

La Supervision

RAPPORT DE PONT #2 - GMA

1. Généralités

Le Pont 2, lot 1, sera réalisé par l'Entreprise GMA. La nécessité de surmonter chaque problématique de connexion pour la courbature de la route à amené à choisir un pont à simple travée, de 40.30 mètres de longueur, à réaliser en béton armé soutenu par trois poutres en acier de construction spéciale.



Les rampes d'accès prévues ils se raccorderont avec une pente correcte et la descente du pont vers l'Anse à Foleur servira de liaison courbe avec la route. Il a globalement maintenu les niveaux d'altitude prévus dans le projet initial, respectant ainsi les calculs hydrauliques et hydrologiques du contrat.

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 25.20 cm, pour donner plus de résistance à la déformation horizontale.

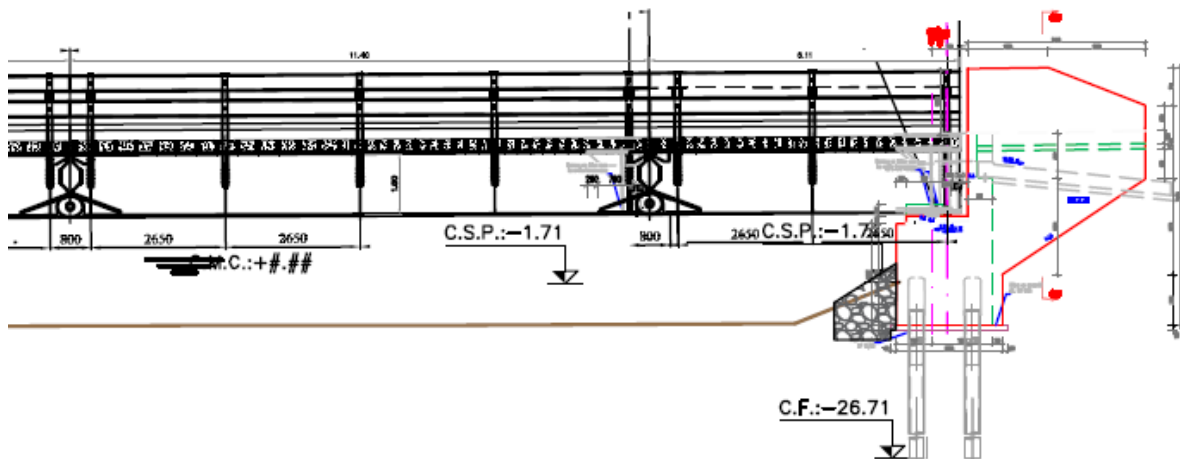
TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTIMENTALE PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3

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

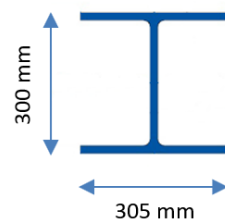
La Supervision a étudié les desseins présentés par l'Entreprise GMA que se montrent avec basse résolution. Les coulées et leurs fondations sont bien dimensionnées. L'acier à l'intérieur du béton armé est en quantité surabondant, étant le rapport acier/béton de 240 kg pour mètre cube, lorsqu'il est suffi de 150~200 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 26,71 mètres ; dans la pile centrale il y avait trois pieux de 1,20 mètres de diamètre. L'entreprise GMA propose des pieux battus en acier presque de longueur et profondeur plus grand (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, 26,71 m.

La comparaison, indiqué ci-dessous, a fourni une valeur des 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 DÉPARTIMENTALE
PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3**

Calcul Pieux en béton armée D=1.00m h=26.71

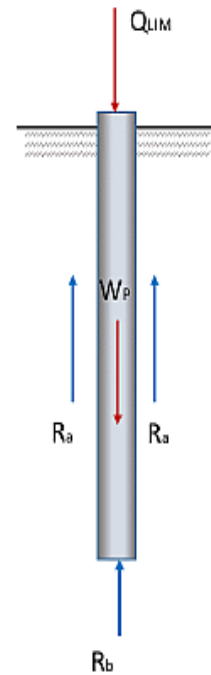
M-Corrao.Calcul-2-Dorr-PieuBeton.D100-h26.71.dsx

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

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

Formule de Dörr (2)

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



	sol	épaisseur	φ	γ	f
couche 1	Argille limoneuse	7.00	22	19	0.25
couche 2	Limon argilleuse	3.00	22	17	0.2
couche 3	Argille	8.00	25	19	0.25
couche 4	Argille limoneuse	12.00	22	19	0.25
couche 5					
couche 6					
couche 7					
couche 8					
couche 9					
couche 10					
			22.8	18.8	0.245

section du pieu: (remplir une seule ligne)		coupe		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
ω	si generique: 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	26.71	m	profondeur totale du pieu en dessous de la terre
Δ		m	différence de hauteur entre plan de campagne et surface supérieure de la couche "X"
ω	0.79	m ²	coupe du pieu ($\pi * D^2 / 4$)
p	3.14	m	périmètre de la coupe du micropieu ($D * \pi$)
γ	18.80	kN/m ³	poids spécifique de la terre
φ	22.8	°	angule de frottement intérieure
φ_1	35	°	angule de frottement terre-pieu
f	0.25		coefficient de friction intérieure
Psb	25.00	kN/m ³	poids spécifique du material du pieu (25 béton - 78 acier)
Wp	524.45	kN	poids du pieu

R_a	607377.47 kg	→	6073.77 kN	résistance latérale	87.18%
R_b	89343.806 kg	→	893.44 kN	résistance à la pointe du pieu	12.82%
Q_{lim}	696721.27 kg	→	6967.21 kN	charge verticale limite du pieu	→ 696.72 tonn

α sécurité = 2.5 → $Q_{max} = (Q_{lim} - W_p) / \alpha$ secur. = 2577.11 kN → 257.71 tonn <- charge possible sur chaque pieu

sollicitation du béton : $\sigma_b = Q_{lim} / \omega = 2577.11 / 0.79 = 3281.27 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 32.81 \text{ kg/cm}^2$

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

Calcul Pieux en béton armée D=1.20m h=26.71

N-Corrao.Calcul-2-Dorr-PieuBeton.D120-h26.71.xlsx

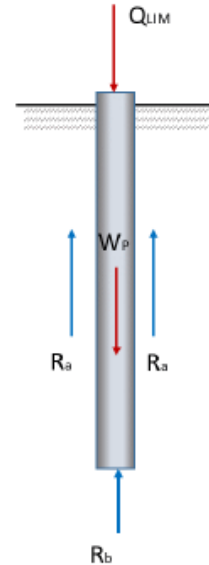
- Q_{max} Charge max permis sur le pieu
- Q_{lim} Charge limite sur le pieu
- W_p Poids du pieu
- R_a Pousse résistante latérale global des terres sur le pieu
- R_b Pousse résistance des terres à l'estremité inferieure du pieu

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

Formule de Dörr (2)

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

	sol	épaisseur	φ	γ	f
couche 1	Argille limoneuse	7.00	22	19	0.25
couche 2	Limon argilleuse	3.00	22	17	0.2
couche 3	Argille	8.00	25	19	0.25
couche 4	Argille limoneuse	12.00	22	19	0.25
couche 5					
couche 6					
couche 7					
couche 8					
couche 9					
couche 10					
			22.8	18.8	0.245



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

h	26.71	m	profondeur totale du pieu en dessous de la terre
Δ		m	différence de hauteur entre plan de campagne et surface supérieure de la couche "X"
ω	1.13	m ²	coupe du pieu ($\pi * D^2 / 4$)
p	3.77	m	périmètre de la coupe du micropieu ($D * \pi$)
γ	18.80	kN/m ³	poids spécifique de la terre
φ	22.8	°	angle de frottement intérieure
φ_1	35	°	angle de frottement terre-pieu
f	0.25		coefficient de friction intérieure
Psb	25.00	kN/m ³	poids spécifique du material du pieu (25 béton - 78 acier)
Wp	755.21	kN	poids du pieu

R_a	728852.96 kg	→	7288.53 kN	résistance latérale	85.00%
R_b	128655.08 kg	→	1286.55 kN	résistance à la pointe du pieu	15.00%
Q_{lim}	857508.04 kg	→	8575.08 kN	charge vertical limite du pieu	→ 857.51 tonn

α sécurité = 2.5
→ $Q_{max} = (Q_{lim} - W_p) / \alpha_{secur.} = 3127.95$ kN
→ 312.79 tonn
<- charge possible sur chaque pieu

solicitation du béton :
 $\sigma_b = Q_{lim} / \omega = 3127.95 / 1.13 = 2765.71$ kN/m²
→ 27.66 kg/cm²

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

Calcul Pieux en acier HP 12x53 - h=28m

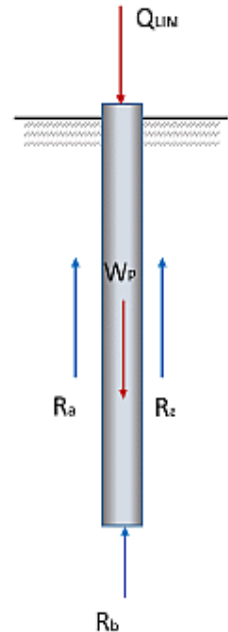
L-Corrao.Calcul-Pont2-PieuxAcier.H.h28.xlsx

- Q_{max} Charge max permis sur le pieu
- Q_{lim} Charge limite sur le pieu
- W_p Poids du pieu
- R_a Pousse résistante latérale global des terres sur le pieu
- R_b Pousse résistance des terres à l'estremité inferieure du pieu

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

Formule de Dörr (2)

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



	sol	épaisseur	φ	γ	f
couche 1	Argille limoneuse	7.00	22	19	0.25
couche 2	Limon argilleuse	3.00	22	17	0.2
couche 3	Argille	8.00	25	19	0.25
couche 4	Argille limoneuse	12.00	22	19	0.25
couche 5					
couche 6					
couche 7					
couche 8					
couche 9					
couche 10					
			22.8	18.8	0.245

section du pieu: (remplir une seule ligne)		coupe		périmètre	
D	si circulaire entrer le diamètre en m	0.00	0.00	m ²	0.00 m
L	si carrée entrer le côté en m		0.00	m ²	0.00 m
ω	generique: entrer section en m ² - périmètre en m	0.01	0.01	m ²	1.24 m
			0.01	m ²	1.24 m

h	28.00	m	profondeur totale du pieu en dessous de la terre
Δ		m	différence de hauteur entre plan de campagne et surface superieure de la couche "X"
ω	0.01	m ²	coupe du pieu ($\pi * D^2 / 4$)
p	1.24	m	périmètre de la coupe du micropieu ($D * \pi$)
γ	18.80	kN/m ³	poids spécifique de la terre
φ	22.8	°	angule de frottement intérieure
φ_1	35	°	angule de frottement terre-pieu
f	0.25		coefficient de friction intérieure
Psb	78.00	kN/m ³	poids spécifique du material du pieu (25 béton - 78 acier)
Wp	21.84	kN	poids du pieu

R_a	263450.35 kg	→	2634.50 kN	résistance latérale	99.55%
R_b	1192.5009 kg	→	11.93 kN	résistance à la pointe du pieu	0.45%
Q_{lim}	264642.85 kg	→	2646.43 kN	charge vertical limite du pieu	→ 264.64 tonn

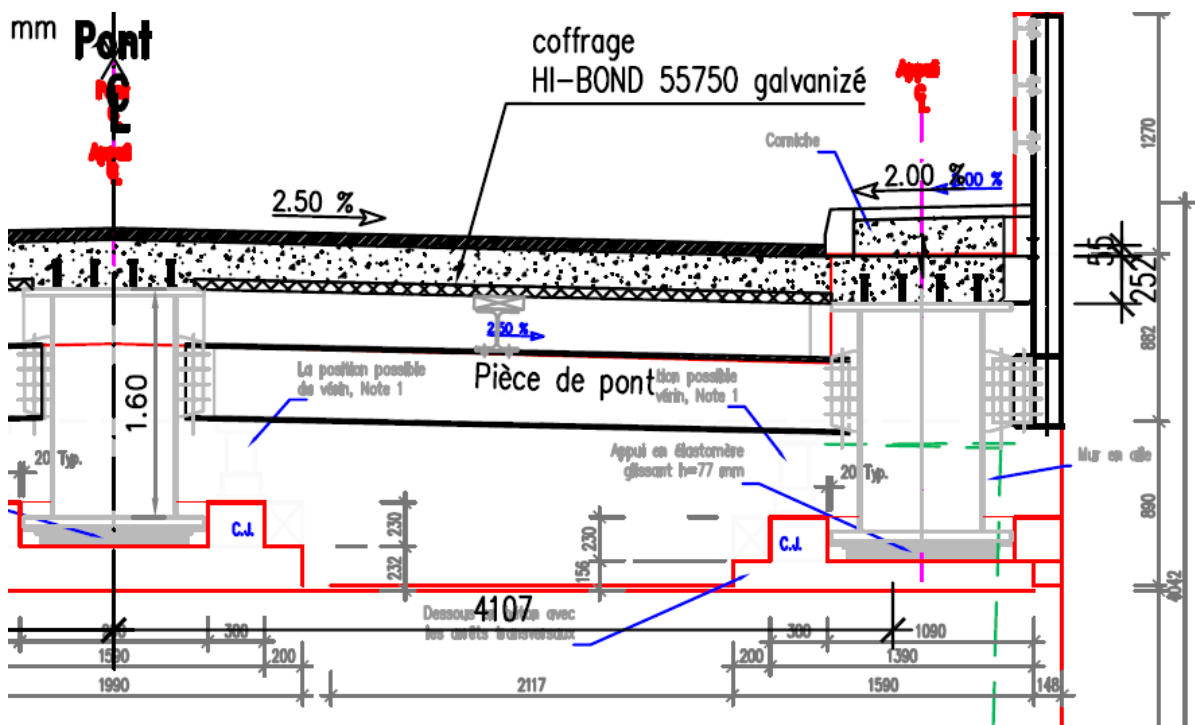
cx securité = 2.5 → $Q_{max} = (Q_{lim} - W_p) / cx \text{ secur.} = 1049.84 \text{ kN}$ → 104.98 tonn ← charge possible sur chaque pieu

solicitation de l'acier : $\sigma_b = Q_{lim} / \omega = 1049.84 / 0.01 = 104983.54 \text{ kN/m}^2$ → 1049.84 kg/cm²

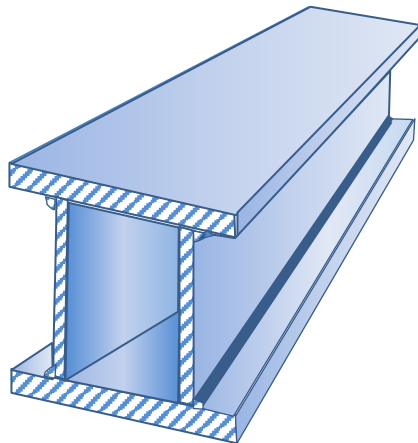
TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTIMENTALE PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3

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

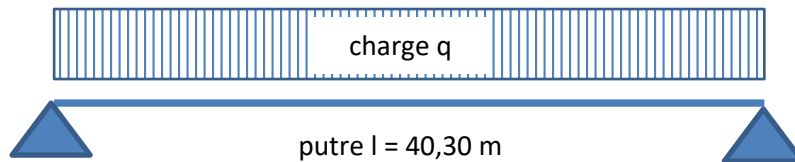


Les poutres prévues pour la variante au Pont #1 sont en acier soudé, à haute résistance, de fabrication particulière.

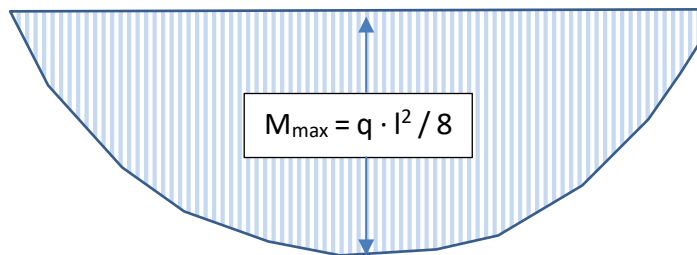


**TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTIMENTALE
PORT-DE-PAIX / ANSE A FOLEUR (RD501) - Lots 1, 2 et 3**

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 $M = q \cdot l^2 / 8$

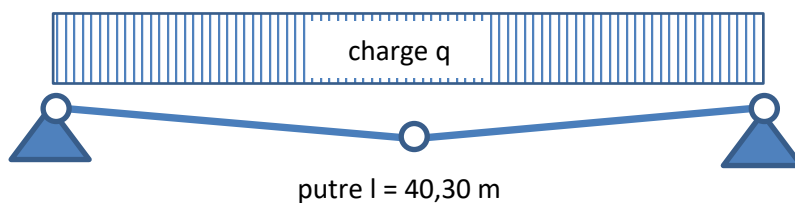


schème de calcul : poutre simplement penché



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 tensions 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 :



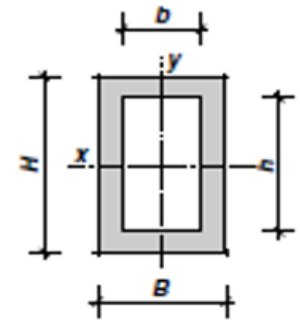
schème de calcul : les trois charnières alignées

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

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

PONT 2 Calcul poutre simplement penché

longueur de la putre	l	=	40.30	m
épaisseur dalle	s	=	0.25	m
largeur du pont	la	=	3.30	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	=	70112.5	N/m
hauteur	H	=	1.60	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_{adm} tension normale interne
σ_{adm}			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_y	=		$(B \times H^3 - b \times h^3) / 6 \times H$ = 0.062933583
σ	=	N / A	≤ σ_{lim}
σ_{lim}	=	470	MPa
I	=	7582100	cm ⁴
E _e	=	210000	Mpa
			Module di elasticité ou de young

M/W=

M_{fx}	=	$q \times l^2 / 8$	=	14233626.27	Nm
σ_{fx}	=	$M_x / (I/V)_x$	≤	σ_e	

σ_e	=	M / W	=	226.17	MPa	≤	470	Mpa	verifié
------------	---	-------	---	--------	-----	---	-----	-----	----------------

$(I/V)_x$	≥	M_x / σ_e	=	62933.58	module de résistance	0.281009
-----------	---	------------------	---	----------	----------------------	----------

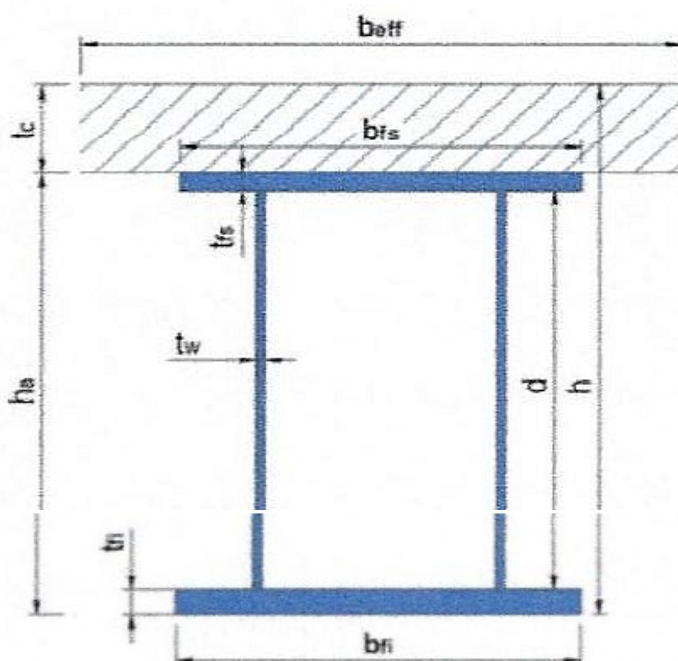
2.08 cx sécurité

Force de coupe	A	=	B	=	$q \times l / 2$	1412766.875	N
----------------	---	---	---	---	------------------	-------------	---

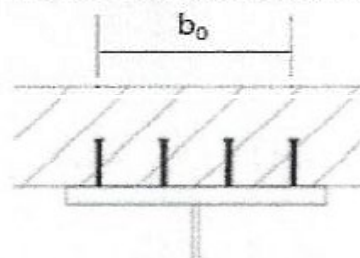
flèche maximale

flèche	f	=	$5 \times q l^4 / 384 \times J \times E$	=	0.001512	≤	0.2015	= l/800
--------	---	---	--	---	----------	---	--------	---------

verifié



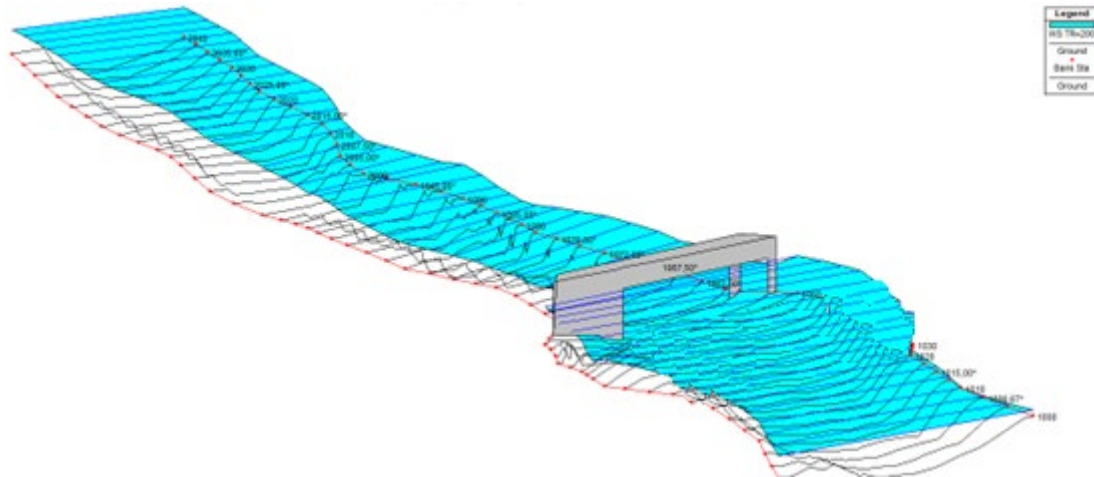
b_{eff}	=	4.259	m
t_c	=	0.30	m
h_a	=	1.60	m
b_{fs}	=	0.95	m
t_{fs}	=	0.03	m
b_{fi}	=	0.95	m
t_{fi}	=	0.03	m
t_w	=	0.024	m
b_0	=	0.75	m



**TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE CINQ PONTS SUR LA ROUTE DÉPARTIMENTALE
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 Pont2 supérieure à 100 cm pour événements extraordinaires, parce que le tronçon de la rivière est parfaitement réalisable.



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

En ce qui concerne le rapport géologique et géotechnique pour les fondations du Pont #2 il est souligné que les pieux, dans le projet initial et dans la variante GMA, ont une longueur beaucoup plus longue que la profondeur des sondages et des essais géotechniques.

Les sondages sont de 20 m et la longueur des pieux de 25 m dans le projet initial, dans la variante GMA les pieux sont des environ 27~30m. Par conséquent nous avons des données disparus sur les couches sous-jacentes le 20 m, c'est évident que les caractéristiques géotechniques sont inconnues. Les caractéristiques géotechniques des couches des profondeur supérieure à 20 m, ont été calculé par interpolation. Pour cette raison, le MdC a suggéré d'effectuer des tests et des enquêtes supplémentaires.

Il est bien entendu si sera nécessaire pendant la phase de travail la MdC demandera des essais supplémentaires.

6. Conclusions

La vérification des valeurs hydrauliques et structurelles pour le Pont #2 a donné un résultat positif, comme le soulignent les calculs effectués par cette Supervision.

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

La vérification hydrologique et hydraulique, tout en montrant des valeurs suffisantes pour les débits extraordinaires du bicentenaire, comme écrit dans le projet initial, permet une évaluation positive de la construction.

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 : GC33-Avenant.RapportDePont2.20220509