

La Supervision

RAPPORT DE PONT #1 - GMA

1. Généralités

Le Pont 1, lot 1, sera réalisé par l'Entreprise GMA. La nécessité de surmonter chaque problématique de connexion à la zone bâtie de Saint-Louis à amené à choisir un pont à simple travée, de 34 mètres de longueur, à réaliser en béton armé soutenu par trois poutres en acier de construction spéciale.



Les rampes d'accès prévues au pont initial ont une pente jugée trop élevée, ce qui pénalise fortement leur accès de part et d'autre du pont par les véhicules des riverains. Cette hauteur de rampe d'accès exige également l'expropriation complémentaire de deux maisons. Pour éviter ces problèmes majeurs, l'Entreprise propose l'abaissement du pont d'1 m ainsi que la diminution de la longueur du pont, de 40,00 m à 34,20 m. Il en résulte une réduction de la surface hydraulique sous le pont par rapport au projet initial.

Les poutres de soutènement du pont prévues par l'Entreprise sont au nombre de 3 métalliques à double paroi verticale, à la place des 6 en béton armé précontraint du projet initial, ce génère changement une réduction non négligeable de poids.

L'épaisseur de la dalle, originellement prévue de 17,50 cm est maintenant de 19,70 cm, pour donner plus de résistance à la déformation horizontale.

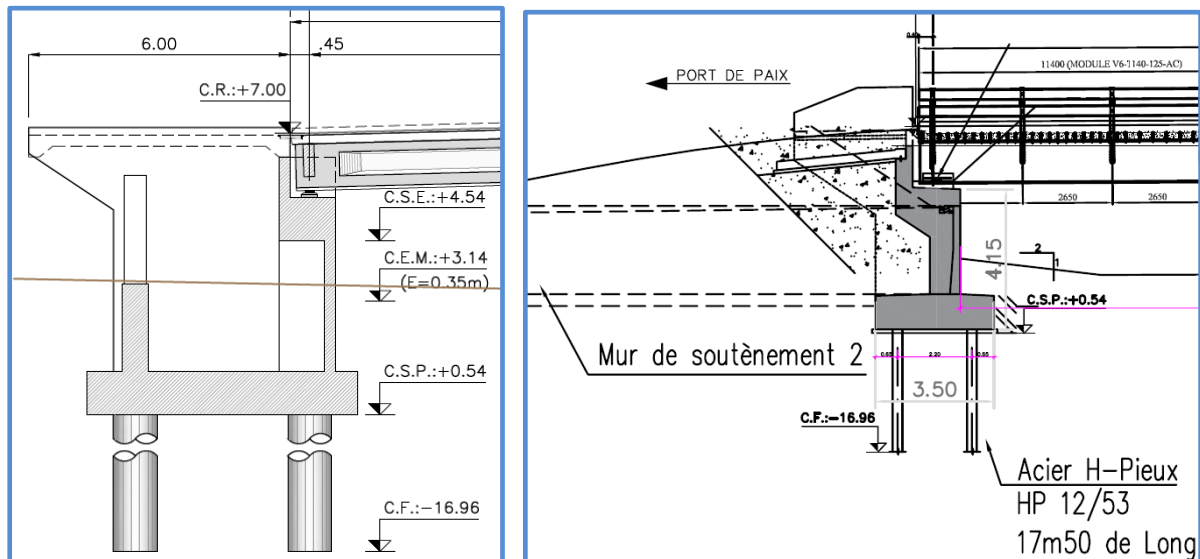
TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTEMENTALE PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3

Pour être transporté agilement les trois poutres en acier du pont seront transportées en tris parties et assemblées en chantier.

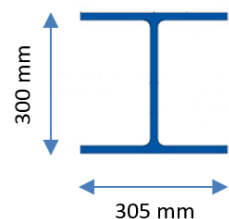
La Supervision a étudié les desseins présentés par l'Entreprise GMA que se montrent avec basse résolution. Les coulées et leurs fondations sont bien dimensionnées. L'acier à l'intérieur du béton armé est en quantité surabondant, étant le rapport acier/béton de 240 kg pour mètre cube, lorsqu'il est suffi de 150 kg/mc pour constructions massifs, semelles et fondations en général.

2. Les fondations

Le pont sera placé sur des pieux battus en acier, a forme de « H », de 17,00 mètres de profondeur. En suite la solution du projet initial et à côté la propose de l'entreprise GMA.



Pour la coulée latérale la solution initiale comprenait six pieux en béton, d'un mètre de diamètre, positionnés entre forages, à la profondeur de 16,96 mètres ; dans la pile centrale il y avait trois pieux de 1,20 mètres de diamètre. L'entreprise GMA propose 16 pieux battus en acier presque de même longueur et profondeur (voire dessein à côté). L'avantage de l'acier sur le béton est évident surtout en case de tremblement, pour la meilleure réponse aux pousses latérales.



Dans les desseins de la GMA un mur de soutènement apparaît à côté de chaque culée, sans d'autres indications, et positionné sans de pieux.

La Supervision a étudié la portance des pieux de 1,00 m et 1,20 m (voire après), dans la situation du projet de l'Appelle d'offre par rapporte à la propose de GMA. La condition de confronte a été faite car la même profondeur de pénétration, 16,96 m.

La comparaison, indiqué ci-dessous, a fourni une valeur de 17 pieux métalliques à la place de ceux en béton. Le premier calcul est pour le pieux en béton armé de D=1,00 m ;

**TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTEMENTALE
PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3**

PONT 1 Calcul Pieu en béton armé D=1,00 m

- Q_{lim} Charge max permise sur le pieu
 Q_{lim} Charge limite sur le pieu
 W_p Poids du pieu
 R_a Poussée résistante latérale global des terres sur le pieu
 R_b Poussée résistante des terres à l'extrémité inférieure du pieu

$$Q_{lim} + W_p < R_a + R_b$$

Formule de Dörr (2)

$$Q_{lim} = [\gamma \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h_x \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2)] + [\gamma \cdot \tan \varphi_1 \cdot \pi \cdot D \cdot h_x \cdot (\Delta + h_x/2) \cdot (1 + \tan^2 \varphi)]$$

SVP remplir les fenêtres jaunes

	sol	épaisseur	φ	γ	f
couche 1	Sable limoneux	4.00	22	19	0.25
couche 2	Sable argilleuse	6.00	35	19	0.25
couche 3	Argille sableuse	5.00	35	19	0.25
couche 4	Sable et argille	5.00	30	19	0.2
couche 5					
couche 6					
couche 7					
couche 8					
couche 9					
couche 10					
			31.15	19	0.24

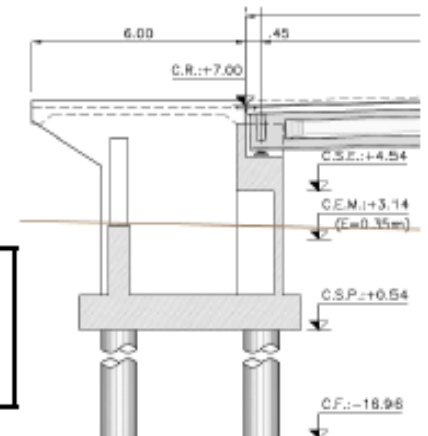
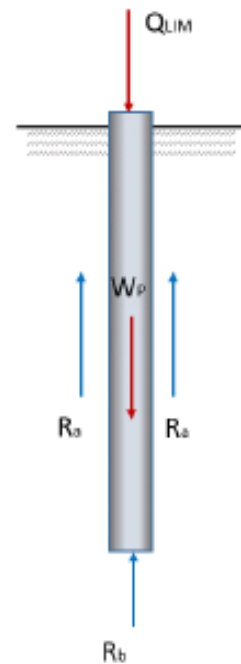
section du pieu: (remplir une seule ligne)		section		périmètre	
D	si circulaire entrer le diamètre en m	1.00	0.79	m ²	3.14 m
L	si carrée entrer le côté en m		0.00	m ²	0.00 m
w	si générique: entrer section en m ² - périmètre en m	0.00	0.00	m ²	0.00 m
			0.79	m ²	3.14 m

h	16.96	m	profondeur totale du pieu sous la terre
Δ		m	différence hauteur entre le tn et surface supérieure couche "X"
w	0.79	m ²	section du pieu ($\pi \cdot D^2/4$)
p	3.14	m	périmètre de la section du micropieu ($D \cdot \pi$)
γ	19.00	kN/m ³	poids spécifique de la terre
φ	31.15	°	angle de frottement intérieur
φ_1	35	°	angle de frottement terre-pieu
f	0.24		coefficient de friction intérieur
Psb	25.00	kN/m ³	poids spécifique du matériau du pieu (25 béton - 78 acier)
Wp	333.01	kN	poids du pieu

R_a	278373.56 kg	→	2783.74 kN	résistance latérale	77.77%
R_b	79550.004 kg	→	795.50 kN	résistance à la pointe du pieu	22.23%
Q_{lim}	357923.57 kg	→	3579.24 kN	charge verticale limite du pieu	→ 357.92 tonn

$c_x \text{ securité} = 2 \rightarrow Q_{max} = (Q_{lim} - W_p) / c_x \text{ secur.} = 1623.11 \text{ kN} \rightarrow 162.31 \text{ tonn} \leftarrow \text{charge possible sur chaque pieu}$

sollicitation du béton :
 $\sigma_b = Q_{lim} / w = 3579.24 / 0.79 = 4530.69 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 45.31 \text{ kg/cm}^2$



**TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTEMENTALE
PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3**

PONT 1 Calcul pieu en béton armé D=1,20 m

- Q_{lim} Charge max permis sur le pieu
 Q_{lim} Charge limite sur le pieu
 W_p Poids du pieu
 R_s Poussée résistante latérale global des terres sur le pieu
 R_b Poussée résistance des terres à l'extrémité inférieure du pieu

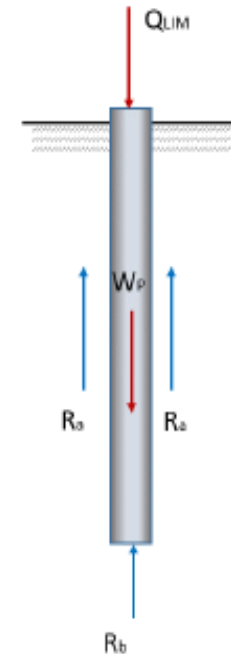
$$Q_{UM} + W_p < R_s + R_b$$

Formule de Dörr (2)

$$Q_{lim} = [\gamma \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h_x \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2)] + [\gamma \cdot \tan \varphi_1 \cdot \pi \cdot D \cdot h_x \cdot (\Delta + h_x/2) \cdot (1 + \tan^2 \varphi)]$$

SVP remplir les fenêtres jaunes

	sol	épaisseur	φ	γ	f
couche 1	Sable limoneux	4.00	22	19	0.25
couche 2	Sable argilleuse	6.00	35	19	0.25
couche 3	Argille sableuse	5.00	35	19	0.25
couche 4	Sable et argille	5.00	30	19	0.2
couche 5					
couche 6					
couche 7					
couche 8					
couche 9					
couche 10					
			31.15	19	0.24



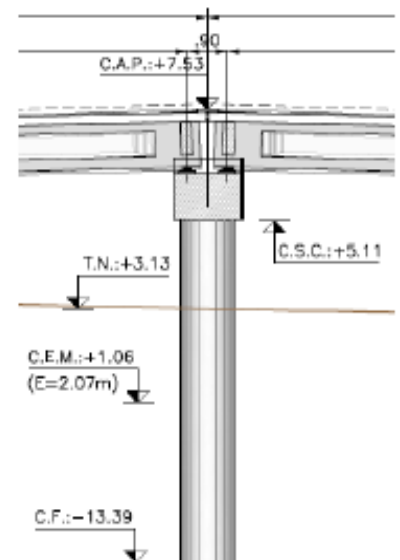
section du pieu: (remplir une seule ligne)		coupe	périmètre	
D	si circulaire entrer le diamètre en m	1.20	1.13	m ²
L	si carrée entrer le côté en m		0.00	m ²
w	si générique: entrer section en m ² - périmètre en m	0.00	0.00	m ²
		1.13	3.77	m

h	16.96	m	profondeur totale du pieu sous la terre
Δ		m	différente hauteur entre le tn et surface supérieure couche "X"
w	1.13	m ²	section du pieu ($\pi \cdot D^2 / 4$)
p	3.77	m	périmètre de la section du micropieu ($D \cdot \pi$)
γ	19.00	kN/m ³	poids spécifique de la terre
φ	31.15	°	angle de frottement intérieur
φ_1	35	°	angle de frottement terre-pieu
f	0.24		coefficient de friction intérieur
Psb	25.00	kN/m ³	poids spécifique du matériau du pieu (25 béton - 78 acier)
Wp	479.53	kN	poids du pieu

R_s	334048.27 kg	→	3340.48 kN	résistance latérale	74.46%
R_b	114552.01 kg	→	1145.52 kN	résistance à la pointe du pieu	25.54%
Q_{lim}	448600.28 kg	→	4486.00 kN	charge verticale limite du pieu	→ 448.60 tonn

cx sécurité = 2 → $Q_{max} = (Q_{lim} - W_p) / cx \text{ secur.} = 2003.24 \text{ kN}$ → 200.32 tonn ← charge possible sur chaque pieu

solicitation du béton :					
σ_b	=	Q_{lim} / w	=	2003.24 / 1.13	= 1771.25 kN/m ² → 17.71 kg/cm ²



**TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTEMENTALE
PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3**

PONT 1 Calcul Pieu en acier HP 12x53

- Q_{lim} Charge max permis sur le pieu
 Q_{lim} Charge limite sur le pieu
 W_p Poids du pieu
 R_s Poussée résistante latérale global des terres sur le pieu
 R_b Poussée résistance des terres à l'extrémité inférieure du pieu

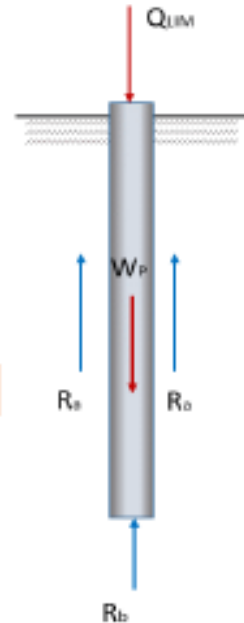
$$Q_{lim} + W_p < R_s + R_b$$

Formule de Dörr (2)

$$Q_{lim} = [\gamma \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h_x \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2)] + [\gamma \cdot \tan \varphi_1 \cdot \pi \cdot D \cdot h_x \cdot (\Delta + h_x/2) \cdot (1 + \tan^2 \varphi)]$$

SVP remplir les fenêtres jaunes

	sol	épaisseur	φ	γ	f
couche 1	Sable limoneux	4.00	22	19	0.25
couche 2	Sable argileuse	6.00	35	19	0.25
couche 3	Argile sableuse	5.00	35	19	0.25
couche 4					
couche 5					
couche 6					
couche 7					
couche 8					
couche 9					
couche 10					
			31.53	19	0.25



section du pieu: (remplir une seule ligne)

		coupe		périmètre	
D	si circulaire entrer le diamètre en m	0.00	0.00	0.00	m
L	si carrée entrer le côté en m	0.00	0.00	0.00	m
w	si générique: entrer section en m² - périmètre en m	0.01	0.01	1.24	m
		0.01	m²	1.24	m

h	16.96	m	profondeur totale du pieu sous la terre
Δ		m	différence hauteur entre le tn et surface supérieure couche "X"
w	0.01	m²	section du pieu ($\pi \cdot D^2 / 4$)
P	1.24	m	périmètre de la section du micropieu ($D \cdot \pi$)
γ	19.00	kN/m³	poids spécifique de la terre
φ	31.53	°	angle de frottement intérieur
φ_1	35	°	angle de frottement terre-pieu
f	0.25		coefficient de friction intérieur
Psb	78.00	kN/m³	poids spécifique du matériau du pieu (25 béton - 78 acier)
Wp	13.23	kN	poids du pieu

R_s	116604.49 kg	→	1166.04 kN	résistance latérale	99.13%
R_b	1028.8556 kg	→	10.29 kN	résistance à la pointe du pieu	0.87%
Q_{lim}	117633.35 kg	→	1176.33 kN	charge vertical limite du pieu	→ 117.63 tonn

$cx \text{ sécurité} = 2 \rightarrow Q_{max} = (Q_{lim} - W_p) / cx \text{ secur.} = 581.55 \text{ kN} \rightarrow 58.16 \text{ tonn} \leftarrow \text{charge possible sur chaque pieu}$

sollicitation de l'acier :

$\sigma_b = Q_{lim} / w = 117633.35 / 0.01 = 11763335 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 117633.35 \text{ kg/cm}^2$

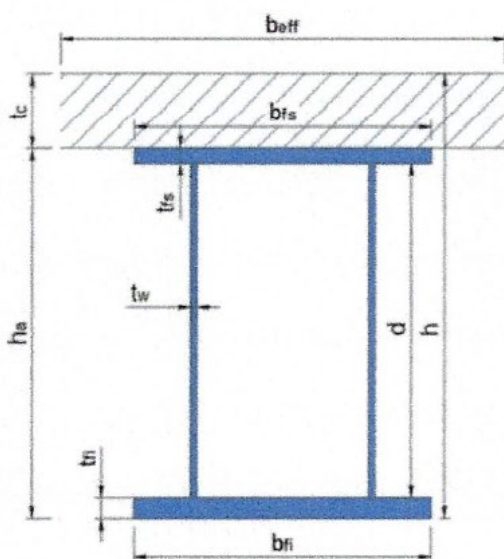
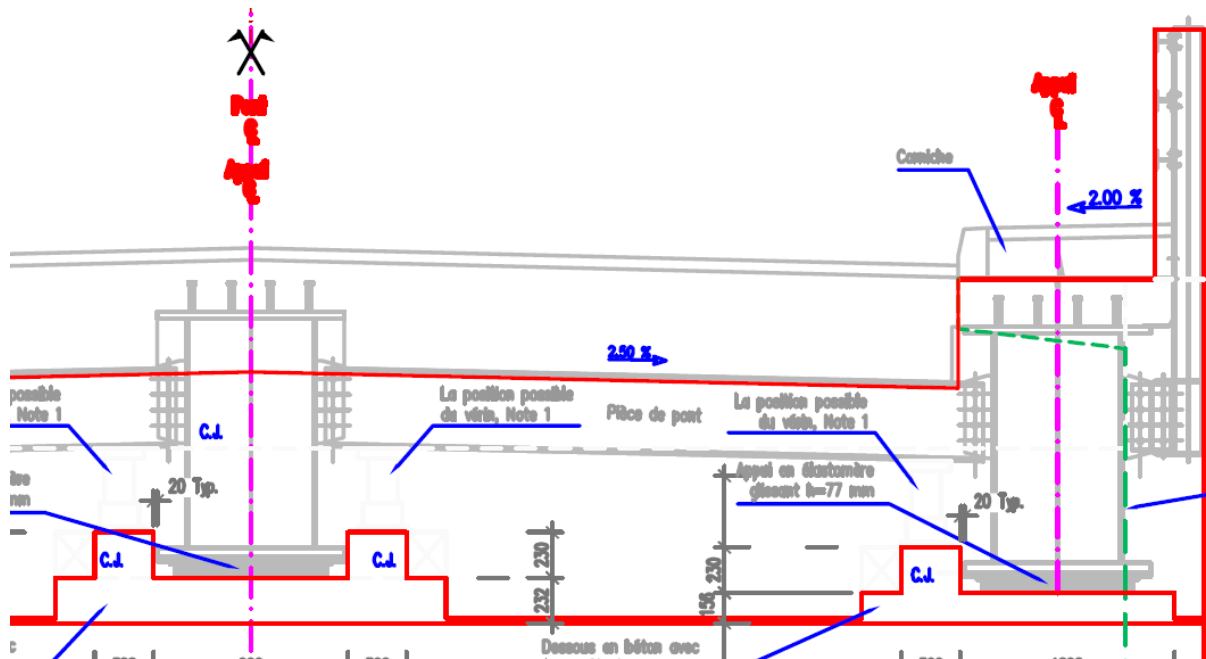
Pile centrale	No Pieux		kN		kN
Pieux béton D=1,20m	3	x	2003.24	=	6009.72 kN
Pieux métalliques	17	x	581.55	=	9886.39 kN
					vérifié

Culée	No Pieux		kN		kN
Pieux béton D=1,00m	6	x	1623.11	=	9738.66 kN
Pieux métalliques	17	x	581.55	=	9886.39 kN
					vérifié

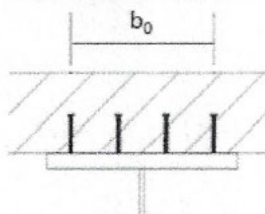
TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTEMENTALE PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3

A l'Entreprise est déjà été signalée que on devra étudier une solution de verrouillage des pieux entre les semelles pour éviter le problème de la perforation en présence de efforts considérables.

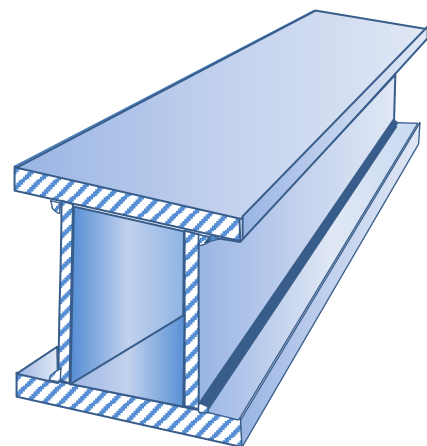
3. Les putres du pont #1



b_{eff}	4.259 m
t_c	0.30 m
h_a	1.25 m
b_{fs}	0.95 m
t_{fs}	0.03 m
b_{fn}	0.95 m
t_{fn}	0.03 m
t_w	0.024 m
b_0	0.75 m

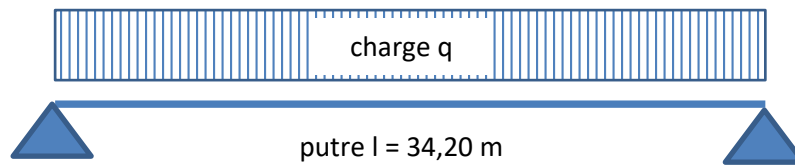


Les poutres prévues pour la variante au Pont #1 sont en acier soudé, à haute résistance, de fabrication particulière.

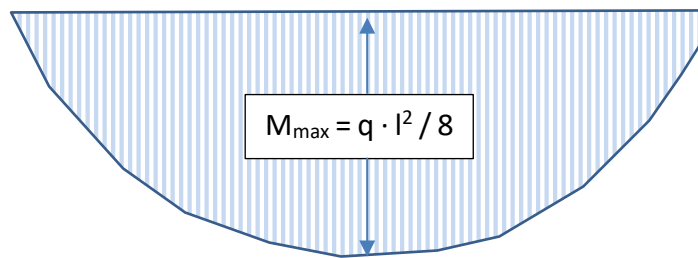


**TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTEMENTALE
PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3**

Les calculs présentés par l'Entreprise GMA ont été effectués avec le système au « état limite dernier », qui tire le meilleur parti de la capacité de résistance des matériaux. Le schème de calcul, pour déterminer le SLU, donne un moment résistant $M = q \cdot l^2 / 8$

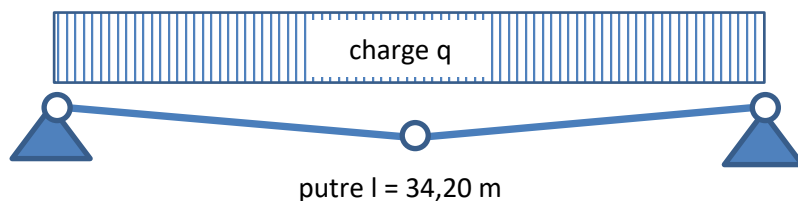


schème de calcul : poutre simplement penché



schème de calcul : diagramme des moments

Mais in cette situation de diagramme de charge la typologie de calcul donne des résultats équivalents au « calcul aux tension admissibles », parce que nous somme en présence d'un schème qui en situation de rupture donne trois charnières alignées, et donc il n'y a pas de surcharge disponible pour profiter encore plus des matériaux :



schème de calcul : les trois charnières alignées

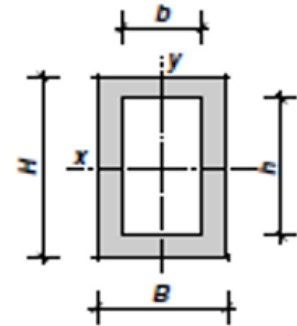
Le calcul suivant a donné en fait les mêmes résultats du calcul a rupture :

**TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTEMENTALE
PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3**

PONT 1

Calcul poutre simplement penché

longueur de la putre	l	=	33.40	m
épaisseur dalle	s	=	0.20	m
largeur du pont	la	=	5.00	m
truttoir	tr	=	0.20	m ²
surcharge	qs	=	45000.00	N/m
24.5 KN/m3 ⇒ charge du béton			24500	N/m ³
charge	q	=	74400	N/m



$$W_x = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H}$$

$$W_y = \frac{H \cdot B^3 - h \cdot b^3}{6 \cdot B}$$

A	=	b x h	Surface de la section
N			Effort normal
σ	=	M / W	≤ σ_{am} tension normale interne
σ_{am}			tension normale admissible
Δl			déformation
E			module d'élasticité normal
I			moment d'inertie barycentrique
I_x		$(B \times H^3 - b \times h^3)/12$	
W	=	I / y	moment d'inertie (cm ³ o mm ³)
W_x	=	I / y	= $b \times h^2 / 6$ moment d'inertie rectangle
W_x	=	$(B \times H^3 - b \times h^3) / 6 \times H$	= 0.045176753
σ	=	N / A	≤ σ_{lim}
σ_{lim}	=	440	MPa
I	=	7582100	cm ⁴ Moment d'inertie du profil
E_{fe}	=	210000	Mpa Module di elasticité ou de young

M/W=

M_{fx}	=	$q \times l^2 / 8$	=	10374708.00	Nm
σ_{fx}	=	$M_{fx} / (I/V)_x$	≤	σ_e	

σ_e	=	M / W	=	229.65	MPa	≤	440	Mpa	verifié
$(I/V)_x$	≥	M_{fx} / σ_e	=	45176.75	module de résistance			0.281009	

Force de coupe	A	=	B	=	$q \times l / 2$	1242480 N
						flèche maximale
flèche	f	=	$5 \times q \times l^4 / 384 \times J \times E$	=	0.000757	≤ 0.167 = l/200

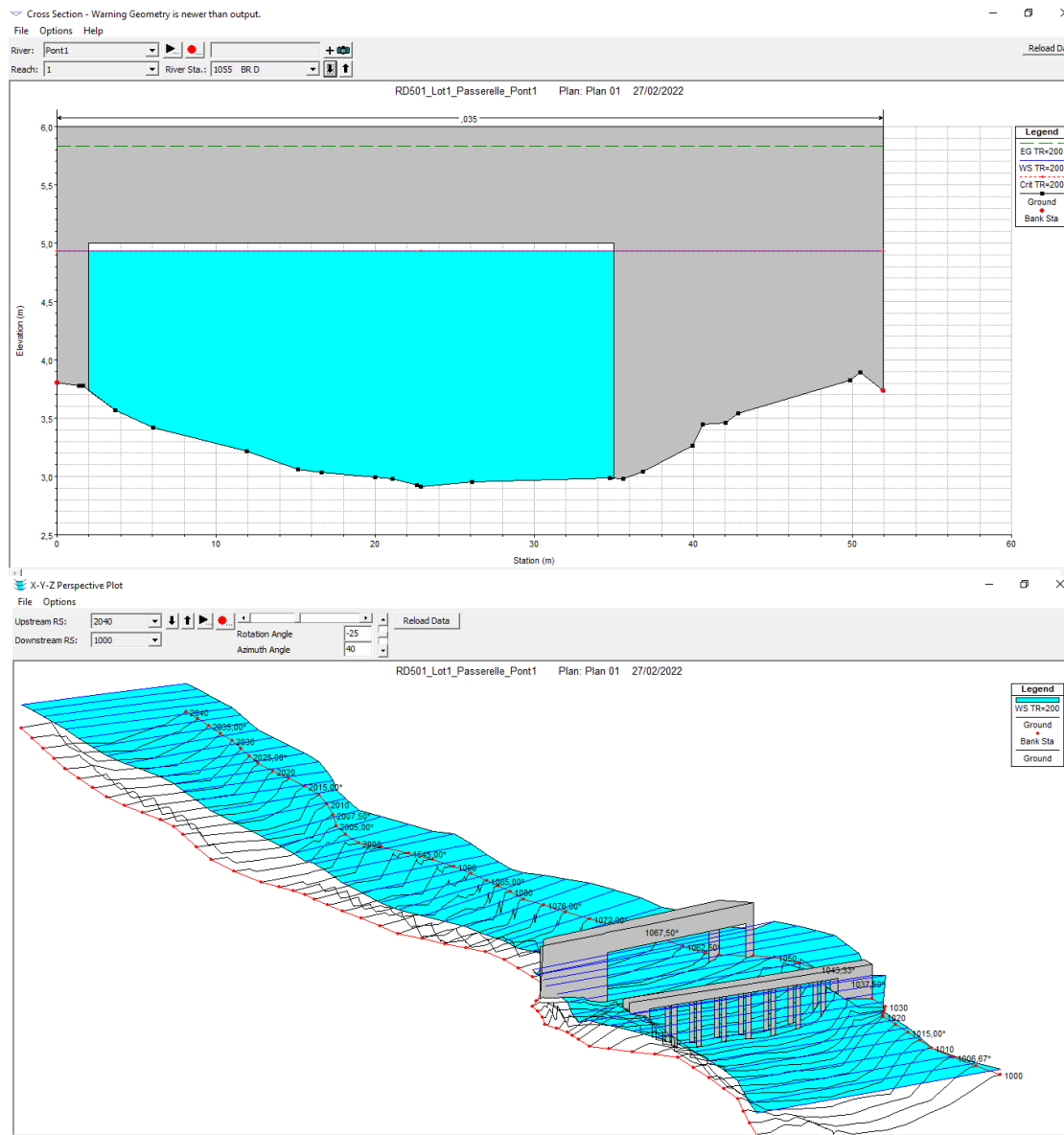
verifié

	Semelle sup (30mm)	Ame 24 mm	Semelle inf (30)
Notation	f_{yfs} [MPa]	f_{yw} [MPa]	f_{yfi} [MPa]
Limite élastique	440	460	440

TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTEMENTALE PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3

4. La modélisation hydraulique (ing. Graziano Pelinga)

La modélisation hydraulique in Hec-Ras de la variante proposée par GMA a fourni un tirant d'air entre la surface d'eau et le dessous de la poutre du Pont1 inférieure à 100 cm pour événements extraordinaires, parce que le tronçon de la rivière sera remodelé et les parois latérales du cours d'eau seront restaurées.



5. Considérations géotechniques (ing. Geotecn. Vincenzo Migaleddu)

En ce qui concerne le rapport géologique et géotechnique pour les fondations du Pont #1, il n'y a actuellement pas d'observation particulière. Les essais et les SPT fournis du projet initial sont arrivés

TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTIMENTALE PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3

jusqu'à 20.00m environ, avec un SPT de 50 à la fin, et une profondeur suffisante pour la longueur des pieux, prévue en 18.50 mètres. Il est bien entendu si, pendant la phase de travail, sera nécessaire, la MdC demandera des essais supplémentaires.

6. Conclusions

La vérification des valeurs hydrauliques et structurelles pour le Pont #1 a donné un résultat positif, comme le soulignent les calculs effectués par cette Supervision.

La vérification hydrologique et hydraulique, tout en montrant des valeurs inférieures à la valeur d'un mètre pour les débits extraordinaires du bicentenaire, permet une évaluation positive de la construction. La construction de murs latéraux reliés aux berges existantes empêchera les eaux de crue de pénétrer dans le centre habité.

Les considérations géologiques menées par l'ingénieur géotechnicien rassurent également du point de vue de la qualité du sol, et pour la longueur des fondations profondes.

La quantité d'acier pour béton armé s'inscrit dans les bons canons usuels.

Les poutres en acier utilisées pour supporter le tablier sont d'excellente qualité et fabriquées par des ateliers renommés qui garantissent un produit fiable et durable. Les protections métalliques, telles que la galvanisation à chaud, sont l'indice d'une garantie adéquate de défense contre la corrosion et les agents salins marins.

Port-de-Paix : 09 Mai 2022

Ficher : GC32-Avenant.RapportDePont1.20220509