_c)^2 + A_s (y_s - y_t)^2, 0 \text{mm}^4 \right]$$

$$I_{c,n_2} = 9.4 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4$$

$$S_{b,n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,n_2}}{d + t_r - y_s}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{b,n_2} = 6.976 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{t,n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,n_2}}{y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{t,n_2} = 1.153 \times 10^8 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{tb,n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,n_2}}{y_t - t_c}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{tb,n_2} = 1.674 \times 10^8 \cdot \text{mm}^3$$

Vérifier la position de l'axe neutre (pour $b_n/3n$):

$$y_{nn} := y_2 + t_c$$

$$\text{CAS3} := \text{if} \left[\frac{3n \cdot A_s}{b_c} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_c \cdot y_s}{3n \cdot A_s}} - 1 \right) \leq t_c, 31, 32 \right]$$

CAS3 = 31

Cas # 31 : axe neutre dans la dalle de béton

Cas # 32 : axe neutre dans la poutre en acier

$$y_{nn} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{3n \cdot A_s}{b_c} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_c \cdot y_s}{3n \cdot A_s}} - 1 \right), 0 \text{mm} \right]$$

$$y_t = 0 \text{mm}$$

$$y_{t,3n_1} := y_t$$

$$y_{nb} := \text{if} (\text{CAS3} = 31, d + t_c - y_t, 0 \text{mm})$$

$$y_b = 0 \text{mm}$$

$$y_{b,3n_1} := y_b$$

$$I_{c,3n_1} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 31, \frac{b_c}{3n} \cdot \frac{y_t^3}{3} + I_{xx} + A_s (y_s - y_t)^2, 0 \text{mm}^4 \right]$$

$$I_{c,3n_1} = 0 \text{mm}^4$$

$$S_{b,3n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c,3n_1}}{d + t_r - y_s}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{b,3n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$S_{t,3n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c,3n_1}}{y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{t,3n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$S_{tb,3n_1} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 31, \frac{I_{c,3n_1}}{y_t - t_c}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{tb,3n_1} = 0 \text{mm}^3$$

$$x_{kv} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{\left(\frac{b_c}{3n} \cdot t_c \right) \cdot 0.5 \cdot t_c + A_s \cdot y_s}{\frac{b_c}{3n} \cdot t_c + A_s}, 0 \text{mm} \right]$$

$$y_t = 1.156 \times 10^3 \cdot \text{mm} \quad y_{t,3n_2} := y_t$$

$$x_{bv} := \text{if}(\text{CAS3} = 32, d + t_c - y_t, 0 \text{mm})$$

$$y_b = 1.007 \times 10^3 \cdot \text{mm} \quad y_{b,3n_2} := y_b$$

$$I_{c,3n_2} := \text{if} \left[\text{CAS3} = 32, \frac{1}{12} \cdot \frac{b_c}{3n} \cdot t_c^3 + I_{xx} + \left(\frac{b_c}{3n} \cdot t_c \right) \cdot (y_t - 0.5 \cdot t_c)^2 + A_s \cdot (y_s - y_t)^2, 0 \text{mm}^4 \right]$$

$$I_{c,3n_2} = 6.458 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4$$

$$S_{b,3n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,3n_2}}{d + t_c - y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{b,3n_2} = 6.411 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{t,3n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,3n_2}}{y_t}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{t,3n_2} = 5.587 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{tb,3n_2} := \text{if} \left(\text{CAS3} = 32, \frac{I_{c,3n_2}}{y_t - t_c}, 0 \text{mm}^3 \right)$$

$$S_{tb,3n_2} = 7.161 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3$$

$$S_{b,n,2} := \max(S_{b,n}) \quad \boxed{S_{b,n,2} = 6.976 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3}$$

$$S_{b,3n,2} := \max(S_{b,3n}) \quad \boxed{S_{b,3n,2} = 6.411 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3}$$

$$S_{t,n,2} := \max(S_{t,n}) \quad \boxed{S_{t,n,2} = 1.153 \times 10^8 \cdot \text{mm}^3}$$

$$S_{t,3n,2} := \max(S_{t,3n}) \quad \boxed{S_{t,3n,2} = 5.587 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3}$$

$$S_{tb,n,2} := \max(S_{tb,n}) \quad \boxed{S_{tb,n,2} = 1.674 \times 10^8 \cdot \text{mm}^3}$$

$$S_{tb,3n,2} := \max(S_{tb,3n}) \quad \boxed{S_{tb,3n,2} = 7.161 \times 10^7 \cdot \text{mm}^3}$$

$$I_{c,n,2} := \max(I_{c,n}) \quad \boxed{I_{c,n,2} = 9.4 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4}$$

$$I_{c,3n,2} := \max(I_{c,3n}) \quad \boxed{I_{c,3n,2} = 6.458 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4}$$

Vérifier la résistance de la section non-composite

$$I_{\text{acc}} = 5423 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 yy_1 &:= y_2 - \frac{t_1}{2} & yy_1 &= 1.223 \times 10^3 \text{ mm} & b_1 &:= b_1 & b_2 &:= b_2 & t_1 &:= t_1 & t_2 &:= t_2 \\
 yy_2 &:= y_1 - \frac{t_2}{2} & yy_2 &= 645.624 \text{ mm} & A_1 &:= A_1 & A_2 &:= A_2 & S_{x1} &:= S_{x1} & S_{x2} &:= S_{x2} \\
 I_1 &:= \frac{b_1^3 \cdot t_1}{12} & I_1 &= 7.566 \times 10^7 \text{ mm}^4 & y_1 &:= y_1 & y_2 &:= y_2 \\
 I_2 &:= \frac{b_2^3 \cdot t_2}{12} & I_2 &= 9.079 \times 10^8 \text{ mm}^4 \\
 y_0 &:= \left| \frac{yy_1 \cdot I_1 - yy_2 \cdot I_2}{I_1 + I_2} \right| & y_0 &= 501.855 \text{ mm} & M_{\text{acc}} &:= 0.1 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

L'effort à considérer est M_c qui est moment qui agit sur la section non-composite,

$\Delta \xi_c := \text{if}(M_c < 0 \text{ kN}\cdot\text{m}, \text{"aile inf comprimée"}, \text{"aile sup comprimée"})$ $A_c = \text{"aile sup comprimée"}$

Si la semelle la plus large est comprimée, y_0 est négatif ce qui donne γ positif
 Si la semelle la plus large est tendue, y_0 est positif ce qui donne γ négatif

$\delta_{y0} := \text{if}[(A_c = \text{"aile inf comprimée"} \wedge b_2 > b_1) \vee (A_c = \text{"aile sup comprimée"} \wedge b_1 > b_2), -1, 1]$

$$s_{y0} = 1$$

$$y_0 := s_{y0} \cdot y_0 \quad y_0 = 501.855 \text{ mm}$$

l'indice b concerne l'aile tendu et a l'aile comprimée

Si on veut calculer M_u pour le moment positif: l'aile comprimé $aa = 1$ et l'aile tendu $bb = 2$
 Si on veut calculer M_u pour le moment négatif: l'aile comprimé $aa = 2$ et l'aile tendu $bb = 1$

$aa := \text{if}(A_c = \text{"aile sup comprimée"}, 1, 2)$

$bb := \text{if}(A_c = \text{"aile sup comprimée"}, 2, 1)$

$$aa = 1 \quad bb = 2$$

$$\bar{w} := \frac{1}{2 \cdot I_{xx}} \left[yy_{bb} \cdot \left[I_{bb} + b_{bb} \cdot t_{bb} \cdot (yy_{bb})^2 + w \cdot \frac{(yy_{bb})^3}{4} \right] - yy_{aa} \cdot \left[I_{aa} + b_{aa} \cdot t_{aa} \cdot (yy_{aa})^2 + \frac{w \cdot (yy_{aa})^3}{4} \right] - y_0 \right]$$

$$\gamma = -730.282 \text{ mm}$$

$$\frac{M_{u2}}{M_{u1}} = 1.0 \quad \text{Sécuritaire}$$

$$M_{u2} := \frac{\omega_2 \cdot \pi}{L_s} \left[\sqrt{E_s \cdot I_{yy} \cdot G \cdot J + \left(\frac{\pi \cdot E_s}{L_s} \right)^2 \cdot I_{yy} \cdot C_w + \left(\frac{\gamma \cdot \pi \cdot E_s \cdot I_{yy}}{L_s} \right)^2} + \frac{\gamma \cdot \pi \cdot E_s \cdot I_{yy}}{L_s} \right] \quad M_u = 2.983 \times 10^{11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{yy} := S_{x,\min} \cdot F_y \quad M_y = 1.002 \times 10^4 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{rS} := \text{if} \left[M_u > 0.67 \cdot M_y, \min \left[1.15 \cdot \phi \cdot M_y \left(1 - \frac{0.28 \cdot M_y}{M_u} \right), \phi \cdot M_y \right], \phi \cdot M_u \right]$$

$$M_{rS} = 9.52 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$S_{red} := \text{if} \left[\frac{2 \cdot y_{bb}}{w} > \frac{1900 \text{ MPa}}{\sqrt{F_y \text{ MPa}}}, 1.0 - \frac{1}{300 + \frac{1200 \cdot A_{aa}}{A_3}} \left(\frac{2 \cdot y_{bb}}{w} - \frac{1900 \text{ MPa}}{\sqrt{\frac{M_{rS} \text{ MPa}}{\phi \cdot S_{x,\min}}}} \right), 1.0 \right] \quad c_{red} = 0.888$$

$$S_{red} := \min(c_{red}, 1.0) \quad c_{red} = 0.888$$

$$M_{ed} := M_{rS} \cdot c_{red} \quad M_r = 8.45 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\boxed{M_{r,nc2} := M_r}$$

Calcul de la résistance en cisaillement :

espacement des raidisseurs : $a = 1503 \text{ mm}$

résistance de l'acier : $F_{yk} = 350 \text{ MPa}$ $\phi_w = 0.95$

$$k_v = \begin{cases} 1,4 + \frac{5,34}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} & \text{if } \frac{a}{h} < 1,4 + \frac{5,34}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \\ 5,34 + \frac{4}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} & \text{if } \frac{a}{h} > 1,4 + \frac{5,34}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \end{cases} \quad k_v = 11.908$$

$$\frac{h}{w} = 140.692$$

Utiliser des raidisseurs
si $h/w > 150$

$$F_{s,cri} = \frac{290 \cdot \sqrt{F_y \cdot k_v} \cdot \text{MPa}^{0.5}}{\frac{h}{w}} \quad F_{s,cri} = 133.069 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{s,cri} = 0 \text{ MPa}$$

$$F_{t,cri} = (0.50 \cdot F_y - 0.866 \cdot F_{s,cri}) \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \quad F_{t,cri} = 46.173 \cdot \text{MPa}$$

à l'appui (poutre sur appui simple)
ce qui n'est pas le cas ici car pas à l'appui.

$$F_{s,cri} = F_{s,cri} + F_{t,cri} \quad F_{s,cri} = 179.241 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{s,cre} = \frac{180000 \cdot \text{MPa} \cdot k_v}{\left(\frac{h}{w}\right)^2} \quad F_{s,cre} = 108.283 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{s,cre} = 0 \text{ MPa}$$

$$F_{t,cre} = (0.50 \cdot F_y - 0.866 \cdot F_{s,cre}) \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \quad F_{t,cre} = 62.756 \cdot \text{MPa}$$

à l'appui (poutre sur appui simple)
ce qui n'est pas le cas ici car pas à l'appui

$$F_{s,cre} = F_{s,cre} + F_{t,cre} \quad F_{s,cre} = 171.039 \cdot \text{MPa}$$

$$F_s = \begin{cases} (0.577 \cdot F_{yw}) & \text{if } \frac{h}{w} \leq 502 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \\ F_{s,cri} & \text{if } \frac{h}{w} > 502 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \wedge \frac{h}{w} \leq 621 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \\ F_{s,cre} & \text{if } \frac{h}{w} > 621 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} \end{cases}$$

$$F_s = 171.039 \cdot \text{MPa}$$

$$502 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} = 92.594$$

$$621 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot \text{MPa}}{F_y}} = 114.544$$

$$V_{rd} = \phi \cdot h \cdot w \cdot \max(F_s) \quad V_r = 3.863 \times 10^3 \cdot \text{kN} \quad V_{rd} = r_{f,v} \cdot V_r \quad V_r = 1.893 \times 10^3 \cdot \text{kN} \quad V_{r,c2} = V_r$$

Déterminer les résistances :

$$U_V = 1.0$$

$$U_M = 1.0$$

$$j := 1 .. \text{rows}(x_c)$$

$$V_{rr,j} := \begin{cases} U_V V_{r,c_1} & \text{if } j \leq 3 \vee j \geq 11 \\ U_V V_{r,c_2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} j = 1 &\Rightarrow 0.0L \\ j = 2 &\Rightarrow 0.1L \\ j = 3 &\Rightarrow 0.2L \\ j = 4 &\Rightarrow 0.25L \\ j = 5 &\Rightarrow 0.3L \\ j = 6 &\Rightarrow 0.4L \\ j = 7 &\Rightarrow 0.5L \\ j = 8 &\Rightarrow 0.6L \\ j = 9 &\Rightarrow 0.7L \\ j = 10 &\Rightarrow 0.75L \\ j = 11 &\Rightarrow 0.8L \\ j = 12 &\Rightarrow 0.9L \\ j = 13 &\Rightarrow 1.0L \end{aligned}$$

$$M_{rr,c_j} := \begin{cases} U_M M_{r,c_1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ U_M M_{r,c_2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$M_{rr,nc_j} := \begin{cases} U_M M_{r,nc_1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ U_M M_{r,nc_2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$V_{rr}^T = (2534 \ 2534 \ 2534 \ 1893 \ 1893 \ 1893 \ 1893 \ 1893 \ 1893 \ 1893 \ 2534 \ 2534 \ 2534) \cdot \text{kN}$$

$$M_{rr,c}^T = (20879 \ 20879 \ 20879 \ 20879 \ 24841 \ 24841 \ 24841 \ 24841 \ 24841 \ 20879 \ 20879 \ 20879 \ 20879) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{rr,nc}^T = (7099 \ 7099 \ 7099 \ 7099 \ 8450 \ 8450 \ 8450 \ 8450 \ 8450 \ 7099 \ 7099 \ 7099 \ 7099) \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$S_{xy,j} := \begin{cases} S_{x1,1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{x1,2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{xy,j} := \begin{cases} S_{x2,1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{x2,2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{b,n_j} := \begin{cases} S_{b,n,1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{b,n,2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{t,n_j} := \begin{cases} S_{t,n,1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{t,n,2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{tb,n_j} := \begin{cases} S_{tb,n,1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{tb,n,2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{b,3n_j} := \begin{cases} S_{b,3n,1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{b,3n,2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{t,3n_j} := \begin{cases} S_{t,3n,1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{t,3n,2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S_{tb,3n_j} := \begin{cases} S_{tb,3n,1} & \text{if } j \leq 4 \vee j \geq 10 \\ S_{tb,3n,2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Calcul des FCS pour le niveau 1 :

Cisaillement :
$$FCS_{V,nivl_j} := \frac{V_{rr_j} - V_{fD_j}}{V_{fLL_j}}$$

$$FCS_{V,nivl}^T = (1.39 \ 1.73 \ 2.25 \ 1.89 \ 2.2 \ 3.07 \ 4.52 \ 3.07 \ 2.2 \ 1.89 \ 2.25 \ 1.73 \ 1.39)$$

Flexion (non-composite) :
$$FCS_{M,nc,nivl_j} := \frac{M_{rr,nc_j} - M_{fD_j}}{\max(1\text{kN}\cdot\text{m}, M_{fLL_j})}$$

$$FCS_{M,nc,nivl}^T = (7098.51 \ 1.67 \ 0.85 \ 0.7 \ 0.76 \ 0.64 \ 0.61 \ 0.64 \ 0.76 \ 0.7 \ 0.85 \ 1.67 \ 7098.51)$$

Flexion (composite) :
$$FCS_{M,c,nivl_j} := \frac{M_{rr,c_j} - M_{fD_j}}{\max(1\text{kN}\cdot\text{m}, M_{fLL_j})}$$

$$FCS_{M,c,nivl}^T = (20879.46 \ 5.28 \ 2.89 \ 2.44 \ 2.61 \ 2.26 \ 2.16 \ 2.26 \ 2.61 \ 2.44 \ 2.89 \ 5.28 \ 20879.46)$$

Calcul de l'interaction Flexion-Cisaillement (non-mixte) :

Section non-composite :

$$v_{D,nc_j} := \frac{0.727 \cdot M_{fD_j}}{M_{rr,nc_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{fD_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{D,nc}^T = (0.054 \ 0.12 \ 0.168 \ 0.195 \ 0.178 \ 0.185 \ 0.178 \ 0.185 \ 0.178 \ 0.195 \ 0.168 \ 0.12 \ 0.054)$$

$$v_{L,nc_j} := \frac{0.727 \cdot M_{fLL_j}}{M_{rr,nc_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{fLL_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{L,nc}^T = (0.289 \ 0.629 \ 0.881 \ 1.034 \ 0.956 \ 1.014 \ 1.007 \ 1.014 \ 0.956 \ 1.034 \ 0.881 \ 0.629 \ 0.289)$$

$$FCS_{MV,nc,nivl_j} := \frac{1 - v_{D,nc_j}}{v_{L,nc_j}}$$

$$FCS_{MV,nc,nivl}^T = (3.274 \ 1.4 \ 0.945 \ 0.779 \ 0.859 \ 0.803 \ 0.816 \ 0.803 \ 0.859 \ 0.779 \ 0.945 \ 1.4 \ 3.274)$$

Section composite :

$$v_{D,c_j} := \frac{0.727 \cdot M_{f,D_j}}{M_{r,c_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{f,D_j}}{V_{r_j}}$$

$$v_{D,c}^T = (0.054 \ 0.069 \ 0.079 \ 0.09 \ 0.08 \ 0.073 \ 0.06 \ 0.073 \ 0.08 \ 0.09 \ 0.079 \ 0.069 \ 0.054)$$

$$v_{L1,c_j} := \frac{0.727 \cdot M_{f,L1_j}}{M_{r,c_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{f,L1_j}}{V_{r_j}}$$

$$v_{L1,c}^T = (0.289 \ 0.371 \ 0.423 \ 0.498 \ 0.453 \ 0.44 \ 0.409 \ 0.44 \ 0.453 \ 0.498 \ 0.423 \ 0.371 \ 0.289)$$

$$FCS_{MV,c,nivl_j} := \frac{1 - v_{D,c_j}}{v_{L1,c_j}}$$

$$FCS_{MV,c,nivl}^T = (3.274 \ 2.508 \ 2.176 \ 1.827 \ 2.031 \ 2.109 \ 2.297 \ 2.109 \ 2.031 \ 1.827 \ 2.176 \ 2.508 \ 3.274)$$

Calcul en service :

Aile inférieure

Section non-composite

$$\sigma_{b,D,nc_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x1_j}}$$

$$\sigma_{b,D,nc}^T = (0 \ 16.632 \ 29.568 \ 34.65 \ 29.661 \ 33.899 \ 35.311 \ 33.899 \ 29.661 \ 34.65 \ 29.568 \ 16.632 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{b,L1,nc_j} := \frac{M_{L1_j}}{S_{x1_j}}$$

$$\sigma_{b,L1,nc}^T = (0 \ 66.322 \ 117.634 \ 137.884 \ 117.778 \ 134.521 \ 140.037 \ 134.521 \ 117.778 \ 137.884 \ 117.634 \ 66.322 \ 0) \text{ MP}$$

$$FCS_{b,nc,nivl_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{b,D,nc_j}}{\max(0.1 \text{ MPa}, \sigma_{b,L1,nc_j})}$$

$$FCS_{b,nc,nivl}^T = (3.325 \times 10^3 \ 4.763 \ 2.575 \ 2.16 \ 2.571 \ 2.22 \ 2.122 \ 2.22 \ 2.571 \ 2.16 \ 2.575 \ 4.763 \ 3.325 \times 10^3)$$

Section composite

$$\sigma_{b,D,c_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j}}{S_{x1_j}} + \frac{M_{Dc_j}}{S_{b,3n_j}}$$

$$\sigma_{b,D,c}^T = (0 \ 16.373 \ 29.108 \ 34.11 \ 29.254 \ 33.433 \ 34.826 \ 33.433 \ 29.254 \ 34.11 \ 29.108 \ 16.373 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{b,L1,c_j} := \frac{M_{L1_j}}{S_{b,\eta_j}}$$

$$\sigma_{b,L1,c}^T = (0 \ 48.81 \ 86.572 \ 101.474 \ 89.472 \ 102.191 \ 106.381 \ 102.191 \ 89.472 \ 101.474 \ 86.572 \ 48.81 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$FCS_{b,c,niv1_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{b,D,c_j}}{\max(1 \text{MPa}, \sigma_{b,L1,c_j})}$$

$$FCS_{b,c,niv1}^T = (332.5 \ 6.477 \ 3.505 \ 2.941 \ 3.389 \ 2.927 \ 2.798 \ 2.927 \ 3.389 \ 2.941 \ 3.505 \ 6.477 \ 332.5)$$

Aile supérieure

Section non-composite

$$\sigma_{fb,D,nc_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x2_j}}$$

$$\sigma_{fb,D,nc}^T = (0 \ 27.851 \ 49.512 \ 58.022 \ 54.899 \ 62.741 \ 65.356 \ 62.741 \ 54.899 \ 58.022 \ 49.512 \ 27.851 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{fb,L1,nc_j} := \frac{M_{L1_j}}{S_{x2_j}}$$

$$\sigma_{fb,L1,nc}^T = (0 \ 111.06 \ 196.982 \ 230.891 \ 217.99 \ 248.979 \ 259.188 \ 248.979 \ 217.99 \ 230.891 \ 196.982 \ 111.06 \ 0) \cdot \text{MPa}$$

$$FCS_{fb,nc,niv1_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{fb,D,nc_j}}{\max(1 \text{MPa}, \sigma_{fb,L1,nc_j})}$$

$$FCS_{fb,nc,niv1}^T = (332.5 \ 2.743 \ 1.437 \ 1.189 \ 1.273 \ 1.083 \ 1.031 \ 1.083 \ 1.273 \ 1.189 \ 1.437 \ 2.743 \ 332.5)$$

Section composite

$$\sigma_{tb.D.c_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j}}{S_{x2_j}} + \frac{M_{Dc_j}}{S_{tb.3n_j}}$$

$$\sigma_{tb.D.c}^T = (0 \ 26.447 \ 47.017 \ 55.097 \ 52.288 \ 59.757 \ 62.247 \ 59.757 \ 52.288 \ 55.097 \ 47.017 \ 26.447 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{tb.L1.c_j} := \frac{M_{L1_j}}{S_{tb.n_j}}$$

$$\sigma_{tb.L1.c}^T = (0 \ 16.438 \ 29.155 \ 34.174 \ 37.284 \ 42.585 \ 44.331 \ 42.585 \ 37.284 \ 34.174 \ 29.155 \ 16.438 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{tb.c.nivl_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{tb.D.c_j}}{\max(1 \text{ MPa}, \sigma_{tb.L1.c_j})}$$

$$FCS_{tb.c.nivl}^T = (332.5 \ 18.619 \ 9.792 \ 8.117 \ 7.516 \ 6.405 \ 6.096 \ 6.405 \ 7.516 \ 8.117 \ 9.792 \ 18.619 \ 332.5)$$

Béton :

Section composite

$$\sigma_{t.D.c_j} := \frac{M_{Dc_j}}{S_{t.3n_j}} \cdot \frac{1}{3 \cdot n}$$

$$\sigma_{t.D.c}^T = (0 \ 0.04 \ 0.071 \ 0.083 \ 0.084 \ 0.096 \ 0.1 \ 0.096 \ 0.084 \ 0.083 \ 0.071 \ 0.04 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t.L1.c_j} := \frac{M_{L1_j}}{S_{t.n_j}} \cdot \frac{1}{n}$$

$$\sigma_{t.L1.c}^T = (0 \ 2.851 \ 5.057 \ 5.927 \ 6.124 \ 6.994 \ 7.281 \ 6.994 \ 6.124 \ 5.927 \ 5.057 \ 2.851 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{t.c.nivl_j} := \frac{\phi_c \cdot f_c - \sigma_{t.D.c_j}}{\max(0.1 \text{ MPa}, \sigma_{t.L1.c_j})}$$

$$FCS_{t.c.nivl}^T = (187.5 \ 6.562 \ 3.694 \ 3.149 \ 3.048 \ 2.667 \ 2.561 \ 2.667 \ 3.048 \ 3.149 \ 3.694 \ 6.562 \ 187.5)$$

Calcul des FCS pour le niveau 2 :

Cisaillement :
$$FCS_{V,niv2_j} := \frac{V_{rr_j} - V_{fD_j}}{V_{fL2_j}}$$

$$FCS_{V,niv2}^T = (1.53 \ 1.87 \ 2.35 \ 1.93 \ 2.21 \ 3.05 \ 4.46 \ 3.05 \ 2.21 \ 1.93 \ 2.35 \ 1.87 \ 1.53)$$

Flexion (non-composite) :
$$FCS_{M,nc,niv2_j} := \frac{M_{rr,nc_j} - M_{fD_j}}{\max(1\text{kN}\cdot\text{m}, M_{fL2_j})}$$

$$FCS_{M,nc,niv2}^T = (7098.51 \ 1.85 \ 0.95 \ 0.78 \ 0.85 \ 0.72 \ 0.69 \ 0.72 \ 0.85 \ 0.78 \ 0.95 \ 1.85 \ 7098.51)$$

Flexion (composite) :
$$FCS_{M,c,niv2_j} := \frac{M_{rr,c_j} - M_{fD_j}}{\max(1\text{kN}\cdot\text{m}, M_{fL2_j})}$$

$$FCS_{M,c,niv2}^T = (20879.46 \ 5.85 \ 3.22 \ 2.73 \ 2.93 \ 2.56 \ 2.46 \ 2.56 \ 2.93 \ 2.73 \ 3.22 \ 5.85 \ 20879.46)$$

Calcul de l'interaction Flexion-Cisaillement (non-mixte) :

Section non-composite :

$$v_{D,nc_j} := \frac{0.727 \cdot M_{fD_j}}{M_{rr,nc_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{fD_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{D,nc}^T = (0.054 \ 0.12 \ 0.168 \ 0.195 \ 0.178 \ 0.185 \ 0.178 \ 0.185 \ 0.178 \ 0.195 \ 0.168 \ 0.12 \ 0.054)$$

$$v_{L2,nc_j} := \frac{0.727 \cdot M_{fL2_j}}{M_{rr,nc_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{fL2_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{L2,nc}^T = (0.262 \ 0.572 \ 0.802 \ 0.943 \ 0.872 \ 0.914 \ 0.899 \ 0.914 \ 0.872 \ 0.943 \ 0.802 \ 0.572 \ 0.262)$$

$$FCS_{MV,nc,niv2_j} := \frac{1 - v_{D,nc_j}}{v_{L2,nc_j}}$$

$$FCS_{MV,nc,niv2}^T = (3.615 \ 1.538 \ 1.037 \ 0.854 \ 0.942 \ 0.891 \ 0.914 \ 0.891 \ 0.942 \ 0.854 \ 1.037 \ 1.538 \ 3.615)$$

Section composite :

$$v_{D,c_j} := \frac{0.727 \cdot M_{fD_j}}{M_{rr,c_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{fD_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{D,c}^T = (0.054 \ 0.069 \ 0.079 \ 0.09 \ 0.08 \ 0.073 \ 0.06 \ 0.073 \ 0.08 \ 0.09 \ 0.079 \ 0.069 \ 0.054)$$

$$v_{L2,c_j} := \frac{0.727 \cdot M_{fL2_j}}{M_{rr,c_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{fL2_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{L2,c}^T = (0.262 \ 0.339 \ 0.391 \ 0.464 \ 0.424 \ 0.406 \ 0.373 \ 0.406 \ 0.424 \ 0.464 \ 0.391 \ 0.339 \ 0.262)$$

$$FCS_{MV,c,niv2_j} := \frac{1 - v_{D,c_j}}{v_{L2,c_j}}$$

$$FCS_{MV,c,niv2}^T = (3.615 \ 2.741 \ 2.354 \ 1.962 \ 2.171 \ 2.282 \ 2.517 \ 2.282 \ 2.171 \ 1.962 \ 2.354 \ 2.741 \ 3.615)$$

Calcul en service :

Aile inférieure

Section non-composite

$$\sigma_{b,D,nc_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x1_j}}$$

$$\sigma_{b,D,nc}^T = (0 \ 16.632 \ 29.568 \ 34.65 \ 29.661 \ 33.899 \ 35.311 \ 33.899 \ 29.661 \ 34.65 \ 29.568 \ 16.632 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{b,L2,nc_j} := \frac{M_{L2_j}}{S_{x1_j}}$$

$$\sigma_{b,L2,nc}^T = (0 \ 59.872 \ 105.599 \ 123.197 \ 104.899 \ 118.88 \ 123.139 \ 118.88 \ 104.899 \ 123.197 \ 105.599 \ 59.872 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{b,nc,niv2_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{b,D,nc_j}}{\max(0.1 \text{ MPa}, \sigma_{b,L2,nc_j})}$$

$$FCS_{b,nc,niv2}^T = (3325 \ 5.276 \ 2.869 \ 2.418 \ 2.887 \ 2.512 \ 2.413 \ 2.512 \ 2.887 \ 2.418 \ 2.869 \ 5.276 \ 3325)$$

Section composite

$$\sigma_{b.D.c_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j}}{S_{x1_j}} + \frac{M_{Dc_j}}{S_{b.3n_j}}$$

$$\sigma_{b.D.c}^T = (0 \ 16.373 \ 29.108 \ 34.11 \ 29.254 \ 33.433 \ 34.826 \ 33.433 \ 29.254 \ 34.11 \ 29.108 \ 16.373 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{b.L2.c_j} := \frac{M_{L2_j}}{S_{b.n_j}}$$

$$\sigma_{b.L2.c}^T = (0 \ 44.063 \ 77.714 \ 90.666 \ 79.688 \ 90.309 \ 93.545 \ 90.309 \ 79.688 \ 90.666 \ 77.714 \ 44.063 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{b.c.niv2_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{b.D.c_j}}{\max(1 \text{ MPa}, \sigma_{b.L2.c_j})}$$

$$FCS_{b.c.niv2}^T = (332.5 \ 7.174 \ 3.904 \ 3.291 \ 3.805 \ 3.312 \ 3.182 \ 3.312 \ 3.805 \ 3.291 \ 3.904 \ 7.174 \ 332.5)$$

Aile supérieure

Section non-composite

$$\sigma_{tb.D.nc_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x2_j}}$$

$$\sigma_{tb.D.nc}^T = (0 \ 27.851 \ 49.512 \ 58.022 \ 54.899 \ 62.741 \ 65.356 \ 62.741 \ 54.899 \ 58.022 \ 49.512 \ 27.851 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{tb.L2.nc_j} := \frac{M_{L2_j}}{S_{x2_j}}$$

$$\sigma_{tb.L2.nc}^T = (0 \ 100.259 \ 176.829 \ 206.298 \ 194.152 \ 220.03 \ 227.913 \ 220.03 \ 194.152 \ 206.298 \ 176.829 \ 100.259 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{tb.nc.niv2_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{tb.D.nc_j}}{\max(1 \text{ MPa}, \sigma_{tb.L2.nc_j})}$$

$$FCS_{tb.nc.niv2}^T = (332.5 \ 3.039 \ 1.6 \ 1.33 \ 1.43 \ 1.226 \ 1.172 \ 1.226 \ 1.43 \ 1.33 \ 1.6 \ 3.039 \ 332.5)$$

Section composite

$$\sigma_{fb,D,c_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j}}{S_{x2_j}} + \frac{M_{Dc_j}}{S_{fb,3n_j}}$$

$$\sigma_{fb,D,c}^T = (0 \ 26.447 \ 47.017 \ 55.097 \ 52.288 \ 59.757 \ 62.247 \ 59.757 \ 52.288 \ 55.097 \ 47.017 \ 26.447 \ 0) \text{MPa}$$

$$\sigma_{fb,L2,c_j} := \frac{M_{L2_j}}{S_{fb,n_j}}$$

$$\sigma_{fb,L2,c}^T = (0 \ 14.839 \ 26.172 \ 30.534 \ 33.207 \ 37.633 \ 38.982 \ 37.633 \ 33.207 \ 30.534 \ 26.172 \ 14.839 \ 0) \text{MPa}$$

$$FCS_{fb,c,niv2_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{fb,D,c_j}}{\max(1 \text{MPa}, \sigma_{fb,L2,c_j})}$$

$$FCS_{fb,c,niv2}^T = (332.5 \ 20.625 \ 10.908 \ 9.085 \ 8.438 \ 7.247 \ 6.933 \ 7.247 \ 8.438 \ 9.085 \ 10.908 \ 20.625 \ 332.5)$$

Béton :

Section composite

$$\sigma_{t,D,c_j} := \frac{M_{Dc_j}}{S_{t,3n_j}} \cdot \frac{1}{3 \cdot n}$$

$$\sigma_{t,D,c}^T = (0 \ 0.04 \ 0.071 \ 0.083 \ 0.084 \ 0.096 \ 0.1 \ 0.096 \ 0.084 \ 0.083 \ 0.071 \ 0.04 \ 0) \text{MPa}$$

$$\sigma_{t,L2,c_j} := \frac{M_{L2_j}}{S_{t,n_j}} \cdot \frac{1}{n}$$

$$\sigma_{t,L2,c}^T = (0 \ 2.574 \ 4.54 \ 5.296 \ 5.454 \ 6.181 \ 6.403 \ 6.181 \ 5.454 \ 5.296 \ 4.54 \ 2.574 \ 0) \text{MPa}$$

$$FCS_{t,c,niv2_j} := \frac{\phi_c \cdot f_c - \sigma_{t,D,c_j}}{\max(0.1 \text{MPa}, \sigma_{t,L2,c_j})}$$

$$FCS_{t,c,niv2}^T = (187.5 \ 7.269 \ 4.115 \ 3.525 \ 3.422 \ 3.018 \ 2.913 \ 3.018 \ 3.422 \ 3.525 \ 4.115 \ 7.269 \ 187.5)$$

Calcul des FCS pour le niveau 3 :

Cisaillement :
$$FCS_{V,niv3_j} := \frac{V_{rr_j} - V_{f,D_j}}{V_{f,L3_j}}$$

$$FCS_{V,niv3}^T = (3.01 \ 3.51 \ 4.18 \ 3.37 \ 3.75 \ 4.79 \ 6.47 \ 4.79 \ 3.75 \ 3.37 \ 4.18 \ 3.51 \ 3.01)$$

Flexion (non-composite) :
$$FCS_{M,nc,niv3_j} := \frac{M_{rr,nc_j} - M_{f,D_j}}{\max(1\text{kN}\cdot\text{m}, M_{f,L3_j})}$$

$$FCS_{M,nc,niv3}^T = (7098.51 \ 3.54 \ 1.86 \ 1.55 \ 1.68 \ 1.45 \ 1.42 \ 1.45 \ 1.68 \ 1.55 \ 1.86 \ 3.54 \ 7098.51)$$

Flexion (composite) :
$$FCS_{M,c,niv3_j} := \frac{M_{rr,c_j} - M_{f,D_j}}{\max(1\text{kN}\cdot\text{m}, M_{f,L3_j})}$$

$$FCS_{M,c,niv3}^T = (20879.46 \ 11.21 \ 6.29 \ 5.39 \ 5.8 \ 5.11 \ 5.08 \ 5.11 \ 5.8 \ 5.39 \ 6.29 \ 11.21 \ 20879.46)$$

Calcul de l'interaction Flexion-Cisaillement (non-mixte) :

Section non-composite :

$$v_{D,nc_j} := \frac{0.727 \cdot M_{f,D_j}}{M_{rr,nc_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{f,D_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{D,nc}^T = (0.054 \ 0.12 \ 0.168 \ 0.195 \ 0.178 \ 0.185 \ 0.178 \ 0.185 \ 0.178 \ 0.195 \ 0.168 \ 0.12 \ 0.054)$$

$$v_{L3,nc_j} := \frac{0.727 \cdot M_{f,L3_j}}{M_{rr,nc_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{f,L3_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{L3,nc}^T = (0.133 \ 0.301 \ 0.419 \ 0.492 \ 0.457 \ 0.476 \ 0.456 \ 0.476 \ 0.457 \ 0.492 \ 0.419 \ 0.301 \ 0.133)$$

$$FCS_{MV,nc,niv3_j} := \frac{1 - v_{D,nc_j}}{v_{L3,nc_j}}$$

$$FCS_{MV,nc,niv3}^T = (7.094 \ 2.923 \ 1.985 \ 1.636 \ 1.8 \ 1.71 \ 1.804 \ 1.71 \ 1.8 \ 1.636 \ 1.985 \ 2.923 \ 7.094)$$

Section composite :

$$v_{D,c_j} := \frac{0.727 \cdot M_{f,D_j}}{M_{rr,c_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{f,D_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{D,c}^T = (0.054 \ 0.069 \ 0.079 \ 0.09 \ 0.08 \ 0.073 \ 0.06 \ 0.073 \ 0.08 \ 0.09 \ 0.079 \ 0.069 \ 0.054)$$

$$v_{L3,c_j} := \frac{0.727 \cdot M_{f,L3_j}}{M_{rr,c_j}} + \frac{0.455 \cdot V_{f,L3_j}}{V_{rr_j}}$$

$$v_{L3,c}^T = (0.133 \ 0.18 \ 0.209 \ 0.249 \ 0.23 \ 0.223 \ 0.201 \ 0.223 \ 0.23 \ 0.249 \ 0.209 \ 0.18 \ 0.133)$$

$$FCS_{MV,c,niv3_j} := \frac{1 - v_{D,c_j}}{v_{L3,c_j}}$$

$$FCS_{MV,c,niv3}^T = (7.094 \ 5.179 \ 4.405 \ 3.649 \ 3.997 \ 4.164 \ 4.664 \ 4.164 \ 3.997 \ 3.649 \ 4.405 \ 5.179 \ 7.094)$$

Calcul en service :

Aile inférieure

Section non-composite

$$\sigma_{b,D,nc_j} := \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x1_j}}$$

$$\sigma_{b,D,nc}^T = (0 \ 16.632 \ 29.568 \ 34.65 \ 29.661 \ 33.899 \ 35.311 \ 33.899 \ 29.661 \ 34.65 \ 29.568 \ 16.632 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{b,L3,nc_j} := \frac{M_{L3_j}}{S_{x1_j}}$$

$$\sigma_{b,L3,nc}^T = (0 \ 31.236 \ 54.024 \ 62.394 \ 52.979 \ 59.395 \ 59.558 \ 59.395 \ 52.979 \ 62.394 \ 54.024 \ 31.236 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{b,nc,niv3_j} := \frac{\phi \cdot F_y - \sigma_{b,D,nc_j}}{\max(1 \text{ MPa}, \sigma_{b,L3,nc_j})}$$

$$FCS_{b,nc,niv3}^T = (332.5 \ 10.112 \ 5.607 \ 4.774 \ 5.716 \ 5.027 \ 4.99 \ 5.027 \ 5.716 \ 4.774 \ 5.607 \ 10.112 \ 332.5)$$

Section composite

$$\sigma_{b.D.c_j} = \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j}}{S_{x1_j}} + \frac{M_{Dc_j}}{S_{b.3n_j}}$$

$$\sigma_{b.D.c}^T = (0 \ 16.373 \ 29.108 \ 34.11 \ 29.254 \ 33.433 \ 34.826 \ 33.433 \ 29.254 \ 34.11 \ 29.108 \ 16.373 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{b.L3.c_j} = \frac{M_{L3_j}}{S_{b.n_j}}$$

$$\sigma_{b.L3.c}^T = (0 \ 22.988 \ 39.759 \ 45.918 \ 40.246 \ 45.121 \ 45.244 \ 45.121 \ 40.246 \ 45.918 \ 39.759 \ 22.988 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{b.c.niv3_j} = \frac{\phi F_y - \sigma_{b.D.c_j}}{\max(1 \text{ MPa}, \sigma_{b.L3.c_j})}$$

$$FCS_{b.c.niv3}^T = (332.5 \ 13.752 \ 7.631 \ 6.498 \ 7.535 \ 6.628 \ 6.579 \ 6.628 \ 7.535 \ 6.498 \ 7.631 \ 13.752 \ 332.5)$$

Aile supérieure

Section non-composite

$$\sigma_{fb.D.nc_j} = \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j} + M_{Dc_j}}{S_{x2_j}}$$

$$\sigma_{fb.D.nc}^T = (0 \ 27.851 \ 49.512 \ 58.022 \ 54.899 \ 62.741 \ 65.356 \ 62.741 \ 54.899 \ 58.022 \ 49.512 \ 27.851 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fb.L3.nc_j} = \frac{M_{L3_j}}{S_{x2_j}}$$

$$\sigma_{fb.L3.nc}^T = (0 \ 52.306 \ 90.466 \ 104.481 \ 98.056 \ 109.932 \ 110.234 \ 109.932 \ 98.056 \ 104.481 \ 90.466 \ 52.306 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{fb.nc.niv3_j} = \frac{\phi F_y - \sigma_{fb.D.nc_j}}{\max(1 \text{ MPa}, \sigma_{fb.L3.nc_j})}$$

$$FCS_{fb.nc.niv3}^T = (332.5 \ 5.824 \ 3.128 \ 2.627 \ 2.831 \ 2.454 \ 2.423 \ 2.454 \ 2.831 \ 2.627 \ 3.128 \ 5.824 \ 332.5)$$

Section composite

$$\sigma_{tb.D.c_j} = \frac{M_{Ds_j} + M_{Db_j}}{S_{x2_j}} + \frac{M_{Dc_j}}{S_{tb.3n_j}}$$

$$\sigma_{tb.D.c}^T = (0 \ 26.447 \ 47.017 \ 55.097 \ 52.288 \ 59.757 \ 62.247 \ 59.757 \ 52.288 \ 55.097 \ 47.017 \ 26.447 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{tb.L3.c_j} = \frac{M_{L3_j}}{S_{tb.n_j}}$$

$$\sigma_{tb.L3.c}^T = (0 \ 7.742 \ 13.39 \ 15.464 \ 16.771 \ 18.802 \ 18.854 \ 18.802 \ 16.771 \ 15.464 \ 13.39 \ 7.742 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{tb.c.niv3_j} = \frac{\phi F_y - \sigma_{tb.D.c_j}}{\max(1 \text{ MPa}, \sigma_{tb.L3.c_j})}$$

$$FCS_{tb.c.niv3}^T = (332.5 \ 39.533 \ 21.321 \ 17.939 \ 16.708 \ 14.506 \ 14.334 \ 14.506 \ 16.708 \ 17.939 \ 21.321 \ 39.533 \ 332.5)$$

Béton :

Section composite

$$\sigma_{t.D.c_j} = \frac{M_{Dc_j}}{S_{L3n_j}} \cdot \frac{1}{3-n}$$

$$\sigma_{t.D.c}^T = (0 \ 0.04 \ 0.071 \ 0.083 \ 0.084 \ 0.096 \ 0.1 \ 0.096 \ 0.084 \ 0.083 \ 0.071 \ 0.04 \ 0) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t.L3.c_j} = \frac{M_{L3_j}}{S_{t.n_j}} \cdot \frac{1}{n}$$

$$\sigma_{t.L3.c}^T = (0 \ 1.343 \ 2.322 \ 2.682 \ 2.755 \ 3.088 \ 3.097 \ 3.088 \ 2.755 \ 2.682 \ 2.322 \ 1.343 \ 0) \text{ MPa}$$

$$FCS_{t.c.niv3_j} = \frac{\phi_c \cdot f_c - \sigma_{t.D.c_j}}{\max(0.1 \text{ MPa}, \sigma_{t.L3.c_j})}$$

$$FCS_{t.c.niv3}^T = (187.5 \ 13.934 \ 8.043 \ 6.96 \ 6.776 \ 6.04 \ 6.023 \ 6.04 \ 6.776 \ 6.96 \ 8.043 \ 13.934 \ 187.5)$$

Calcul de la flèche :

$$\Delta_{\max, v, \text{total}} = 4.473 \times 10^{-3} \text{ mm Calculé avec } I_{xc} \quad I_{xc} = 1 \times 10^9 \cdot \text{mm}^4$$

Calculé avec la section non-composite (utiliser l'inertie de la section 1 ce qui est conservateur)

$$\Delta_{\max, nc} := \Delta_{\max, v, \text{total}} \frac{I_{xc}}{I_{xx,1}} \quad \Delta_{\max, nc} = 156.356 \cdot \text{mm} \quad \frac{I_{xx,1}}{I_{xx,2}} = 0.806 \quad \frac{L}{\Delta_{\max, nc}} = 174.154$$

Calculé avec la section non-composite (utiliser l'inertie de la section 1 ce qui est conservateur)

$$\Delta_{\max, c} := \Delta_{\max, v, \text{total}} \frac{I_{xc}}{I_{c,n,1}} \quad \Delta_{\max, c} = 57.513 \cdot \text{mm} \quad \frac{I_{c,n,1}}{I_{c,n,2}} = 0.827 \quad \frac{L}{\Delta_{\max, c}} = 473.456$$

Résumé des résultats :

nc = non-composite / c = composite

Niveau 1 :

$$FCS_{nc,niv1} := \min(\min(FCS_{V,niv1}), \min(FCS_{M,nc,niv1}), \min(FCS_{MV,nc,niv1}), \min(FCS_{b,nc,niv1}), \min(FCS_{tb,nc,niv1}))$$

$$FCS_{nc,niv1} = 0.606$$

$$FCS_{c,niv1} := \min(\min(FCS_{V,niv1}), \min(FCS_{M,c,niv1}), \min(FCS_{MV,c,niv1}), \min(FCS_{b,c,niv1}), \min(FCS_{tb,c,niv1}), \min(FCS_{t,c,niv1}))$$

$$FCS_{c,niv1} = 1.387$$

$\min(FCS_{V,niv1}) = 1.387$	Ultime / Cisaillement	
$\min(FCS_{M,nc,niv1}) = 0.606$	$\min(FCS_{M,c,niv1}) = 2.161$	Ultime / Flexion
$\min(FCS_{MV,nc,niv1}) = 0.779$	$\min(FCS_{MV,c,niv1}) = 1.827$	Ultime / Interaction Flexion/cisaillement
$\min(FCS_{b,nc,niv1}) = 2.122$	$\min(FCS_{b,c,niv1}) = 2.798$	Service / Tension aile inférieure
$\min(FCS_{tb,nc,niv1}) = 1.031$	$\min(FCS_{tb,c,niv1}) = 6.096$	Service / Compression aile supérieure
	$\min(FCS_{t,c,niv1}) = 2.561$	Service / Compression béton

Niveau 2 :

$$FCS_{nc,niv2} := \min(\min(FCS_{V,niv2}), \min(FCS_{M,nc,niv2}), \min(FCS_{MV,nc,niv2}), \min(FCS_{b,nc,niv2}), \min(FCS_{tb,nc,niv2}))$$

$$FCS_{nc,niv2} = 0.689$$

$$FCS_{c,niv2} := \min(\min(FCS_{V,niv2}), \min(FCS_{M,c,niv2}), \min(FCS_{MV,c,niv2}), \min(FCS_{b,c,niv2}), \min(FCS_{tb,c,niv2}), \min(FCS_{t,c,niv2}))$$

$$FCS_{c,niv2} = 1.531$$

$\min(FCS_{V,niv2}) = 1.531$	Ultime / Cisaillement	
$\min(FCS_{M,nc,niv2}) = 0.689$	$\min(FCS_{M,c,niv2}) = 2.458$	Ultime / Flexion
$\min(FCS_{MV,nc,niv2}) = 0.854$	$\min(FCS_{MV,c,niv2}) = 1.962$	Ultime / Interaction Flexion/cisaillement
$\min(FCS_{b,nc,niv2}) = 2.413$	$\min(FCS_{b,c,niv2}) = 3.182$	Service / Tension aile inférieure
$\min(FCS_{tb,nc,niv2}) = 1.172$	$\min(FCS_{tb,c,niv2}) = 6.933$	Service / Compression aile supérieure
	$\min(FCS_{t,c,niv2}) = 2.913$	Service / Compression béton

Niveau 3 :

$$FCS_{nc,niv3} = \min(\min(FCS_{V,niv3}), \min(FCS_{M,nc,niv3}), \min(FCS_{MV,nc,niv3}), \min(FCS_{b,nc,niv3}), \min(FCS_{tb,nc,niv3}))$$

$$FCS_{nc,niv3} = 1.424$$

$$FCS_{c,niv3} = \min(\min(FCS_{V,niv3}), \min(FCS_{M,c,niv3}), \min(FCS_{MV,c,niv3}), \min(FCS_{b,c,niv3}), \min(FCS_{tb,c,niv3}), \min(FCS_{t,c,niv3}))$$

$$FCS_{c,niv3} = 3.005$$

$$\min(FCS_{V,niv3}) = 3.005$$

Ultime / Cisaillement

$$\min(FCS_{M,nc,niv3}) = 1.424$$

$$\min(FCS_{M,c,niv3}) = 5.082$$

Ultime / Flexion

$$\min(FCS_{MV,nc,niv3}) = 1.636$$

$$\min(FCS_{MV,c,niv3}) = 3.649$$

Ultime / Interaction Flexion/cisaillement

$$\min(FCS_{b,nc,niv3}) = 4.774$$

$$\min(FCS_{b,c,niv3}) = 6.498$$

Service / Tension aile inférieure

$$\min(FCS_{tb,nc,niv3}) = 2.423$$

$$\min(FCS_{tb,c,niv3}) = 14.334$$

Service / Compression aile supérieure

$$\min(FCS_{t,c,niv3}) = 6.023$$

Service / Compression béton

Étude de la conservation

scientifique selon la

norme de l'époque

Calcul de la résistance originale (explication plausible) en utilisant la norme S6-78

Flexion $F_y := 350 \text{ MPa}$

$$S_{b1} := 6.976 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

$$M_1 := 0.6 \cdot F_y \cdot S_{b1} \quad M_1 = 1.465 \times 10^4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$S_{b2} := 5.504 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

$$M_2 := 0.6 \cdot F_y \cdot S_{b2} \quad M_2 = 1.156 \times 10^4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$L_w := 27.23 \text{ m}$$

Calcul de la charge distribuée équivalente:

$$x_1 := 0.5 \cdot L \quad w_m := 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

given

$$M_1 = w_m \cdot \frac{L}{2} \cdot x_1 - w_m \cdot x_1 \cdot \frac{x_1}{2}$$

$$w_{m1} := \text{find}(w_m) \quad w_{m1} = 158.059 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Calcul de la charge distribuée équivalente:

$$x_2 := 0.25 \cdot L \quad w_m := 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Given

$$M_2 = w_m \cdot \frac{L}{2} \cdot x_2 - w_m \cdot x_2 \cdot \frac{x_2}{2}$$

$$w_{m2} := \text{Find}(w_m) \quad w_{m2} = 166.277 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Cisaillement

$$w := 12.7\text{mm} \quad s_1 := 1219\text{mm} \quad h := 1829\text{mm}$$

$$f_{v1} := \left(920 \cdot \frac{w}{s_1}\right)^2 \cdot \text{MPa} \quad f_{v1} = 91.87\text{MPa}$$

$$V_1 := f_{v1} \cdot w \cdot h \quad V_1 = 2.134 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$w_v := 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

given

$$V_1 = w_v \cdot \frac{L}{2}$$

$$w_{v1} := \text{find}(w_v) \quad w_{v1} = 156.738 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_w := 12.7\text{mm} \quad s_2 := 1504\text{mm} \quad h_w := 1829\text{mm}$$

$$f_{v2} := \left(920 \cdot \frac{w}{s_2}\right)^2 \cdot \text{MPa} \quad f_{v2} = 60.351\text{MPa}$$

$$V_2 := f_{v2} \cdot w \cdot h \quad V_2 = 1.402 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$w_{ww} := 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad x_v := 0.22L$$

Given

$$V_2 = w_v \cdot \frac{L}{2} - w_v \cdot x_v$$

$$w_{v2} := \text{Find}(w_v) \quad w_{v2} = 183.865 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_t := \min(w_{m1}, w_{m2}, w_{v1}, w_{v2}) \quad w_t = 156.738 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$R_v := w_t \cdot \frac{l}{2} \quad R = 2.134 \times 10^3 \text{ kN} \quad \text{kips} := 1000 \text{ lbf} \quad R = 479.741 \text{ kips}$$

45 450 kN
= capacité de
l'appui d'appui

$$w_d := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Charge morte}$$

$$w_l := w_t - w_d \quad w_l = 136.738 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Charge vive estimée}$$

$$S := 2.153 \text{ m} \quad w_{l,p} := \frac{w_l}{S} \quad w_{l,p} = 63.511 \text{ kPa}$$

Évaluer la charge en kPa sous le multiligne :

$$w_{\text{multi}} := \frac{11.265 \text{ kN}}{(3.53 \text{ m} \cdot 10 \cdot 1.6 \text{ m})} \quad w_{\text{multi}} = 51.611 \text{ kPa}$$

Si on considère un facteur d'impact de 25%, la charge devient

$$w_{\text{multi}} := w_{\text{multi}} \cdot 1.25 \quad w_{\text{multi}} = 64.514 \text{ kPa}$$

Cette valeur correspond donc à la charge distribuée estimée.

Il est fort probable que le concepteur ait utilisé la charge du multiligne comme une charge distribuée et qu'il a distribué cet effort sur la poutre tel une charge vive en kPa

Facteur d'essieu équivalent :

$$f_{\text{eq}} := \frac{S}{3.53 \text{ m}} \quad f_{\text{eq}} = 0.61$$

Nom du projet: _____

Par: _____ P.L.

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

Calcul de la charge de flexion selon le
comportement singulier

Flexion au centre

$$\bullet M_{x1} = 24841 \text{ kNm}$$

$$S_{x1} = 6.976 \cdot 10^7 \text{ mm}^3 \quad M = 0.98 \cdot 252 \cdot 6.756 \cdot 10^7 \\ = 22597 \text{ kNm}$$

$$M_0 = 507 + 1216 + 148 = 1871 \text{ kN}$$

$$M_u = 10220 / (1 + 0.71/0.752) = 13402 \text{ kNm} \quad \sim 11 \text{ kN/m} \\ (f_c = 1.0)$$

Calcul singulier $M_2 = 14650 \text{ kNm}$ avec $f_s = 0.6 \text{ kg}$

$$M_{of} = 106 + 507 + 1.12 \cdot (1216 + 148) = 2065 \text{ kNm}$$

$$\textcircled{2} M_{u1} = \frac{1.25 \cdot 13702 \cdot 0.61}{1+3} + 10200 \text{ kNm} \\ \uparrow \quad \uparrow \\ f_c \quad f_c$$

$$\textcircled{3} M_{u2} = \frac{1.10 \cdot 13402 \cdot 0.44}{1+3} + 6525 \text{ kNm} \\ \uparrow \quad \uparrow \\ f_c \quad f_c$$

$$M_{uf} = 172 \cdot 10200 = 17590 \text{ kNm}$$

$$M_{ufc} = 172 \cdot 6525 = 9266 \text{ kNm}$$



Nom du projet: _____

Par: _____ *P.L.*

Sujet: _____

Date: _____

No du projet: _____

$$\omega \text{ FCS} = (24841 - 2063) / 14598 = \underline{1.56}$$

$$\omega \text{ FCS} = (27021 - 2063) / 9266 = \underline{2.45}$$

Le facteur d'impact à un impact majeur sur le F.C.S.

Le charge singule sera $w = 136 \text{ kN/m}$

$$M = 136 \cdot 2727^2 / 8 = 12605 \text{ kNm}$$

$$\text{FCS} = (24841 - 2063) / 1.92 \cdot 12605 = \underline{1.27}$$

Le calcul singulier est sécuritaire compte tenu de la charge distributive utilisée sur toute la longueur du pont et de l'absence de facteurs de sécurité.

Nom du projet: _____

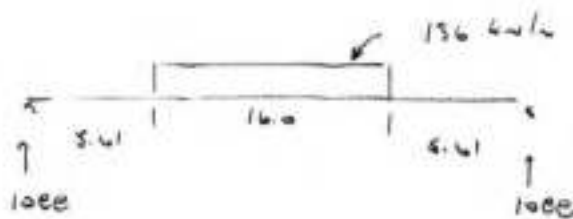
Par: P.L.

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

Comparer le change de teneur en la long de pont et le change sans les roues seulement



$$M = 1000 \cdot 2723/6 - 136 \cdot 0.8/6 = 10461 \text{ kNm}$$



$$M = 136 \cdot 2723/8$$

$$= 12605 \text{ kNm}$$

$$12605 / 10461 = \underline{1.20}$$

EVALUATION DE LA

CAPACITE PNE

L'ASSURANCE

Nom du projet: _____

Par: _____

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

AFIN DE POUVOIR AFFICHER UN SYSTÈME
DE CHAQUE CÔTÉ, LE PONT A ÉTÉ DIVISÉ
PAR UN FAISCEAU DE 90°. À RAISON DE
CE CHARGEMENT, UN FCS A ÉTÉ CALCULÉ

TOUTEFAIS PAR L'APPLICATION, LES EFFETIFS
DE FONDATION DE CONCEPTION SERONT UTILISÉS
POUR DONNER UNE SÉRIE AUX DES
LIS DE CHARGE QUI POURRAIENT AVOIR UN
ARRANGEMENT DIFFÉRENT DES LIGNES
D'ÉTAGES

Nom du projet: _____

Par: _____ P.L.

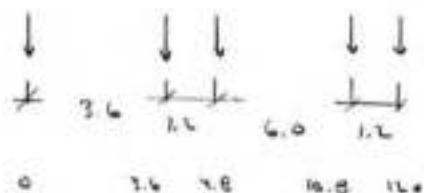
Sujet: _____

Date: _____

No du projet: _____

Calcul de FCS pour le chargement de 90t

Les charges sont les suivantes



Le câble le plus critique est le central

$$V_{05} = 74 \text{ kN}$$

$$V_{06} = 179 \text{ kN}$$

$$V_{07} = 22 \text{ kN}$$

$$V_c = 901 \text{ kN} \quad (f_c = 10, \gamma = 0.1)$$

utiliser le facteur d'impact d'une structure neuve
sans limitation de vitesse

$$\rightarrow \gamma = 0.25$$

Le facteur d'impact à utiliser est de 0.69.

$$\text{Equivalent } \alpha_{01} = 1.02 \quad \alpha_{02} = 1.12 \quad \alpha_0 = 1.42$$

$$V_{cr} = 2534 \text{ kN}$$

Nom du projet: _____

Par: _____

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

$$FCS = \frac{2534 - (106.74 + 1.12(179+22))}{1.72 \cdot 0.58 + 901} = \underline{2.01}$$

7

Calculons $f_c = \frac{0.64}{0.58}$

Si on utilise $\alpha_0 = 1.10$ et $\alpha_0 = 1.20$ et $\alpha_0 = 1.7$

$$FCS = \frac{2534 - (1.10 \cdot 74 + 1.20 \cdot (179+22))}{1.7 \cdot 0.58 + 901} = \underline{2.19}$$

$\frac{1.35}{1.10}$

$$1.7 / 1.42 \approx 1.25 / 1.10 = 1.36$$

$$901 + 2.19 = 197.1 \text{ t} \rightarrow \text{utiliser } \underline{200 \text{ t}}$$

pour l'effort

avec un maximum de
10 t par essieu
(176.6 t)



Nom du projet: _____

Par: PL

Date: _____

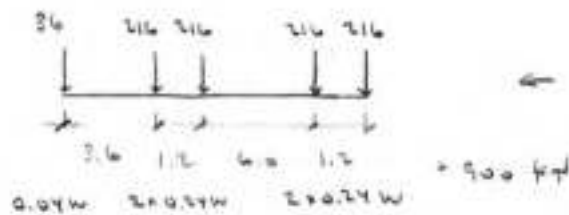
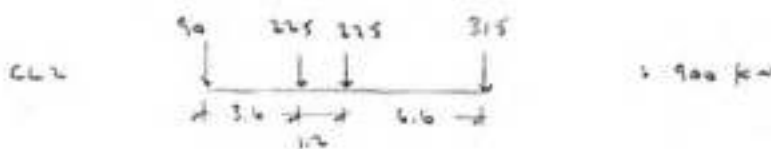
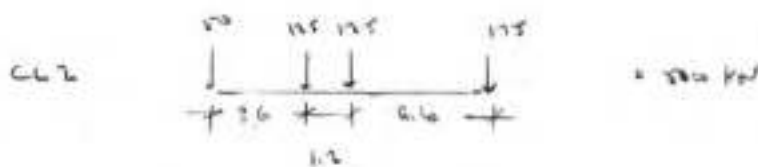
Sujet: _____

No du projet: _____

Charge de compression avec le c6625 avec

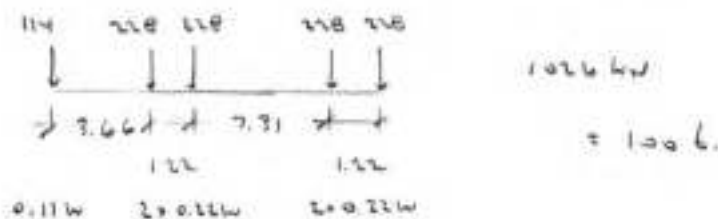
$FCS_v = 5.11$ pour 500 kN

pour 900 kN $\rightarrow FCS = \frac{500}{900} \times 5.11 = 2.83 < 3.01$



← Casus de calcul pour la charge d'effacement

Exemple de casus pour les autres sections selon le lieu de la section



CAUSE DE LA PAIX

A PAIX DES CHARGES

ORIGINALES

ET LES NOUVELLES CHARGES

DE REMORQUE MULTIPLE

FEUILLE DE PROJET NO. _____ de _____



Nom du projet: _____

Par: PL

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

LES CALCULS QUI SUIVENT SONT DES ANALYSES
FAIT GÉNÉRALEMENT FINIS POUR DÉTERMINER LA RÉSISTANCE
DE LA DAUVE AUX CHARGES CONCENTRÉES.
L'ABSENCE D'UNE ROUTE DE ALU-SITE AUX
AFFAIRE AVEC UNE CERTAINE COMPLEXITÉ ET
PEUT DE FAÇON IMPORTANTE LA CAPACITÉ DE
LA DAUVE. L'ANALYSE A ÉTÉ FAITE SANS L'EFFET
DU SIFIS.



Nom du projet: _____

Par: P.L.

Date: 27 mai 12

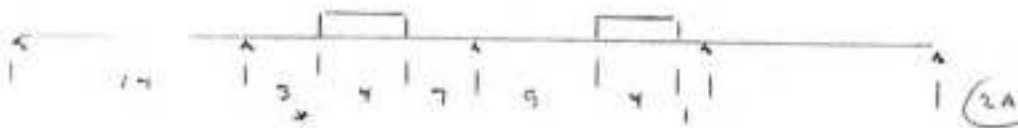
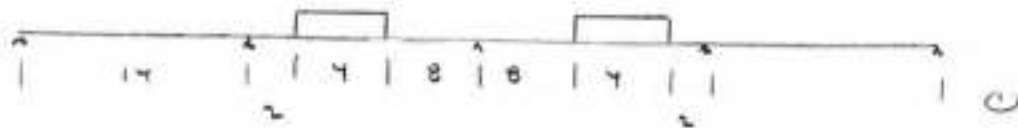
Sujet: _____

No du projet: _____

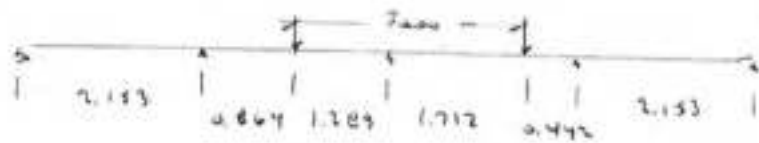
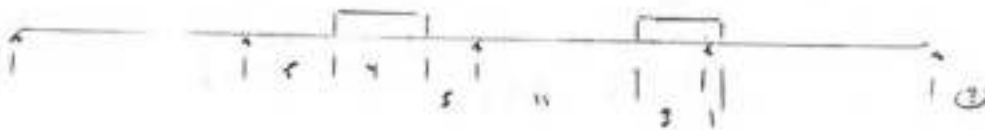
Calcul moment de la dalle

$P = 360 \text{ kN}$ } Charges max.

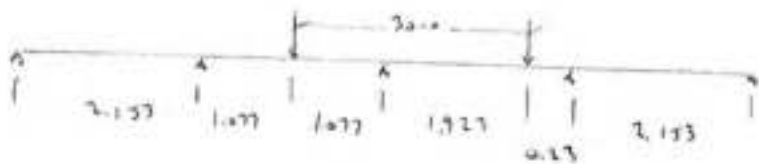
$$\frac{180}{(0.27 + 0.615)} = 1219.5 \text{ kN}$$



(2A) → A + (C)



Δ → 0.271



Δ = 0.723

$$180 / 0.6 = 300 \text{ kN}$$

Florian salas
SG 06

$$180 \cdot (0.6 + 2.153) / 10 = 496 \text{ r.o.e. } 396 \text{ kN/m}$$

Membrures
Ponctuelles (kN)



- Chargement : P 360 kN p1

Membrures
Ponctuelles (kN)



- Chargement : P 360 kN p1

Membrures
Ponctuelles (kN)



- Chargement : P 360 kN p2

Membrures
Ponctuelles (kN)



- Chargement : P 360 kN p3

Membrures

Réparties (kN/m)



- Chargement : P 360 kN p1 D

Membrures
Réparties (kN/m)



- Chargement : P 360 kN p2 D

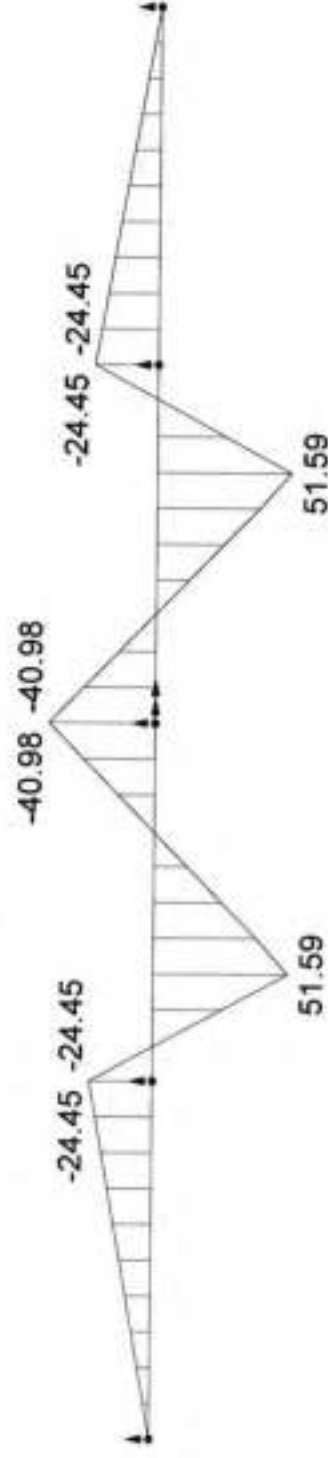
Membrures

Réparties (kN/m)



- Chargement : P 360 kN p3 D

Membrures
 My (kN.m)

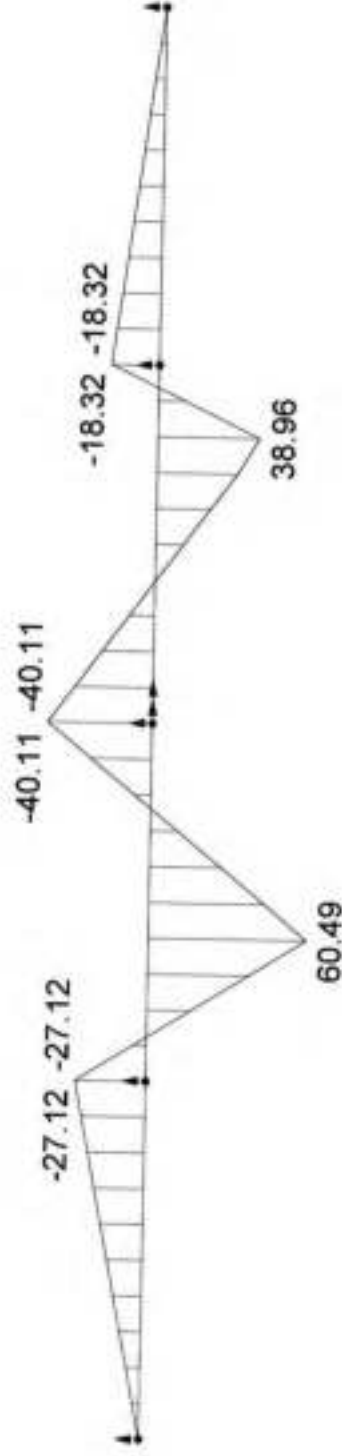


↑	↑	↑	↑
-11.4	12.91	12.91	-11.4
$-2.07P$	$2.76P$	$2.76P$	$-2.07P$

- Combinaison : P 360 kN p1

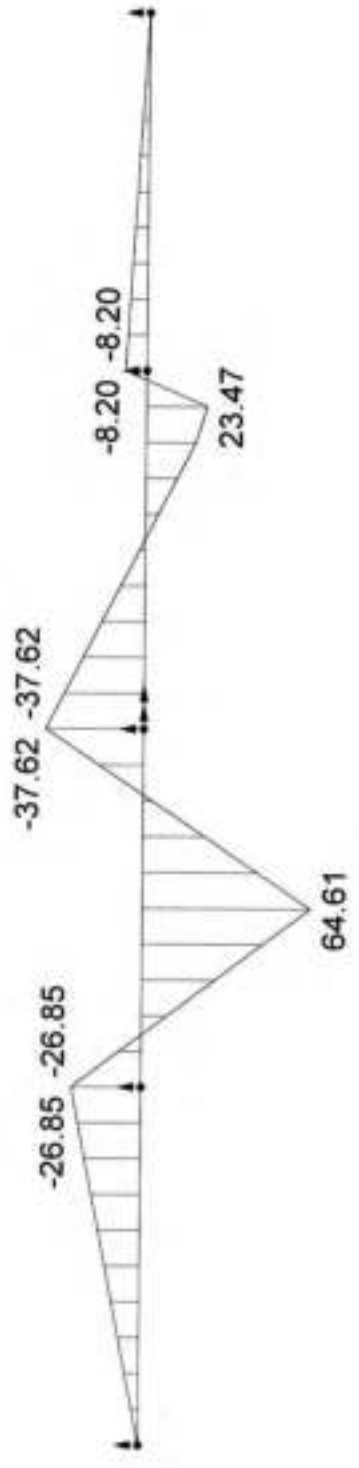
Membrures

My (kN.m)



- Combinaison : P 360 kN p2

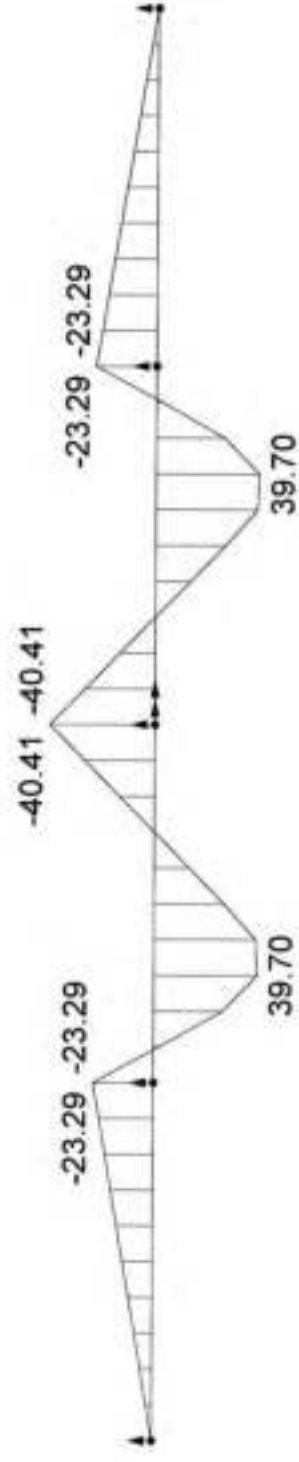
Membrures
 My (kN.m)



↑	↑	↑	↑	↑
-12.8	97.4	127.9	157.9	-3.8
-0.03P	0.27P	0.36P	0.42P	-0.01P

- Combinaison : P 360 kN p3

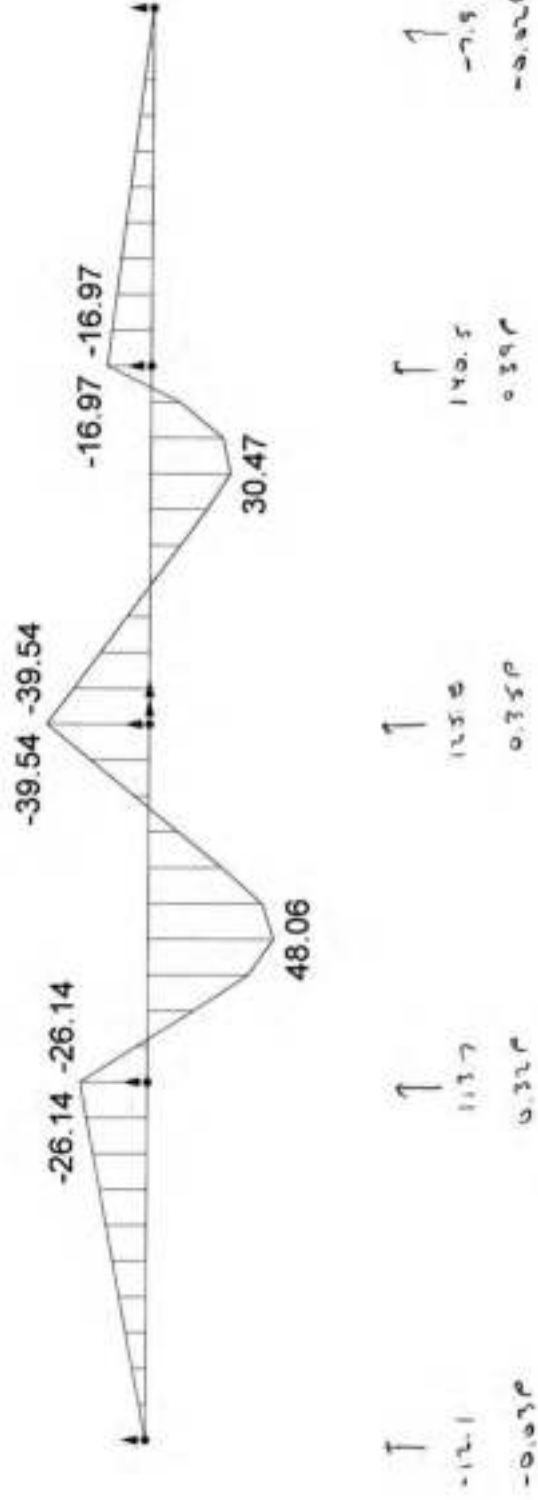
Membrures
 My (kN.m)



↑	↑	↑	↑
-12.6	12.63	12.51	-12.67
-0.57P	0.36P	0.35P	-0.57P

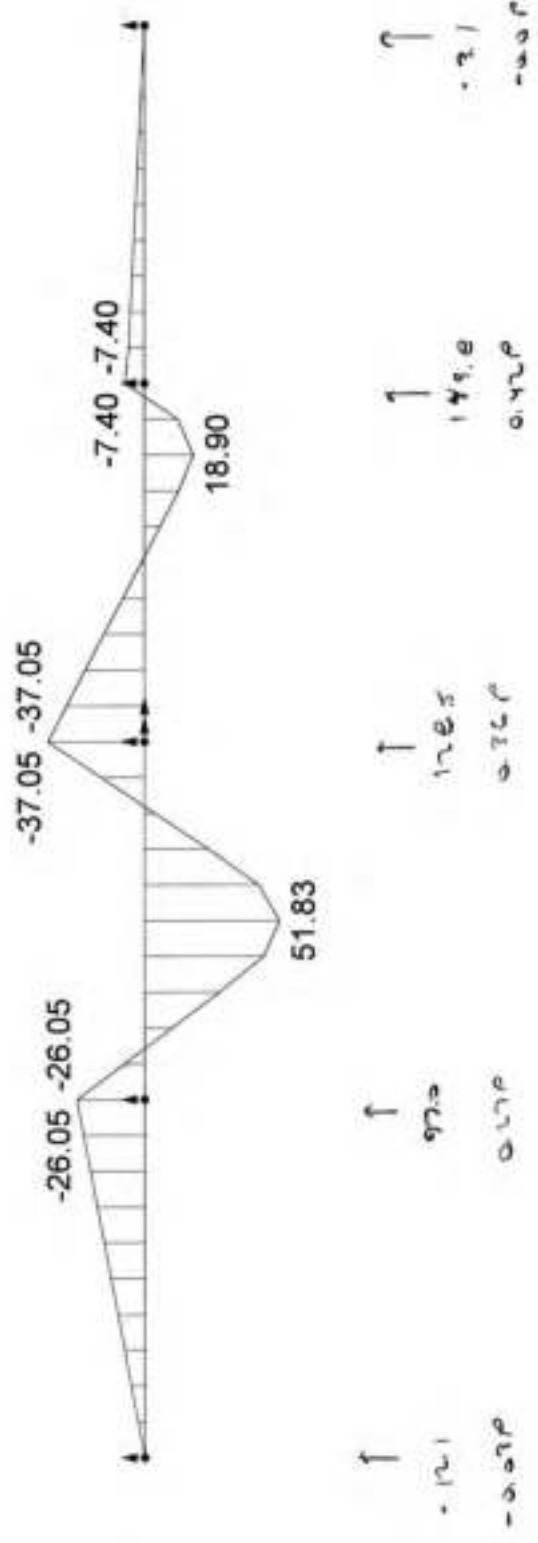
- Combinaison : P 360 kN p1 D

Membrures
 My (kN.m)



- Combinaison : P 360 kN p2 D

Membrures
 My (kN.m)

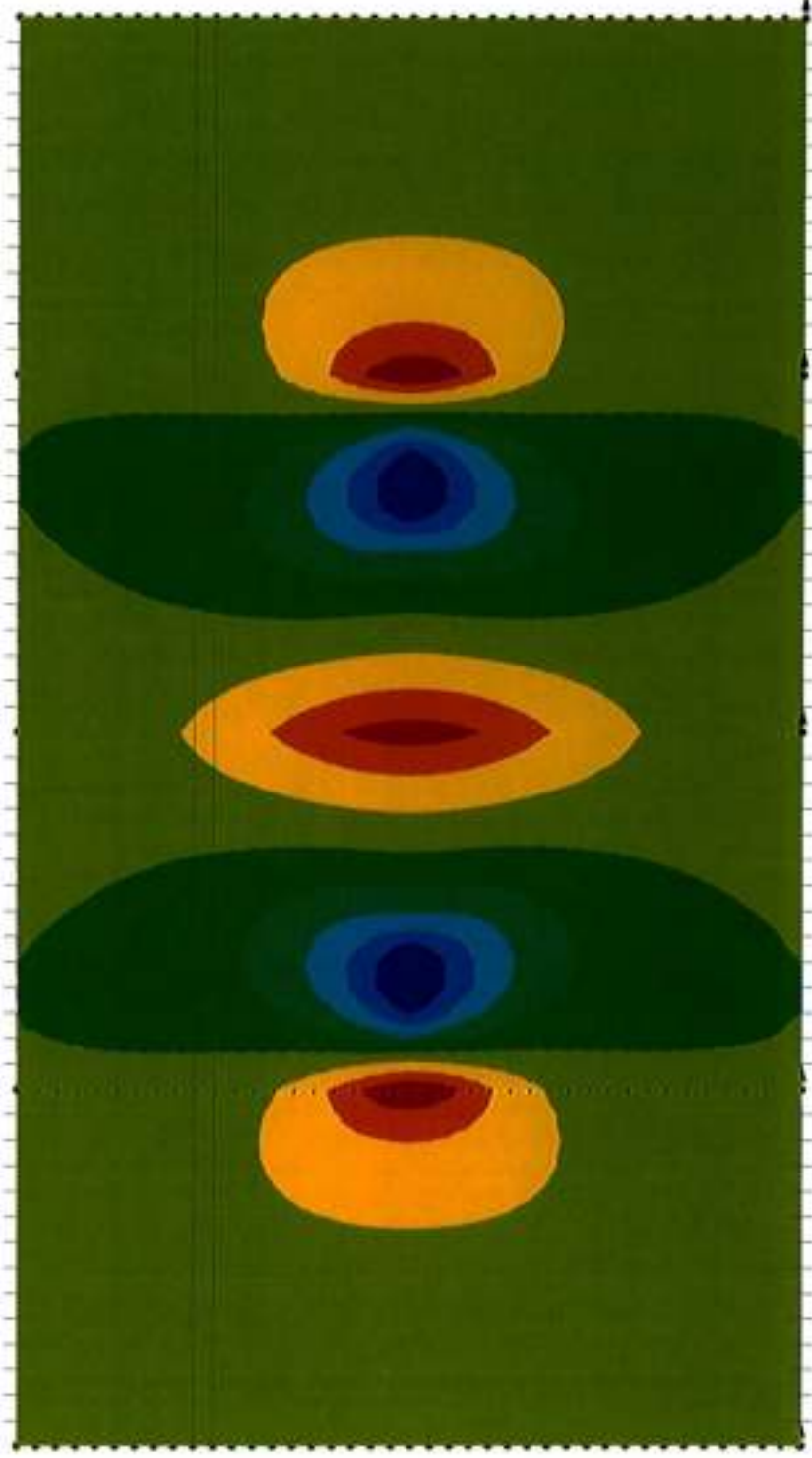


- Combinaison : P 360 kN p3 D

Efforts Internes EF kN.m/m

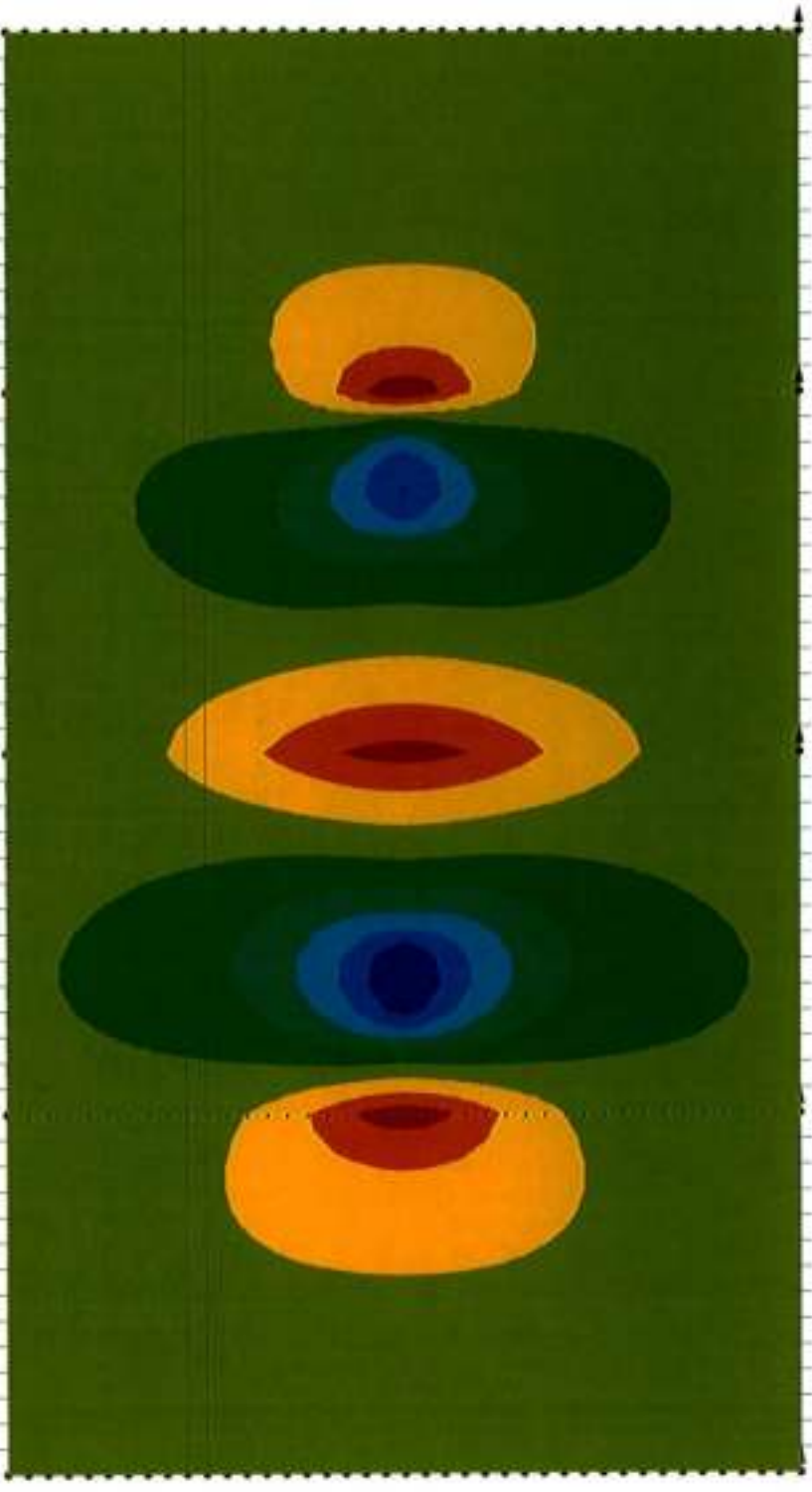
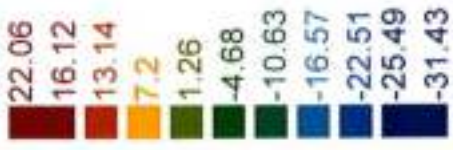


Plaques
Mx (kN.m/m)



- Combinaison : P 360 kN p1

Efforts Internes EF kN.m/m



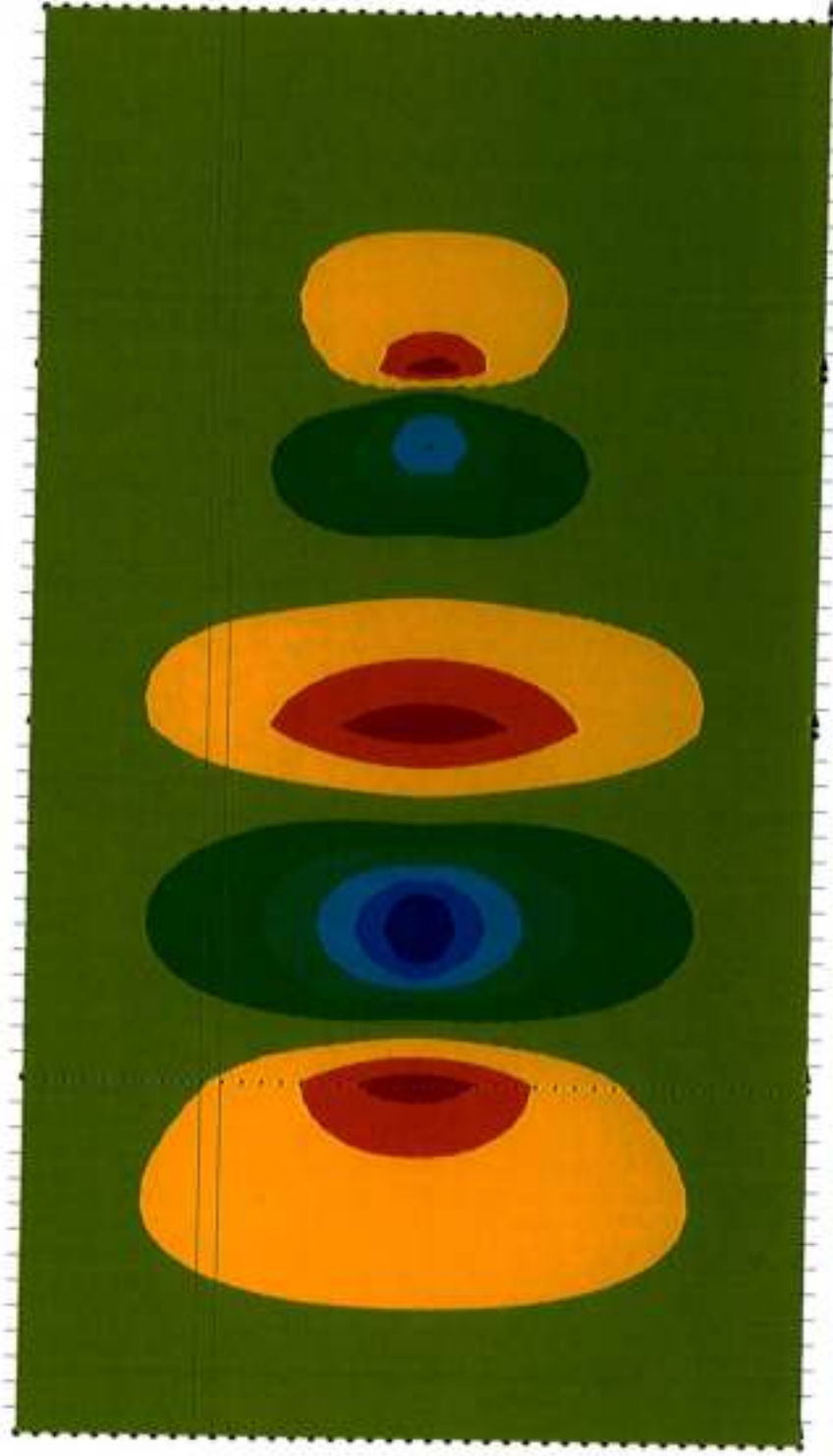
Plaques
Mx (kN.m/m)

- Combinaison : P 360 kN p2a

Efforts Internes EF kN.m/m

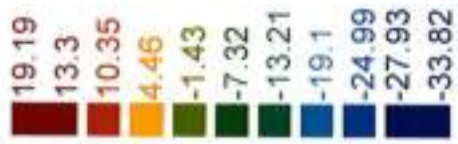


Plaques
Mx (kN.m/m)

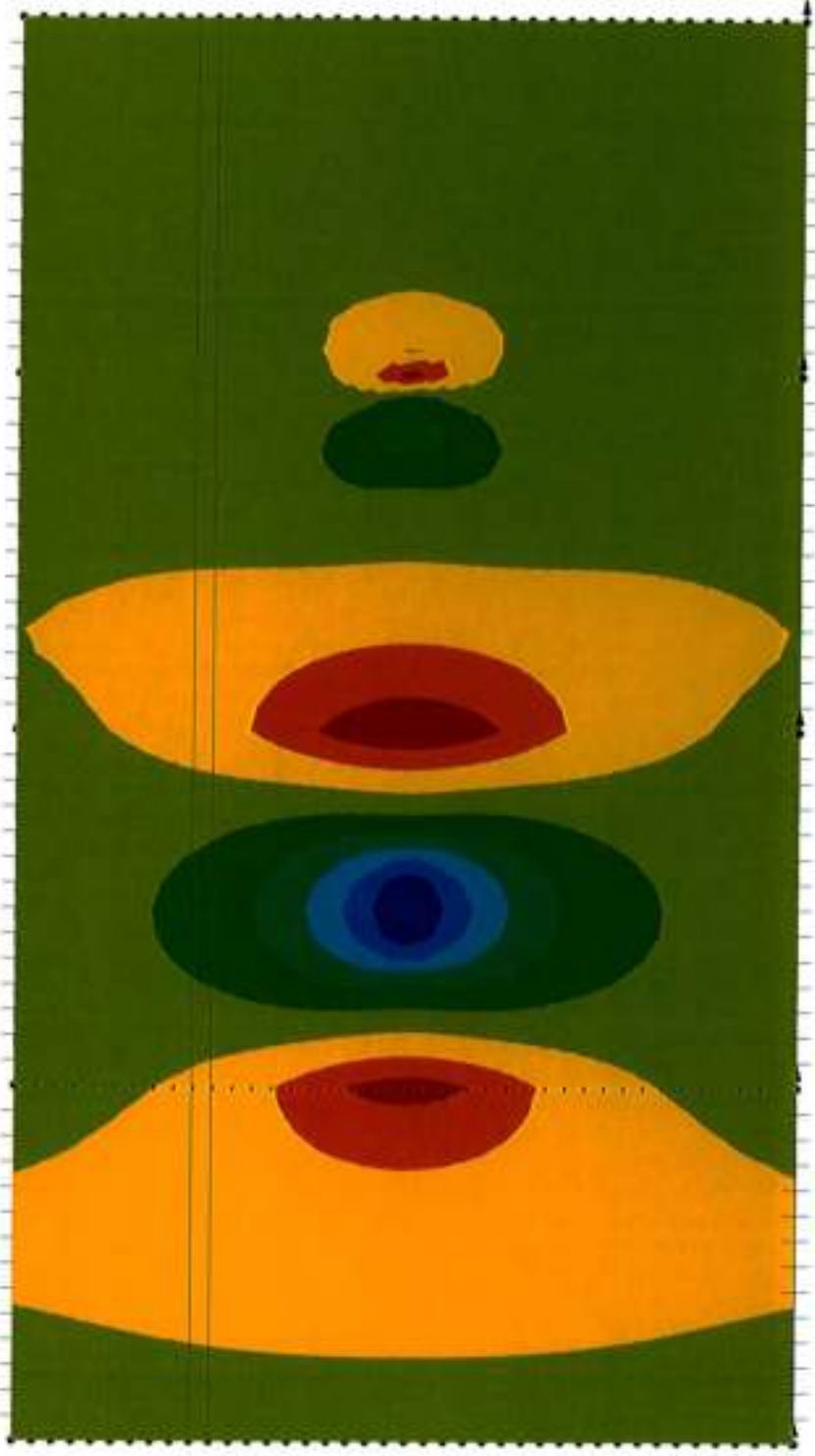


- Combinaison : P 360 kN p2b

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



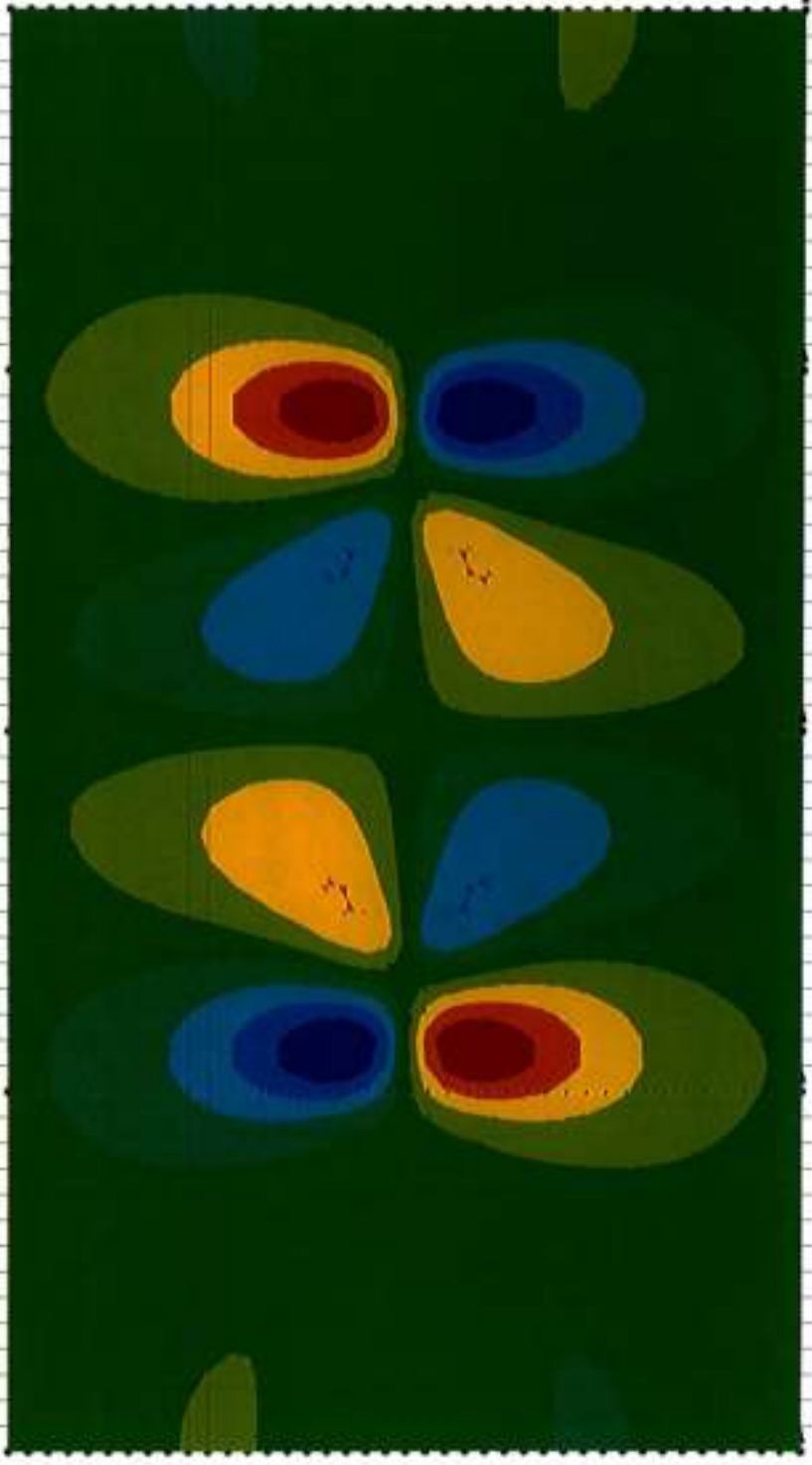
- Combinaison : P 360 kN p3

Efforts Internes EF kN.m/m



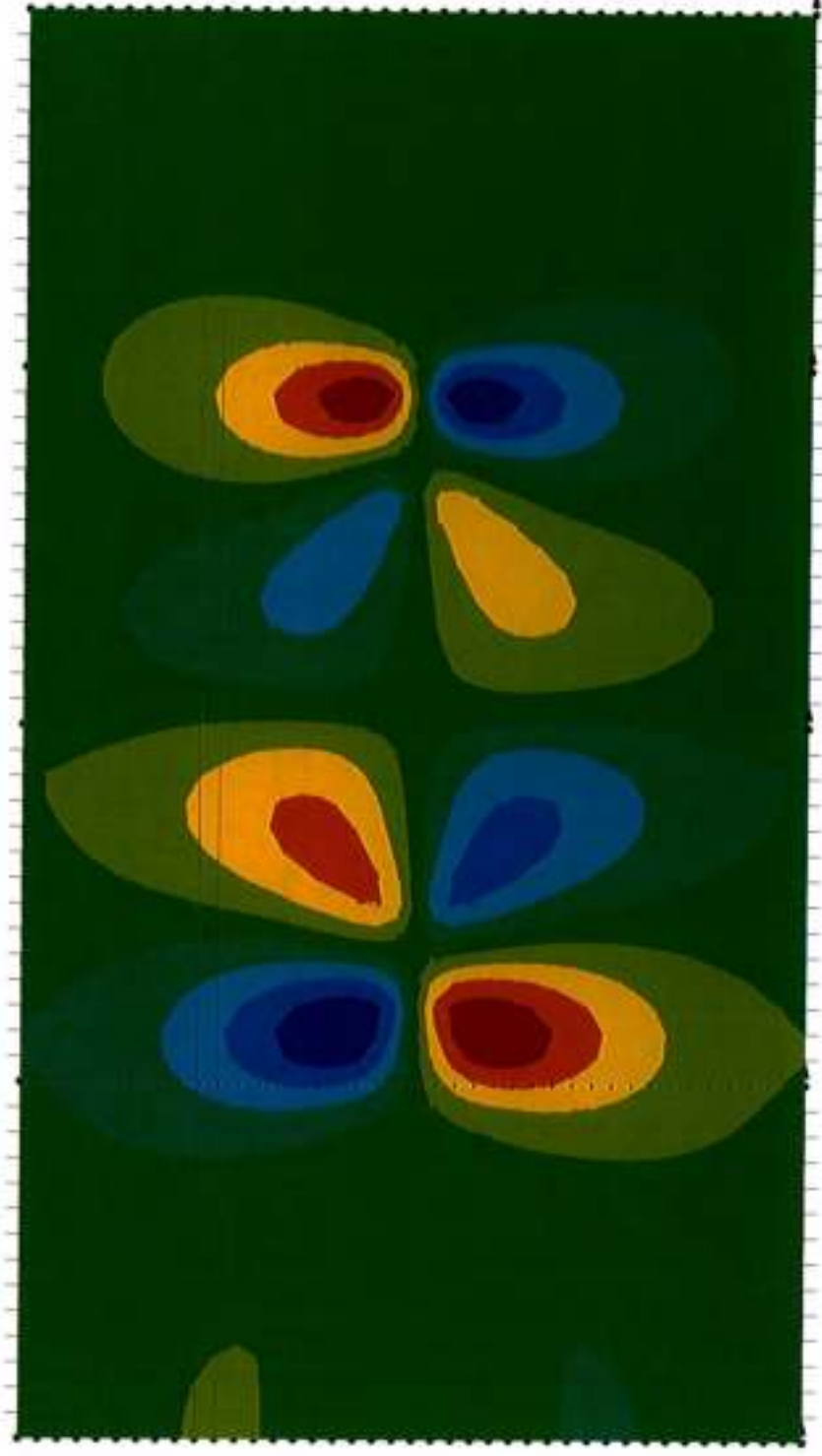
Plaques

Mxy (kN.m/m)



- Combinaison : P 360 kN p1

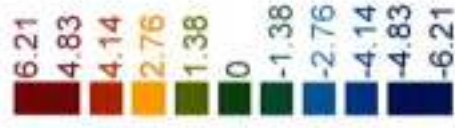
Efforts Internes EF kN.m/m



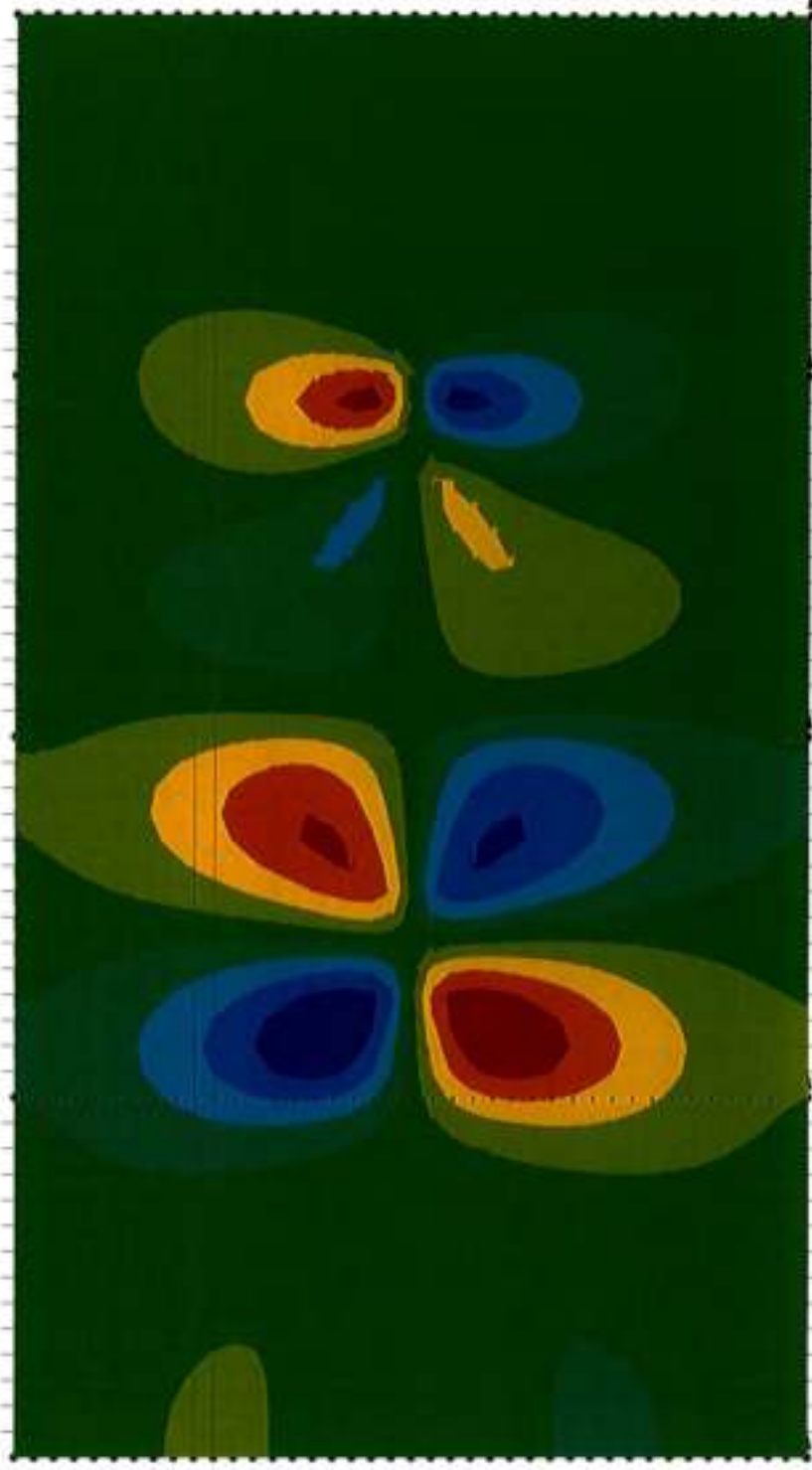
Plaques
Mxy (kN.m/m)

- Combinaison : P 360 kN p2a

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mxy (kN.m/m)

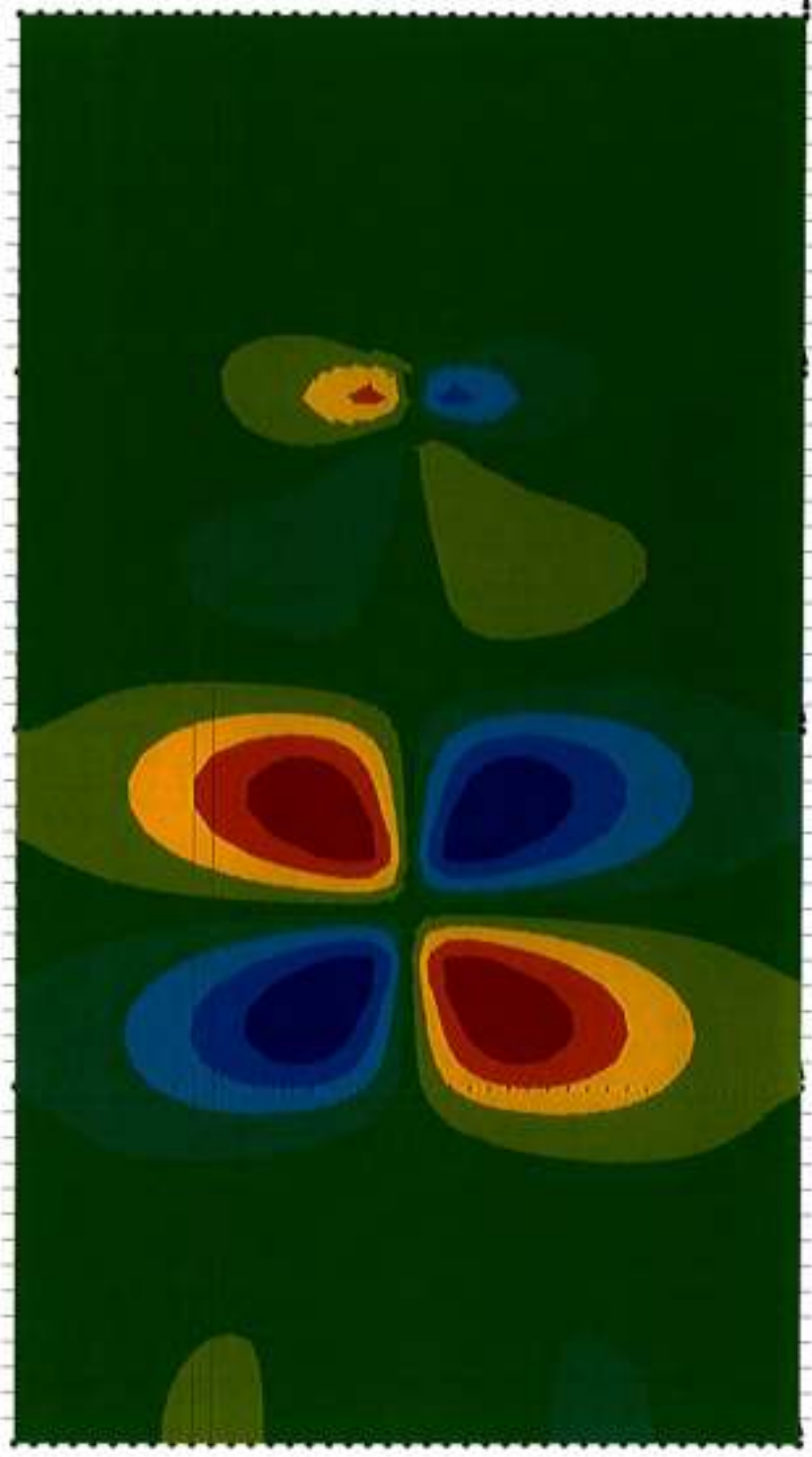


- Combinaison : P 360 kN p2b

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mxy (kN.m/m)



- Combinaison : P 360 kN p3

FEUILLE DE PROJET NO. _____ de _____



Nom du projet: _____

Par: PL.

Date: 23 nov '12

Sujet: _____

No du projet: _____

Évaluer le car de 2 charges de 700 kg et 1.55 m de l'a

→ Cette analyse dans $m = 79.2 \text{ kg/m}^2$

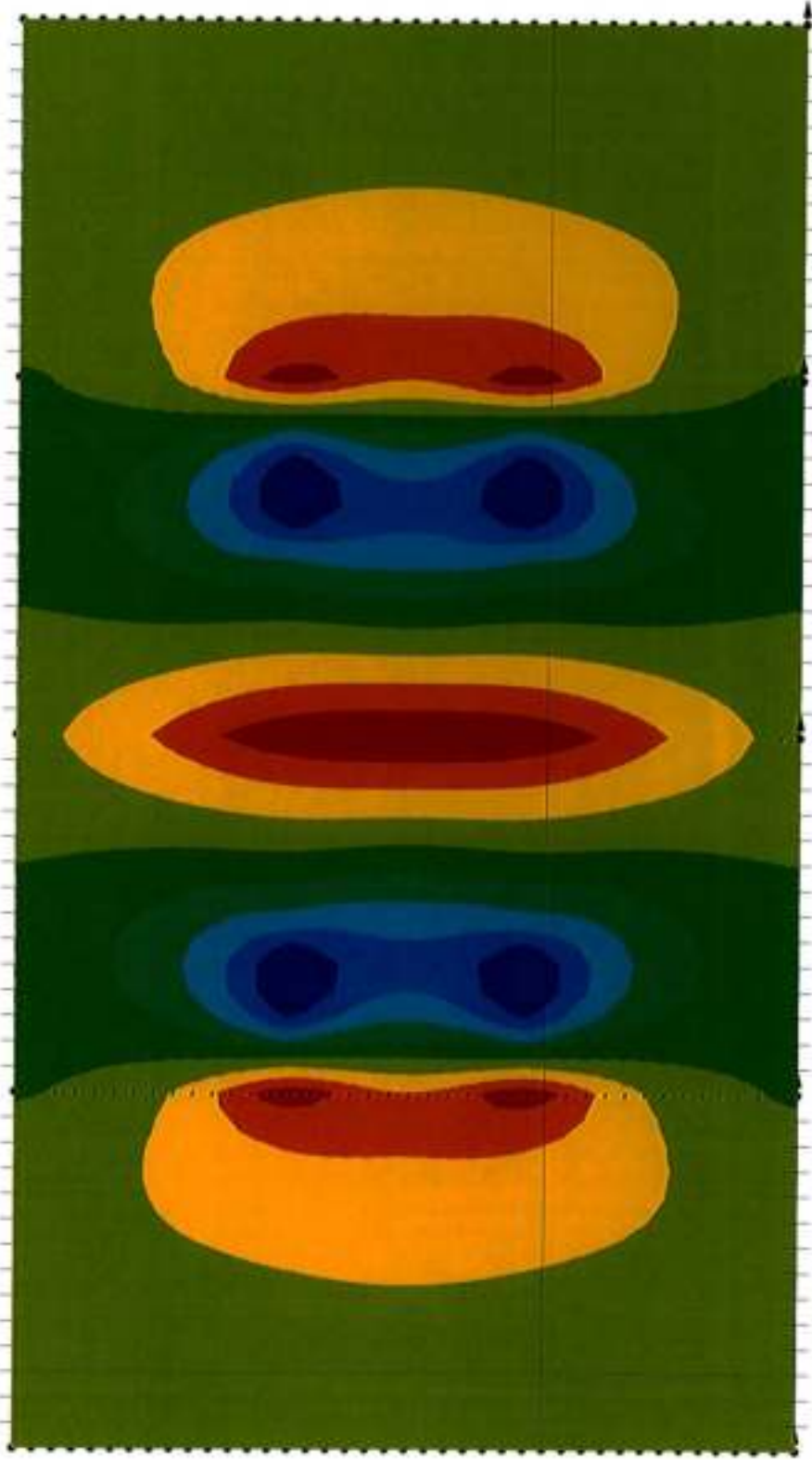
Le qui suppose de $m = 236 \text{ kg/m}^2$
de la formule de code 56.

→ Pour les charges en travers seulement
et non pas des appuis

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)

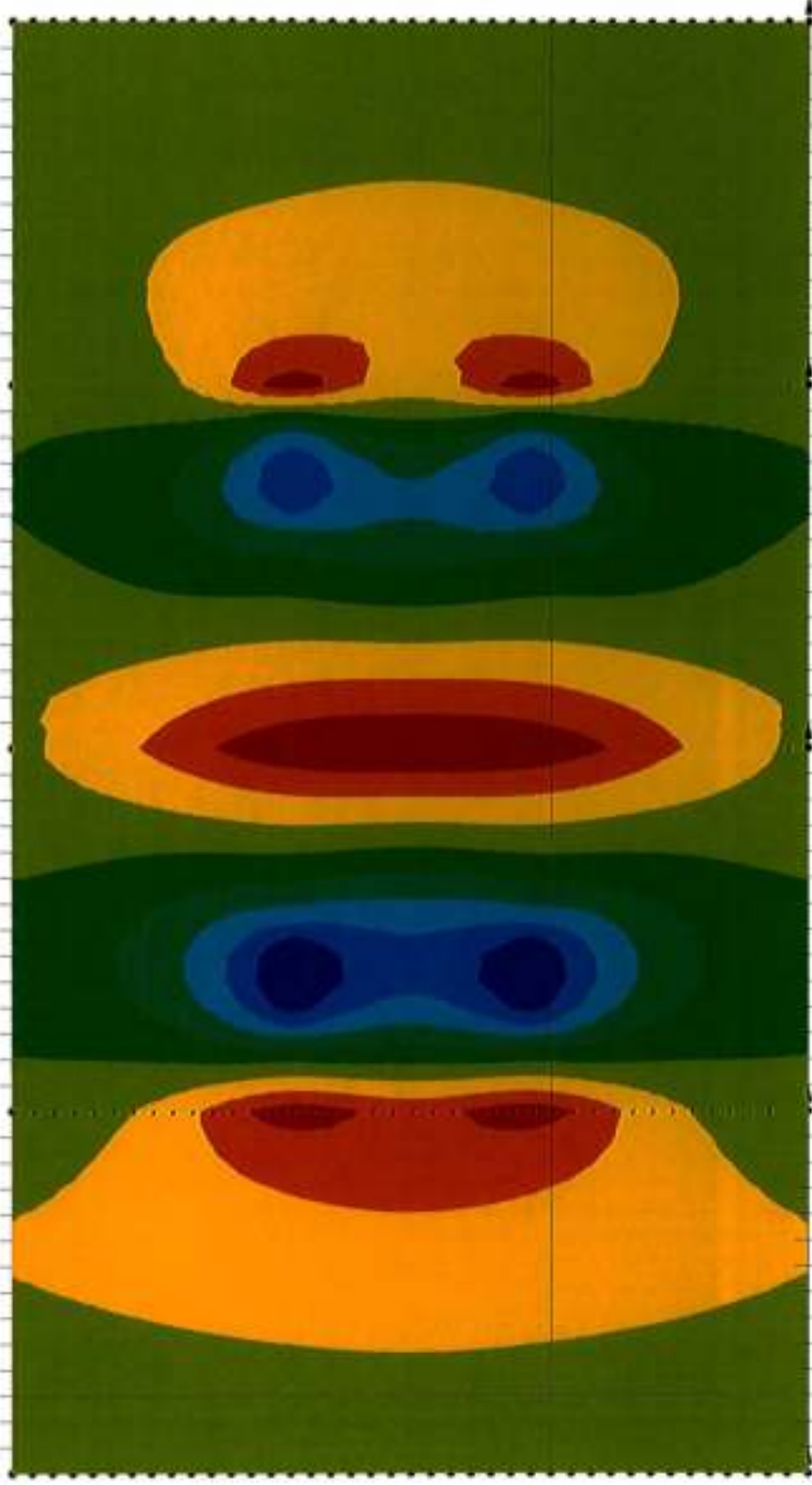


- Combinaison : P 360 kN p1 2x

Efforts Internes EF kN.m/m

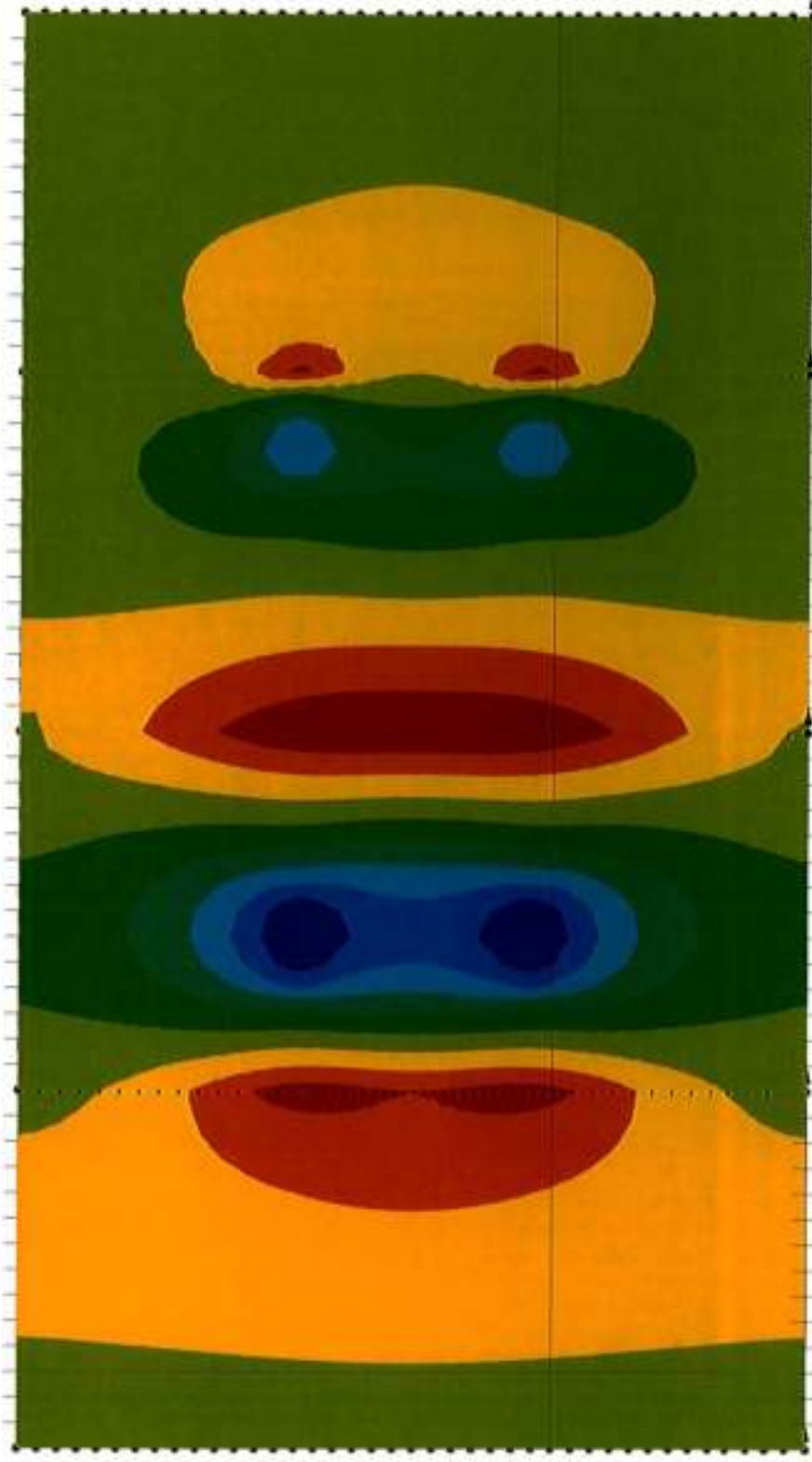


Plaques
Mx (kN.m/m)



- Combinaison : P 360 kN p2a 2x

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)

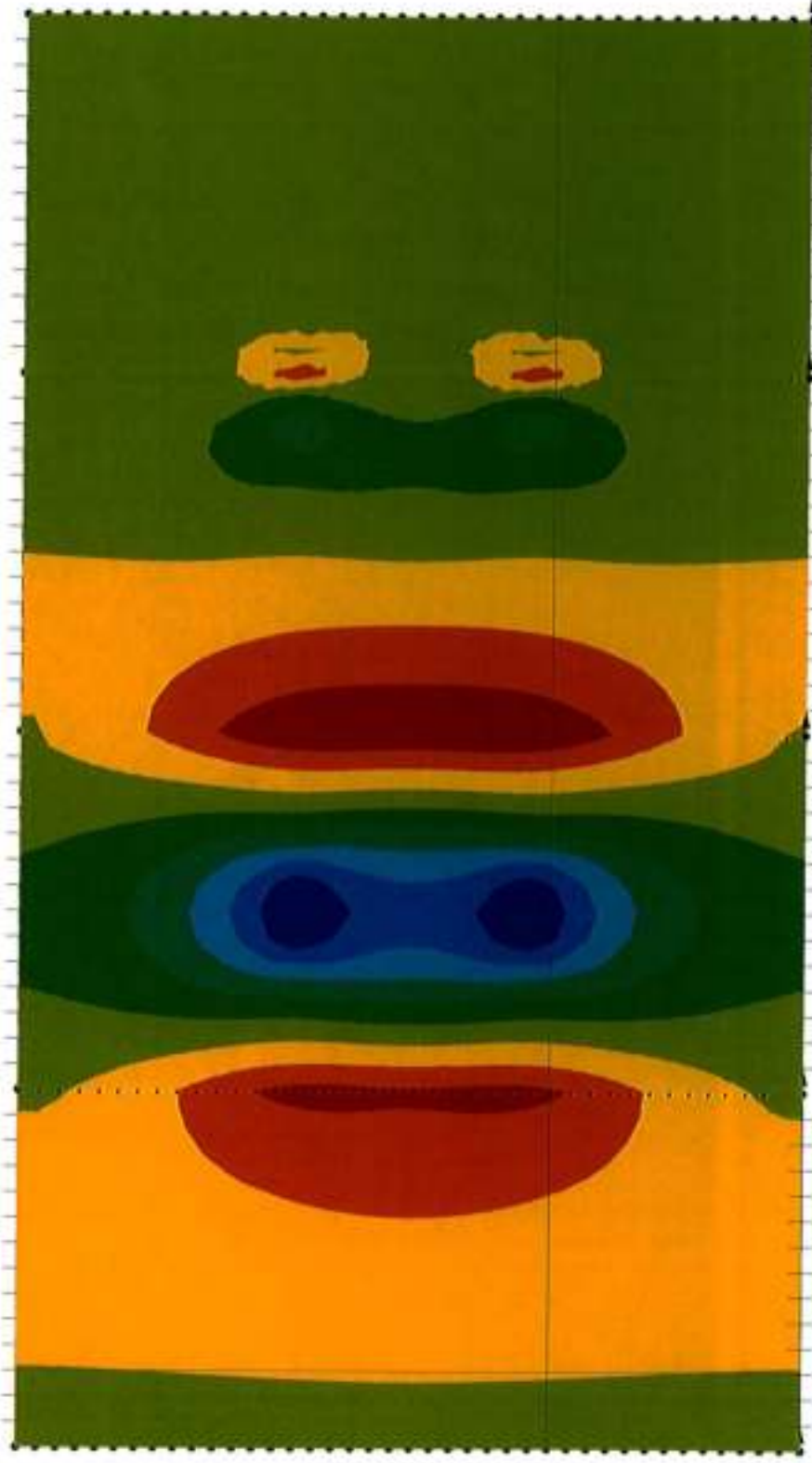
- Combinaison : P 360 kN p2b 2x

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques

Mx (kN.m/m)



- Combinaison : P 360 kN p3 2x

FEUILLE DE PROJET NO. _____ de _____



Nom du projet: _____

Par: PK

Sujet: _____

Date: 27 nov 12

No du projet: _____

En la le nom 56-7e

$$\rightarrow 1,3 (0 + 1,67 (L+1))$$
$$0 + L + 3$$

ultra
utilisant

ce utilisant

$$f_c = 0,4 f_c$$

$$f_{s, max} = 140 \text{ MPa} - f_y = 300 \text{ MPa}$$

(150 pour $f_y = 320$
165 pour $f_y = 300$)

ce ultra

$$\psi = 0,90 \text{ (flexion)}$$

$$\alpha_s = 0,85$$

$$\rho = 0,85 \text{ si } f_c \leq 30 \text{ MPa}$$

$$0,85 \cdot 0,08 (f_c - 30) \text{ si } f_c > 30 \text{ MPa}$$

Conception du béton:

$$t_{dalle} := 254 \text{ mm}$$

$$f_c := 30 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 100 \text{ MPa}$$

$$\phi_c := 0.75$$

$$\phi_s := 0.90$$

$$\alpha_1 := \text{if} \left(0.85 - 0.0015 \cdot \frac{f_c}{\text{MPa}} \geq 0.67, 0.85 - 0.0015 \cdot \frac{f_c}{\text{MPa}}, 0.67 \right) \quad \alpha_1 = 0.805$$

$$\beta_1 := \text{if} \left(0.97 - 0.0025 \cdot \frac{f_c}{\text{MPa}} \geq 0.67, 0.97 - 0.0025 \cdot \frac{f_c}{\text{MPa}}, 0.67 \right) \quad \beta_1 = 0.895$$

$$E_s := 200000 \text{ MPa} \quad E_c := \left(3000 \cdot \sqrt{f_c \cdot \text{MPa}} + 6900 \text{ MPa} \right) \cdot \left(\frac{2350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right) \quad E_c = 2.384 \times 10^4 \cdot \text{MPa}$$

$$n := \frac{E_s}{E_c} \quad n = 8.39$$

$$\epsilon_{cu} := 0.0035$$

$$\rho_{bal} := \frac{\alpha_1 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{E_s \cdot \epsilon_{cu}}{f_y + E_s \cdot \epsilon_{cu}} \right)}{f_y} \quad \rho_{bal} = 0.051 \quad \rho_{max} := 0.75 \cdot \rho_{bal} \quad \rho_{max} = 0.038$$

$$f_{cr} := 0.4 \cdot \sqrt{f_c \cdot \text{MPa}}$$

$$M_w := f_{cr} \cdot \frac{1}{6} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot t_{dalle}^2 \quad M_w = 23.558 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Conception de la dalle :

$$M_f := 93.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$T_f := 0 \text{ kN}$$

$$M_s := 46.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$T_s := 0 \text{ kN}$$

$$V_f := 0 \text{ kN}$$

Flexion :

$$\text{cover} := 65 \cdot \text{mm} \quad d_b := 30 \cdot \text{mm} \quad A_{sb} := 700 \cdot \text{mm}^2 \quad d := t_{\text{dalle}} - \text{cover} - \frac{d_b}{2} \quad d = 174 \cdot \text{mm}$$

$$M_{ft} := M_f - T_f \left(d - \frac{t_{\text{dalle}}}{2} \right) \quad M_{ft} = 93.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$k_r := \frac{M_{ft}}{1000 \cdot \text{mm} \cdot d^2} \quad k_r = 3.088 \cdot \text{MPa}$$

$$\rho := \frac{-(-\phi_s \cdot f_y) - \sqrt{(\phi_s \cdot f_y)^2 - 4 \cdot \frac{\phi_s^2 \cdot f_y^2}{2 \cdot \alpha_1 \cdot \phi_c \cdot f_c} \cdot k_r}}{2 \cdot \frac{\phi_s^2 \cdot f_y^2}{2 \cdot \alpha_1 \cdot \phi_c \cdot f_c}}$$

$$\rho = 0.013 \quad \frac{\rho}{\rho_{\max}} = 0.331$$

$$\rho_s := \text{if}(\rho < 0.002, 0.002, \rho) \quad \rho_s = 0.013$$

$$A_s := \rho_s \cdot 1000 \cdot \text{mm} \cdot d \quad A_s = 2.184 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2 \quad A_s := A_s + \frac{T_f}{\phi_s \cdot f_y} \quad A_s = 2.184 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_{\text{barres}} := \frac{A_s}{A_{sb}} \quad n_{\text{barres}} = 3.119$$

$$s_{\text{barres}} := \frac{1000 \cdot \text{mm}}{n_{\text{barres}}} \quad s_{\text{barres}} = 320.564 \cdot \text{mm} \quad s_{\text{barres}} := 320 \cdot \text{mm} \quad s_c := s_{\text{barres}} - d_b$$

$$A_{sc} := \frac{1000 \cdot \text{mm}}{s_{\text{barres}}} \cdot A_{sb} \quad A_{sc} = 2.188 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$B := \frac{1000 \cdot \text{mm}}{n \cdot A_{sc}} \quad B = 54.489 \frac{1}{\text{m}} \quad kd := \frac{\sqrt{2 \cdot d \cdot B + 1} - 1}{B} \quad kd = 0.064 \text{m}$$

$$k := \frac{kd}{d} \quad k = 0.366 \quad j := 1 - \frac{k}{3} \quad j = 0.878$$

$$M_{st} := M_s - T_s \cdot \left(d - \frac{t_{dalle}}{2} \right) \quad M_{st} = 46.7 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$f_s := \frac{|M_s|}{A_{sc} \cdot j \cdot d} + \frac{T_s}{A_{sc}} \quad f_s = 139.729 \text{ MPa}$$

$$f_c := \frac{A_{sc} \cdot f_s}{0.5 \cdot kd \cdot 1000 \text{ mm}} \quad f_c = 9.605 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_c}{f_c} = 0.32$$

$$\text{if}(f_s \leq 0.6f_y, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"OK"}$$

Calcul de la fissuration :

$$K := \begin{cases} 1.3 & \text{if } t_{dalle} \leq 300 \text{ mm} \\ 1.7 & \text{if } t_{dalle} \geq 800 \text{ mm} \\ 1.06 + 0.0008 \cdot \frac{t_{dalle}}{\text{mm}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad K = 1.3$$

$$\beta_2 := K \cdot (0.9 \cdot s_c + 100 \text{ mm}) \cdot f_s \cdot \left[1 - 0.5 \cdot \left(\frac{M_w}{M_s} \right)^2 \right] \quad \beta_2 = 5.723 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$\text{if} \left(\beta_2 \leq 70000 \frac{\text{N}}{\text{mm}}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"} \right) = \text{"OK"}$$

$$f_w := f_s \cdot \frac{M_w}{M_s} \quad f_w = 70.487 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{sm} := \frac{f_s}{E_s} \left[1 - \left(\frac{f_w}{f_s} \right)^2 \right] \quad \epsilon_{sm} = 5.209 \times 10^{-4}$$

$$k_c := 0.5 \quad \text{Flexion}$$

$$d_b = 30 \text{ mm}$$

$$h_t := \min \left[2.5 \cdot (t_{dalle} - d), \frac{1}{3} \cdot (t_{dalle} - kd) \right] \quad h_t = 63.452 \text{ mm}$$

$$A_{ct} := 1000 \text{ mm} \cdot h_t$$

$$\rho_c := \frac{A_{sc}}{A_{ct}} \quad \rho_c = 0.034$$

$$s_{rm} := 50 \text{ mm} + 0.25 \cdot k_c \cdot \frac{d_b}{\rho_c} \quad s_{rm} = 158.775 \text{ mm}$$

$$\beta_c := 1.7 \quad \text{Fissuration causée par le chargement}$$

$k_b := 1.0$ Armature standard

$$w_c := k_b \cdot \beta_c \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm} \quad w_c = 0.141 \cdot \text{mm} \quad \text{if}(w_c \leq 0.35 \text{mm}, "OK", "NOT OK") = "OK"$$

$$\beta_2 := k_b \cdot (0.9 \cdot s_c + 100 \text{mm}) \cdot f_s \cdot \left[1 - \left(\frac{M_w}{M_s} \right)^2 \right] \quad \text{Selon S6-00}$$

$$\beta_2 = 3.761 \times 10^4 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Cisaillement :

$$f_{cr} := \min(0.4 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \text{MPa}, 3.2 \text{MPa}) \quad f_{cr} = 2.191 \cdot \text{MPa}$$

$$d_v := 0.9 \cdot d \quad d_v = 156.6 \cdot \text{mm}$$

$$\beta := \frac{230 \text{mm}}{1000 \text{mm} + d_v} \quad \beta = 0.199 \quad \text{Valeur de } \beta \text{ pour un granulats de diamètre supérieur ou égal à 20mm}$$

$$V_r := 2.5 \cdot \beta \cdot \phi_c \cdot f_{cr} \cdot 1000 \text{mm} \cdot d_v$$

$$V_r = 127.926 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Vérif} := \text{if}(V_r \geq V_f, "OK", "Not OK") \quad \text{Vérif} = "OK"$$

Méthode générale :

$$a_g := 20 \text{mm} \quad \text{Dimension des granulats}$$

$$M_{f,v} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{f,v}}{d_v} = 0 \cdot \text{kN}$$

$$s_z := d_v \quad \text{Aucune armature de face}$$

$$N_f := 0 \text{ kN}$$

$$V_{df} := V_f$$

$$s_{ze} := \max\left(\frac{35 \text{mm} \cdot s_z}{15 \text{mm} + a_g}, 0.85 \cdot s_z\right) \quad s_{ze} = 156.6 \cdot \text{mm}$$

$$A_{sc,v} := A_{sc}$$

$$\epsilon_x := \frac{\frac{M_{f,v}}{d_v} + V_{df} + 0.5 \cdot N_f}{2 E_s \cdot A_{sc,v}} \quad \epsilon_x = 0$$

$$\beta := \frac{0.4}{1 + 1500 \cdot \epsilon_x} \cdot \frac{1300 \text{mm}}{1000 \text{mm} + s_{ze}} \quad \beta = 0.45$$

$$V_{rg} := 2.5 \cdot \beta \cdot \phi_c \cdot f_{cr} \cdot 1000 \text{mm} \cdot d_v \quad V_{rg} = 289.224 \cdot \text{kN}$$

Vérif := if($V_{rg} \geq V_f$, "OK", "Not OK") Vérif = "OK"

Nom du projet: _____

Par: P.L.

Sujet: _____

Date: 23 mai 12

No du projet: _____

Avec ce calcul

$$M_1 = 98.5 \text{ kWh}$$

$$M_2 = \frac{27 \cdot 0.254}{w_2} \cdot 0.49 \cdot 3.0 \text{ kWh}$$

$$M_2 = 39.6 \text{ kWh}$$

Considérer $\gamma = 0.10$

$$M_2 = 39.6 \cdot 1.1 + 3.0 = 46.6 \text{ kWh} \quad \approx \quad 46.7 \text{ kWh}$$

en kWh

$$M_f = 1.3 (3.0 + 167 \cdot 39.6 \cdot 1.1) = 98.5 \text{ kWh}$$

$$\approx 98.5 \text{ kWh}$$

à l'heure

$$98.5 / 93.8 = 1.05$$

→ D'après ce calcul, le charge de
consommation par essai est bien de 300 kWh

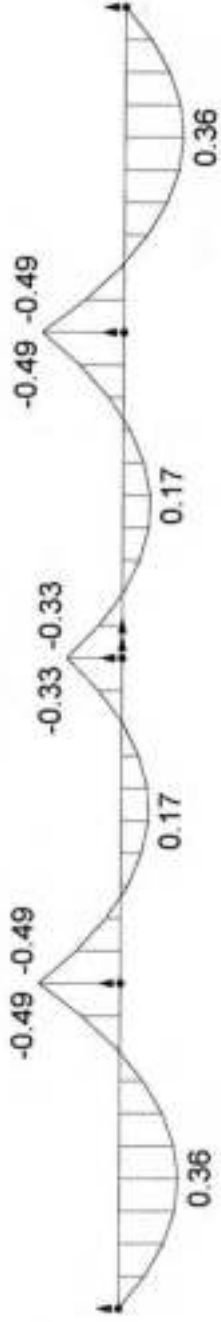
Pu absorbé par $M_2 = 39.6 \text{ kWh} \quad (0.254)$

$$\approx 39.6 \text{ kWh}$$

Membrures

My (kN.m)

→ Pour les 1ère et 2ème



- **Combinaison : Ch. dist.**

FEUILLE DE PROJET NO. _____ de _____



Nom du projet: _____

Par: PK.

Sujet: _____

Date: 23 nov 12

No du projet: _____

Dans le cas de l'exemple, selon la 26-06

$$M_r = 93 \text{ kNm}$$

$$M_f = 1.2 \cdot 24 \cdot 0.254 \cdot 0.49 + 1.7 \cdot 0.8 \cdot 180.11 \cdot \left(\frac{0.6 \cdot 1.53}{10} \right)$$

$$= 77.7 \text{ kNm} < 93 \text{ kNm} \quad \text{ok}$$

→ Effort de production
de la 26-06
pour une structure
neuve

Conception du béton:

$$t_{\text{dalle}} := 254 \text{ mm}$$

$$f_c := 30 \text{ MPa}$$

$$\phi_c := 0.75$$

$$\phi_s := 0.90$$

$$\alpha_1 := \text{if} \left(0.85 - 0.0015 \cdot \frac{f_c}{\text{MPa}} \geq 0.67, 0.85 - 0.0015 \cdot \frac{f_c}{\text{MPa}}, 0.67 \right) \quad \alpha_1 = 0.805$$

$$\beta_1 := \text{if} \left(0.97 - 0.0025 \cdot \frac{f_c}{\text{MPa}} \geq 0.67, 0.97 - 0.0025 \cdot \frac{f_c}{\text{MPa}}, 0.67 \right) \quad \beta_1 = 0.895$$

$$E_s := 200000 \text{ MPa} \quad E_c := \left(3000 \cdot \sqrt{f_c \cdot \text{MPa}} + 6900 \text{ MPa} \right) \cdot \left(\frac{2350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right) \quad E_c = 2.384 \times 10^4 \cdot \text{MPa}$$

$$n := \frac{E_s}{E_c} \quad n = 8.39$$

$$\epsilon_{cu} := 0.0035$$

$$\rho_{\text{bal}} := \frac{\alpha_1 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \left(\frac{E_s \cdot \epsilon_{cu}}{f_y + E_s \cdot \epsilon_{cu}} \right) \quad \rho_{\text{bal}} = 0.05 \quad \rho_{\text{max}} := 0.75 \cdot \rho_{\text{bal}} \quad \rho_{\text{max}} = 0.038$$

$$f_{cr} := 0.4 \cdot \sqrt{f_c \cdot \text{MPa}}$$

$$M_w := f_{cr} \cdot \frac{1}{6} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot t_{\text{dalle}}^2 \quad M_w = 23.558 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Conception de la dalle :

$$M_f := 93 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$T_f := 0 \text{ kN}$$

$$M_s := 46.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$T_s := 0 \text{ kN}$$

$$V_f := 0 \text{ kN}$$

Flexion :

$$\text{cover} := 65 \text{ mm} \quad d_b := 30 \text{ mm} \quad A_{sb} := 700 \text{ mm}^2 \quad d := t_{\text{dalle}} - \text{cover} - \frac{d_b}{2} \quad d = 174 \text{ mm}$$

$$M_{fl} := M_f - T_f \left(d - \frac{t_{\text{dalle}}}{2} \right) \quad M_{fl} = 93 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$k_f := \frac{M_{fl}}{1000 \text{ mm}\cdot d^2} \quad k_f = 3.072 \text{ MPa}$$

$$\rho := \frac{-\left(\phi_s \cdot f_y\right) - \sqrt{\left(\phi_s \cdot f_y\right)^2 - 4 \cdot \frac{\phi_s^2 \cdot f_y^2}{2 \cdot \alpha_1 \cdot \phi_c \cdot f_c} \cdot k_f}}{2 \cdot \frac{\phi_s^2 \cdot f_y^2}{2 \cdot \alpha_1 \cdot \phi_c \cdot f_c}}$$

$$\rho = 0.013 \quad \frac{\rho}{\rho_{\max}} = 0.332$$

$$\rho_s := \text{if}(\rho < 0.002, 0.002, \rho) \quad \rho_s = 0.013$$

$$A_s := \rho_s \cdot 1000 \text{ mm}\cdot d \quad A_s = 2.184 \times 10^3 \text{ mm}^2 \quad A_s := A_s + \frac{T_f}{\phi_s \cdot f_y} \quad A_s = 2.184 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{barres}} := \frac{A_s}{A_{sb}} \quad n_{\text{barres}} = 3.12$$

$$s_{\text{barres}} := \frac{1000 \text{ mm}}{n_{\text{barres}}} \quad s_{\text{barres}} = 320.533 \text{ mm} \quad s_{\text{barres}} := 320 \text{ mm} \quad s_c := s_{\text{barres}} - d_b$$

$$A_{sc} := \frac{1000 \text{ mm}}{s_{\text{barres}}} \cdot A_{sb} \quad A_{sc} = 2.188 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$B := \frac{1000 \text{ mm}}{n \cdot A_{sc}} \quad B = 54.489 \frac{\text{l}}{\text{m}} \quad kd := \frac{\sqrt{2 \cdot d \cdot B + 1} - 1}{B} \quad kd = 0.064 \text{ m}$$

$$k := \frac{kd}{d} \quad k = 0.366 \quad j := 1 - \frac{k}{3} \quad j = 0.878$$

$$M_{st} := M_s - T_s \left(d - \frac{t_{dalle}}{2} \right) \quad M_{st} = 46.7 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$f_s := \frac{|M_s|}{A_{sc} \cdot j \cdot d} + \frac{T_s}{A_{sc}} \quad f_s = 139.729 \text{ MPa}$$

$$f_c := \frac{A_{sc} \cdot f_s}{0.5 \cdot kd \cdot 1000 \text{ mm}} \quad f_c = 9.605 \text{ MPa}$$

$$\text{if}(f_s \leq 0.6f_y, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{f_c}{f'_c} = 0.32$$

Calcul de la fissuration :

$$K := \begin{cases} 1.3 & \text{if } t_{dalle} \leq 300 \text{ mm} \\ 1.7 & \text{if } t_{dalle} \geq 800 \text{ mm} \\ 1.06 + 0.0008 \cdot \frac{t_{dalle}}{\text{mm}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad K = 1.3$$

$$\beta_2 := K \cdot (0.9 \cdot s_c + 100 \text{ mm}) \cdot f_s \cdot \left[1 - 0.5 \cdot \left(\frac{M_w}{M_s} \right)^2 \right] \quad \beta_2 = 5.723 \times 10^4 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$\text{if} \left(\beta_2 \leq 70000 \frac{\text{N}}{\text{mm}}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"} \right) = \text{"OK"}$$

$$f_w := f_s \cdot \frac{M_w}{M_s} \quad f_w = 70.487 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{sm} := \frac{f_s}{E_s} \cdot \left[1 - \left(\frac{f_w}{f_s} \right)^2 \right] \quad \epsilon_{sm} = 5.209 \times 10^{-4}$$

$$k_c := 0.5 \quad \text{Flexion}$$

$$d_b = 30 \text{ mm}$$

$$h_t := \min \left[2.5 \cdot (t_{dalle} - d), \frac{1}{3} \cdot (t_{dalle} - kd) \right] \quad h_t = 63.452 \text{ mm}$$

$$A_{ct} := 1000 \text{ mm} \cdot h_t$$

$$\rho_c := \frac{A_{sc}}{A_{ct}} \quad \rho_c = 0.034$$

$$s_{rm} := 50 \text{ mm} + 0.25 \cdot k_c \cdot \frac{d_b}{\rho_c} \quad s_{rm} = 158.775 \text{ mm}$$

$$\beta_c := 1.7 \quad \text{Fissuration causée par le chargement}$$

$k_b := 1.0$ Armature standard

$$w_c := k_b \cdot \beta_c \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm} \quad w_c = 0.141 \cdot \text{mm} \quad \text{if}(w_c \leq 0.35 \text{mm}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"OK"}$$

$$\beta_2 := k_b \cdot (0.9 \cdot s_c + 100 \text{mm}) \cdot f_s \cdot \left[1 - \left(\frac{M_w}{M_s} \right)^2 \right] \quad \text{Selon S6-00}$$

$$\beta_2 = 3.761 \times 10^4 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Cisaillement :

$$f_{cr} := \min(0.4 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \text{MPa}, 3.2 \text{MPa}) \quad f_{cr} = 2.191 \cdot \text{MPa}$$

$$d_v := 0.9 \cdot d \quad d_v = 156.6 \cdot \text{mm}$$

$$\beta := \frac{230 \text{mm}}{1000 \text{mm} + d_v} \quad \beta = 0.199 \quad \text{Valeur de } \beta \text{ pour un granulat de diamètre supérieur ou égal à 20mm}$$

$$V_r := 2.5 \cdot \beta \cdot \phi_c \cdot f_{cr} \cdot 1000 \text{mm} \cdot d_v$$

$$V_r = 127.926 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Vérif} := \text{if}(V_r \geq V_f, \text{"OK"}, \text{"Not OK"}) \quad \text{Vérif} = \text{"OK"}$$

Méthode générale :

$$a_g := 20 \text{mm} \quad \text{Dimension des granulats}$$

$$M_{fv} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{fv}}{d_v} = 0 \cdot \text{kN}$$

$$s_z := d_v \quad \text{Aucune armature de face}$$

$$N_f := 0 \text{ kN}$$

$$V_{df} := V_f$$

$$s_{ze} := \max\left(\frac{35 \text{mm} \cdot s_z}{15 \text{mm} + a_g}, 0.85 \cdot s_z\right) \quad s_{ze} = 156.6 \cdot \text{mm}$$

$$A_{sc,v} := A_{sc}$$

$$\epsilon_x := \frac{\frac{M_{fv}}{d_v} + V_{df} + 0.5 \cdot N_f}{2E_s \cdot A_{sc,v}} \quad \epsilon_x = 0$$

$$\beta := \frac{0.4}{1 + 1500 \cdot \epsilon_x} \cdot \frac{1300 \text{mm}}{1000 \text{mm} + s_{ze}} \quad \beta = 0.45$$

$$V_{rg} := 2.5 \cdot \beta \cdot \phi_c \cdot f_{cr} \cdot 1000 \text{mm} \cdot d_v \quad V_{rg} = 289.224 \cdot \text{kN}$$

Vérif := if($V_{fg} \geq V_f$, "OK", "Not OK") Vérif = "OK"

Nom du projet: _____

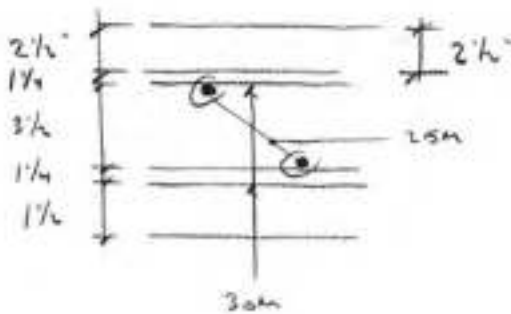
Par: PLDate: 26 Dec 17

Sujet: _____

No du projet: _____

Calcul de la flexion dans le sens parallèle à la route

M_y calculé :	27.2 kNm	360 kN p1
	29.8 kNm	360 kN p2a
	31.4 kNm	360 kN p2b
	32.6 kNm	360 kN p3
	25.6 kNm	760 kN p1 2x
	27.8 kNm	360 kN p2a 2x
	29.1 kNm	360 kN p2b 2x
	29.6 kNm	360 kN p3 2x



Résistance $M_{re} = 23,7 \text{ kNm}$
avec $f_{yk} = 140 \text{ MPa}$

$M_{re} = 48 \text{ kNm}$

Si les br. norm. 56.66 et 56.70, l'axe de déflexion est à $e = 672 \text{ ou } 120/53$ l'axe principal si l'axe principal est 30×0.36 , l'axe de déflexion devant être de $6 \text{ ou } 25 \times 0.34$. Toutefois l'empente ne peut déterminer plus de diamètres

Conception du béton:

$$t_{\text{dalle}} := 254 \text{ mm}$$

$$f_c := 30 \text{ MPa}$$

$$f_y := 400 \text{ MPa}$$

$$\phi_c := 0.75$$

$$\phi_s := 0.90$$

$$\alpha_1 := \text{if} \left(0.85 - 0.0015 \cdot \frac{f_c}{\text{MPa}} \geq 0.67, 0.85 - 0.0015 \cdot \frac{f_c}{\text{MPa}}, 0.67 \right) \quad \alpha_1 = 0.805$$

$$\beta_1 := \text{if} \left(0.97 - 0.0025 \cdot \frac{f_c}{\text{MPa}} \geq 0.67, 0.97 - 0.0025 \cdot \frac{f_c}{\text{MPa}}, 0.67 \right) \quad \beta_1 = 0.895$$

$$E_s := 200000 \text{ MPa} \quad E_c := \left(3000 \cdot \sqrt{f_c \cdot \text{MPa}} + 6900 \text{ MPa} \right) \cdot \left(\frac{2350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right) \quad E_c = 2.384 \times 10^4 \cdot \text{MPa}$$

$$n := \frac{E_s}{E_c} \quad n = 8.39$$

$$\epsilon_{cu} := 0.0035$$

$$\rho_{\text{bal}} := \frac{\alpha_1 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \left(\frac{E_s \cdot \epsilon_{cu}}{f_y + E_s \cdot \epsilon_{cu}} \right) \quad \rho_{\text{bal}} = 0.051 \quad \rho_{\text{max}} := 0.75 \cdot \rho_{\text{bal}} \quad \rho_{\text{max}} = 0.038$$

$$f_{cr} := 0.4 \cdot \sqrt{f_c \cdot \text{MPa}}$$

$$M_w := f_{cr} \cdot \frac{1}{6} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot t_{\text{dalle}}^2 \quad M_w = 23.558 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Conception de la dalle :

$$M_f := 48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$T_f := 0 \text{ kN}$$

$$M_s := 23.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$T_s := 0 \text{ kN}$$

$$V_f := 0 \text{ kN}$$

Flexion :

$$\text{cover} := 70 \cdot \text{mm} \quad d_b := 25 \cdot \text{mm} \quad A_{sb} := 500 \cdot \text{mm}^2 \quad d := t_{\text{dalle}} - \text{cover} - \frac{d_b}{2} \quad d = 171.5 \cdot \text{mm}$$

$$M_{ft} := M_f - T_f \left(d - \frac{t_{\text{dalle}}}{2} \right) \quad M_{ft} = 48 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$k_T := \frac{M_{ft}}{1000 \cdot \text{mm} \cdot d^2} \quad k_T = 1.632 \cdot \text{MPa}$$

$$\rho := \frac{-\left(\phi_s \cdot f_y\right) - \sqrt{\left(\phi_s \cdot f_y\right)^2 - 4 \cdot \frac{\phi_s^2 \cdot f_y^2}{2 \cdot \alpha_1 \cdot \phi_c \cdot f_c} \cdot k_T}}{2 \cdot \frac{\phi_s^2 \cdot f_y^2}{2 \cdot \alpha_1 \cdot \phi_c \cdot f_c}}$$

$$\rho = 6.327 \times 10^{-3} \quad \frac{\rho}{\rho_{\max}} = 0.167$$

$$\rho_s := \text{if}(\rho < 0.002, 0.002, \rho) \quad \rho_s = 6.327 \times 10^{-3}$$

$$A_s := \rho_s \cdot 1000 \cdot \text{mm} \cdot d \quad A_s = 1.085 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2 \quad A_s := A_s + \frac{T_f}{\phi_s \cdot f_y} \quad A_s = 1.085 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$n_{\text{barres}} := \frac{A_s}{A_{sb}} \quad n_{\text{barres}} = 2.17$$

$$s_{\text{barres}} := \frac{1000 \cdot \text{mm}}{n_{\text{barres}}} \quad s_{\text{barres}} = 460.802 \cdot \text{mm} \quad s_{\text{barres}} := 460 \cdot \text{mm} \quad s_c := s_{\text{barres}} - d_b$$

$$A_{sc} := \frac{1000 \cdot \text{mm}}{s_{\text{barres}}} \cdot A_{sb} \quad A_{sc} = 1.087 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$B := \frac{1000 \cdot \text{mm}}{n \cdot A_{sc}} \quad B = 109.659 \frac{1}{\text{m}} \quad kd := \frac{\sqrt{2 \cdot d \cdot B + 1} - 1}{B} \quad kd = 0.048 \text{ m}$$

$$k := \frac{kd}{d} \quad k = 0.277 \quad j := 1 - \frac{k}{3} \quad j = 0.908$$

$$M_{st} := M_s - T_s \cdot \left(d - \frac{t_{dalle}}{2} \right) \quad M_{st} = 23.7 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$f_s := \frac{|M_s|}{A_{sc} \cdot j \cdot d} + \frac{T_s}{A_{sc}} \quad f_s = 140.083 \cdot \text{MPa}$$

$$f_c := \frac{A_{sc} \cdot f_s}{0.5 \cdot kd \cdot 1000 \text{mm}} \quad f_c = 6.405 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{if}(f_s \leq 0.6f_y, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{f_c}{f_c} = 0.213$$

Calcul de la fissuration :

$$K := \begin{cases} 1.3 & \text{if } t_{dalle} \leq 300 \text{mm} \\ 1.7 & \text{if } t_{dalle} \geq 800 \text{mm} \\ 1.06 + 0.0008 \cdot \frac{t_{dalle}}{\text{mm}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad K = 1.3$$

$$\beta_2 := K \cdot (0.9 \cdot s_c + 100 \text{mm}) \cdot f_s \cdot \left[1 - 0.5 \cdot \left(\frac{M_w}{M_s} \right)^2 \right] \quad \beta_2 = 4.529 \times 10^4 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$\text{if} \left(\beta_2 \leq 70000 \frac{\text{N}}{\text{mm}}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"} \right) = \text{"OK"}$$

$$f_w := f_s \cdot \frac{M_w}{M_s} \quad f_w = 139.243 \cdot \text{MPa}$$

$$\epsilon_{sm} := \frac{f_s}{E_s} \cdot \left[1 - \left(\frac{f_w}{f_s} \right)^2 \right] \quad \epsilon_{sm} = 8.373 \times 10^{-6}$$

$$k_c := 0.5 \quad \text{Flexion}$$

$$d_b = 25 \cdot \text{mm}$$

$$h_t := \min \left[2.5 \cdot (t_{dalle} - d), \frac{1}{3} \cdot (t_{dalle} - kd) \right] \quad h_t = 68.818 \cdot \text{mm}$$

$$A_{ct} := 1000 \text{mm} \cdot h_t$$

$$\rho_c := \frac{A_{sc}}{A_{ct}} \quad \rho_c = 0.016$$

$$s_{rm} := 50 \text{mm} + 0.25 \cdot k_c \cdot \frac{d_b}{\rho_c} \quad s_{rm} = 247.851 \cdot \text{mm}$$

$$\beta_c := 1.7 \quad \text{Fissuration causée par le chargement}$$

$k_b := 1.0$ Armature standard

$$w_c := k_b \cdot \beta_c \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm} \quad w_c = 3.528 \times 10^{-3} \cdot m \quad \text{if}(w_c \leq 0.35 \text{mm}, \text{"OK"}, \text{"NOT OK"}) = \text{"OK"}$$

$$\beta_2 := k_b \cdot (0.9 \cdot s_c + 100 \text{mm}) \cdot f_s \cdot \left[1 - \left(\frac{M_w}{M_s} \right)^2 \right] \quad \text{Selon S6-00}$$

$$\beta_2 = 823.08 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Cisaillement :

$$f_{cr} := \min(0.4 \cdot \sqrt{f_c \cdot \text{MPa}}, 3.2 \text{MPa}) \quad f_{cr} = 2.191 \cdot \text{MPa}$$

$$d_v := 0.9 \cdot d \quad d_v = 154.35 \cdot \text{mm}$$

$$\beta := \frac{230 \text{mm}}{1000 \text{mm} + d_v} \quad \beta = 0.199 \quad \text{Valeur de } \beta \text{ pour un granulat de diamètre supérieur ou égal à 20mm}$$

$$V_r := 2.5 \cdot \beta \cdot \phi_c \cdot f_{cr} \cdot 1000 \text{mm} \cdot d_v$$

$$V_r = 126.334 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Vérif} := \text{if}(V_r \geq V_f, \text{"OK"}, \text{"Not OK"}) \quad \text{Vérif} = \text{"OK"}$$

Méthode générale :

$$a_g := 20 \text{mm} \quad \text{Dimension des granulats}$$

$$M_{f,v} := 0 \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{f,v}}{d_v} = 0 \cdot \text{kN}$$

$$s_z := d_v \quad \text{Aucune armature de face}$$

$$N_f := 0 \text{kN}$$

$$V_{df} := V_f$$

$$s_{ze} := \max\left(\frac{35 \text{mm} \cdot s_z}{15 \text{mm} + a_g}, 0.85 \cdot s_z\right) \quad s_{ze} = 154.35 \cdot \text{mm}$$

$$A_{sc,v} := A_{sc}$$

$$\epsilon_x := \frac{\frac{M_{f,v}}{d_v} + V_{df} + 0.5 \cdot N_f}{2E_s \cdot A_{sc,v}} \quad \epsilon_x = 0$$

$$\beta := \frac{0.4}{1 + 1500 \cdot \epsilon_x} \cdot \frac{1300 \text{mm}}{1000 \text{mm} + s_{ze}} \quad \beta = 0.45$$

$$V_{rg} := 2.5 \cdot \beta \cdot \phi_c \cdot f_{cr} \cdot 1000 \text{mm} \cdot d_v \quad V_{rg} = 285.624 \cdot \text{kN}$$

Vérif := if($V_{rg} \geq V_f$, "OK", "Not OK") Vérif = "OK"



Nom du projet: _____

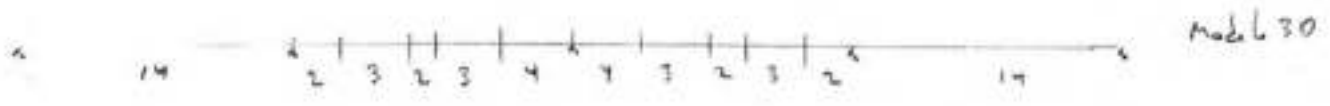
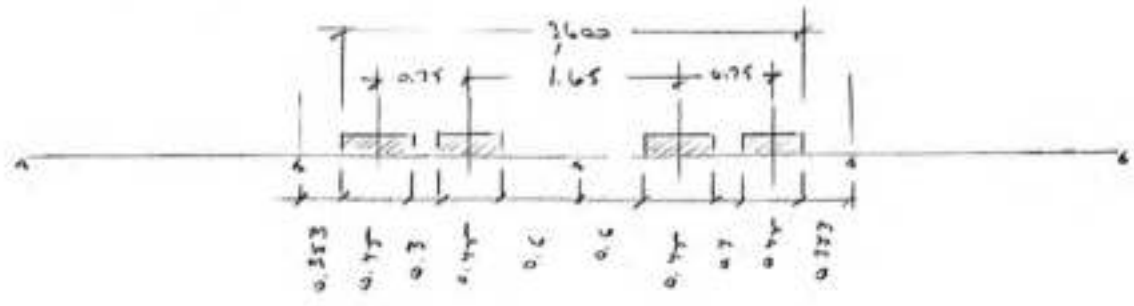
Par: P.L.

Date: 23 mai '12

Sujet: _____

No du projet: _____

Évaluer la charge d'un multiple ayant des
entiers e 1.5m c/a



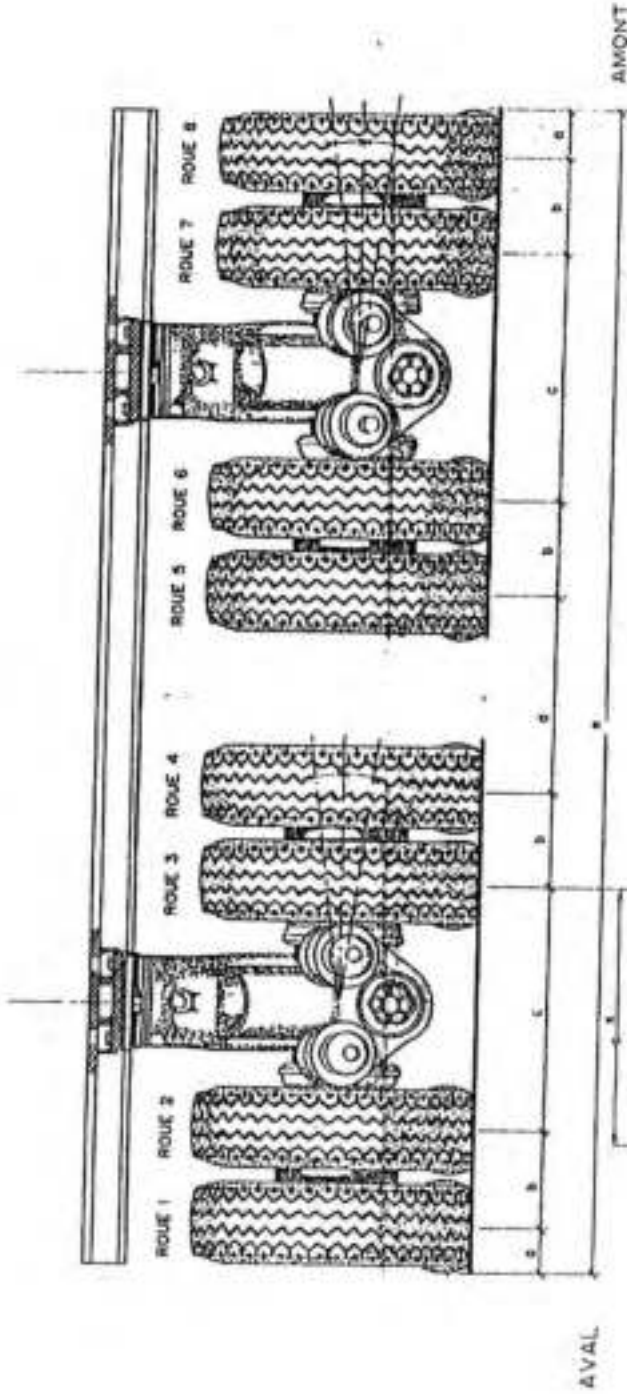
$$\frac{1}{2} \times 265 \text{ kN} / 0.75 = 176.7 \text{ kN/m}$$

$$\frac{1}{2} \times 265 \text{ kN} / (0.75 + 0.24) = 613.7 \text{ kPa}$$

Cette combinaison de charge est moins critique que les 2 charge de 360 kN e 1.55 m c/a

- 390 kN/m — 2 x 360 kN e 1.55 m
- 27.9 kN/m — 265 kN e 1.52 m c/a

POSITIONNEMENT CRITIQUE DES ROUES DU FARDIER



FARDIER TYPE	a	b	c	d	e
SCHERLLE	106 mm (4.13 po.)	248 mm (9.75 po.)	540 mm (21.26 po.)	717 mm (28.23 po.)	3000 mm (118.11 po.)

D: DISTANCE C & C ENTRE 2 LIGNES ADJACENTES
 L: LONGUEUR DE LA PARTIE EN FLEXION DANS LE SENS AVAL-AMONT
 X: POSITIONNEMENT DE LA ROUE 3 CRÉANT LA SITUATION LA PLUS DÉFAVORABLE SUR LA PARTIE EN FLEXION

Membrures
Ponctuelles (kN)



- Chargement : P 265 kN p1

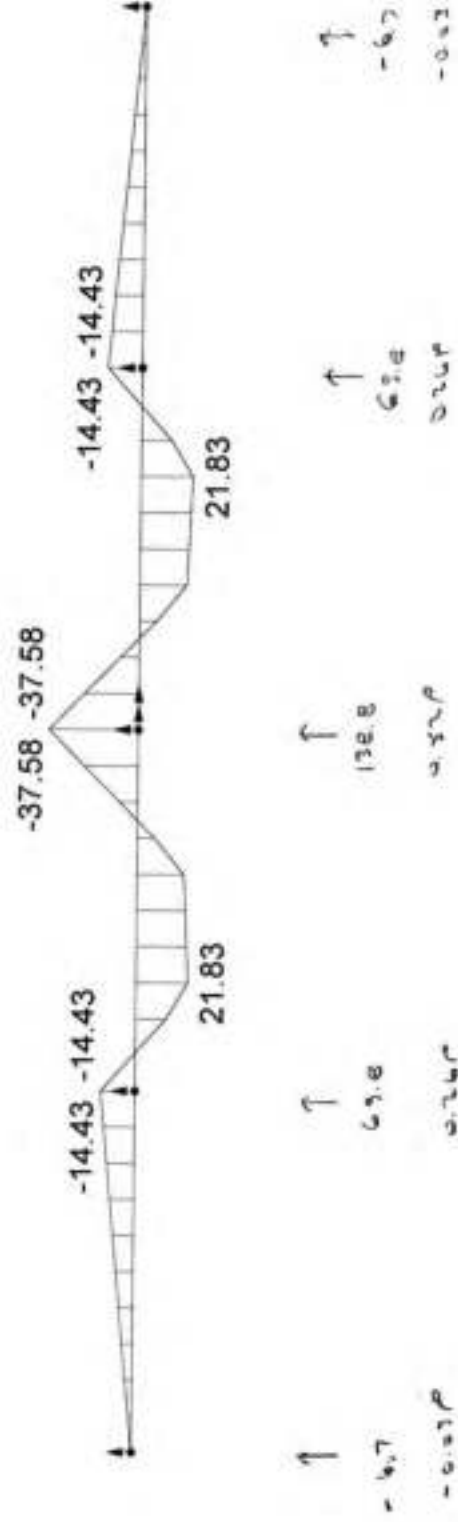
Membrures

Réparties (kN/m)



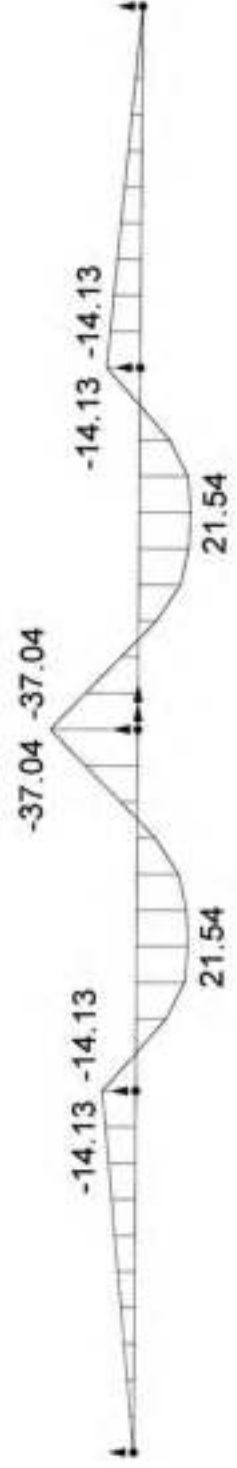
- Chargement : P 265 kN p1 D

Membrures
 My (kN.m)



- Combinaison : P 265 kN p1

Membrures
 My (kN.m)



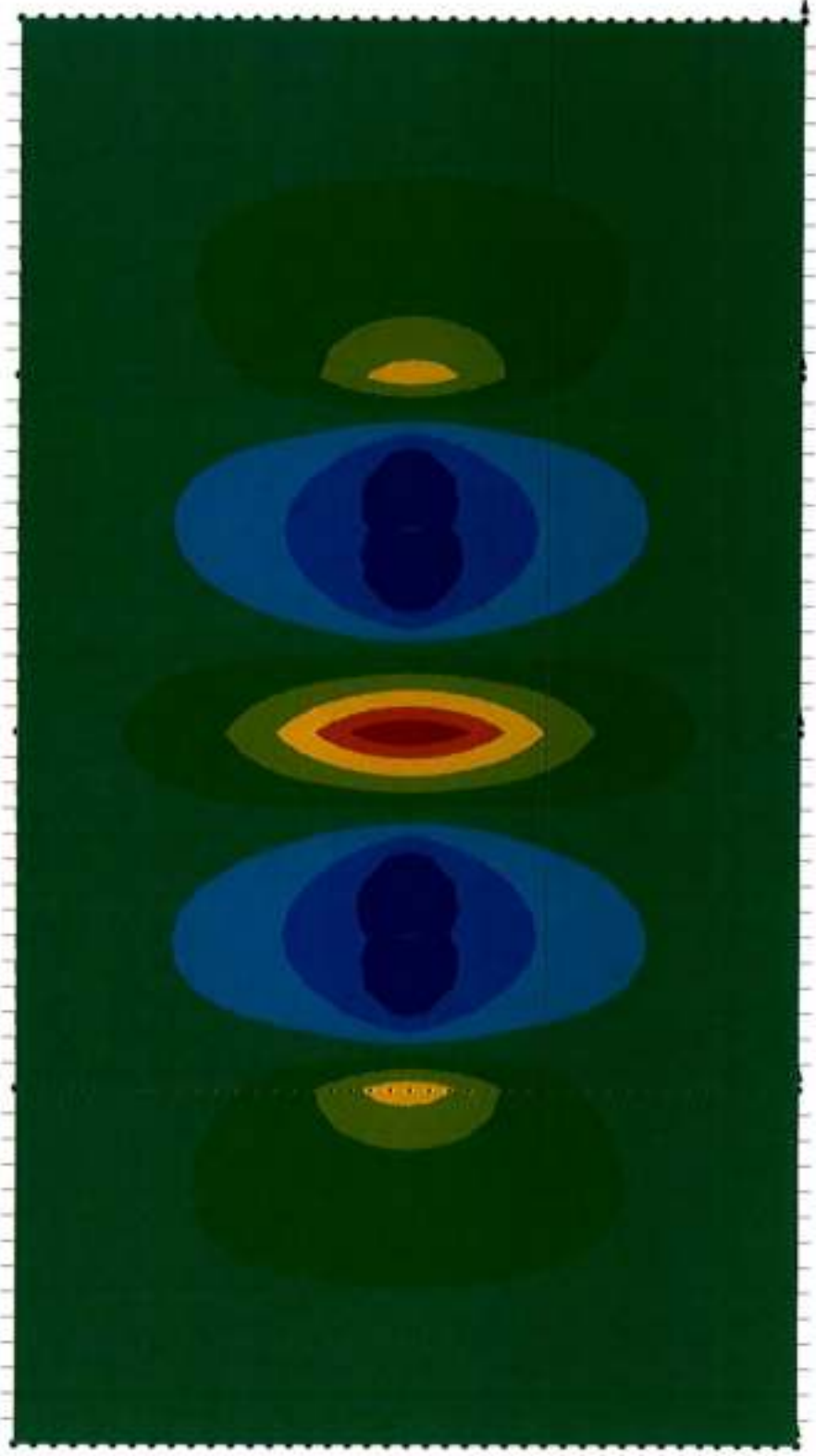
$M = 37.04 / 1.5 = 24.7 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ vs $27.9 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$
 $M = 21.54 / 1.5 = 14.3 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ vs $17.5 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$
30 \times 0.15 =

- Combinaison : P 265 kN p1 D

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)

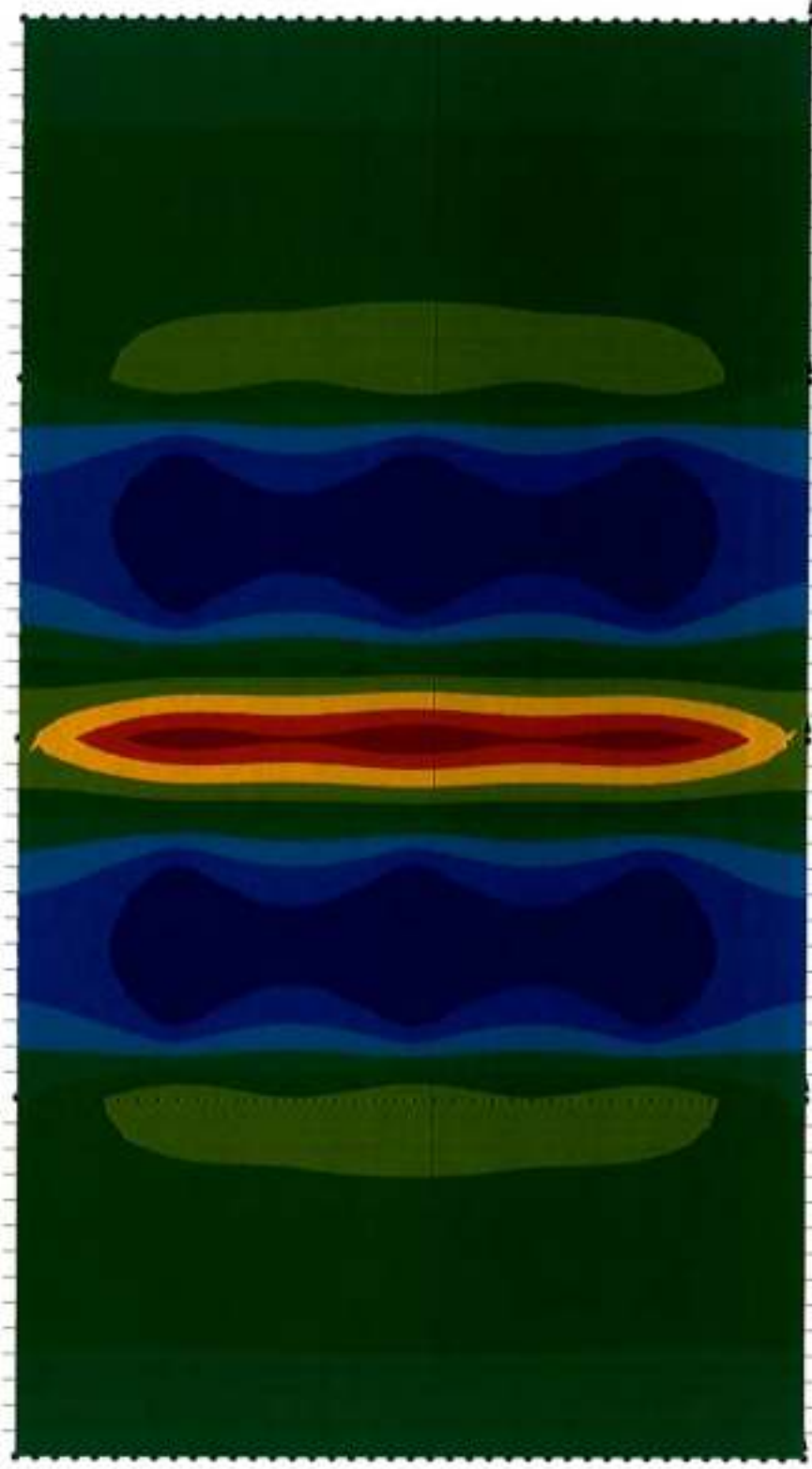


- Combinaison : P 265 kN p1

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



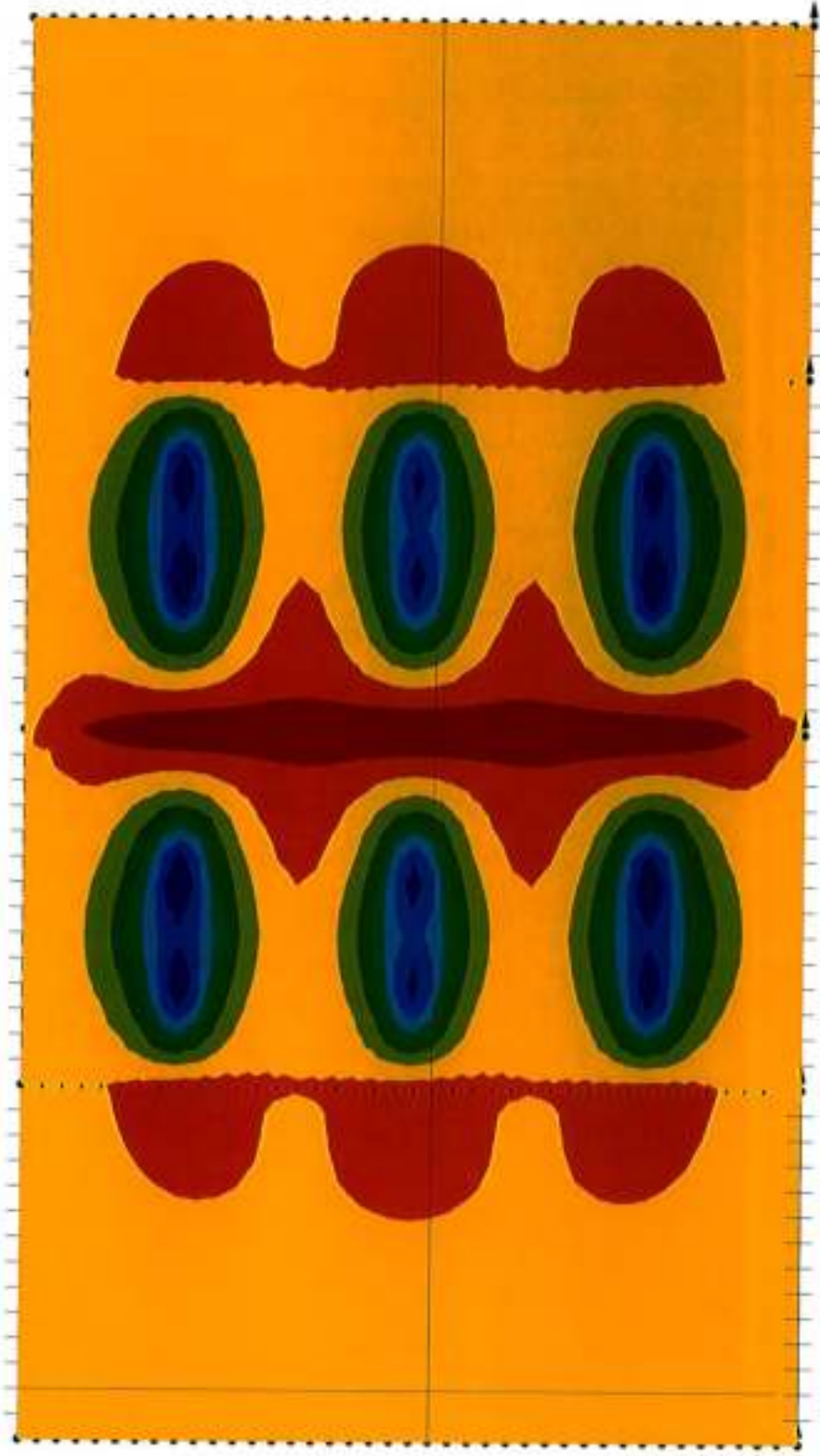
- Combinaison : P 265 kN p1 @1.5

Max = 27.92
Min = -17.53

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
My (kN.m/m)



My (kN.m/m) = +5.7 ; -12.8
My (kN.m/m) = -12.8

- Combinaison : P 265 kN p1 @1.5



Nom du projet: _____

Par: P.L.

Sujet: _____

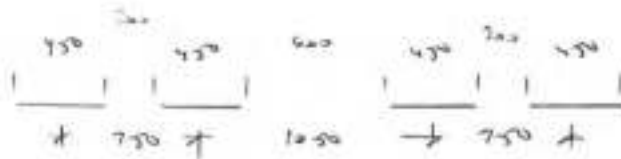
Date: 11 Janv '13

No du projet: _____

Analyse de la dalle avec le logiciel Goldhaber

Utiliser un charg de 200 kN par essieu en étudiant
les chargs puis de la roue

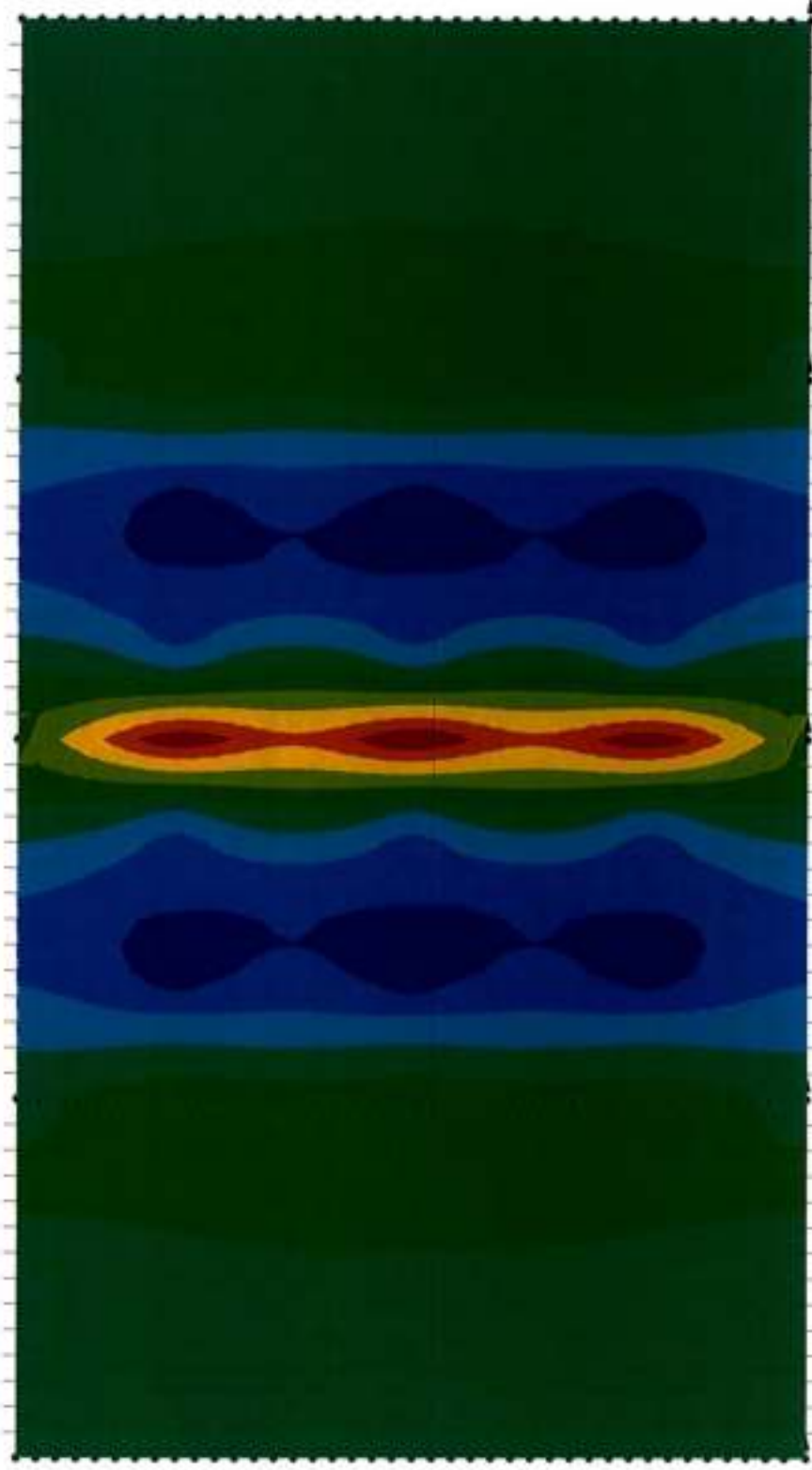
$$p = 75 \times 200 / (0.45 + 0.20) = 463.0 \text{ kN}$$



Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



- Combinaison : P 200 kN p1 @ 1.5

$M_x \pm M_{xy} = 26.1 ; -14.3$

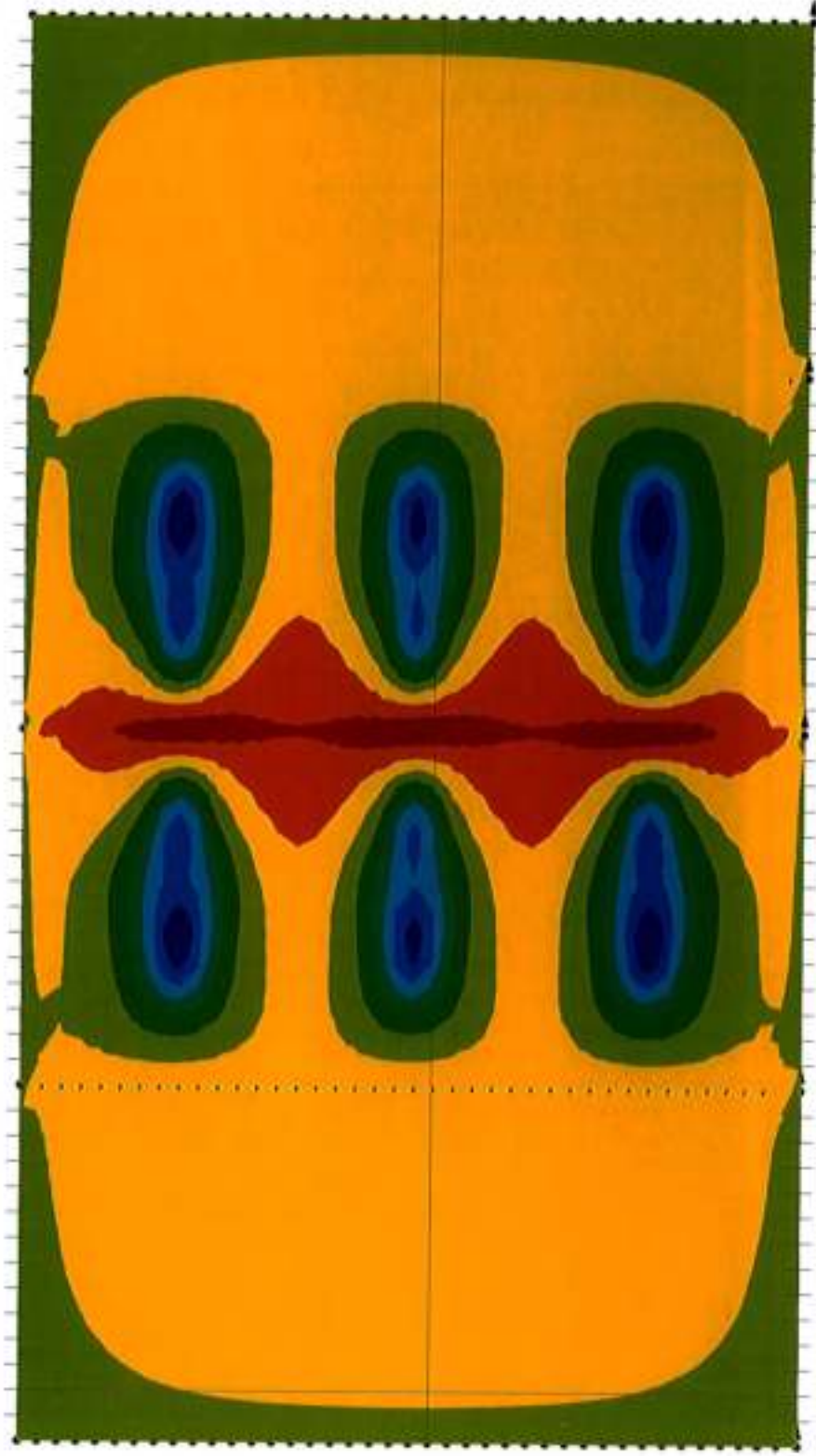
$25.5 ; -11.6$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques

My (kN.m/m)



- Combinaison : P 200 kN p1 @ 1.5

$M_{xy} = 1.000$; $S_x = 5.5$; $S_y = 5.5$

$I_x = 10.0$



Nom du projet: _____

Par: P.L.

Sujet: _____

Date: 29 nov 12

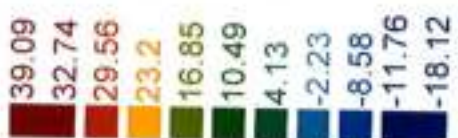
No du projet: _____

Etudier les charges sur la rive de la dalle

- Compte tenu de l'absence d'un pont de rigide
paris du jointer la dalle n'a pas la même
capacité portante qu'elle sur le pont

→ Ces contraintes de charge contrôlent
le dimensionnement de la dalle en
"voies courtes"

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



C2625

- Combinaison : P 125 kN p1 2xb

$M_x \rightarrow$ +39.7, +18.1
 $M_y \rightarrow$ +9.7, -6.6
 $M_z \rightarrow$ +30.5, -19.4
 $M_{xy} \rightarrow$ +9.3, -7.9

Efforts Internes EF kN.m/m

Plaques

Mx (kN.m/m)



CL CL

- Combinaison : P 125 kN p2 2xb

$$\begin{aligned} M_x &= |m_{x1}| \rightarrow +30.21, -23.3 \\ &\rightarrow 25.6, -26.1 \\ M_y &= |m_{y1}| \rightarrow +9.6, -7.2 \\ &\rightarrow 5.0, -9.2 \end{aligned}$$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



66.614

- Combinaison : P 125 kN p3 2xb

$M_x \pm 1 \text{ m} \rightarrow +40.2, -26.8$
 $+38.6, -23.3$

$M_y \pm 1 \text{ m} \rightarrow +11.8, -7.8$
 $+9.5, -9.7$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques

Mx (kN.m/m)



26.69

- Combinaison : P 125 kN p4 2xb

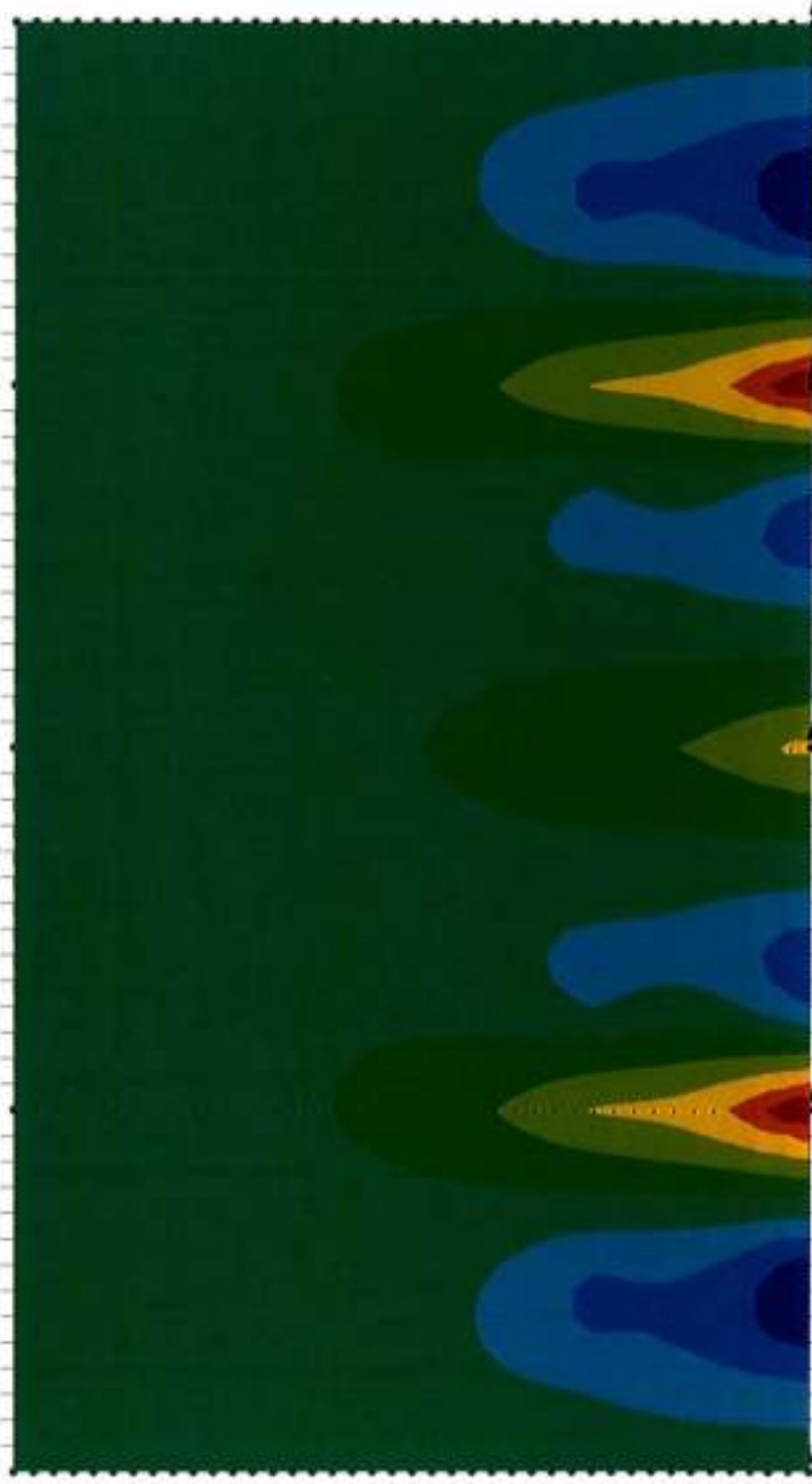
Max |Mxy| = 42.5 ; -26.0
→ 71.7, -28.2

Myz |Mxy| = 11.7, 22.5
→ 107, -9.6

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



CL 618

- Combinaison : P 125 kN p5 2xb

$$\begin{aligned} M_{x \pm} | \text{long} | &\rightarrow +10.5, -10.2 & M_{y \pm} | \text{long} | &\rightarrow +10.0, -0.2 \\ &+79.7, -31.1 & &+10.1, -9.5 \end{aligned}$$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



CL 633

- Combinaison : P 125 kN p6 2xb

$M_x \pm 1moyl \rightarrow +17.2, -27.5$
 $\qquad \qquad \qquad \rightarrow +11.2, -32.6$
 $M_y \pm 1moyl \rightarrow +12.8, -8.0$
 $\qquad \qquad \qquad \rightarrow +10.7, -9.7$

Efforts Internes EF kN.m/m



Mx (kN.m/m)

Plaques

Cluse originale

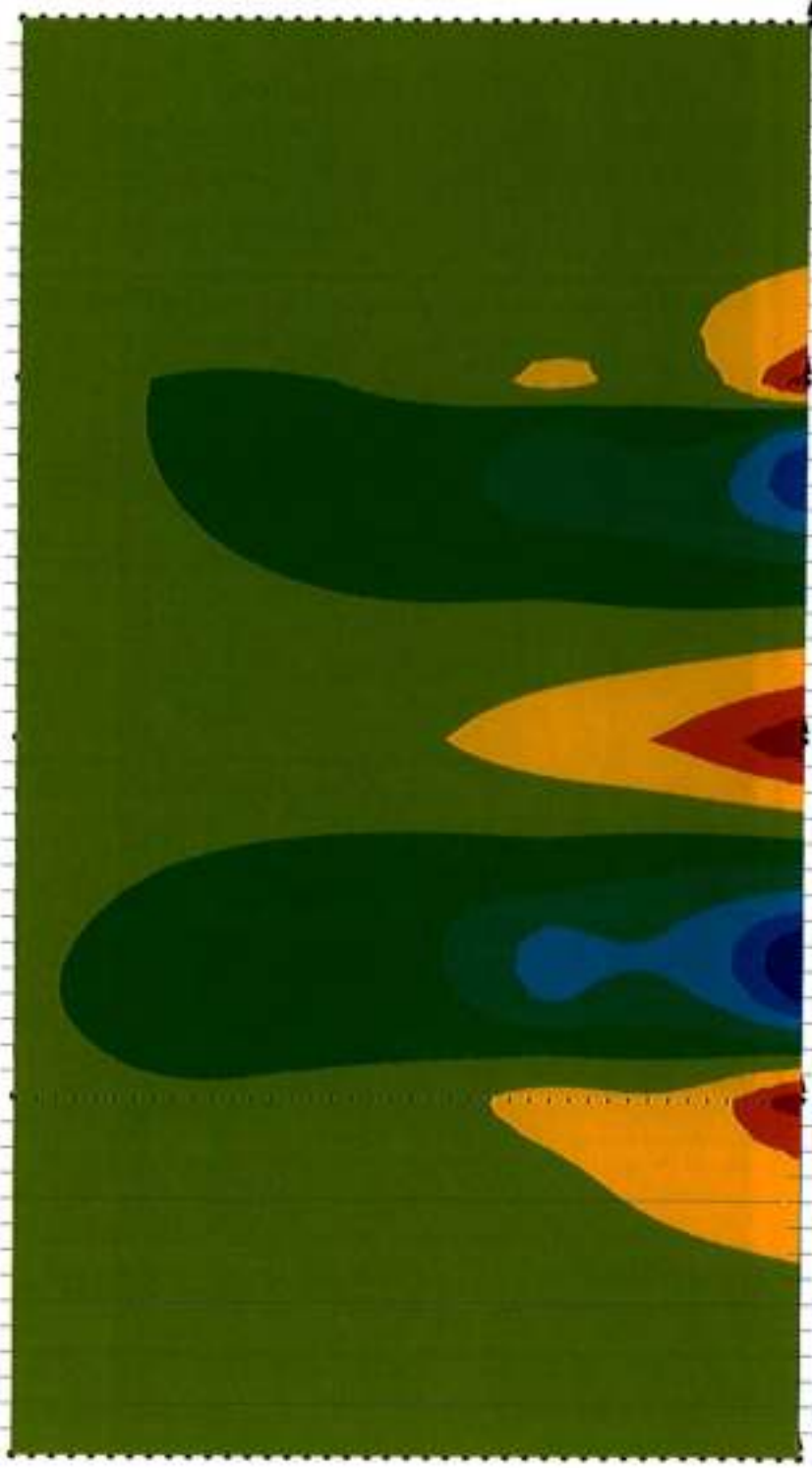
- Combinaison : P 360 kN p1 2xb

$M_{x \pm |max|} \rightarrow +71.7, -66.9$
 $M_{y \pm |max|} \rightarrow +26.6, -26.6$
 $\rightarrow 58.9, -73.8$
 $\rightarrow 17.3, -36.6$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



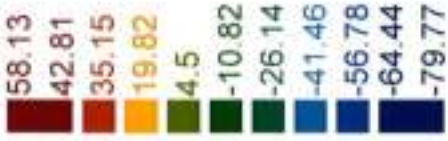
Charge orga

- Combinaison : P 360 kN p2a 2xb

Max ± |Moy| → 4692, -694
+563, -802

Max ± |Moy| → +2663, -242
+125, -270

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



charge original

- Combinaison : P 360 kN p2b 2xb

$M_{x2} (kNm) = 465.1, -77.7$
 $\rightarrow 52.6, -87.0$

$M_{x1} (kNm) = 437.6, -25.8$
 $\rightarrow 49.2, -27.7$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



charge origine

- Combinaison : P 360 kN p3 2xb

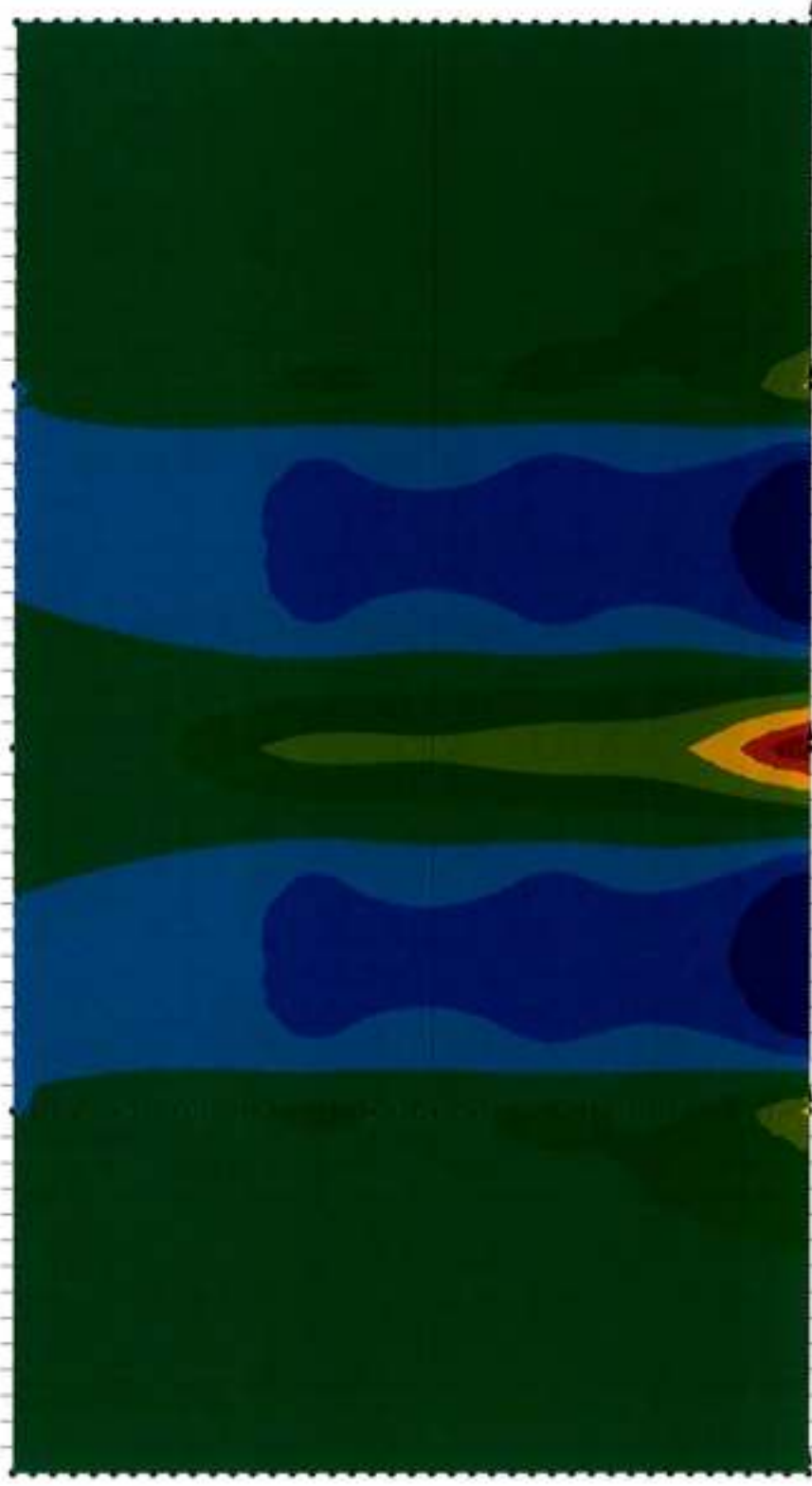
$h_p \rightarrow |M_{xy}| \rightarrow +66.9, -82.1$
 $+48.7, -25.7$

$m_7 + h_{m3} / \dots + 26.7$
 $+9.7, +22.2$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



clap. original

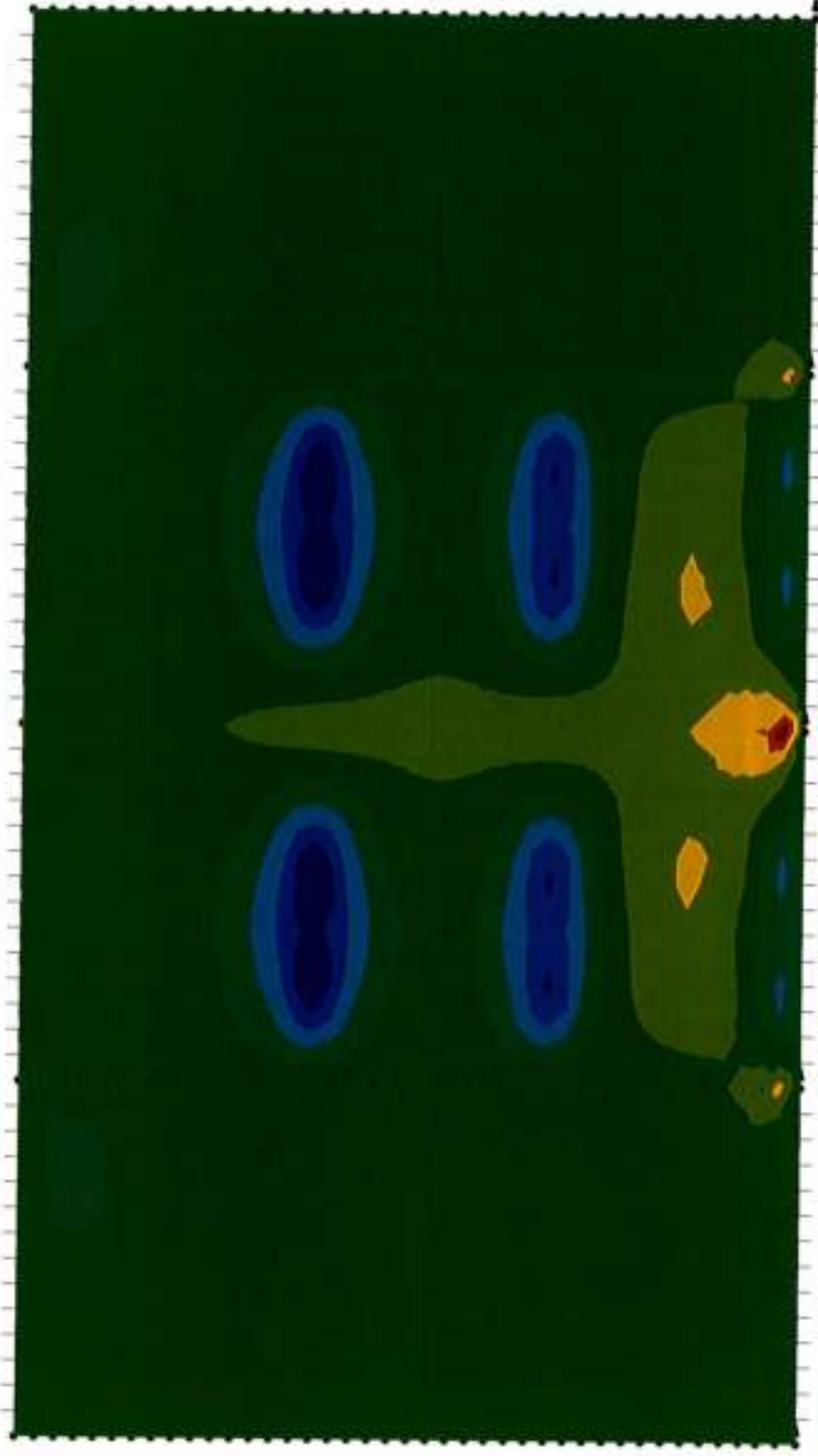
- Combinaison : P 265 kN p1b@1.5

$$Mx \pm / m^2 = 630 : -30.1$$
$$620 : -39.2$$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
My (kN.m/m)



charge origine

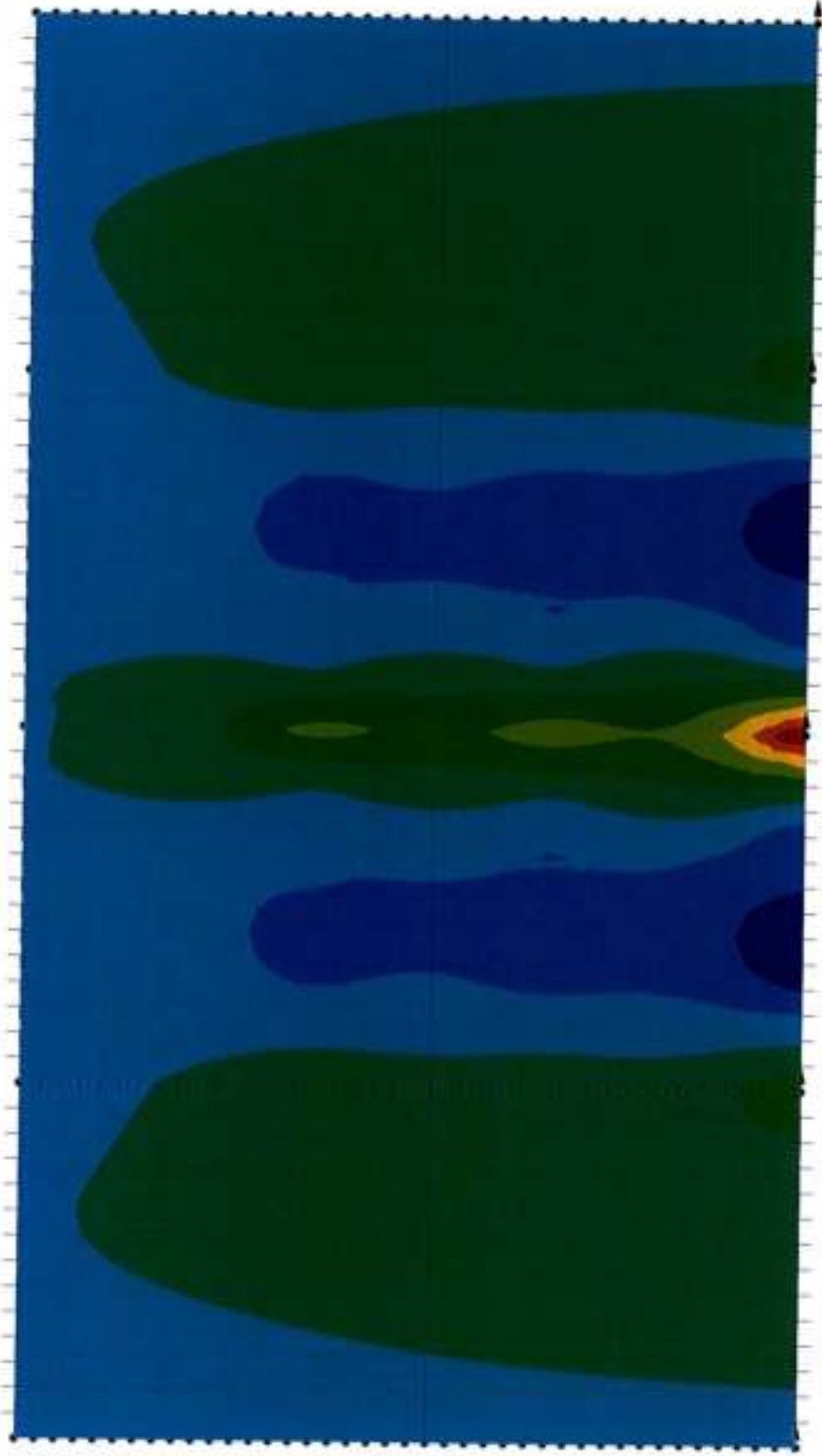
- Combinaison : P 265 kN p1b@1.5

$$M_x = 1000 \times 1.5 = 1500 \text{ kN.m}$$
$$M_y = 1000 \times 1.5 = 1500 \text{ kN.m}$$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



charge nodale

- Combinaison : P 200 kN p1b@1.5

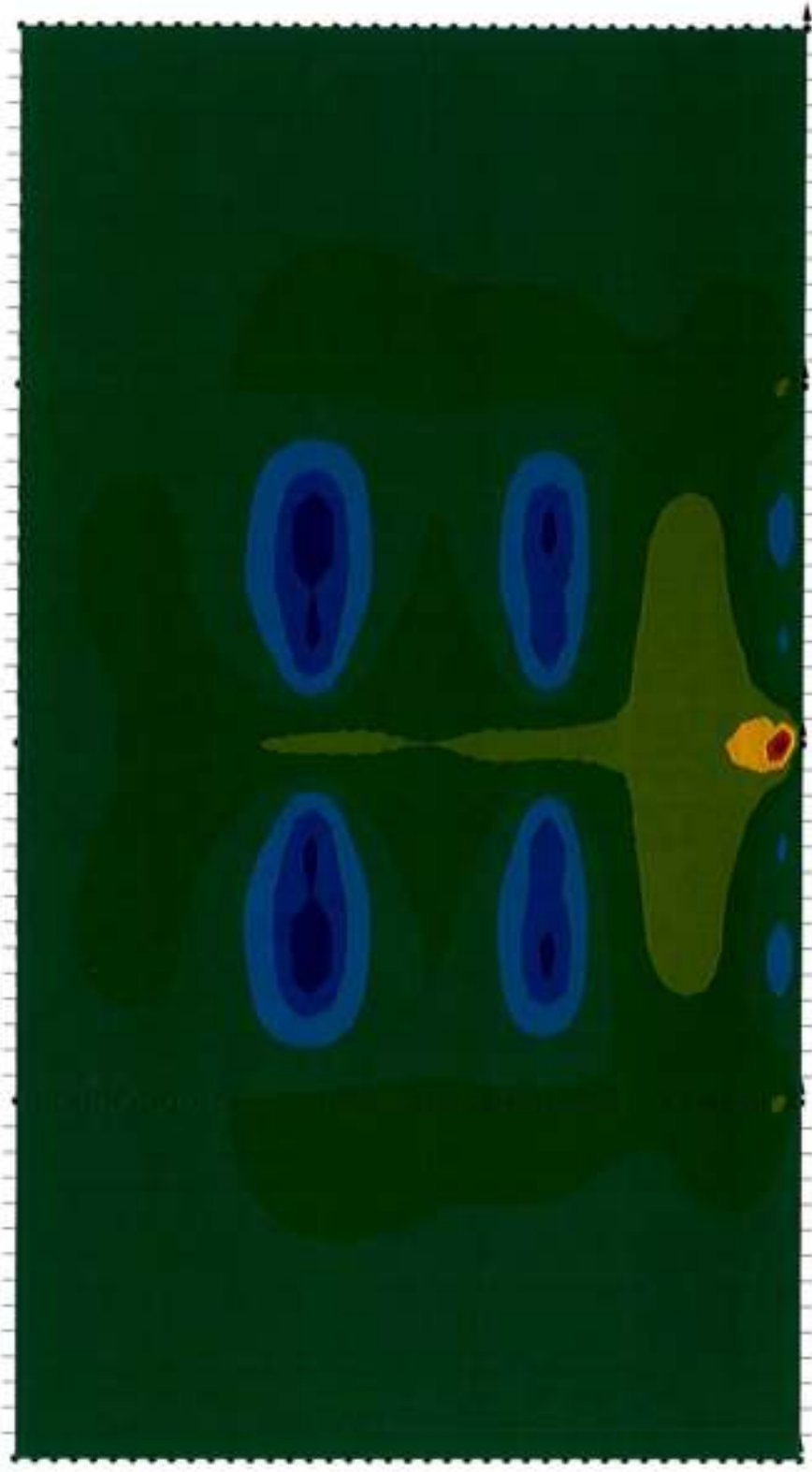
$$M_x + |M_{xy}| + |M_y| = 25.8$$

$$M_{xy} = -29.7$$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
My (kN.m/m)



charge nodale

- Combinaison : P 200 kN p1b@1.5

$$M_y = (200) \times (1.5) = 300$$
$$14.17 = 300,5$$

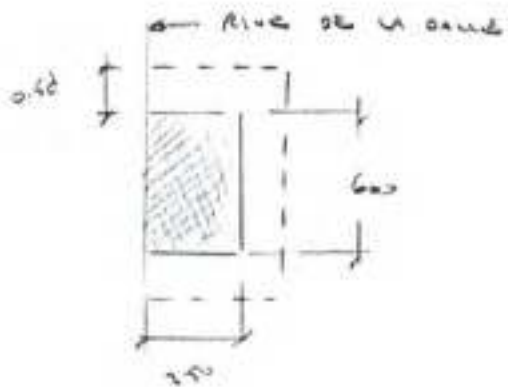


Nom du projet: _____

 Sujet: _____

Par: PL
 Date: 9 Nov '13
 No du projet: _____

Calcul du pourcentage de la dalle



$$v_r = \phi_c f_c b_o d$$

$$= 0.75 \times 0.7 \sqrt{f_c} b_o d$$

$$b_o = b + 1.75 + 2 \times (2.5 + 1.75/2)$$

$$= 1.748 \text{ m}$$

$$v_r = 0.75 \times 0.7 \sqrt{f_c} \times 1.748 \times 1.77$$

$$= 1.77 \text{ MPa} \times 1.748 \times 1.77$$

$$= 447 \text{ kN}$$

Charges sur la dalle

$$1/2 P_o = 447 / (1.7 \times 1.7) \text{ so } P_o = 375 \text{ kPa}$$

Charges supérieures aux
 cas de charges
 qui contrôlent le
 flexion de la
 dalle

ETUDE DE LA PAGE

POUR LE UNIER (TEXTES)

OU MULTILINE

Nom du projet: _____

Par: PL _____

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

LE TRACTEUR UTILISÉ POUR TIRER LE MULTI LIANE
SEAN DIFFÉRENT DE CELUI DE CONCEPTION ORIGINALE.
LE TRACTEUR ORIGINAL AVAIT BÉNÉFICIAIRE DE CHARGE
SUR SES ESSIEUX LORSQUE TENU DE LA
PRÉSENCE D'UN CÂBLE DE CYCLES SUR LE MULTI LIANE
LE CÂBLE ENVOIE UNE PARTIE IMPORTANTE DES
CHARGES DE LA RÉMORQUE SUR LE TRACTEUR POUR
POURVOIR DE LA TRACTION À CELUI-CI. DANS NOTRE
CAS, LE TRACTEUR PASSÉES DES LORSQUE PASSE
ANALYSES DES MOUETS DE TRACTION POUR OBTENIR
PLUS DE TRACTION CAR IL N'Y A PAS DE CÂBLE DE
CYCLES SUR LA RÉMORQUE.



Nom du projet: _____

Par: P.L.

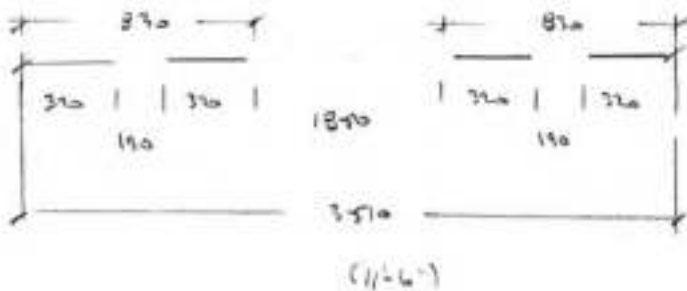
Date: 13 ju '12

Sujet: _____

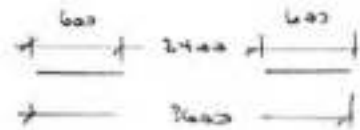
No du projet: _____

Dimensions du Cadre pour les AAS

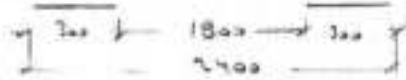
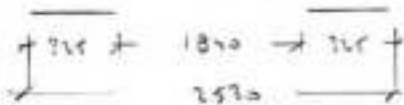
P12



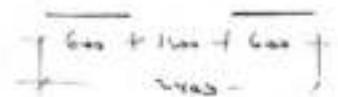
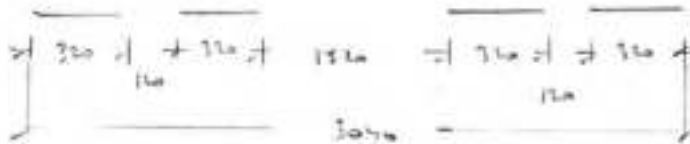
Tout cadre en
aluminium ou
acier



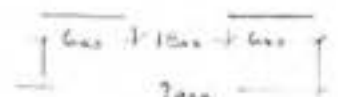
Cadre pour les AAS



CL 625



CL 625



CL 625



Nom du projet: _____

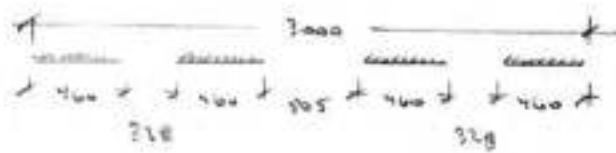
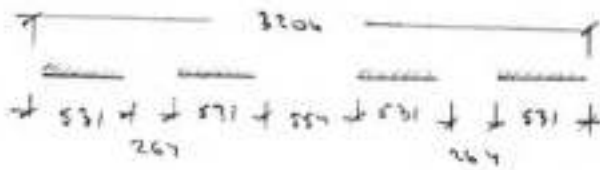
Par: P.L.

Date: 13 Jan 13

Sujet: _____

No du projet: _____

MULTI LINES 480



semble à la
remarque de
Goldhofer
utilisé dans
les calculs

← Goldhofer

Nom du projet: _____

Par: P.Date: 14 juin 19

Sujet: _____

No du projet: _____

Étude par deux années consécutives sur le pont
avec une distance entre les 3000 et 2400

Utiliser une charge par année de 100 kN/m (selon AAS)
et deux années espacées de 1200 m (selon AAS,
cette valeur est supérieure)

Considérer les charges de 100 kN/m

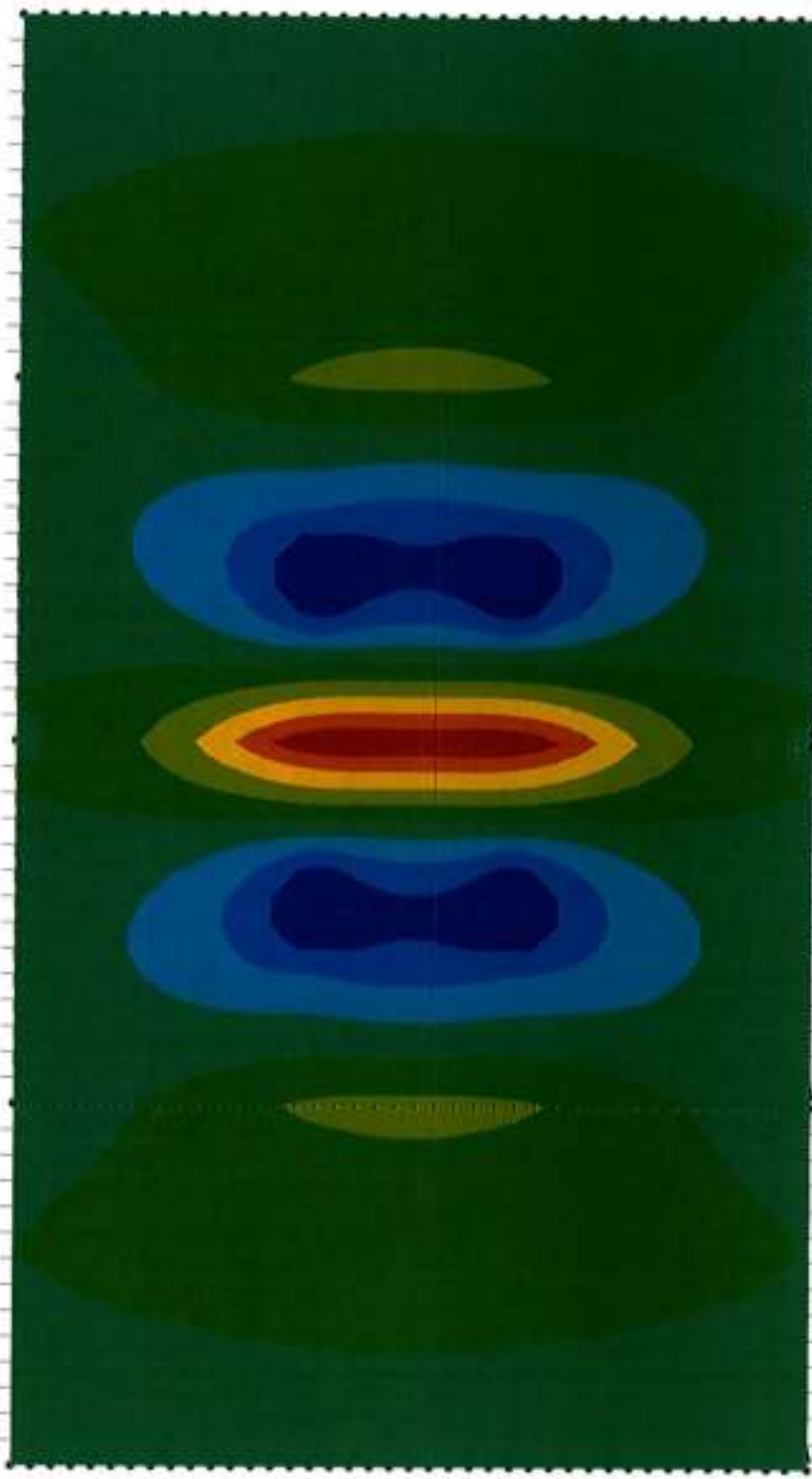
$$p = 100 \text{ kN/m} / (0.60 + 0.24) = 576 \text{ kN}$$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques

Mx (kN.m/m)



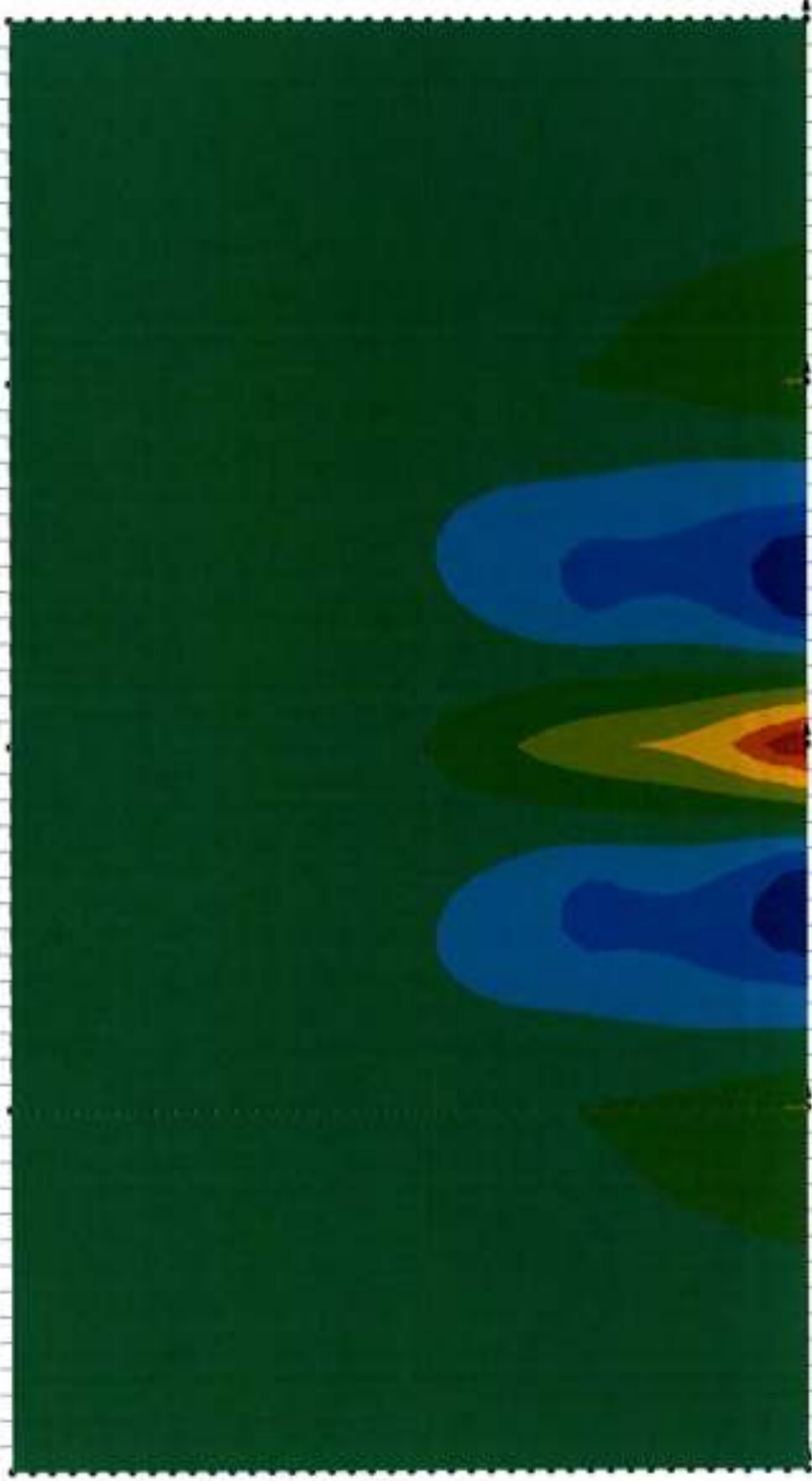
- Combinaison : P 160 kN p1a 2x

$$M_x + (-m_y) + 22.1 = -15.3$$
$$21.5 = -16.9$$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



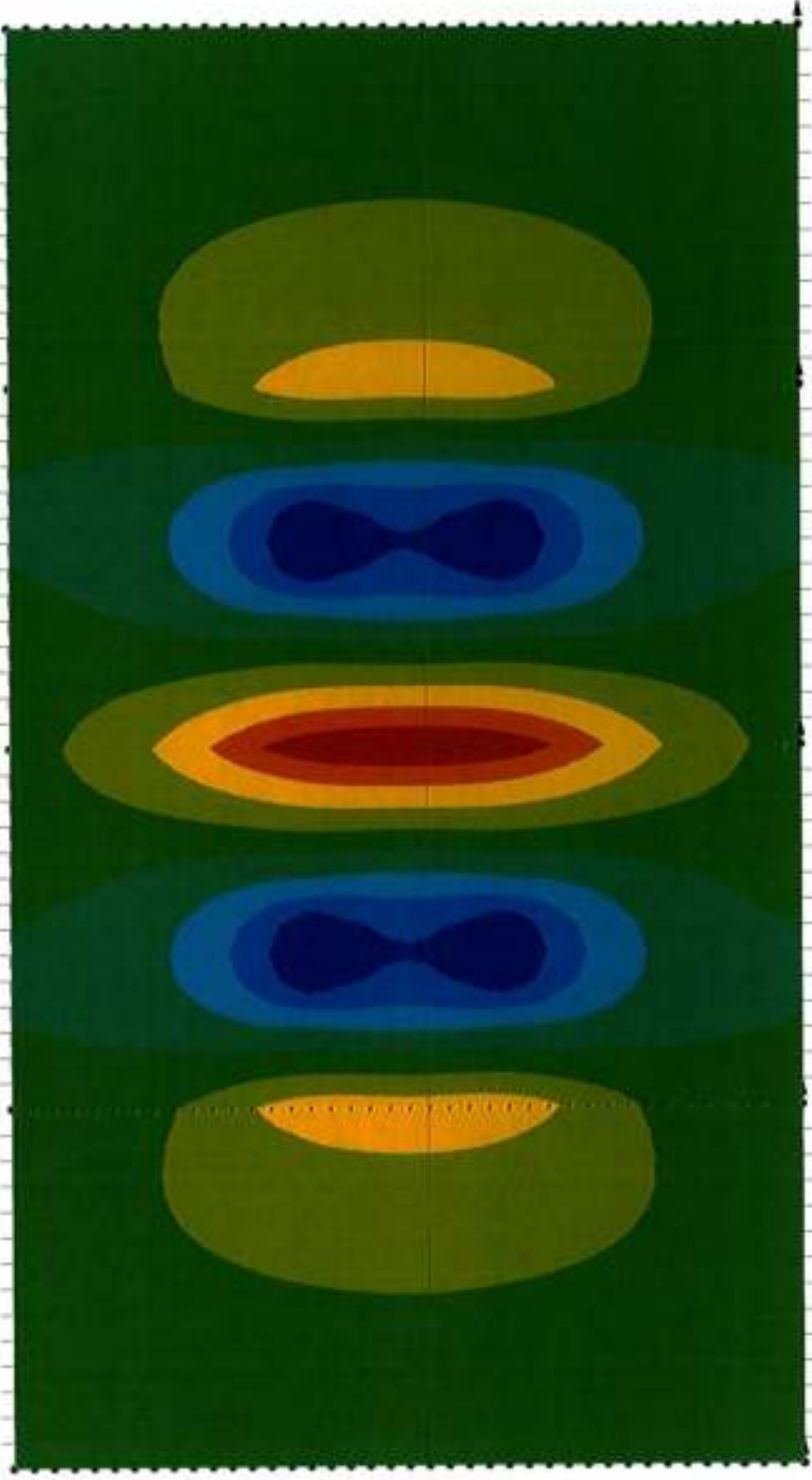
- Combinaison : P 160 kN p1a 2xb

$M_{x \pm 1-x} = 52.6 \quad -30.5$
 $51.7 \quad -34.0$

Efforts Internes EF kN.m/m



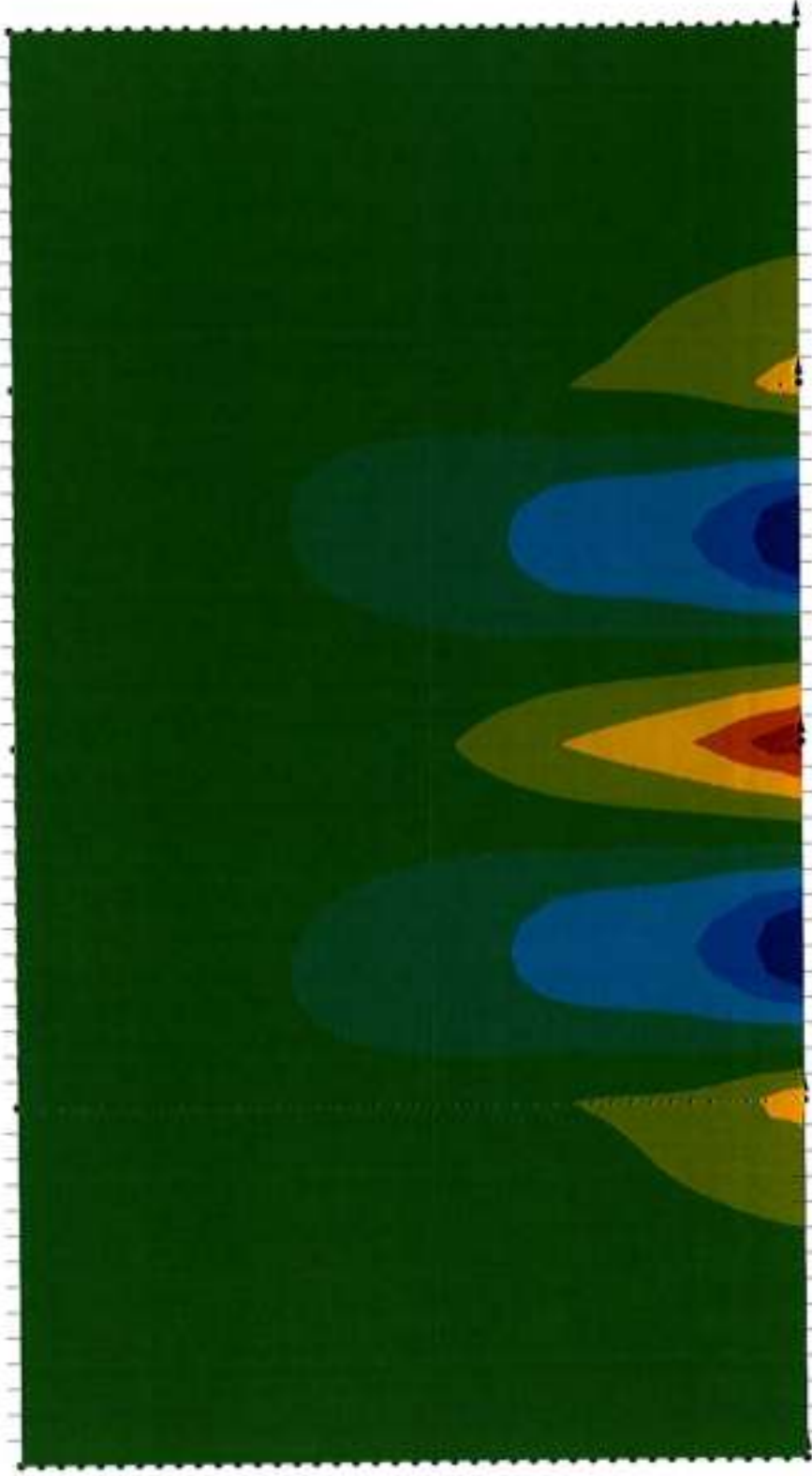
Plaques
Mx (kN.m/m)



- Combinaison : P 160 kN p1b 2x

$M_x = 18.39 / \pm 18.3 ; -17.0$
 $18.4 ; -17.4$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plagues
Mx (kN.m/m)

- Combinaison : P 160 kN p1b 2xb

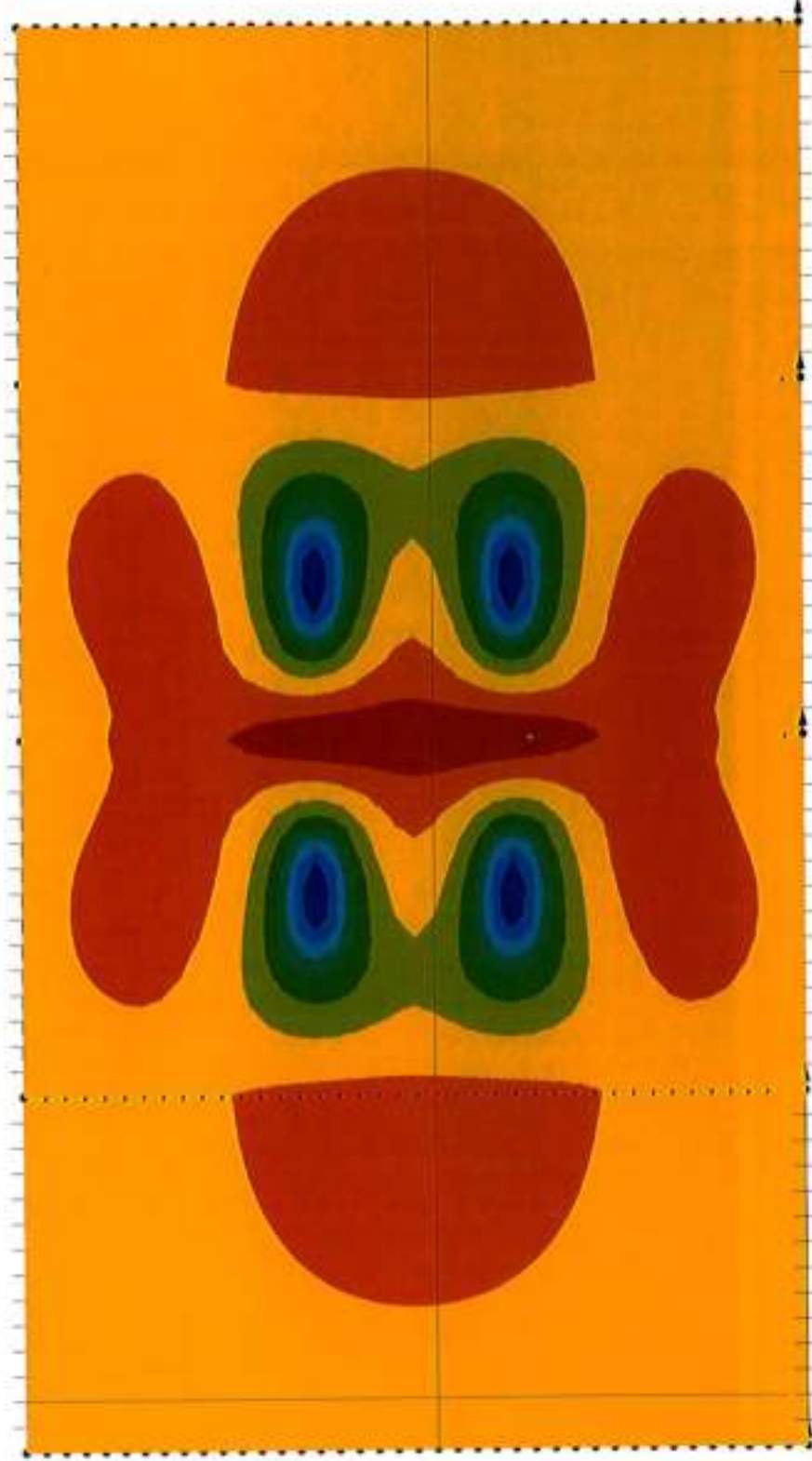
max (Moy) : 42.28 ; -35.51

min (Moy) : -37.3

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
My (kN.m/m)



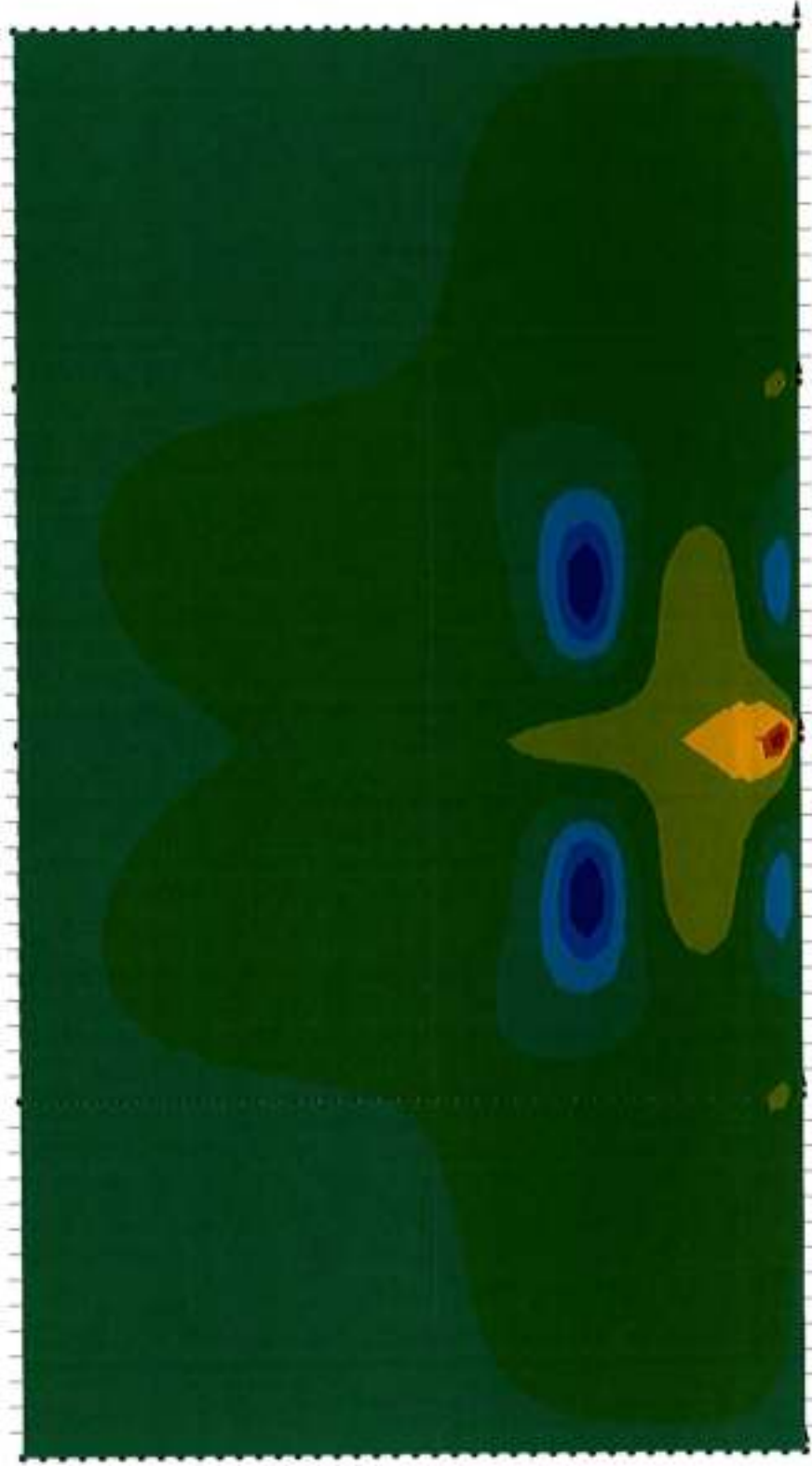
- Combinaison : P 160 kN p1a 2x

$$m_y = 1 \text{ m} \cdot p_1 = 160 \cdot 1 = 160 \text{ kN} \\ m_y = 160 \cdot 1 = 160 \text{ kN} \\ m_y = 160 \cdot 1 = 160 \text{ kN}$$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
My (kN.m/m)



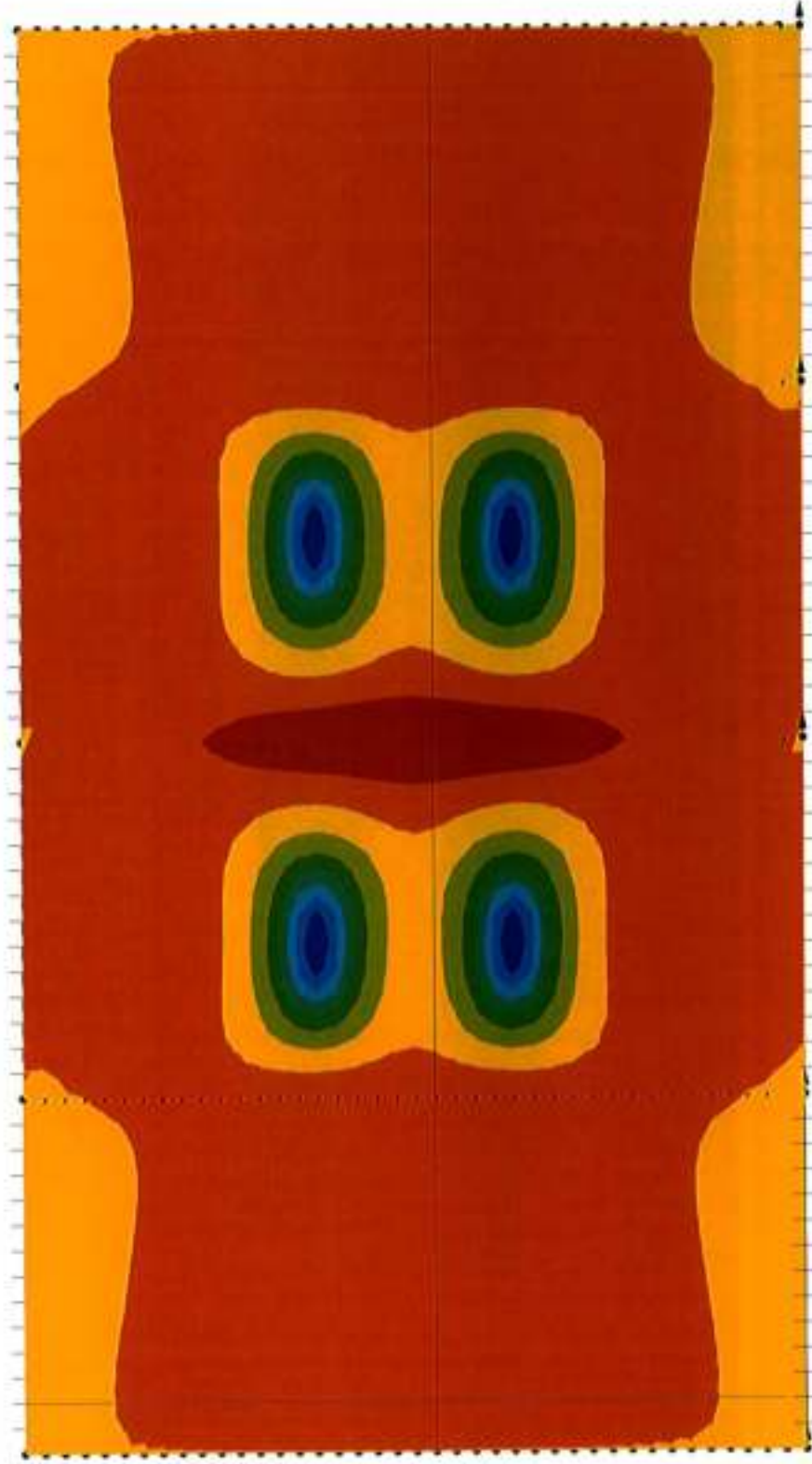
- Combinaison : P 160 kN p1a 2xb

$M_y + M_{my1} = 13.6 ; -9.8$
 $12.9 ; -11.9$

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
My (kN.m/m)



- Combinaison : P 160 kN p1b 2x

$$m_{y4} / m_{y1} = 3.7 : -13.7$$
$$3.6 : -13.1$$

Plaques
My (kN.m/m)

Efforts Internes EF kN.m/m



- Combinaison : P 160 kN p1b 2xb

$M_y = \max = 11.21 = 10.9$
 $M_y = \min = -11.4$

CANON DE LA

PAULIE ROUE LE

CANON CLOUS

FEUILLE DE PROJET

NO. _____ de _____

BPR

Nom du projet: _____

Par: PL _____

Date: _____

Sujet: _____

No du projet: _____

LES CALCULS QUI SUIVENT CONCERNENT LES
 SIMILARITÉS ENTRE LES EFFETS DE CONCENTRATION
 DE LA MARGE SEULE ET L'ANALYSE PAR ÉLÉMENT
 FINIS QUESTION DE VALIDER LE MODÈLE UTILISÉ

Par exemple, pour l'état de la charge de 175 kN,
 la flexion maximale dans 19,3 kNm/m pour
 la cas 175 kN-PO. Selon la norme 24-06,
 la flexion est de $0,8 \cdot (1/6 \cdot 175) \cdot (0,6 + 2,153) / 100 = 19,3 \text{ kNm/m}$
 ce qui est semblable à la valeur par élément finis.



Nom du projet: _____

Par: PK

Date: 23 nov '12

Sujet: _____

No du projet: _____

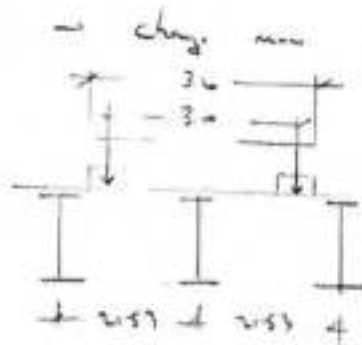
Calcul de la dalle

CL. 625

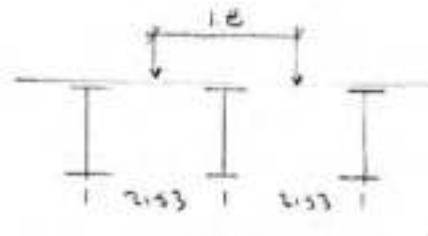
54-06
36-00
36-66

no (5+0.6) P/10 h=1m

ra.e si constante



Essai à 300 kN



54-06 Essai à 175 kN

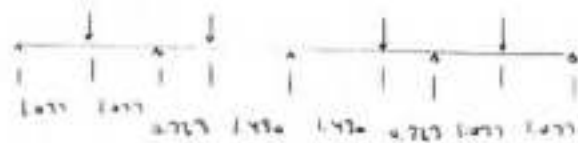
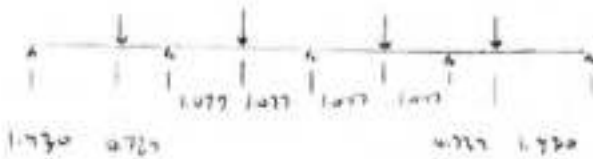
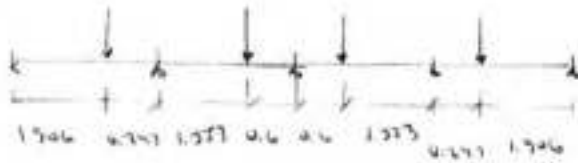
2 essai
125 kN e 120 kN

← 54-06

P = 175 kN
ou P = 2 * 125 kN

1 ou 2 essai

facteur de similitude = 0,5
par 2 essai





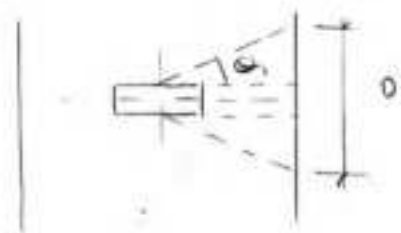
Nom du projet: _____

Par: P.L.

Sujet: _____

Date: 27 mai 15

No du projet: _____



$$M = \frac{P \cdot (0.6 + 5)}{10}$$

$$M = \frac{P \cdot s}{e} \cdot \frac{1}{9} = P \cdot \frac{(0.6 + 5)}{10}$$

$$s / e \cdot 0 = (0.6 + 5) / 10$$

$$\frac{10 \cdot s}{e \cdot (0.6 + 5)} = 0$$

$$s = 5 = 2.153 \quad 0 = 0.977$$

$$(0.977 - 0.25) / 10 = 0.767$$

$$\theta = \arctan(0.767 / 0.5 - 2.153) = 18.7^\circ$$

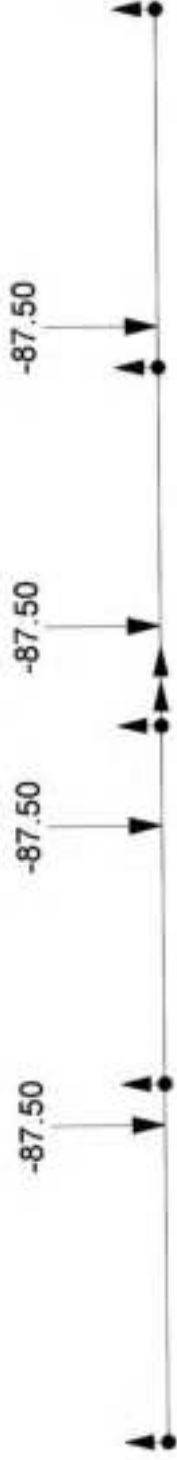
$$\alpha = \arctan(10.977 / 10.2153) = 27.7^\circ$$

Avec $P = 87.5 \text{ kW}$ $M = 87.5 \cdot (0.6 + 2.153) / 10 = 27.1 \text{ kJ} = 10$

Effectuer un calcul avec un angle d'ouverture de 60°

$$w = 87.5 / 0.6 = 145.83$$

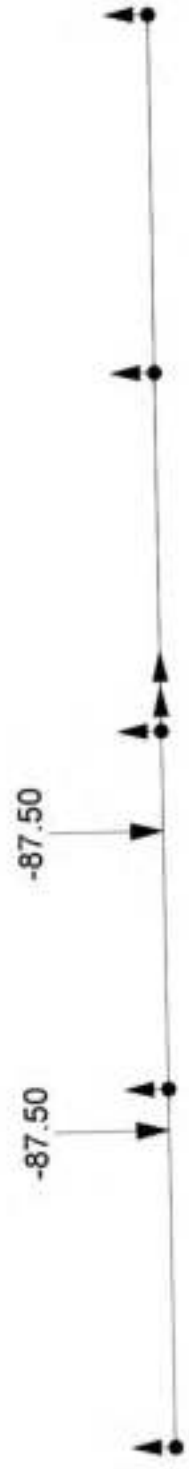
Membrures
Ponctuelles (kN)



- Chargement : P 175 kN p1

Membrures

Ponctuelles (kN)



- Chargement : P 175 kN p2

Membrures

Ponctuelles (kN)



- Chargement : P 175 kN p3

Membrures
Ponctuelles (kN)



- Chargement : P 175 kN p4

Membrures
Ponctuelles (kN)



- Chargement : P 175 kN p5

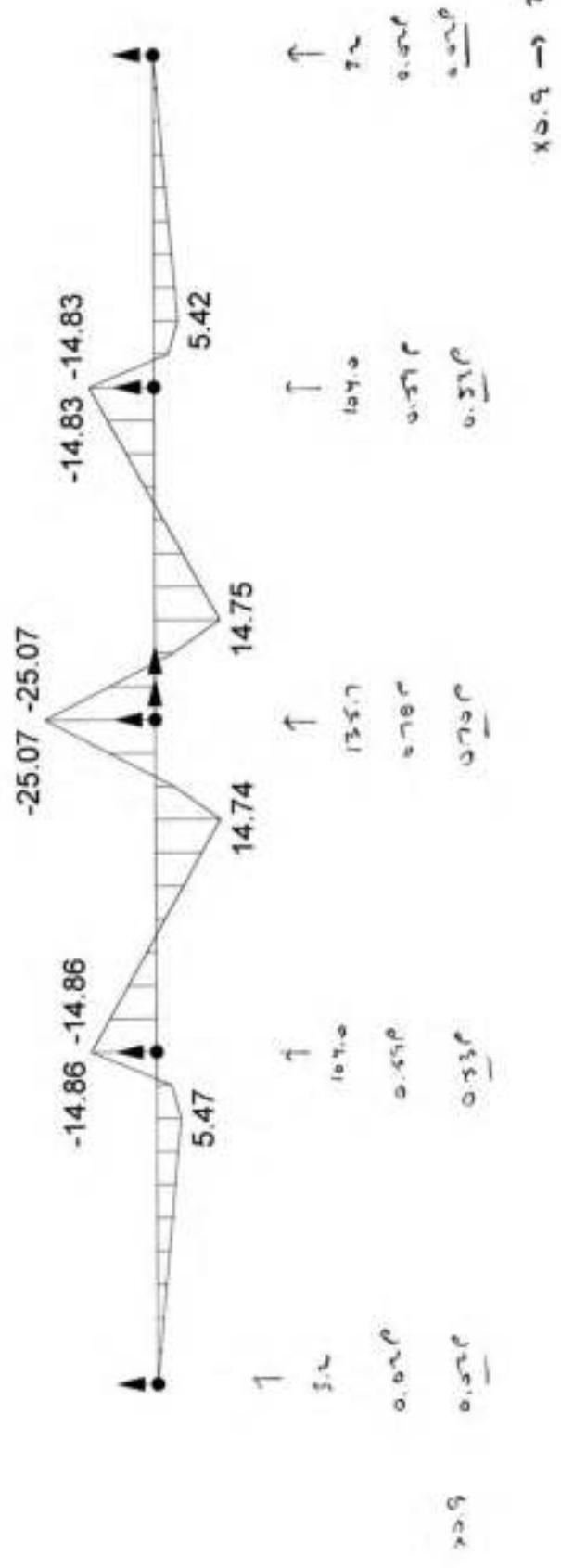
Membrures

Ponctuelles (kN)



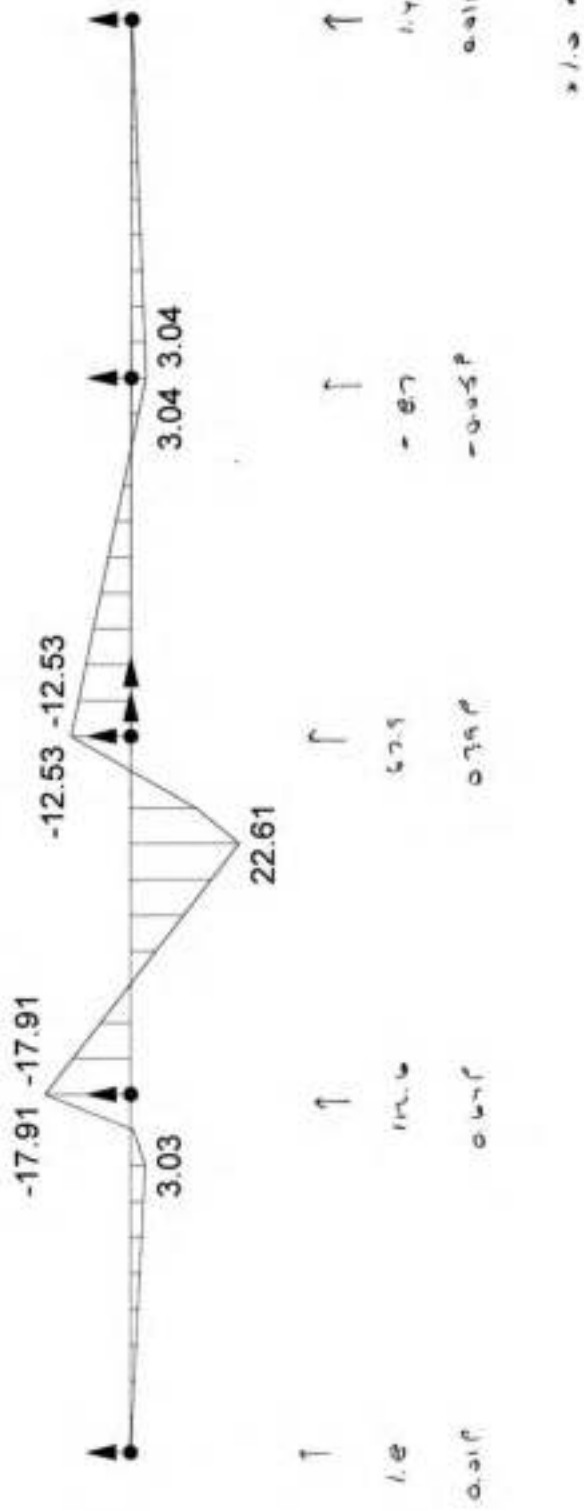
- Chargement : P 175 kN p6

Membrures
 My (kN.m)



- Combinaison : P 175 kN p1

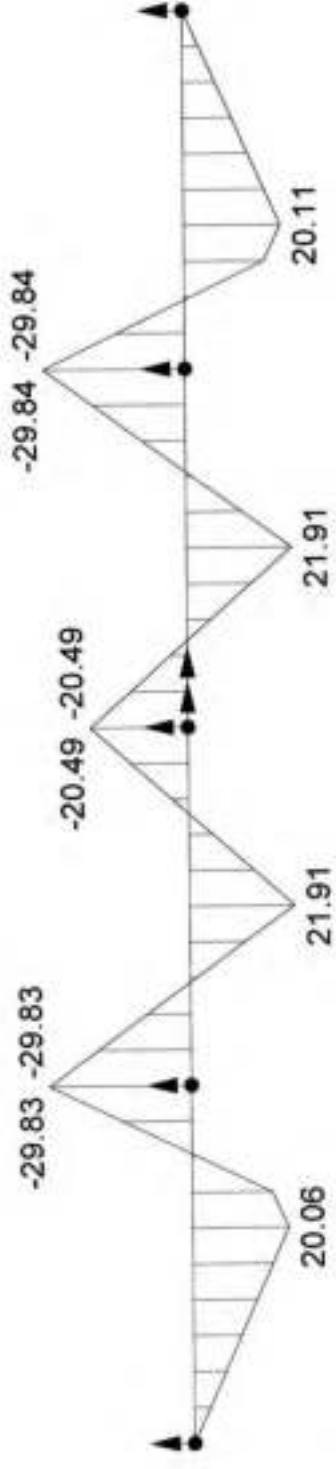
Membrures
 My (kN.m)



- Combinaison : P 175 kN p2

Membrures

My (kN.m)

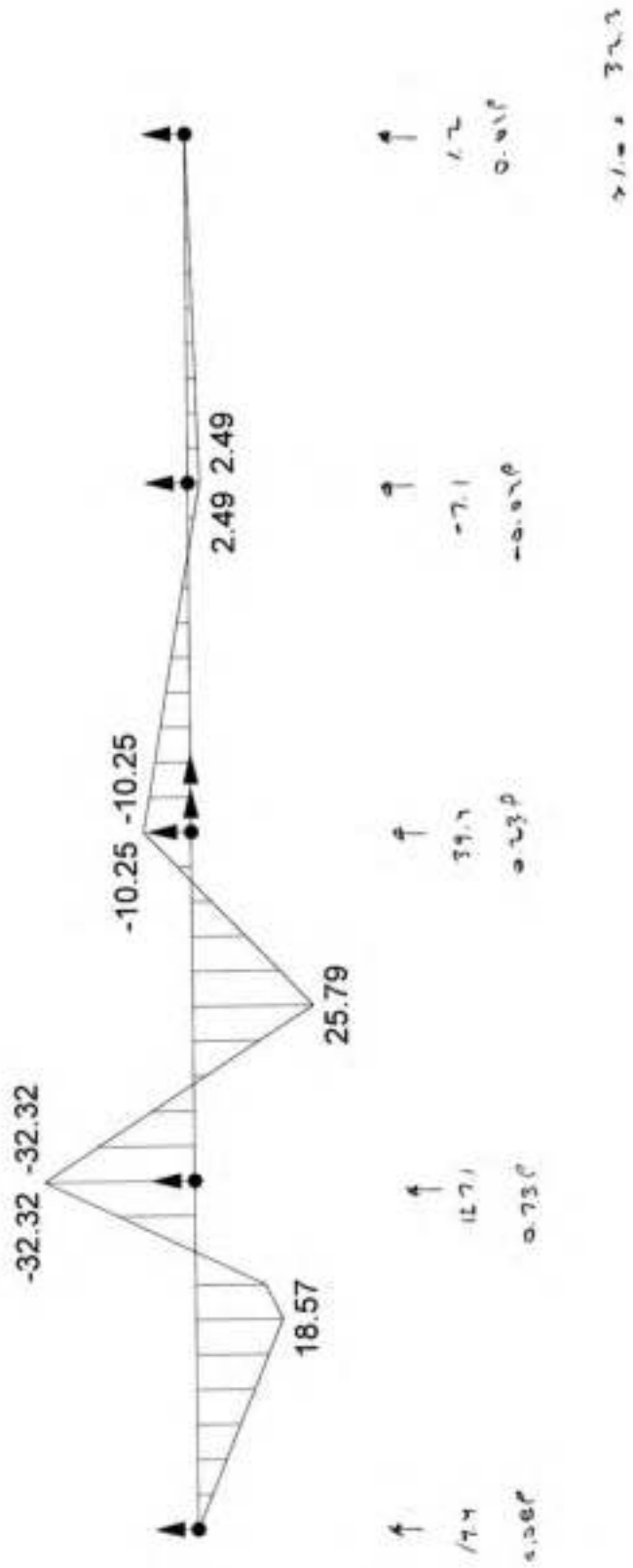


↑	15.5	15.5	75.8	↑	15.5	↑	15.5
	0.05P	0.05P	0.45P		0.69P		0.05P
	0.08P	0.62P	0.71P		0.62P		0.08P
							Σ = 26.85

- Combinaison : P 175 kN p3

Membrures

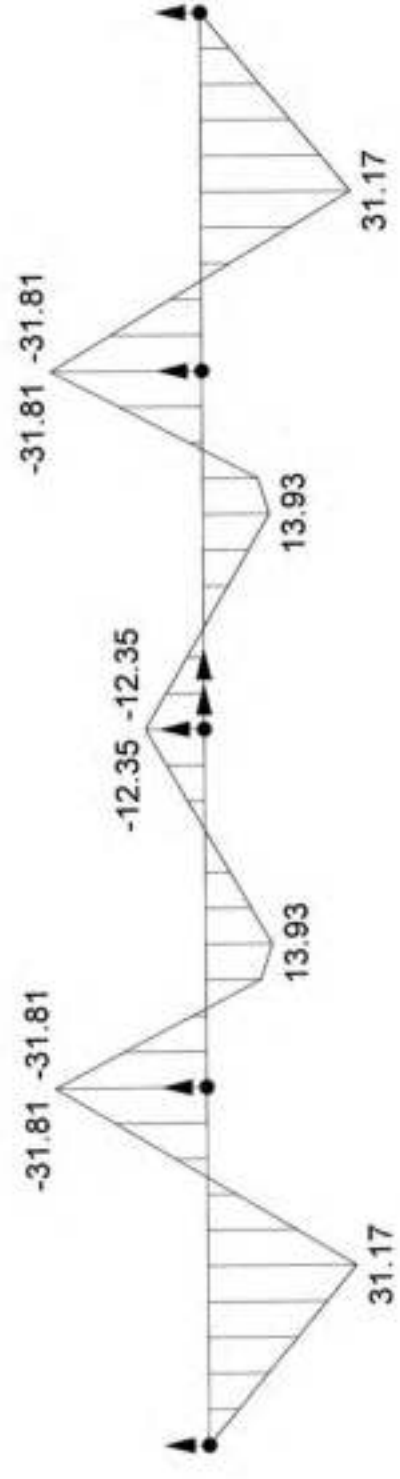
My (kN.m)



- Combinaison : P 175 kN p4

Membrures

My (kN.m)

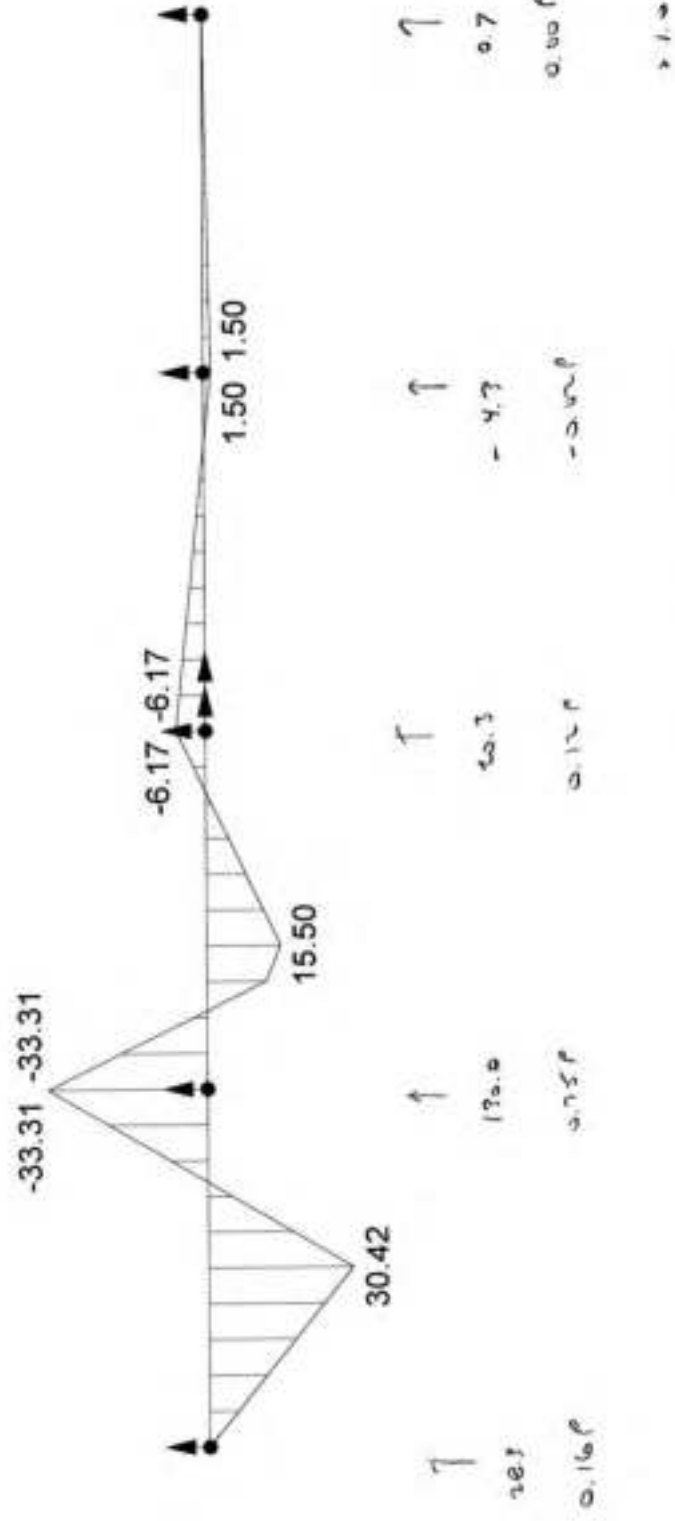


↑	↑	↑	↑
29.0	12.577	4.07	29.0
0.17P	0.72P	0.33P	0.17P
0.15P	0.65P	0.21P	0.15P

- Combinaison : P 175 kN p5

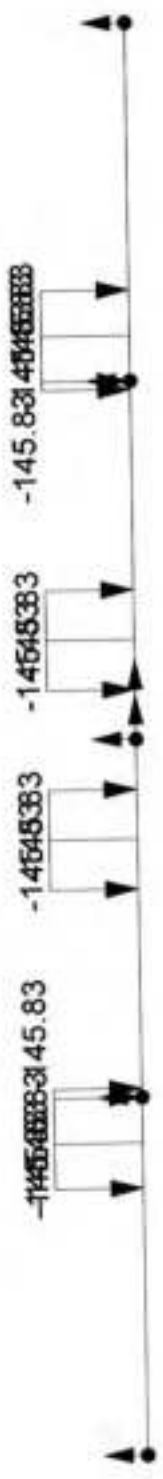
10.9 x 28.6

Membrures
 My (kN.m)



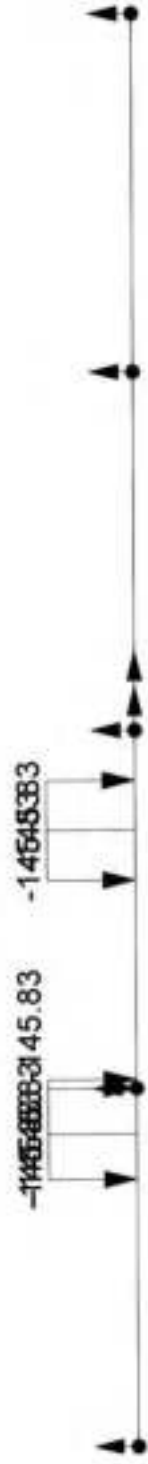
- Combinaison : P 175 kN p6

Membrures
Réparties (kN/m)



- Chargement : P 175 kN p1 D

Membrures
Réparties (kN/m)



- Chargement : P 175 kN p2 D

Membrures

Réparties (kN/m)



- Chargement : P 175 kN p3 D

Membrures

Réparties (kN/m)



- Chargement : P 175 kN p4 D



- Chargement : P 175 kN p5 D

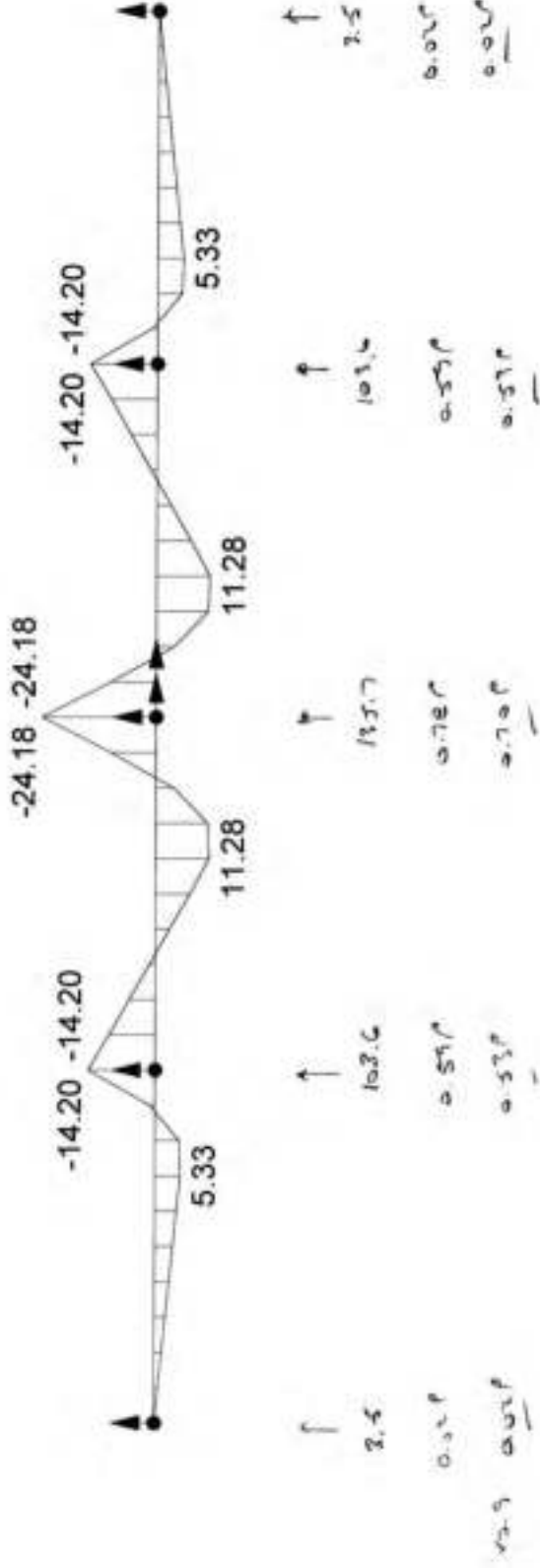
Membrures

Réparties (kN/m)



- Chargement : P 175 kN p6 D

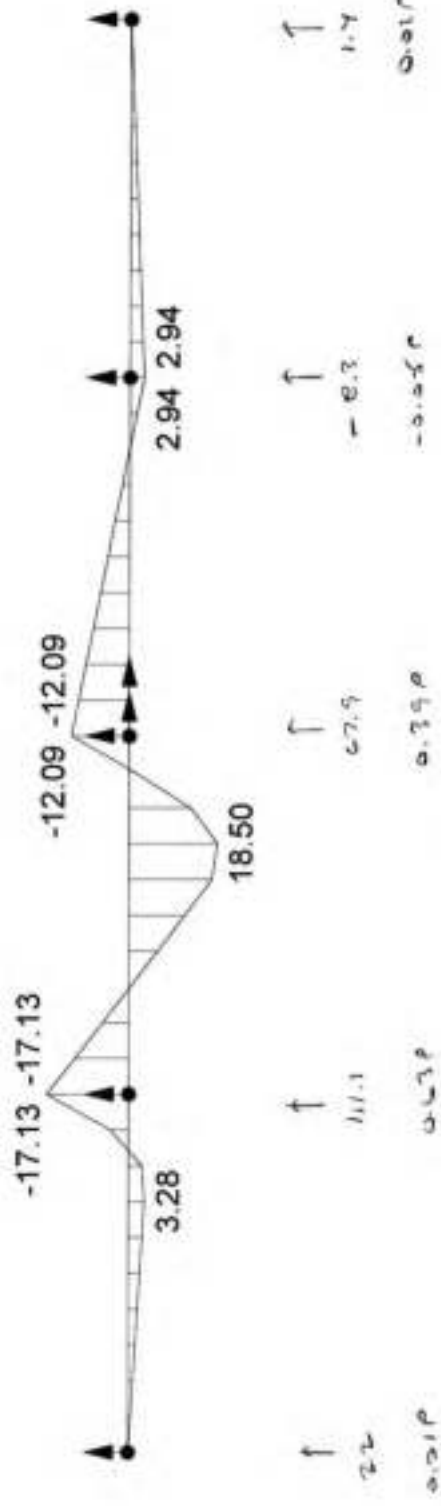
Membrures
 My (kN.m)



20.9 / 217

- Combinaison : P 175 kN p1 D

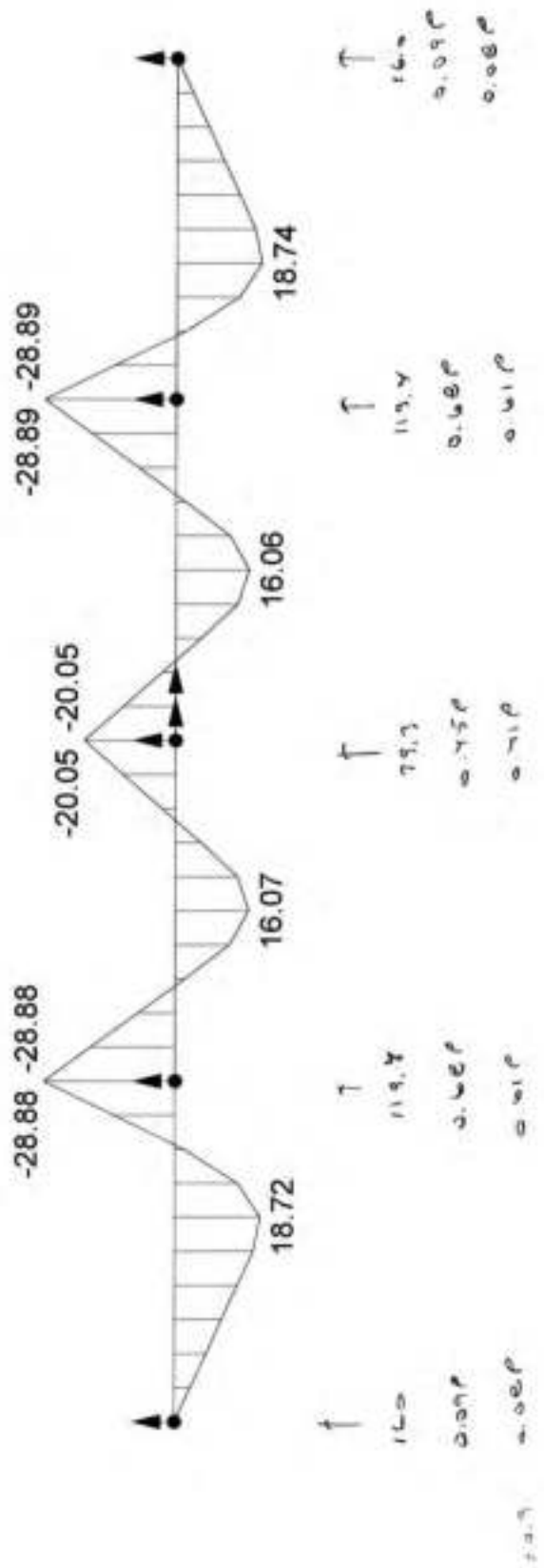
Membrures
 My (kN.m)



x1.0r1e5

- Combinaison : P 175 kN p2 D

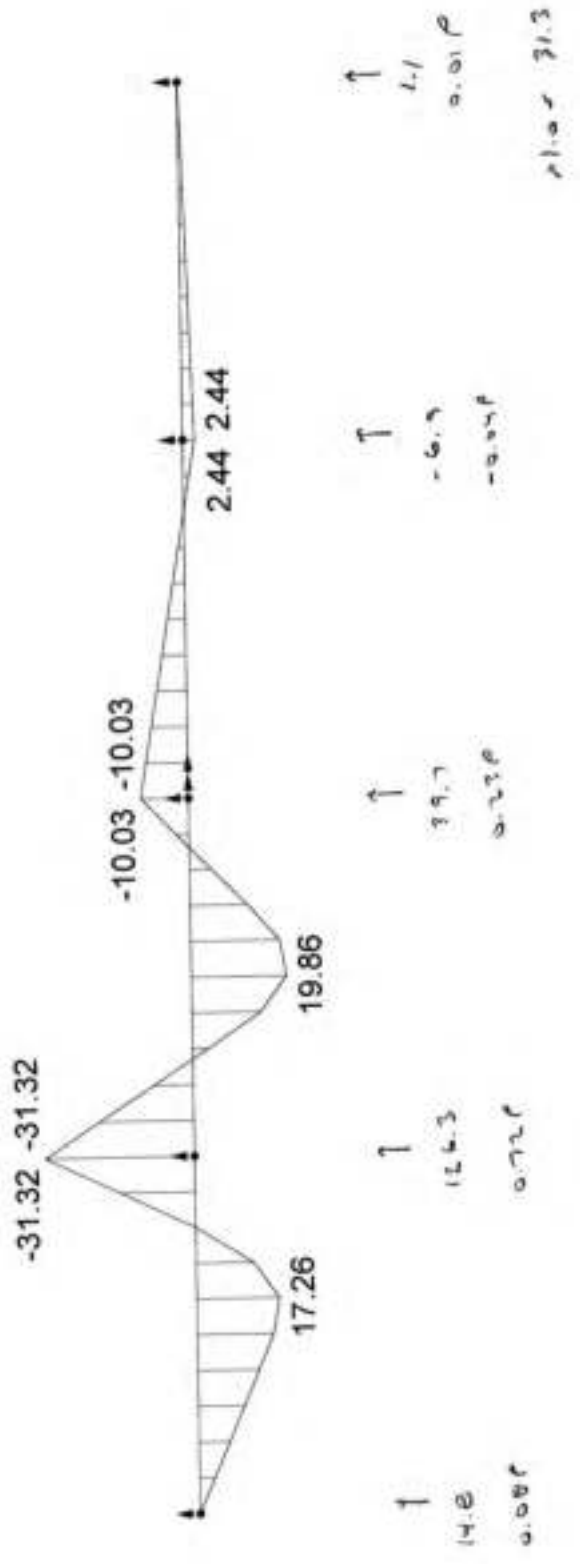
Membrures
 My (kN.m)



- Combinaison : P 175 kN p3 D

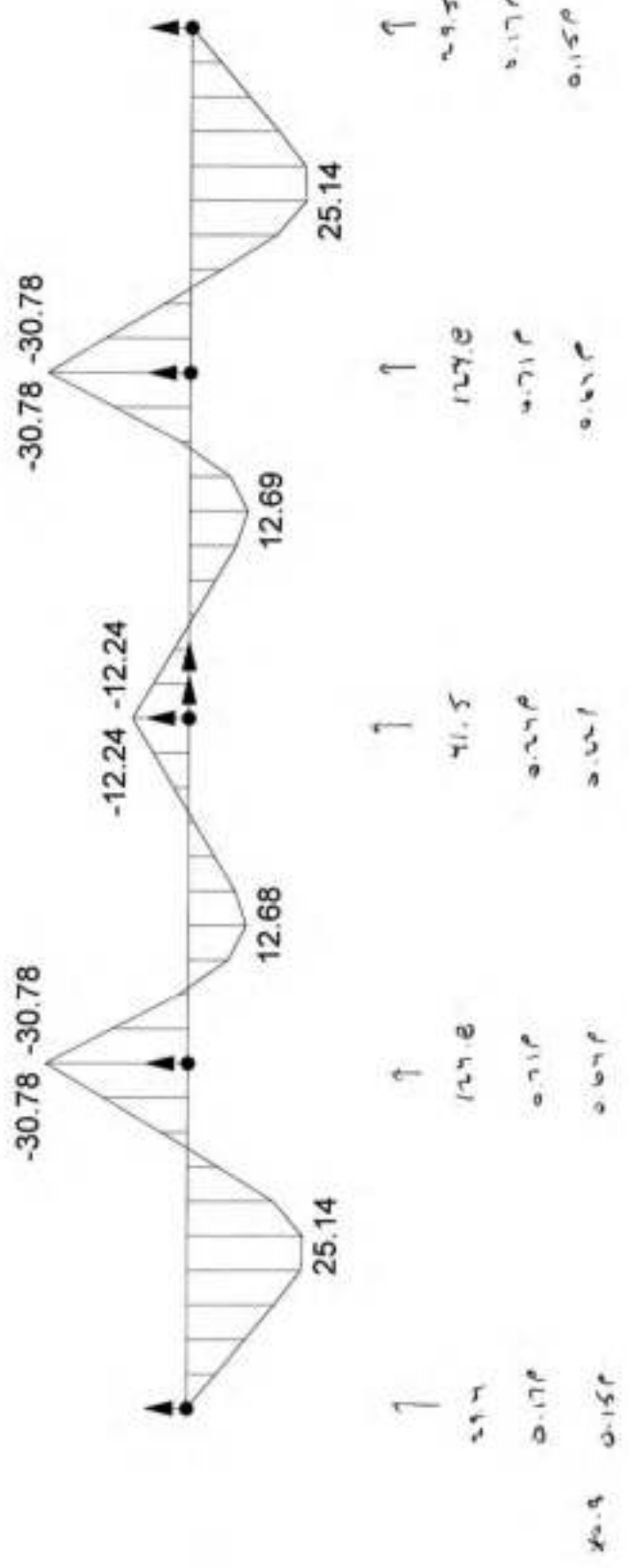
30.9.2020

Membrures
 My (kN.m)



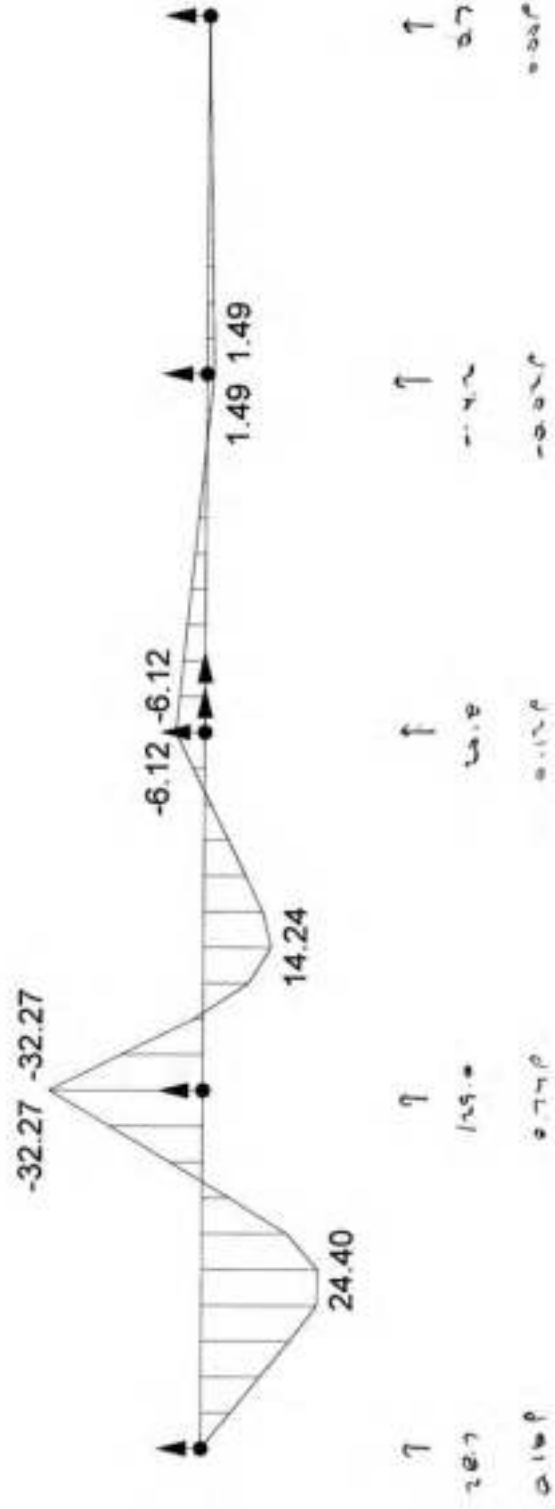
- Combinaison : P 175 kN p4 D

Membrures
 My (kN.m)



- Combinaison : P 175 kN p5 D

Membrures
 My (kN.m)



- Combinaison : P 175 kN p6 D

21.0 = 32.27



Nom du projet: _____

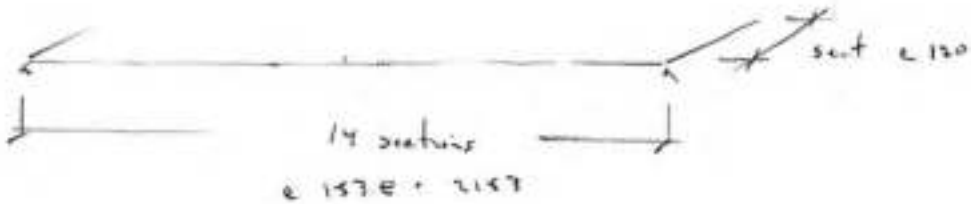
Par: P. S.

Sujet: _____

Date: 27 mai '12

No du projet: _____

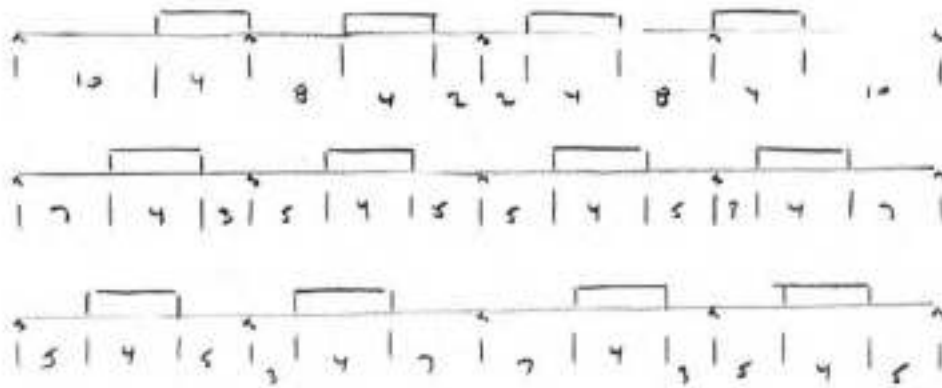
Effectuer un calcul par éléments finis



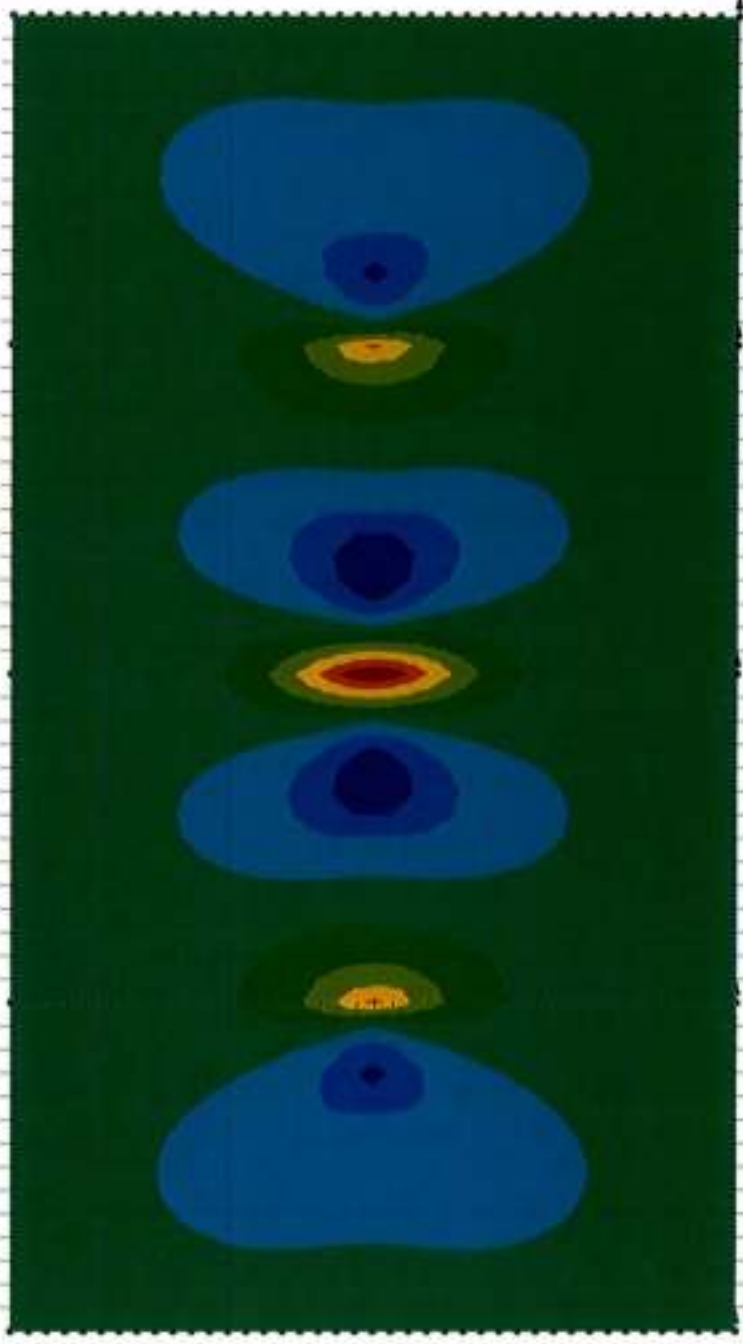
① $P = 120 \text{ kN}$
 $210 + 615 = 825$
 $= 592.8 \text{ kPa}$

② $P = 62.5 \text{ kN}$
 $210 + 615 = 825$
 $= 723.4 \text{ kPa}$

③



Efforts Internes EF kN.m/m

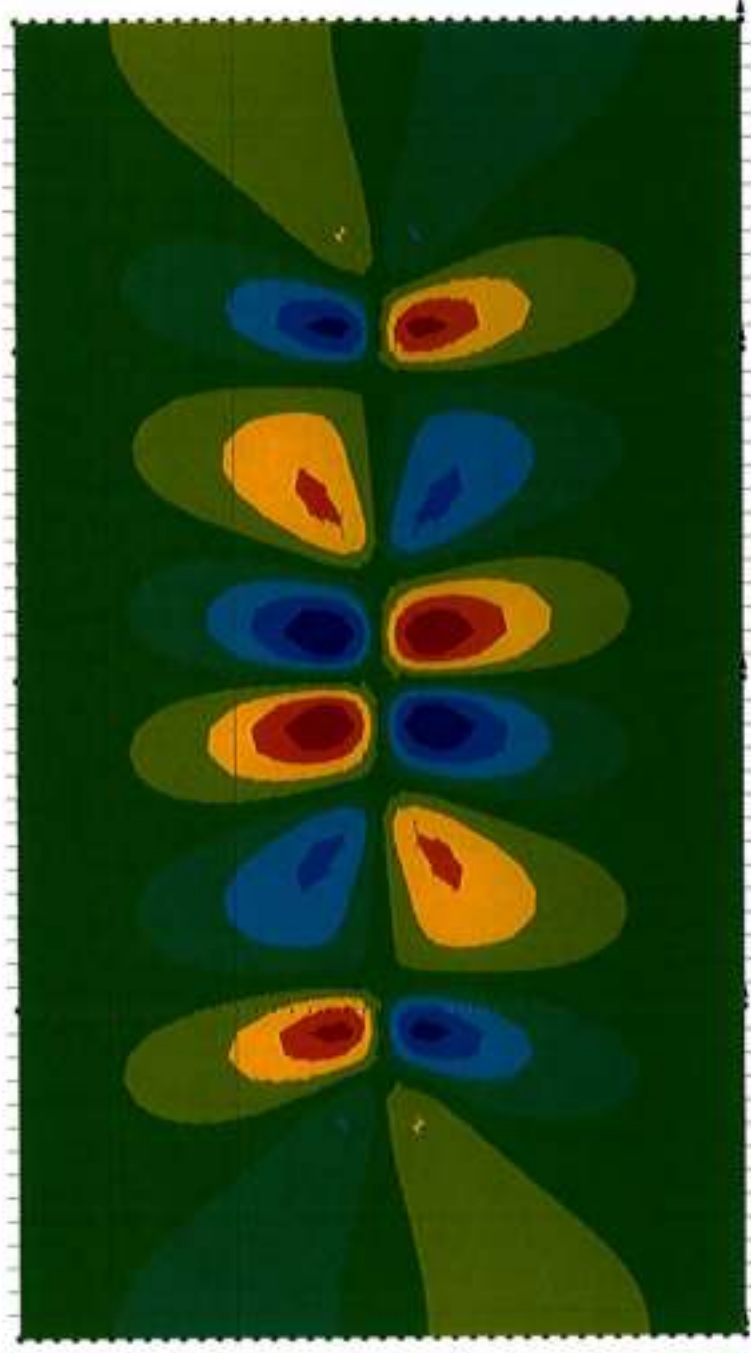


Plaques
Mx (kN.m/m)

- Combinaison : P 175 kN p1

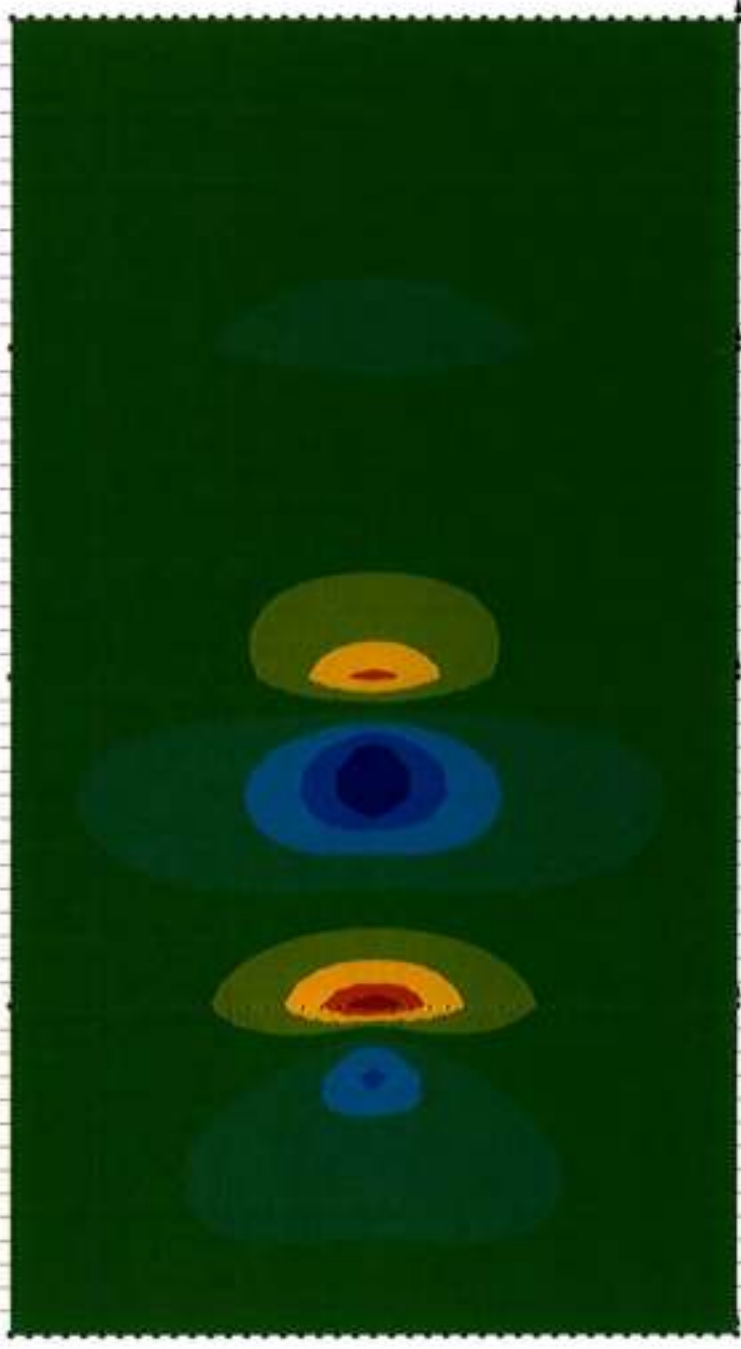
Plaques
Mxy (kN.m/m)

Efforts Internes EF kN.m/m



- Combinaison : P 175 kN p1

Efforts Internes EF kN.m/m



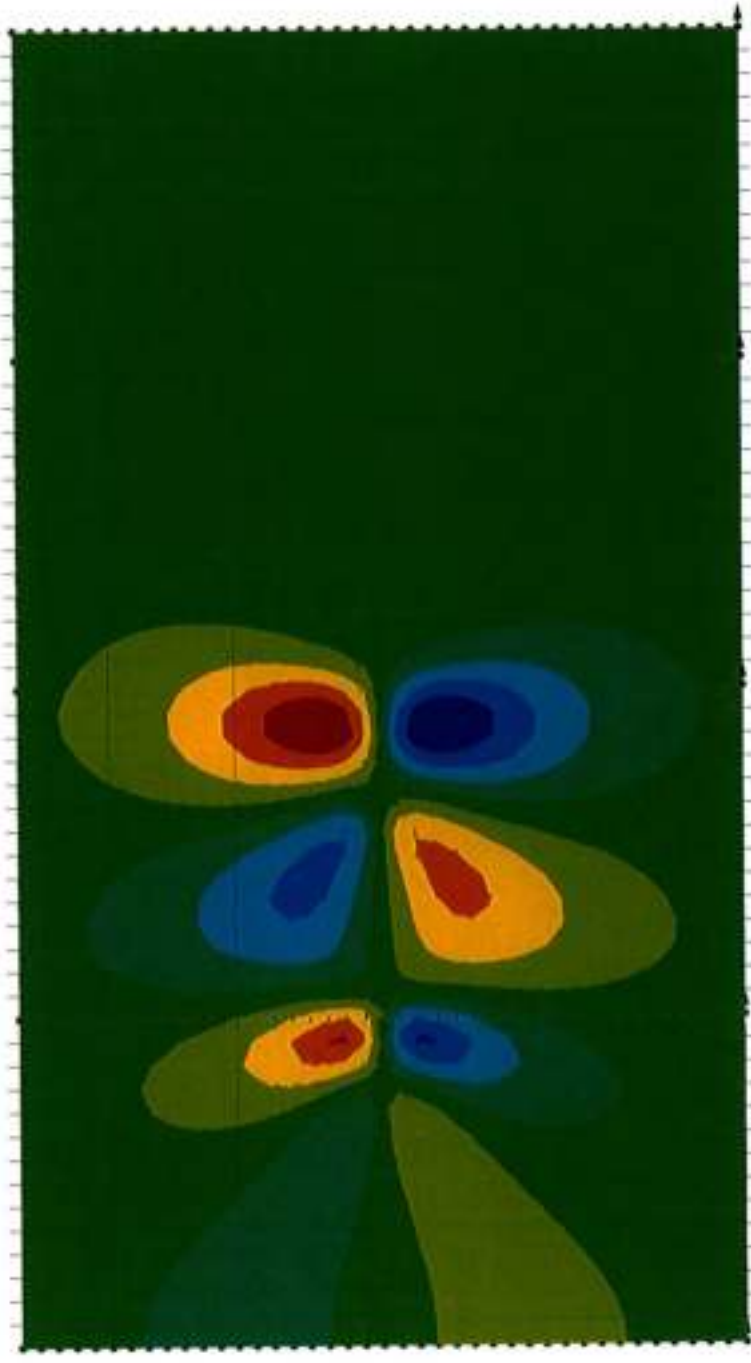
Plaques
Mx (kN.m/m) □

- Combinaison : P 175 kN p2

Efforts Internes EF kN.m/m



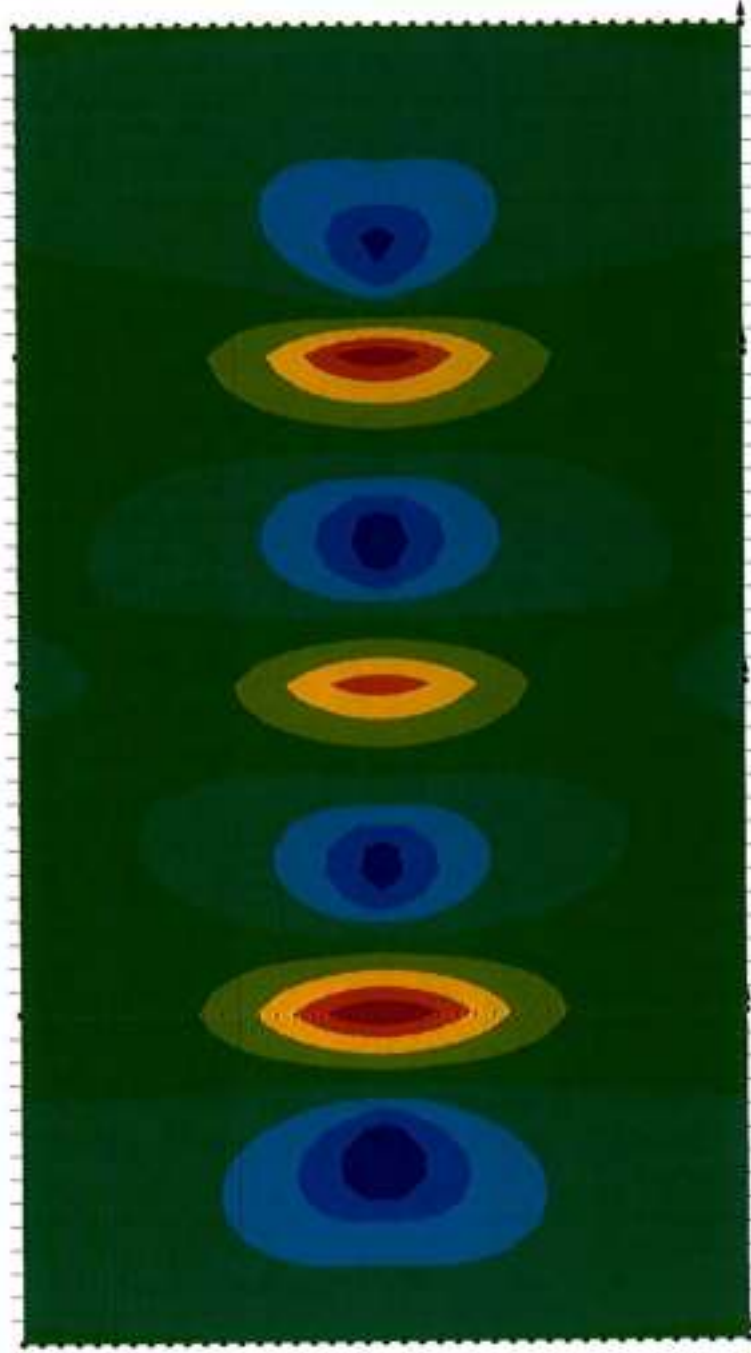
Plaques
Mxy (kN.m/m)



- Combinaison : P 175 kN p2

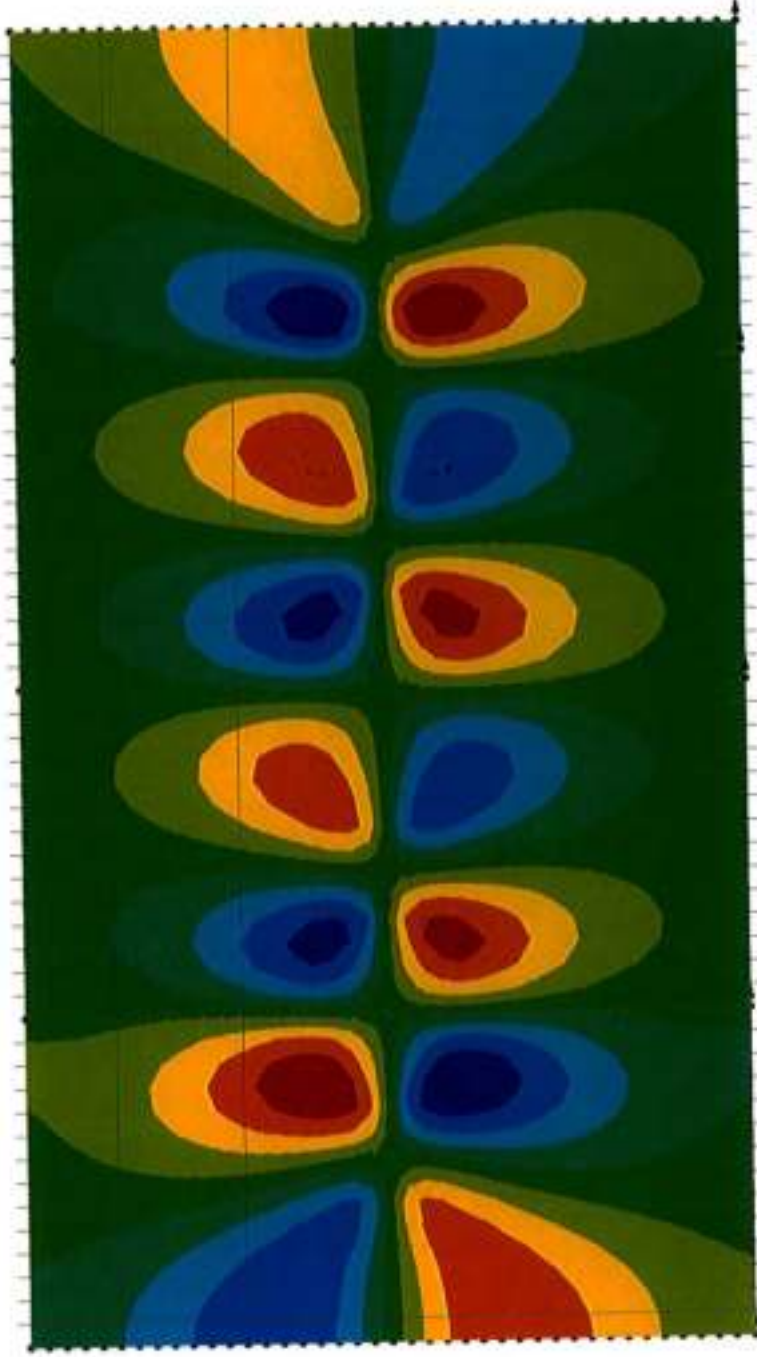
Plaques
Mx (kN.m/m)

Efforts Internes EF kN.m/m



- Combinaison : P 175 kN p3

Efforts Internes EF kN.m/m

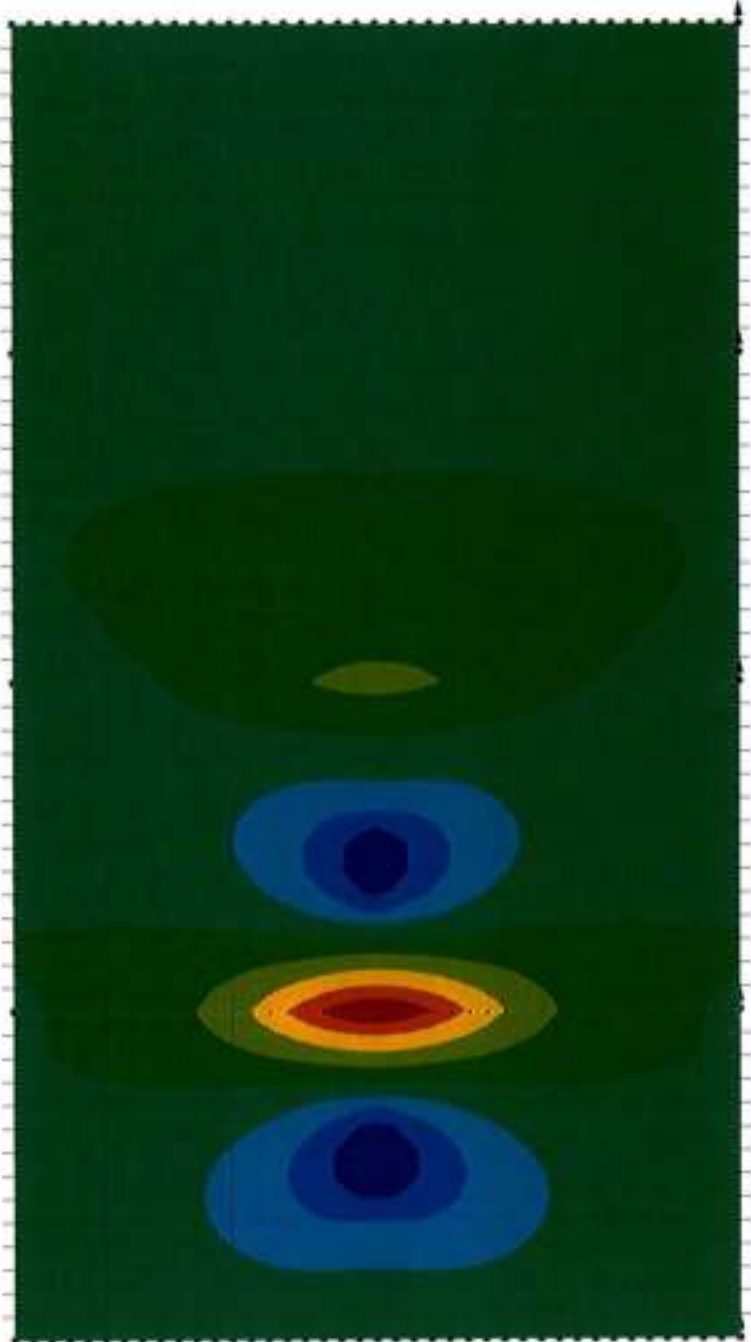


Mxy (kN.m/m)

Plaques

- Combinaison : P 175 kN p3

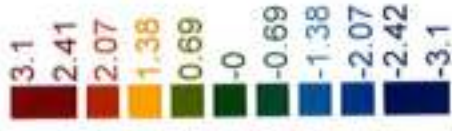
Efforts Internes EF kN.m/m



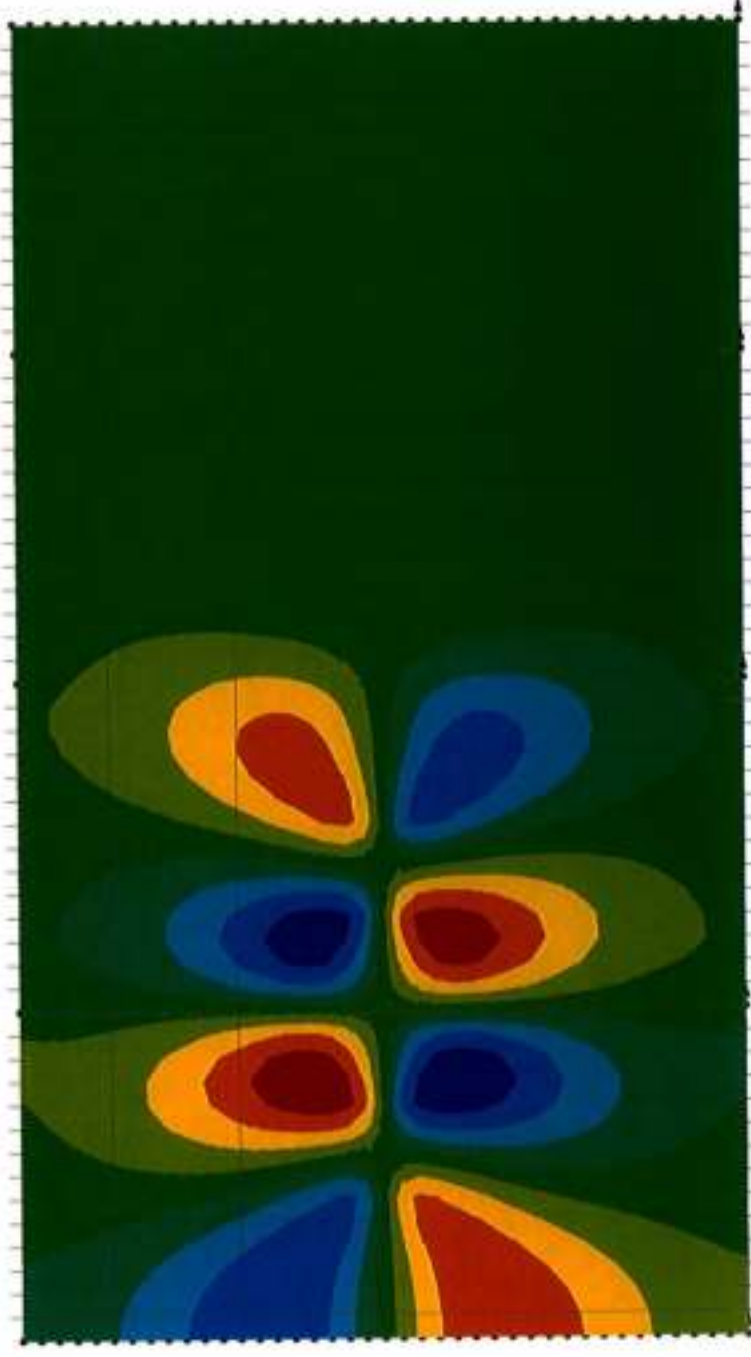
Plaques
Mx (kN.m/m)

- Combinaison : P 175 kN p4

Efforts Internes EF kN.m/m

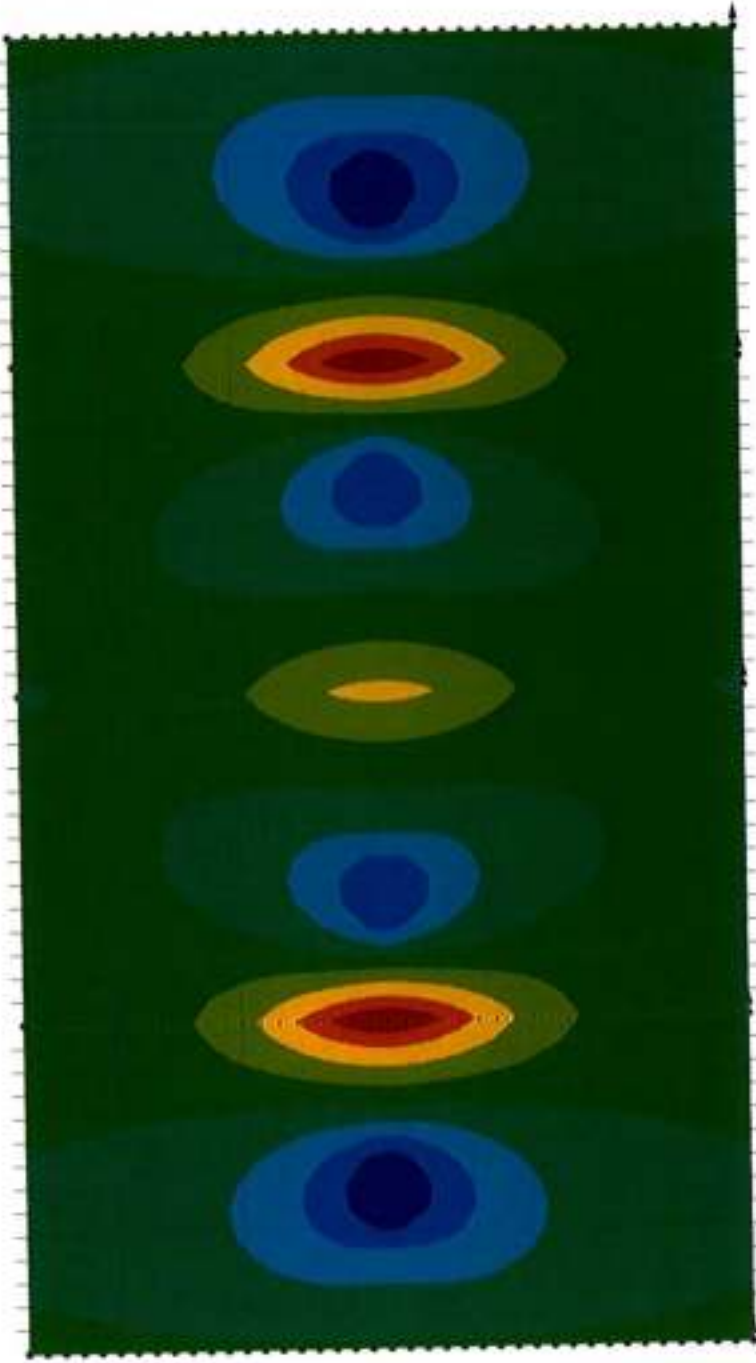


Plaques
Mxy (kN.m/m)



- Combinaison : P 175 kN p4

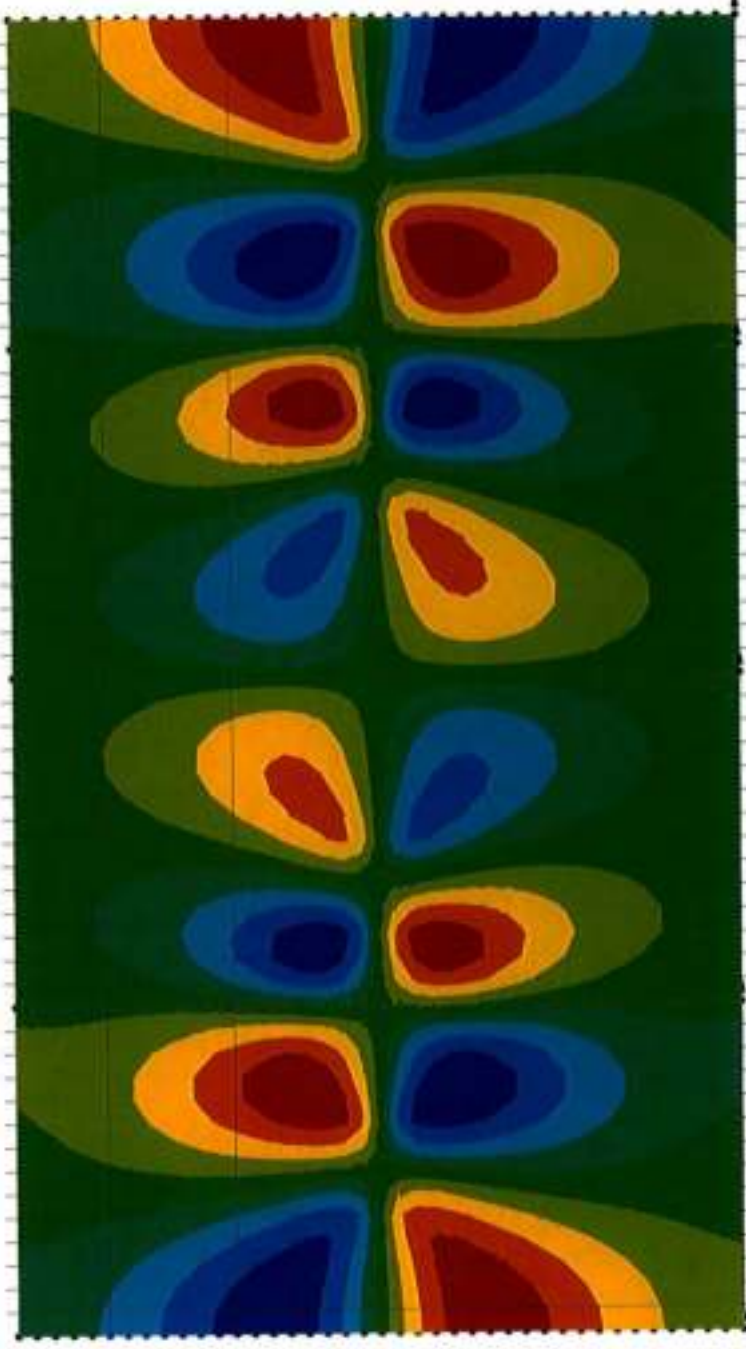
Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)

- Combinaison : P 175 kN p5

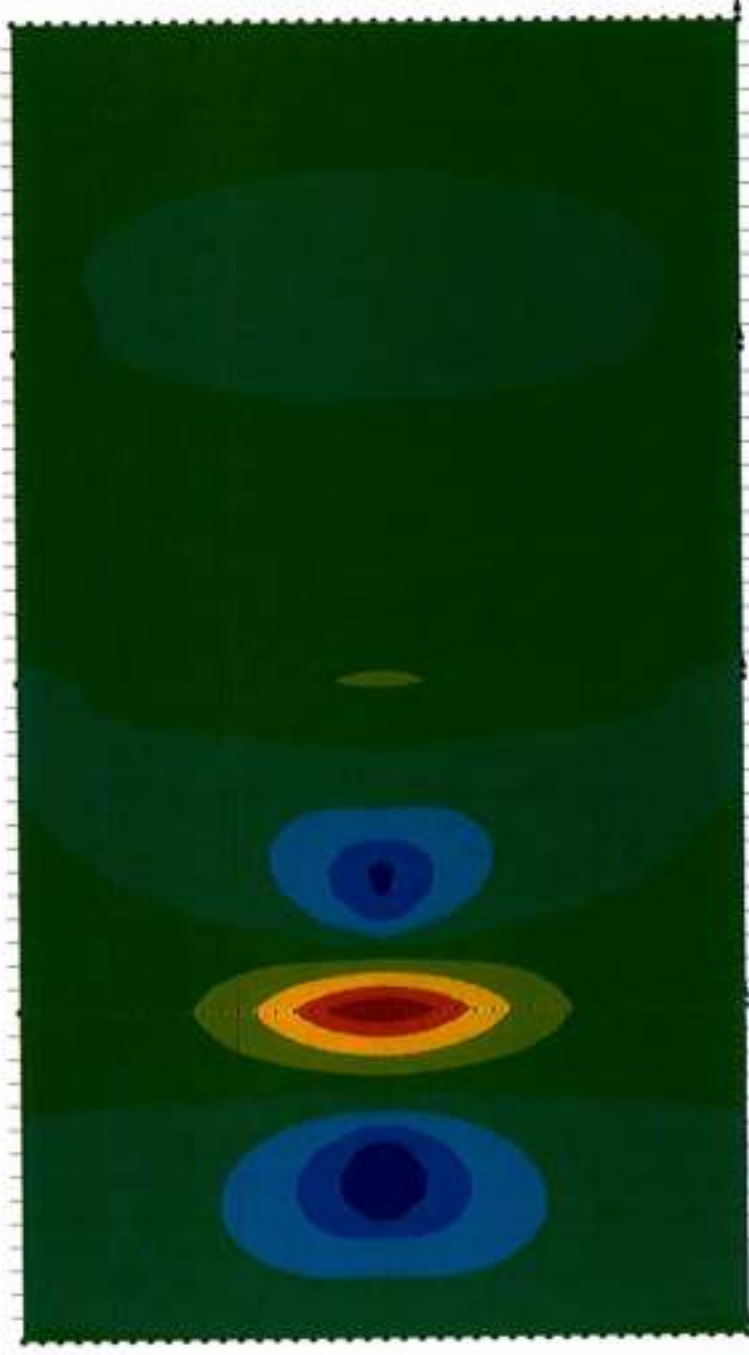
Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mxy (kN.m/m)

- Combinaison : P 175 kN p5

Efforts Internes EF kN.m/m

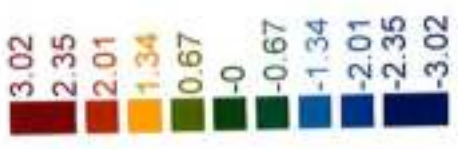


Plaques
Mx (kN.m/m)

- Combinaison : P 175 kN p6

Plaques
Mxy (kN.m/m)

Efforts Internes EF kN.m/m



- Combinaison : P 175 kN p6

Nom du projet: _____

Par: _____

Date: 23 nov '12

Sujet: _____

No du projet: _____

Résultats	$n \times \pm$ (Max)	(min) ← soustraire	→	Vrais valeurs	
1)	$n_+ = 11,5 + 2,9 = 14,4$		→	11,3, 11,7	$\times 0,9$
	$n_- = 20,7 + 2,9 = 23,6$		→	21,1, 20,3	
2)	$n_+ = 12,8 + 3,1 = 16,9$		→	13,6, 12,1	$\times 1,0$
	$n_- = 15,4 + 3,1 = 18,7$		→	16,3, 15,2	
3)	$n_+ = 15,3 + 3,1 = 18,4$		→	15,6, 15,1	$\times 0,9$
	$n_- = 18,7 + 3,1 = 21,8$		→	18,5, 18,9	
4)	$n_+ = 15,0 + 3,1 = 18,1$		→	12,7, 15,2	$\times 1,0$
	$n_- = 19,7 + 3,1 = 22,8$		→	19,9, 19,5	
5)	$n_+ = 16,3 + 3,0 = 19,3$		→	18,9, 19,3	$\times 0,9$
	$n_- = 19,1 + 3,0 = 22,1$		→	16,5, 16,1	
6)	$n_+ = 16,1 + 3,0 = 19,1$		→	15,9, 16,7	$\times 1,0$
	$n_- = 19,7 + 3,0 = 22,7$		→	19,9, 19,5	

S. lat 56.06 → $n = 29,1$ km/hFEM → $M_{max} = 19,9$ km/m (0,855)

$\pm 11,4, -4,2$
 $\pm 13,1, -3,3$
 $\pm 14,9, -3,7$
 $\pm 17,7, -3,9$
 $\pm 16,4, -3,8$
 $\pm 15,5, -4,0$

 $15,5 / 29,1 = 0,54$

≈ Accr. tranchée

 $100 / 55 = 1,818$

max = 672 m



Nom du projet: _____

Par: 12

Date: 23 nov 12

Sujet: _____

No du projet: _____

Comparaison des efforts - ch. d'él vs FEM

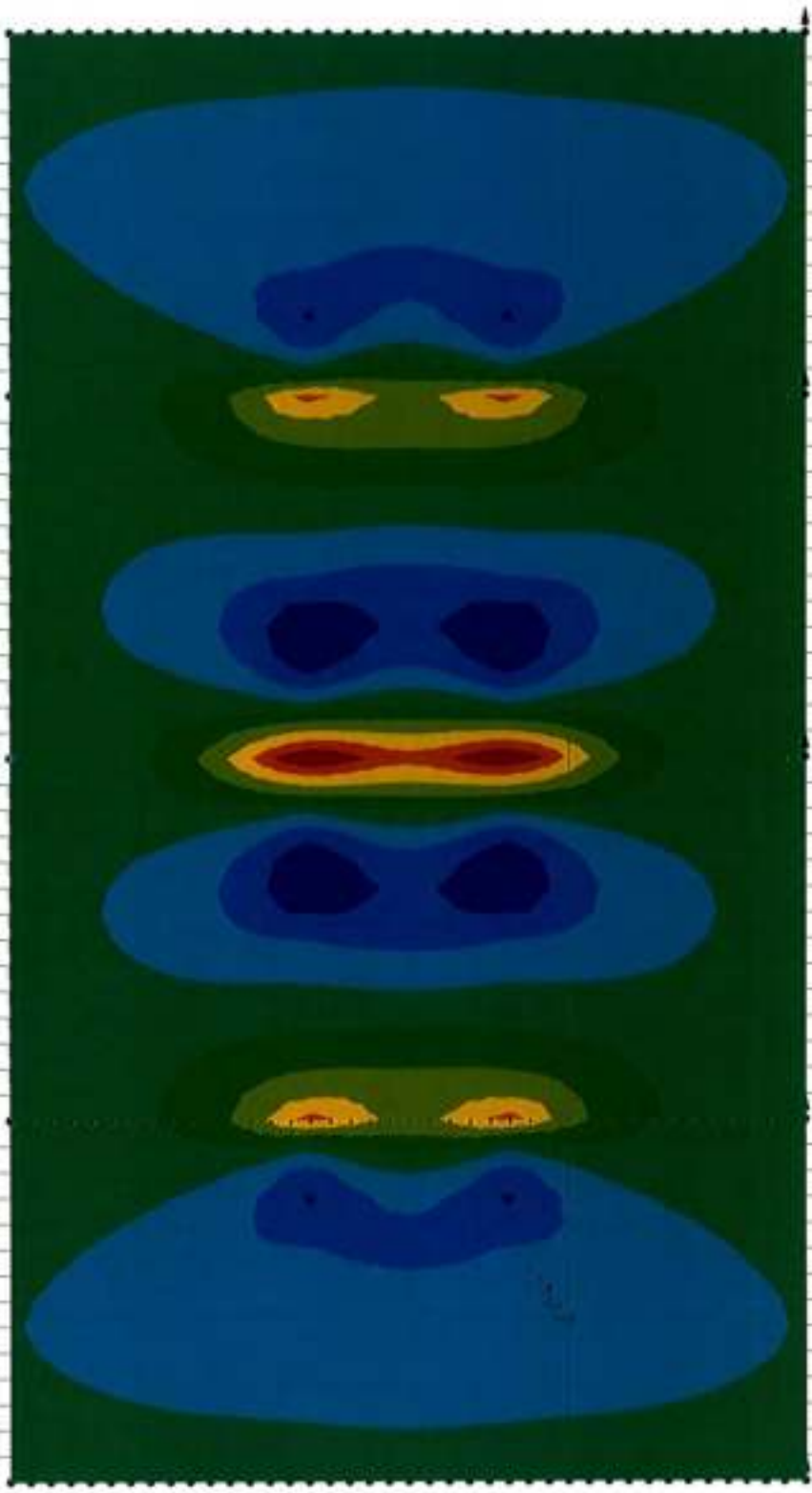
Distribution 20 vs 30

		20	30	
1)	n+	11.7	11.7	0.97 m
	n-	21.2	21.1	1.14 m
2)	n+	18.5	14.1	1.31 m
	n-	17.1	16.3	1.05 m
3)	n+	18.7	15.6	1.20 m
	n-	28.9	18.9	1.53 m
4)	n+	19.4	14.7	1.35 m
	n-	31.3	19.9	1.57 m
5)	n+	25.1	16.5	1.52 m
	n-	30.8	19.3	1.60 m
6)	n+	24.4	16.3	1.50 m
	n-	27.2	19.9	1.61 m

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



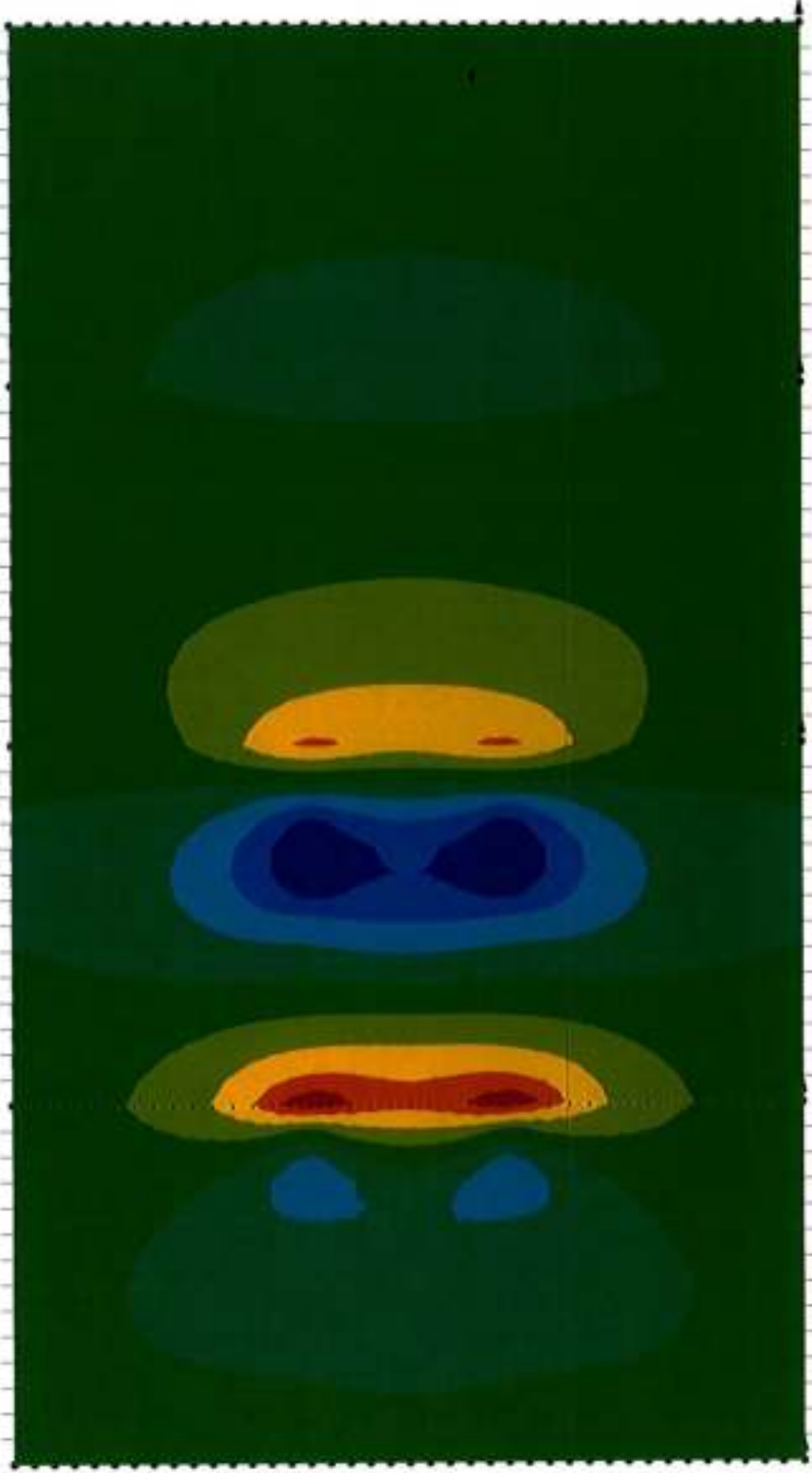
1 x 175 kN → M + 11.5 772
A - 20.7 772

- Combinaison : P 125 kN p1 2x

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



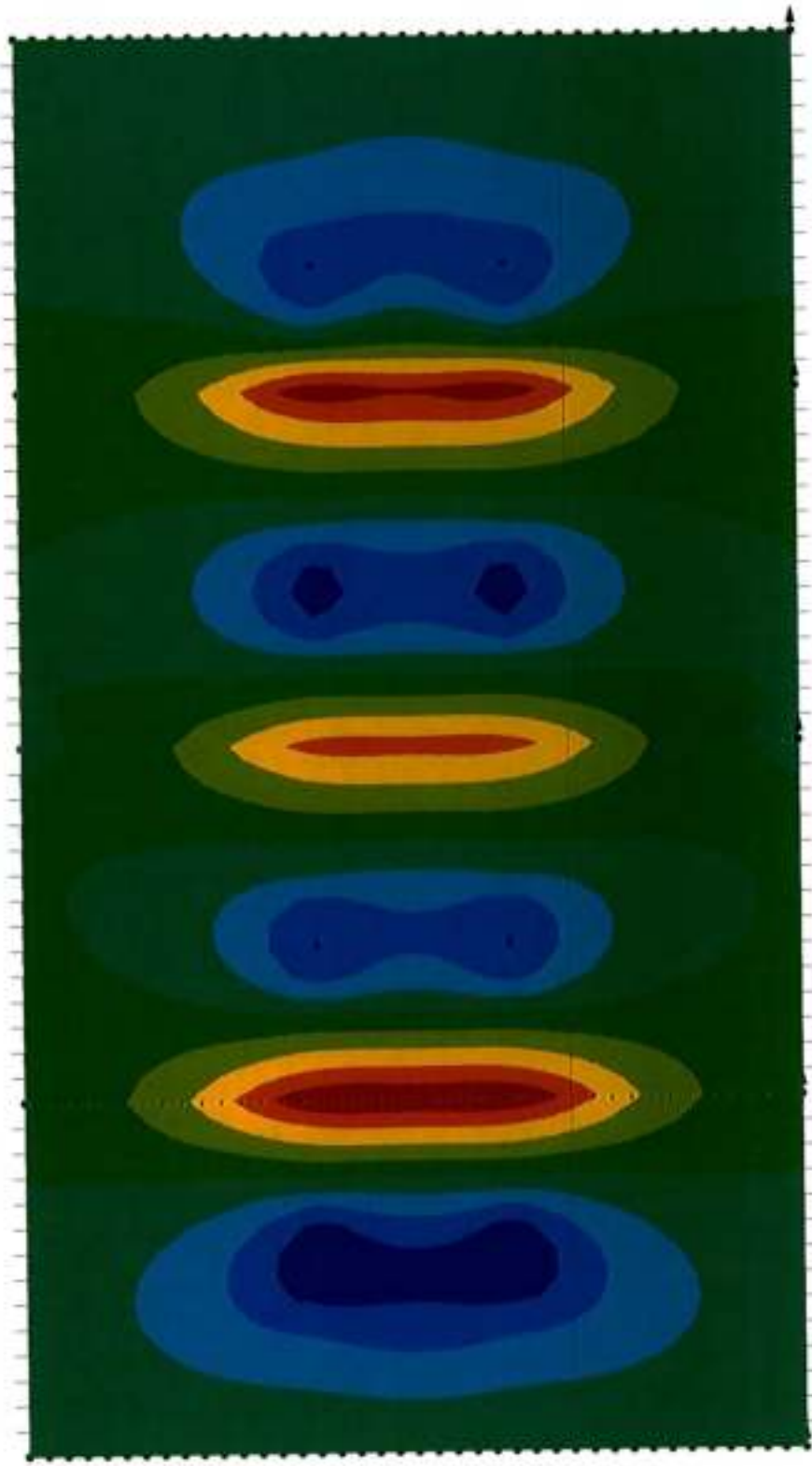
1 + 175 kN → h₁ + 13.8 0.72
h₂ - 15.8 0.12

- Combinaison : P 125 kN p2 2x

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



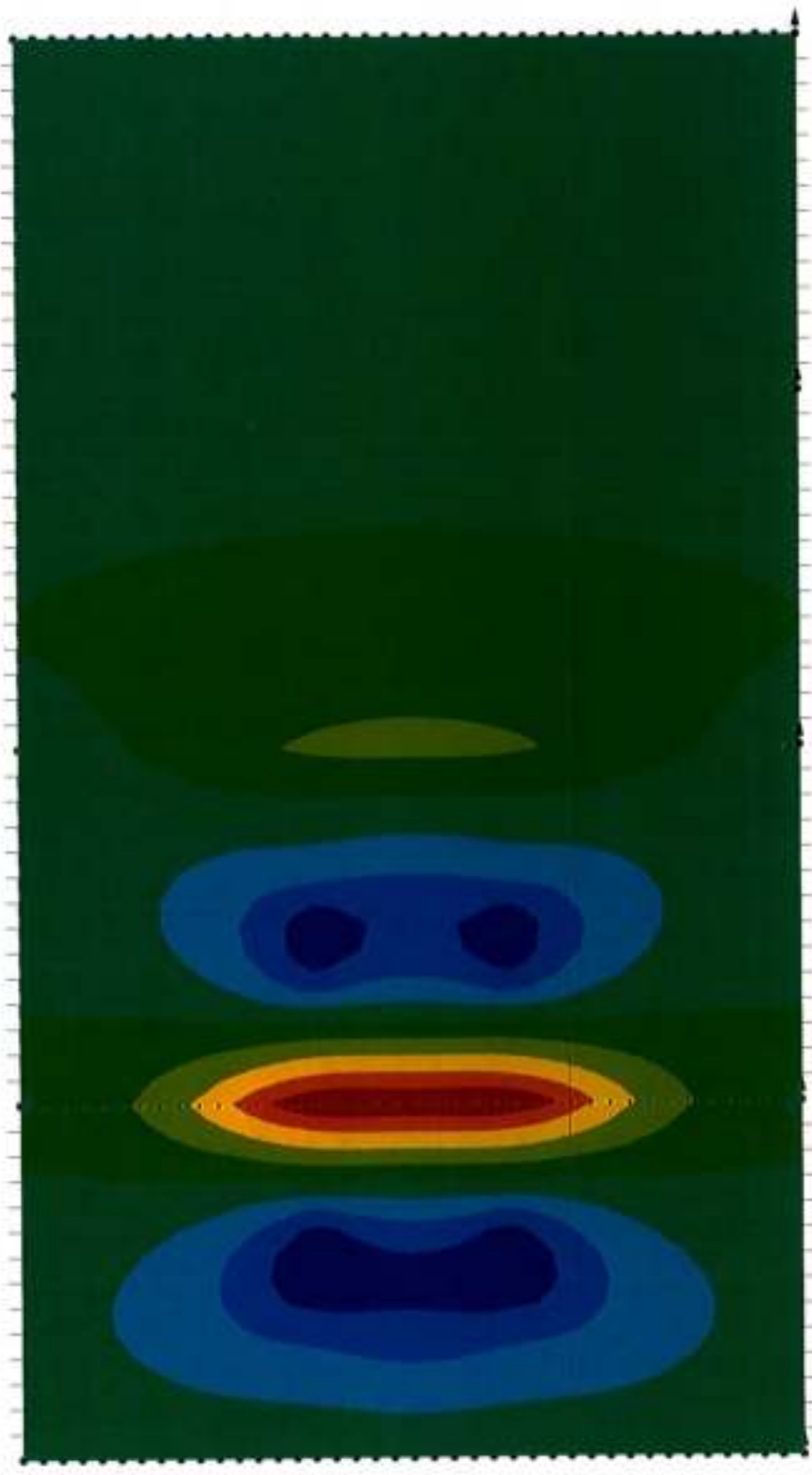
14.178 kN Ax = 15.3 0.72

Ax = 10.7 e02 - Combinaison : P 125 kN p3 2x

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



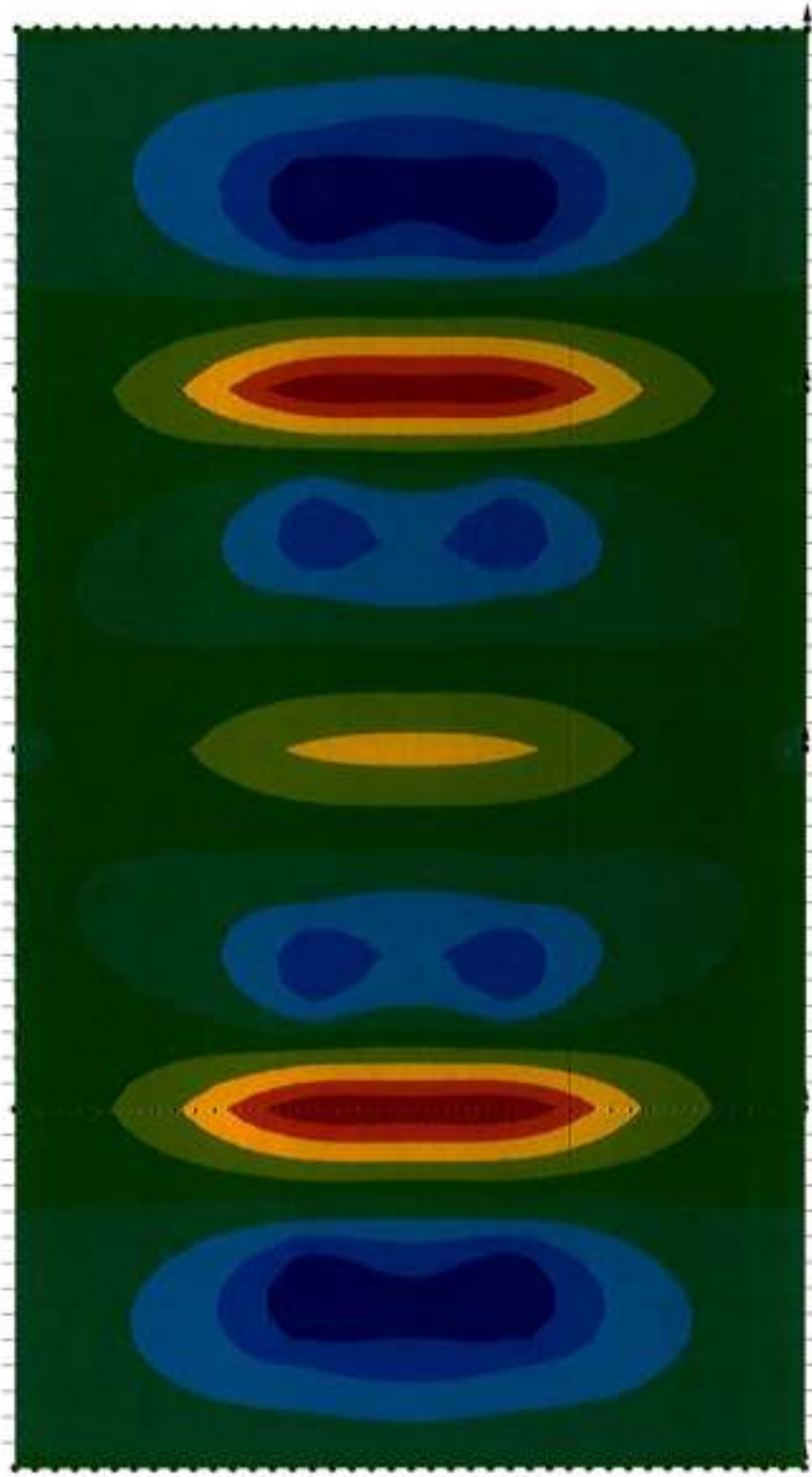
l = 17.5 m h+ = 15.0 m 26%
h- = 19.7 m 63%

- Combinaison : P 125 kN p4 2x

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



1217560 M+ 16.3 e72

M- 19.1 e82

- Combinaison : P 125 kN p5 2x

Efforts Internes EF kN.m/m



Plaques
Mx (kN.m/m)



1.175 4.0 14.1 0.62
1.1 14.7 0.12

- Combinaison : P 125 kN p6 2x

FEUILLE DE PROJET NO. _____ de _____



Nom du projet: _____

Par: P.L.

Sujet: _____

Date: 26 nov '12

No du projet: _____

Acier de transfert

$$\frac{250 \times 460}{1000} \times \frac{300 \times 320}{1000}$$

$$Z_{As\ principal} = \frac{500}{700} \times \frac{320}{700} = \underline{0.50}$$

Resumé des cours

de la Bible

Nom du projet: _____

Par: _____ P.S.

Sujet: _____

Date: _____ 12 Jan 13

No du projet: _____

Resonance de poutre par la dalle

$$M_{12} = 93 \text{ kNm}$$

Si on suppose l'effet de la dalle

$$1,2 \cdot 27 \cdot 0,254 \cdot 2,153^2 / 8 = 4,8 = 7,7 \text{ kNm}$$

$$M_{12} = 93 - 7,7 = 85,3 \text{ kNm}$$

$$M_{12} = 4,8 \text{ kNm}$$

Pour la fissuration si $M = M_s = f_{ct} I$

$$w = 0,141 \text{ mm} < 0,25 \text{ mm}$$

dalle

$$M_s = 46,7 \text{ kNm}$$

Pour éviter de faire fissurer la dalle de façon excessive

$$M_{max} = 0,25 / 0,141 \cdot 46,7 = 82,8 \text{ kNm}$$

Pour ne pas faire plastifier l'acier, $f_y = 300 \text{ MPa}$

$$300 / 1,25 = 46,7 = 100 \text{ kNm}$$



Nom du projet: _____

Par: _____

Date: _____ 14 sept 13

Sujet: _____

No du projet: _____

Résumé des calculs de la dalle par élément linéaire

→ Calcul avec les charges puis de la rive

$$P3 \text{ lisse } 4 \text{ m} \quad p1 \quad M_x : -71.4 ; +74.0 \\ (2 \times) \quad M_y : -22.6 ; +22.6$$

$$p2a \quad M_x : -69.2 ; +80.7 \\ M_y : -26.9 ; +27.8$$

$$p2b \quad M_x : -65.1 ; +82.0 \\ M_y : -27.0 ; +27.7$$

$$p3 \quad M_x : -66.9 ; +85.7 \\ M_y : -27.3 ; +27.2$$

$$P265 \text{ lisse} \quad p16 \text{ e } 1.5 \quad M_x : -63.0 ; +39.2 \\ (2 \times) \quad M_y : -16.6 ; +12.7$$

$$P200 \text{ lisse} \quad p16 \text{ e } 1.5 \quad M_x : -59.2 ; +39.9 \\ M_y : -17.9 ; +10.5$$

$$P160 \text{ lisse} \quad p1a \quad M_x : -57.6 ; +34.0 \\ (2 \times) \quad M_y : -13.0 ; +12.9$$

$$p1b \quad M_x : -42.0 ; +32.3 \\ M_y : -11.2 ; +11.4$$



Nom du projet: _____

Par: _____

Date: 16 Jun 2013

Sujet: _____

No du projet: _____

Effort par les changements de valeurs 1 et 2 semaines

P 125 km (2x)	P1 (2x)	$\Delta_1 = -39.7, +19.7$
		$\Delta_2 = -8.4, +7.9$
	P2 (1x)	$\Delta_1 = -30.2, +26.1$
		$\Delta_2 = -9.6, +9.0$
	P3 (2x)	$\Delta_1 = -40.2, +29.3$
		$\Delta_2 = -11.8, +9.7$
	P4 (1x)	$\Delta_1 = -42.5, +28.6$
		$\Delta_2 = -11.7, +9.6$
	P5 (2x)	$\Delta_1 = -40.5, +31.1$
		$\Delta_2 = -10.8, +9.5$
	P6 (1x)	$\Delta_1 = -42.7, +30.6$
		$\Delta_2 = -11.5, +9.7$

1e = 1 semaine
2e = 2 semaines

Efforts dans la dalle aux extrémités (cas d'une dalle sans biais)

		Mx+ (max)	Mx- (max)	My+ (max)	My- (max)	Ch. essieu de base
P 360 kN	p1	74.8	71.4	22.6	26.6	360 Tracteur original
	p2a	80.3	69.2	27.8	26.3	360 (I = 0.1)
	p2b	84.0	65.1	27.7	24.8	360
	p3	85.7	66.9	27.2	24.3	360
P 265 kN	p1b @ 1.5	39.2	63.0	12.4	16.6	265 Multiligne original (I = 0.1)
P 200 kN	p1b @ 1.5	29.9	59.2	10.5	14.9	200 Multiligne Goldhofer (I = 0.1)
P160 kN	p1a	34.0	52.6	12.9	13.8	160 Tracteur ABB (I = 0.4)
	p1b	37.3	42.8	11.4	11.2	160
P125 kN	p1	19.4	39.7	7.9	9.4	125 Tracteur
	p2	26.1	30.2	9.0	9.8	125 CL625 2 essieux@1.2
	p3	29.3	40.2	9.7	11.8	125 (I = 0.4)
	p4	28.2	42.5	9.6	11.4	125
	p5	31.1	40.5	9.5	10.8	125
	p6	30.6	42.4	9.4	11.5	125
		Mrx	Mrx	Mry	Mry	
		89.6	89.6	48	48	

Charges par essieu possible en considérant 2/3 Mmax pour la distribution latérale et aL = 1.7

P 360 kN	p1	345.9	362.4	613.3	521.1	Tracteur original (I = 0.1)
	p2a	322.2	373.9	498.6	527.0	
	p2b	308.0	397.4	500.4	558.9	
	p3	301.9	386.8	509.6	570.4	
P 265 kN	p1b @ 1.5	485.9	302.3	822.8	614.7	Multiligne original (I = 0.1)
P 200 kN	p1b @ 1.5	480.7	242.8	733.4	516.8	Multiligne Goldhofer (I = 0.1)
P 160 kN	p1a	338.2	218.6	477.6	446.4	Tracteur ABB (I = 0.1)
	p1b	308.3	268.7	540.4	550.0	
P 125 kN	p1	363.9	177.8	478.7	402.3	Tracteur CL625 2 essieux@1.2 (I = 0.4)
	p2	270.5	233.7	420.2	393.9	
	p3	240.9	175.6	389.8	320.5	
	p4	250.3	166.1	393.9	331.7	
	p5	227.0	174.3	398.1	350.1	
	p6	230.7	166.5	402.3	328.8	

Charges par essieu possible en considérant 1,0 Mmax pour la distribution latérale et aL = 1,42

P 360 kN	p1	276.1	289.2	489.5	415.9	Tracteur original (I = 0.1)
	p2a	257.2	298.4	397.9	420.6	
	p2b	245.8	317.2	399.4	446.1	
	p3	241.0	308.7	406.7	455.3	
P 265 kN	p1b @ 1.5	387.8	241.3	656.7	490.6	Multiligne original (I = 0.1)
P 200 kN	p1b @ 1.5	383.7	193.8	585.3	412.5	Multiligne Goldhofer (I = 0.1)
P 160 kN	p1a	269.9	174.5	381.1	356.3	Tracteur ABB (I = 0.1)
	p1b	246.1	214.4	431.3	439.0	
P 125 kN	p1	290.4	180.6	486.2	408.6	Tracteur CL625 2 essieux@1.2 (I = 0.4)
	p2	215.9	237.4	426.8	400.1	
	p3	192.3	178.4	396.0	325.5	
	p4	199.8	168.7	400.1	336.9	
	p5	181.2	177.0	404.3	355.7	
	p6	184.1	169.1	408.6	334.0	

Charges par essieu possible en considérant 2/3 Mmax pour la distribution latérale et aL = 1.42

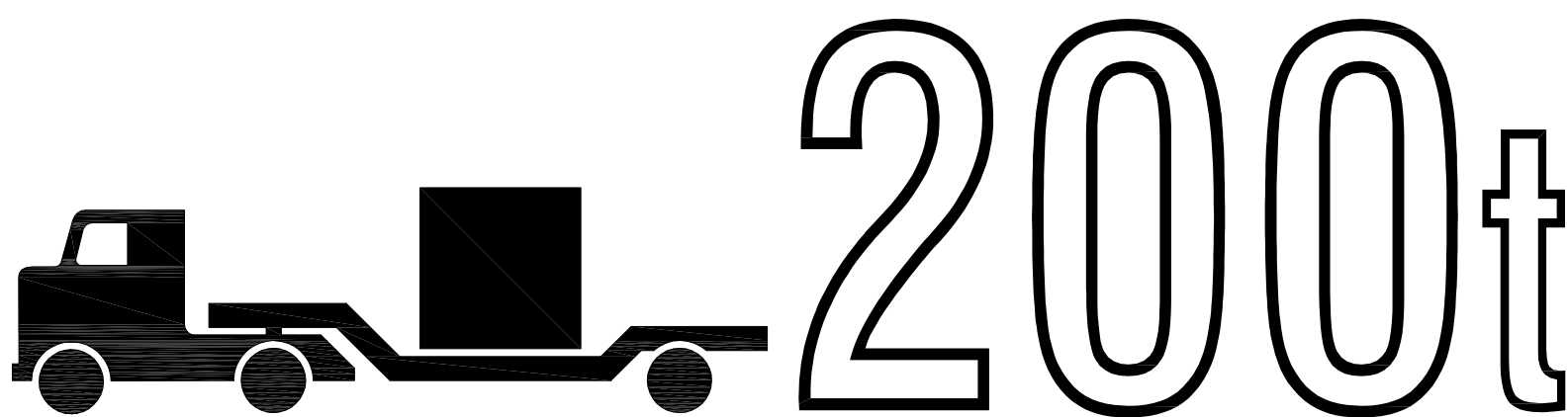
P 360 kN	p1	414.1	433.8	734.3	623.8	Tracteur original (I = 0.1)
	p2a	385.7	447.6	596.9	631.0	
	p2b	368.8	475.8	599.1	669.1	
	p3	361.4	463.0	610.1	682.9	
P 265 kN	p1b @ 1.5	581.7	361.9	985.1	735.8	Multiligne original (I = 0.1)
P 200 kN	p1b @ 1.5	575.5	290.7	878.0	618.7	Multiligne Goldhofer (I = 0.1)
P 160 kN	p1a	404.9	261.7	571.7	534.4	Tracteur ABB (I = 0.1)
	p1b	369.1	321.7	646.9	658.5	
P 125 kN	p1	435.6	212.9	573.1	481.6	Tracteur CL625 2 essieux@1.2 (I = 0.4)
	p2	323.8	279.8	503.0	471.6	
	p3	288.4	210.2	466.7	383.7	
	p4	299.7	198.8	471.6	397.1	
	p5	271.7	208.7	476.5	419.2	
	p6	276.2	199.3	481.6	393.7	



À LA PURSÉE | TITELTECH

ANNEXE 6 – SIGNALISATION AUX APPROCHES

MAXIMUM



CHARGE MAX.

PAR ESSIEUX

18t

