

MAÎTRISE D'OUVRAGE

**Voies Navigables de France
DT Rhône Saône**

2 rue de la Quarantaine
69321 Lyon



ETUDE SOMMAIRE ORGANISATION DU QUAI DE MACON

MISSION :	ETUDE SOMMAIRE ORGANISATION DU QUAI DE MACON
OUVRAGE :	QUAI SUD DE MACON
VILLE :	MACON (71)
MAITRE D'OUVRAGE:	VOIES NAVIGABLES DE FRANCE
BUREAU D'ETUDES :	GROMA INGENIERIE

MO	AFFAIRE	PHASE	N°DOC	TYPE DOC	IND.	DATE
VNF	MACON	ORG	001	ETU	A	15-11-24

Tableau des révisions

Version	Description	Etabli par	Date
0	Première édition	GROMA - MGI	11/10/2024
A	Modification du plan d'organisation suite à réunion du 22-10-2024 Ajout « conventionnel hors vrac » Séparation vrac / conteneur sur poste central	GROMA - MGI	15/11/2024

Sommaire

1. Contexte de l'opération.....	5
1.1. Textes réglementaires	6
1.2. Documents remis pour l'étude	6
1.3. Plan de localisation	7
2. Description du quai	8
2.1. Dimensions principales :	8
2.2. Caractéristiques des palplanches et tirants du quai.....	9
2.3. Niveaux d'eau	10
2.4. Côtes terrain	10
2.5. Evaluation des capacités du quai.....	11
3. Poste colis lourds.....	12
3.1. Données d'entrées.....	12
3.2. Mode constructif du poste colis lourds	13
3.3. prédimensionnement	15
3.3.1. Descente de charge de la grue LTM1500 -8.1	16
3.3.2. Résultats	17
3.3.3. Portance	18
3.4. Conclusion.....	22
4. Renforcement global du quai par tirants	23
4.1. Données d'entrées.....	23
4.2. Mode constructif du renforcement global	24
4.3. prédimensionnement	26
4.4. Caractéristiques des palplanches du quai : rideau principal	27
4.5. Caractéristiques des palplanches du quai : rideau d'ancrage	35
4.6. Caractéristiques des tirants d'ancrages.....	43
4.7. Caractéristiques des tirants d'ancrages (Renforcement)	48
4.8. Caractéristiques du sol.....	49
4.9. Profils bathymétriques retenus	58
4.10. Calculs des modules de réaction élastiques horizontaux.....	61
4.10.1. Quai 1ère tranche (Nord)	61
4.10.1. Quai tranche Est	63
4.11. Coefficients de poussées-butées.....	66
4.12. Exigences de calculs.....	66
5. Coupe de calculs.....	69
5.1. Coupe de calcul 1ere tranche (Ouest)	69
5.2. Coupe de calcul 2ème tranche (Est)	71

5.3. Actions et charges d'exploitation	73
5.4. Descente de charge de la Grue LHM180	74
5.5. Descente de charge de la pelle Mantsinen 70.....	76
5.6. Nappe phréatique.....	78
6. PHasage de calcul CAPACITE DU QUAI CHARGES SURFACIQUES et MANTSINEN 70.....	79
6.1. Palplanches et tirants neufs.....	79
6.2. Palplanches et tirants corrodés (age actuel = 50 ans)	80
6.3. Palplanches et tirants corrodés (age actuel + 50 ans = 100 ans).....	81
6.4. Quai tranche Ouest - Résultats de calculs corrosion actuelle	82
6.5. Résultats de calculs corrosion actuelle + 50 ans : 100 ans	83
6.6. Conclusion capacité du quai tranche Ouest	84
6.7. Résultats de calculs.....	86
6.8. Quai tranche Est - Résultats de calculs corrosion actuelle	87
6.9. Résultats de calculs corrosion actuelle + 50 ans : 100 ans	88
6.10. Conclusion capacité du quai tranche Est.....	89
6.11. Résultats de calculs.....	91
7. Organisation du quai	93
7.1. Modification des zones actuelles.....	93
7.2. Estimatif du poste colis lourd	94
7.3. Estimatifs renforcement global par tirants d'ancrage.....	94
8. ANNEXE	95
8.1. Tranche Ouest – Construction de Rankine	95
8.2. Tranche Est– Construction de Rankine.....	96
8.3. Calculs des efforts dans les poutres de roulement avant (et arrière) (RDM6) LTM1500.....	97
8.4. Résultats RIDO Tranche Ouest.....	99
8.5. Résultats RIDO Tranche Est – Pelle type Mantsinen 70.....	105
8.6. Résultats RIDO Tranche Est – Surcharge 2t/m ²	109
8.7. Configuration de levage avec 1 grue type LTM1500 et colis 170t.....	113
8.8. Configuration de levage avec 2 grues type LTM1500 et colis 280t	114
8.9. Plans.....	115

1. CONTEXTE DE L'OPERATION

La demande concerne l'étude sommaire de l'organisation du quai du port Sud de Mâcon, afin d'apporter une aide à la décision sur l'amélioration du quai avec :

- un projet de poste à colis lourds
- un projet de renforcement global par tirants d'ancrages forés
- une nouvelle organisation du quai

Cette nouvelle organisation est notamment nécessaire pour le développement des industries lourdes et l'avenir des grands projets industriels Français, mais aussi pour sécuriser les opérations de levage sur le quai.

Le quai de Mâcon a été réalisé dans les années 70, et présente des faiblesses structurelles suite, au changement des normes de calculs, à son utilisation pendant 50 ans, au vieillissement inéluctable ces 50 dernières années, et au vieillissement futur.

L'objectif est de conserver le quai existant de 350m de long en le spécialisant suivant des activités bien distinctes, avec un zonage adapté, avec des capacités de levage / manutention spécifiques, et des engins définis.

Ce rapport traite des sujets suivants :

- les chapitre 1 et 2 : descriptif actuel du quai
- le chapitre 3 : poste colis lourd
- Le chapitre 4 : renforcement global par tirants d'ancrage
- Le chapitre 5 et 6 : les calculs du renforcement global par tirants d'ancrage
les conclusions §6.6 et §6.10 sur le gain escompté par ce renforcement
- Le chapitre 7 : **L'organisation du quai et les coûts estimés**
- Le chapitre 8 : les annexes de résultats, **coupes et plans d'organisation.**

1.1. TEXTES REGLEMENTAIRES

- NF EN 1990 – Eurocode 0 – Base du calcul des structures
- NF EN 1991 – Eurocode 1 – Actions sur les structures
- NF EN 1993 – Eurocode 3 – Calcul des structures en acier
- NF EN 1993-5 Annexe nationale : EC3 partie 5 – pieux et palplanches
- NF EN 1997-1 – Eurocode 7 – Calcul géotechnique
- NF P94-282 – Calcul géotechnique ouvrage de soutènement - écrans
- NF P94-262 – Justifications des ouvrages géotechniques – Normes d’application nationale EC7

1.2. DOCUMENTS REMIS POUR L'ETUDE

- Plans :
 - Plan d’exécution du mur de Quai (1^{ère} tranche) - *Origine Ponts et Chaussées 1972*
 - Coupe type de référence quai ouest (1^{ère} tranche)
 - Détail poutre de couronnement partie ouest
 - Détail tirant d’ancrage de la partie ouest
 - Coupe type du quai partie est

Bathymétrie :

- 01-2336-QUAI-LEVE-ISO-NGF-0-Bathymétrie-NGF du 9 Octobre 2023 – Origine Géocartreau

Etudes géotechniques :

- ADI234097 - Quai du Port - Mâcon (71) du 8 Décembre 2023 – Origine Alios

Autres documents :

- Port de Macon rapport.pdf - Rapport d’expertise du quai en palplanches – Origine SIOAH 2003
- APP GC 0 003 NT 12 001 A MACON.pdf – Vérification de résistance de quai – Origine Sofren 2016

Rapport sur les capacités du quai :

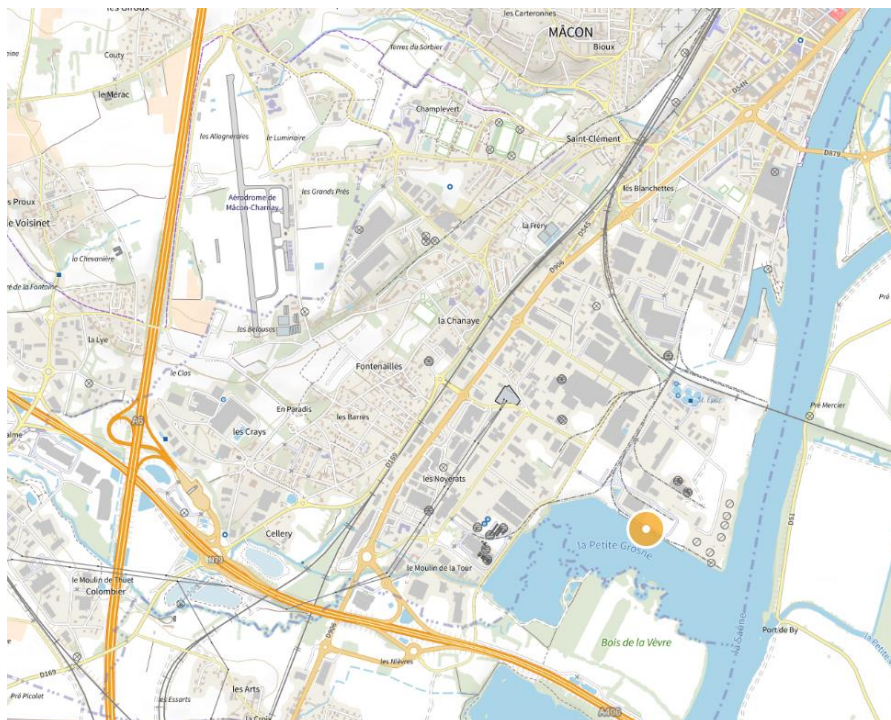
- APT_MACON_DIAG_002_ETU_ind A_06-02-24 – Rapport sur les capacités du quai – Origine GROMA 2024

Les niveaux renseignés dans le rapport seront tous recalés en NGF normal.

Sur le secteur géographique **NGF normal = NGF Orthométrique +0.25m**

1.3. PLAN DE LOCALISATION

Le quai est situé au Port Sud de Mâcon dans la Darse de la Petite Grosne au PK77 en rive droite de la Saône de la Saône entre le Viaduc de Mâcon au PK78.200 et le Viaduc Autoroutier au PK76.500.

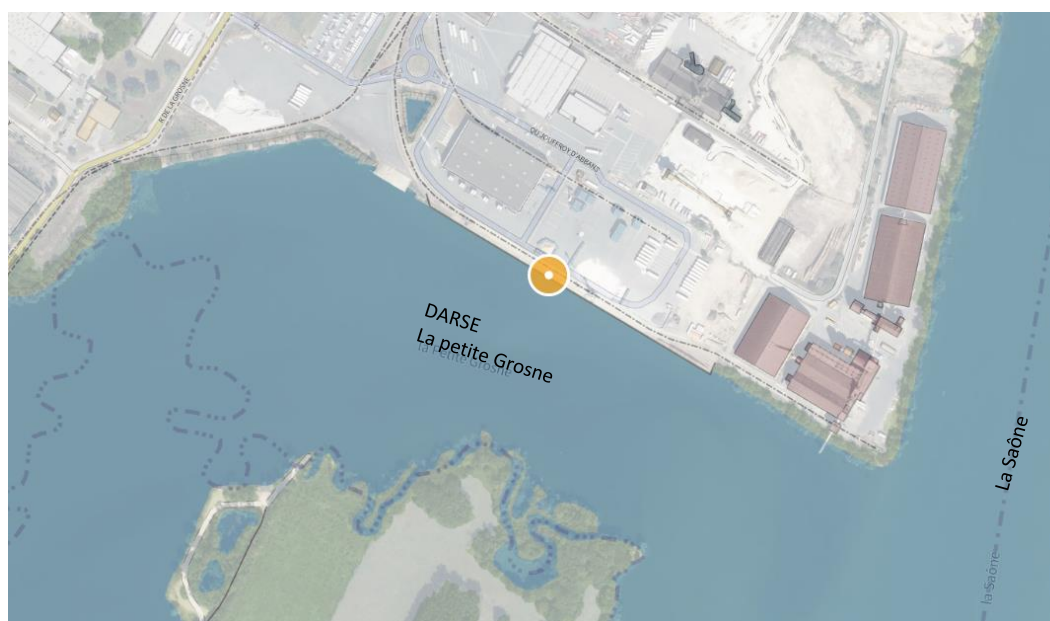


Plan de situation du quai – Source Géoportail

Coordonnées GPS :

Latitude : 46° 16'52.98"N

Longitude : 4° 49'14.37"E



Position du quai dans la darse

2. DESCRIPTION DU QUAÏ

Ces données s'appuient sur les documents communiqués complétés des vérifications faites dans les archives mises à disposition et directement sur site par mesures dans le cadre de l'inspection sur les parties accessibles lors de l'étude des capacités du quai précédemment réalisée.

2.1. DIMENSIONS PRINCIPALES :

Le quai de la zone portuaire Sud de Mâcon a été réalisé en 2 fois

- Une première partie en 1972, présentant une longueur de 250 m (partie se situant côté Ouest), réalisée par la société Grand Travaux de L'est (GTE)
- Une deuxième partie en 1979, présentant une longueur de 100 m (partie se situant côté Est (Saône)). Elle est raccordée à la première partie et prolonge celle-ci dans le même alignement, et réalisée par la société EMCC

Longueur du front d'accostage : 350 m

Longueur des murs en retours : 15+15 m

Longueur du rideau d'ancrage (rideau arrière) : 355 m

2.2. CARACTERISTIQUES DES PALPLANCHES ET TIRANTS DU QUAI

1^{er} tranche (côté ouest) :

Rideau principal :

- Type de palplanches : L2S – Fournisseur SIDELOR/Profil ARBED (ex ARCELOR)
- Nuance d'acier E24, soit équivalent nuance actuelle S235 GP
- Longueur des palplanches sur front d'accostage : 13.15 m

Rideau d'ancrage (arrière) :

- Type voile béton armé : épaisseur 0.40m, 2 m de hauteur
- Tirant situé à mi-hauteur

Tirants :

Tirants à extrémités refoulées Ø72-85 longueur 12.50m, nuance E270*, soit équivalent nuance actuelle S270, espacés tous les 3 mètres. * nuance retenue dans les précédentes études transmises.

Poutrelles :

Poutrelles 2UPN300 nuance S235 pour raccordement des tirants aux palplanches et pour le voile béton

2^{ème} tranche (côté est) :

Rideau principal :

- Type de palplanches : L2S – Fournisseur SIDELOR/Profil ARBED (ex ARCELOR)
- Nuance d'acier E24, soit équivalent nuance actuelle S235 GP
- Longueur des palplanches sur front d'accostage : 15.15 m

Rideau d'ancrage (arrière) :

- Type de palplanches : L2S – Fournisseur SIDELOR/Profil ARBED (ex ARCELOR)
- Nuance d'acier E24, soit équivalent nuance actuelle S235 GP
 - Longueur des palplanches 3.00m

Tirants :

*** Tirants à extrémités refoulées Ø72-85 longueur 14.50m, nuance E270*, soit équivalent nuance actuelle S270 espacés tous les 2 mètres. * nuance retenue dans les précédentes études transmises.

Poutrelles :

Poutrelles 2UPN260 nuance S235 pour raccordement des tirants aux palplanches et pour le rideau d'ancrage.

*** Suite à la visite sur site, il s'avère que pour la 2^{ème} tranche, les plans sont incorrects et les tirants sont espacés tous les 1.00m d'axe en axe et sont constitués de barre d'acier lisse à extrémité refoulée de 56mm de diamètre.

Compte tenu du mode constructif (1 tirant par paire de palplanches), la présence des 2 UPN est peu probable et considéré comme absente.

2.3. NIVEAUX D'EAU

Niveau d'eau :

Plus hautes eaux connues estimées : Crue de 2001 à +6.55m (au lieu de +1.55m à la RN), soit 174.45 NGF

Retenue normale : 169.45 NGF

Plus basse eau : estimée à 169.00 NGF : cette côte est inférieure à la Retenue normale, ce qui suppose une défaillance des clapets du barrage de Dracé).

Ce n'est pas la situation la plus défavorable.

2.4. COTES TERRAIN

Niveau du quai : 174.45 NGF (poutre de couronnement)

1^{ère} tranche (côté Ouest) :

Niveau des terrains devant les palplanches (côté eau) : 166.15 NGF (théorique à la construction)

2^{ème} tranche (côté Est) :

Niveau des terrains devant les palplanches (côté eau) : 165.45 NGF (théorique à la construction)

Les bathymétries réalisées par Géocarteau montrent des niveaux de terrains plus bas que prévus par les notes de calculs et les plans de la construction :

1^{ère} tranche (côté Ouest) :

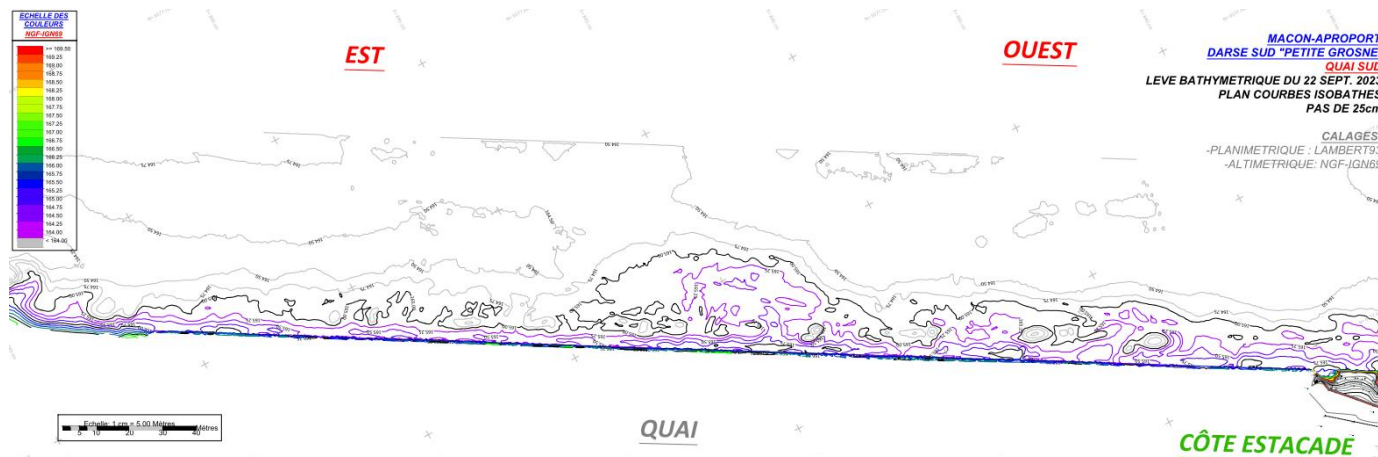
Niveau des terrains devant les palplanches (côté eau) : **165.00 NGF (-1.15m/ côte théorique)**

2^{ème} tranche (côté Est) :

Niveau des terrains devant les palplanches (côté eau) : **164.75 NGF (-0.70m/ côte théorique)**

On constate également des disparités le nivellement des terrains devant les palplanches, avec une banquette qui s'avance à +30m/front du quai, et d'autres zones où cette banquette ne s'avance qu'à +5m/front du quai.

La forme de banquette sera prise en compte dans les calculs.



Extrait bathymétrie 01-2336-QUAI-LEVE-ISO-NGF-0-Bathymétrie-NGF.pdf

2.5. EVALUATION DES CAPACITES DU QUAI

Le rapport APT_MACON_DIAG_002_ETU_ind A_06-02-24 – Origine GROMA sur les capacités du quai Sud de Mâcon précise :

« Le quai pouvait accepter 5 tonnes/m² de charges réparties lors de sa réalisation.

La non-conformité sur le mouillage réel a entraîné une augmentation de la hauteur à soutenir. Cela se traduit malgré une diminution de la capacité du quai à 3t/m² :

- *par une augmentation importante des efforts dans les palplanches et les tirants : **environ +20%***
- *par une perte de la stabilité des palplanches qui ne sont plus assez fichées dans le sol : **manque 1.50m de fiche (longueur de palplanches)***

L'étude de cas de charges spécifiques dans ce rapport permet de justifier le maintien de l'atelier de production du quai Ouest avec l'utilisation de la LHM 180 ou des pelles Mantsinen 70 (et Sennebogen 850) suivant les positions et conditions de chargement détaillées.

Une non-conformité est présente sur la longueur des palplanches du rideau principal :

La non-conformité sur le mouillage a conduit à une diminution de la sécurité (perte de longueur fichée)

Cette conclusion était déjà celle du rapport de 2003 par la société SIOAH qui précisait des dépassements légers des seuils admissibles, et : « un approfondissement du tirant d'eau au droit du quai et les travaux d'entretien de dragage ne peuvent tolérer de surprofondeur ».

Remarque : ce rapport ne prenait pas en compte les sondages géotechniques.

Une non-conformité est présente sur le rideau d'ancrage qui ne respecte pas la disposition constructive justifiant de la non-interaction entre rideau (construction de Rankine)

Dans 50 ans, si la perte d'épaisseur par corrosion des palplanches du rideau principal suit la perte d'épaisseur réglementaire, les contraintes admissibles par les palplanches et les tirants seront largement dépassées.

Compte tenu des non-conformités importantes sur le quai tranche Ouest, nous recommandons d'utiliser le quai dans les conditions identiques ou inférieures à celles actuelles et au maximum similaires aux cas de charges de ce rapport pour ne pas interrompre la production, et de procéder à une réparation.

La réparation ou confortement permettrait de rétablir une sécurité acceptable pour rétablir partiellement les capacités prévues à l'origine pour le quai, notamment sur la capacité de stockage surfacique.

Le quai pourrait également faire l'objet d'un renforcement localisé et dédié au levage par la mise en œuvre de pieux de fondation et poutres de roulement disposés sous les patins de grue, et reprenant les descentes de charges sans surcharger le quai en palplanches. »

Les paragraphes suivants traiteront des projets suivants :

- *Projet de création d'un poste colis lourd*
- *Confortement généralisé du quai par mise en place de tirants d'ancrages forés.*

3. POSTE COLIS LOURDS

3.1. DONNEES D'ENTREES

Le projet de poste colis lourd répond à un besoin des levageurs de pouvoir charger et décharger depuis le quai Sud de Mâcon.

Il s'inscrit également dans un besoin de sécuriser une zone du quai qui serait également dédiée aux transports de conteneurs.

Le caractère récurrent du transport des conteneurs et sporadique mais planifié pour le transport de colis lourd permet de mutualiser l'installation.

Les sociétés de levage ont été sollicitées afin d'établir le type de colis rencontré actuellement et prévisible dans le futur par rapport à l'activité économique et leurs liens étroits avec les sites industriels majeurs du secteur.

Type de colis envisagé :

- Colis jusqu'à 170t, pouvant être levé avec 1 grue mobile type LTM1500
- Colis jusqu'à 280t, pouvant être levé avec 2 grues mobiles type LTM1500

La présente étude s'appuie sur les caractéristiques de ces grues et notamment les descentes de charges et entraxes patins.

Des grues ou engins de levages de caractéristiques équivalentes ou inférieures sont également acceptables.

Dans la situation où un colis de 170t doit être levé, avec 1 grue, il sera considéré une longueur de 25m de poste colis lourd (en linéaire de bord à quai).

Dans la situation où un colis de 280t doit être levé, avec 2 grues, la taille du colis, l'espacement entre les grues, et la longueur des grues conduit à considérer une longueur de 45m de poste colis lourd (en linéaire de bord à quai).

Les configurations de levage sont données en annexe

3.2. MODE CONSTRUCTIF DU POSTE COLIS LOURDS

A cause des capacités du quai existant non compatibles avec le levage de colis lourd, le nouvel ouvrage de poste colis lourd nécessite une structure indépendante/complémentaire au quai.

Le quai existant assurerait sa fonction première de permettre aux bateaux de se rapprocher de la berge en offrant le mouillage nécessaire et suffisant.

Le poste colis lourd serait un dispositif fondé sur pieux au sein du quai et permettant aux descentes de charges des patins de grues de mobiliser le sol par effet de pointe et par frottement sol/pieux sans apporter de surcharge supplémentaire au quai existant.

Cette solution permet également de conserver le quai existant sans modifier sa magistrale d'accostage et donc les alignements des bateaux s'amarrant le long du quai.

Le quai garderait le linéaire total de bord à voie d'eau disponible, ce qui répond également au besoin général d'organisation du quai.

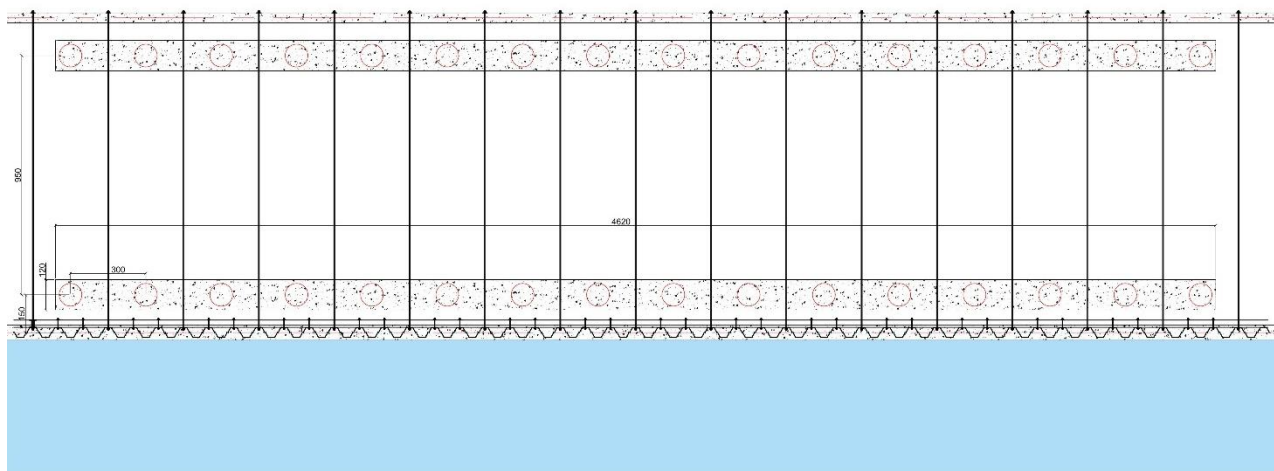
Le poste colis lourd serait donc constitué de :

- 2 lignes de pieux métalliques de diamètre ~900mm vibrofoncés et battus dans le sol espacés tous les 3.00 mètres (entre les tirants existants espacés tous les 3m).
La première ligne étant située à environ 1.50m de l'axe du rideau de palplanches
La deuxième ligne étant située à environ 11.00m de l'axe du rideau de palplanches (et 9.50m de la 1^{ère} ligne = entraxe patin grue).
- 2 poutres de roulement en béton armé surmontant chaque ligne de pieux, de hauteur 1.20m, de largeur 1.20m.
- Un nouveau revêtement suite aux terrassements nécessaires pour vérifier le bon positionnement des pieux métalliques entre tirants.

Le linéaire du poste colis lourd serait à adapter suivant la limite de tonnage fixée sur les colis :

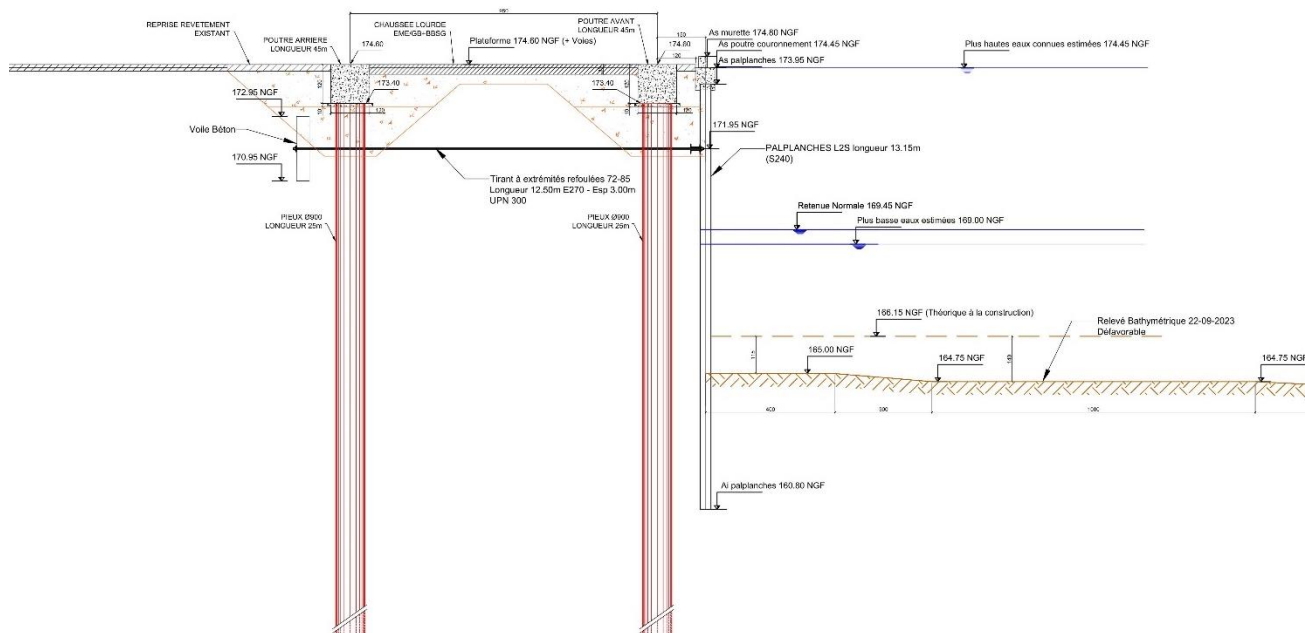
- Colis max = 170t : 25m (2 poutres de 25m, et 18 pieux métalliques)
- Colis max = 280t : 45m (2 poutres de 45m, et 32 pieux métalliques)

VUE EN PLAN QUAI - PROJET POSTE COLIS LOURDS
1ère TRANCHE (OUEST)
ECHELLE 1/125



Vue en Plan Poste colis lourds (plan en annexe)

COUPE QUAI - PROJET POSTE COLIS LOURDS
1ère TRANCHE (OUEST)
ECHELLE 1/100



Vue en coupe Poste colis lourds (plan en annexe)

3.3. PREDIMENSIONNEMENT

Limite de l'étude :

Le prédimensionnement suivant permet de valider le mode constructif du Poste colis lourds.

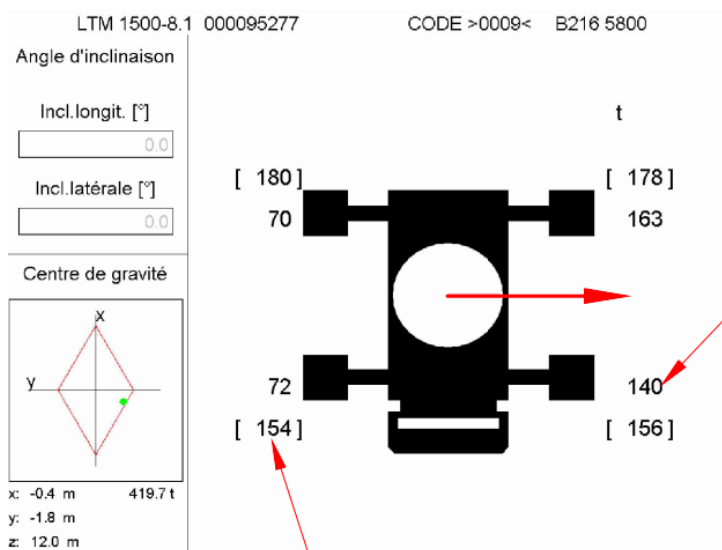
En l'absence d'investigations des sols en profondeurs, il ne permet pas de statuer sur la longueur, diamètres et épaisseurs définitives des pieux.

Les hypothèses de sols retenus par la suite sont des hypothèses de « sol normal ».

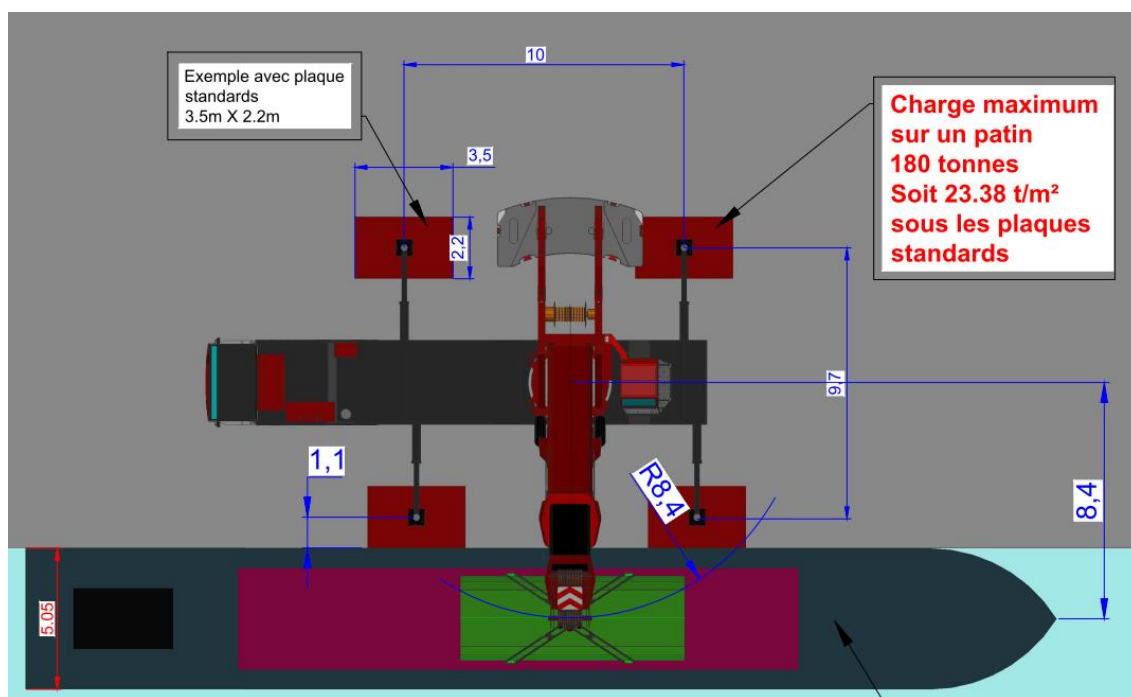
Les caractéristiques des poutres et des pieux ne sont pas modifiées suivant si le projet concerne un linéaire de 25m de poste colis lourd (1 grue), ou 45m de poste colis lourd (2 grues).

Les cas de charges sont identiques.

3.3.1. DESCENTE DE CHARGE DE LA GRUE LTM1500 -8.1



Extrait descente de charge cas le plus défavorable Grue LTM 1500 – 8.1



Dimension de la grue Grue LTM 1500 – 8.1

Prise en compte d'appui direct des patins de grue sur les poutres de roulement :

Descente de charge maximum : 180t /patin

ELS :

$$P_{ELSmax} = G + Q = 1 \times 1.2 \times 2.5 + 180 = \mathbf{183 \text{ t au droit du patin}}$$

$$P_{ELSmax} = G + Q = 1 \times 1.2 \times 2.5 = \mathbf{3 \text{ t / ml hors patin (uniquement poids poutre béton)}}$$

ELU :

$$P_{ELUmax} = 1.35 G + 1.5 Q = 1.35 \times (3) + 1.5 \times 180 = \mathbf{274 \text{ t au droit du patin}}$$

$$P_{ELUmax} = 1.35 G + 1.5 Q = 1.35 \times (3) = \mathbf{4.00 \text{ t / ml hors patin}}$$

Sécuritairement, pour les calculs, on considère que les 2 patins appuyés sur la poutre sont chargés de la même manière. La poutre avant et la poutre arrière sont prédimensionnées pour recevoir les mêmes efforts.

3.3.2. RESULTATS

Les résultats sont obtenus suivant différentes position de patins : patin centré sur pieu et patin centré entre pieux

	Cas de charge	Moment fléchissant maximum T.m	Moment fléchissant minimal T.m	Effort maximum sur appui T
1	ELU - patins centrés sur appuis	122	-73	277
2	ELU - patins en travée	167	-85	281
	Maximum ELU	167	-85	281

Tableau récapitulatif des résultats (voir annexe pour l'ensemble des résultats RDM6) – voir annexe

Calculs résistance poutre et ferrailage :

Le moment maximum en travée est de : 167 t.m

La section minimale d'acier pour le lit inférieur est de : 36.94 cm² (12 HA20)

Le moment maximum sur appui est de : (-) 85 t.m

La section minimale d'acier pour le lit supérieur est de : 18.44 cm² (12 HA16)

Calculs résistance des pieux métalliques :

Tube diamètre 900mm épaisseur 20mm

Prise en compte d'une perte d'épaisseur par corrosion sur 100 ans

- 1.20mm face intérieure
- 1.20mm face extérieure
- 2.40 mm total

Section neuve : 552.9 cm²

$$\sigma_{ELU} = 281 \times 10^3 / 552.9 = 508 \text{ kg/cm}^2 < 3550 \text{ kg/cm}^2$$

Section corrodée 100 ans : 486.6 cm²

$$\sigma_{ELU} = 281 \times 10^3 / 486.6 = 577 \text{ kg/cm}^2 < 3550 \text{ kg/cm}^2$$

Le tube diamètre 900mm convient.

3.3.3. PORTANCE

Nous ne disposons pas de sondages géotechniques en profondeur définissant les caractéristiques de sols permettant d'établir des calculs de portance des pieux.
Les hypothèses suivantes seront à confirmer avec des sondages.

Type de fondation profonde : tube métallique ouvert battu par vibrofonçage.

Classe 5 – Catégorie 13 – Battu acier ouvert (BAO) selon NF EN 12699

Tube : $\varnothing 900 \times \text{ep } 1.76$ corrodée, limite élastique 355

1) Charge limite de pointe : $R_b = A_b \times k_p \times p_{le}^* \times r_b$

Type de sol à la pointe : sols intermédiaires sable grave

Pression limite nette équivalente à la pointe : $p_{le}^* =$ 3,0 MPa

Coefficient réducteur car pieu vibrofoncé : $r_b =$ 0,5

Surface de la pointe : $A_b =$ 0,636 m²

facteur de portance : $k_p =$ 1,9

$R_b = 1813 \text{ kN}$

Vérification du critère de non réduction de la portance par rapprochement des pieux :

$3 B = 3 \times 0.900 = 2.70\text{m} < d = 3.00\text{m}$; $C_e = 1$

d : entraxe des pieux

B : diamètre des pieux

C_e : coefficient d'efficacité

Critère vérifié

2) Charge limite de frottement latéral : $R_s = P_s \times q_s \times \alpha_{sol} \times h \times r_s$

Périmètre du tube $P_s = 0.900 \times \pi = 2.826 \text{ m}$

Coefficient réducteur car pieu vibrofoncé : $r_s =$ 0,7

Sondages : toute hauteur (-3m neutralisé / remblai)

$q_s = 80 \text{ kPa}$

$R_s = 2.826 \times ((25-3) \times 80 \times 0.7) \times 0.7 = 2437 \text{ kN}$

Valeur caractéristique de pointe : $R_{b;k} = R_b / (\gamma_{R;d1} \times \gamma_{R;d2})$

Valeur caractéristique de frottement : $R_{s;k} = R_s / (\gamma_{R;d1} \times \gamma_{R;d2})$

$\gamma_{R;d1} = 1.15$

$\gamma_{R;d2} = 1.10$

$R_{b;k} = 1433 \text{ kN}$

$R_{s;k} = 1926 \text{ kN}$

Coefficients partiels :

- Situations durables et transitoires :

$\gamma_b = 1.1$

$\gamma_s = 1.1$ compression

$\gamma_s = 1.15$ traction

- Facteurs partiels de résistance à l'ELS :

$\gamma_{cr} = 0.9$ compression ELS caractéristiques

$\gamma_{sr} = 1.1$ traction ELS caractéristiques

Capacités portantes :

ELU durables et transitoires (compression) : $R_{c;d} = R_{b;k} / \gamma_b + R_{c;k} / \gamma_s$

ELU durables et transitoires (traction) : $R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_s$

ELS caractéristique (compression) : $R_{c;cr;d} = R_{c;cr;k} / \gamma_{cr}$

ELS caractéristique (traction) : $R_{c;cr;d} = R_{c;cr;k} / \gamma_{s;cr}$

Calculs des capacités portantes / adéquation aux descentes de charge

	Compression (kN)	Condition de portance	Descente charge FZ (kN)	(Traction (kN))	Pas de traction
ELS	2613	> vérifiée	-1873	1225	
ELU	3054	> vérifiée	-2810	1675	

Les conditions de portances sont vérifiées.

Suivant les hypothèses retenues, les pieux peuvent reprendre les descentes de charge de la grue s'ils sont mis en œuvre uniquement par vibrofonçage.

Le calcul suivant considère une mise en œuvre par battage qui est plus sécuritaire.

Type de fondation profonde : tube métallique ouvert battu par battage

Classe 5 – Catégorie 13 – Battu acier ouvert (BAO) selon NF EN 12699

Tube : $\varnothing 900 \times \text{ep } 1.76$ corrodée, limite élastique 355

3) Charge limite de pointe : $R_b = A_b \times k_p \times p_{le}^* \times r_b$

Type de sol à la pointe : sols intermédiaires sable grave

Pression limite nette équivalente à la pointe : $p_{le}^* = 3,0 \text{ MPa}$

Coefficient réducteur car pieu vibrofoncé : $r_b = 0,5$

Surface de la pointe : $A_b = 0,636 \text{ m}^2$

facteur de portance : $k_p = 1,9$

$R_b = 3625 \text{ kN}$

Vérification du critère de non réduction de la portance par rapprochement des pieux :

$3 B = 3 \times 0.900 = 2.70\text{m} < d = 3.00\text{m} ; C_e = 1$

d : entraxe des pieux

B : diamètre des pieux

C_e : coefficient d'efficacité

Critère vérifié

4) Charge limite de frottement latéral : $R_s = P_s \times q_s \times \alpha_{sol} \times h \times r_s$

Le frottement ne devrait être pris en compte qu'à partir de la côte 156.25 : soit -1m sous le fond de fouille.

Périmètre du tube $P_s = 0.900 \times \pi = 2.826 \text{ m}$

Coefficient réducteur car pieu vibrofoncé : $r_s = 0,7$

Sondages : toute hauteur (-3m neutralisé / remblai)

$q_s = 80 \text{ kPa}$

$R_{s1} = 2.826 \times ((25-3) \times 80 \times 0.7) = 3481 \text{ kN}$

Valeur caractéristique de pointe : $R_{b;k} = R_b / (\gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2})$

Valeur caractéristique de frottement : $R_{s;k} = R_s / (\gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2})$

$$\gamma_{R;d1} = 1.15$$

$$\gamma_{R;d2} = 1.10$$

$$\underline{R_{b;k} = 2865 \text{ kN}}$$

$$\underline{R_{s;k} = 2751 \text{ kN}}$$

Coefficients partiels :

- Situations durables et transitoires :

$$\gamma_b = 1.1$$

$$\gamma_s = 1.1 \quad \text{compression}$$

$$\gamma_s = 1.15 \quad \text{traction}$$

- Facteurs partiels de résistance à l'ELS :

$$\gamma_{cr} = 0.9 \quad \text{compression ELS caractéristiques}$$

$$\gamma_{sr} = 1.1 \quad \text{traction ELS caractéristiques}$$

Capacités portantes :

$$\text{ELU durables et transitoires (compression) : } R_{c;d} = R_{b;k} / \gamma_b + R_{c;k} / \gamma_s$$

$$\text{ELU durables et transitoires (traction) : } R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_s$$

$$\text{ELS caractéristique (compression) : } R_{c;cr;d} = R_{c;cr;k} / \gamma_{cr}$$

$$\text{ELS caractéristique (traction) : } R_{c;cr;d} = R_{c;cr;k} / \gamma_{s;cr}$$

Calculs des capacités portantes / adéquation aux descentes de charge

	Compression (kN)	Condition de portance	Descente charge FZ (kN)	(Traction (kN))	Pas de traction
ELS	4369	> vérifiée	-1873	1751	
ELU	5106	> vérifiée	-2810	2392	

Les conditions de portances sont vérifiées.

**Les pieux peuvent prendre les descentes de charge de la grue s'ils sont mis en œuvre par battage.
La sécurité offerte est plus importante que si les pieux sont mis en œuvre uniquement par vibrofonçage.**

3.4. CONCLUSION

Selon les hypothèses de sol retenues, les tubes sont vérifiés en résistance et en portance.
Les dimensions de poutres sont en adéquation avec les charges amenées par les patins de grue.

Des sondages géotechniques doivent être réalisés pour permettre de valider les hypothèses de sols retenues, une fois l'implantation du poste colis lourd définie.

4. RENFORCEMENT GLOBAL DU QUAÏ PAR TIRANTS

4.1. DONNEES D'ENTREES

Le renforcement global du quai s'inscrit dans une démarche de rétablir la sécurité des opérations sur le quai, notamment pour les opérations de chargement et déchargement de Vrac et du stockage.

Il permet également de corriger la sécurité consommée suite à des dragages qui ont entraîné une augmentation de la hauteur soutenue par le rideau principal.

La présence d'un renforcement permet aussi de limiter la perte de capacité inéluctable du quai due au vieillissement naturel provoqué par la corrosion des palplanches et des tirants d'ancrages existant.

Le renforcement global du quai ne permettra pas de sécuriser des interventions de levage de colis lourd où les grues ou pelles présentent des descentes de charges bien trop importantes.

Le renforcement global par tirants d'ancrage n'est pas réalisable sur une zone de poste colis lourd (la présence des pieux métalliques empêchant la réalisation de nouveaux tirants d'ancrage) : les descentes de charge des grues quand elles sont sur pneus sont de 13t par essieu et sont adaptées au quai.

- Le renforcement global peut être appliqué sur tout le quai sauf sur la zone du poste colis lourd.

4.2. MODE CONSTRUCTIF DU RENFORCEMENT GLOBAL

Le procédé consiste à réaliser des tirants d'ancrage forés.

La mise en œuvre se fait depuis la voie d'eau par ponton flottant et foreuse.

Les tirants sont réalisés hors d'eau et tous les 1.00m linéaire de quai (dans chaque onde de palplanches) et permettent d'assurer aux palplanches du rideau principal un appui supplémentaire au tirant d'ancrage horizontal existant.

Les têtes de tirants sont fixées sur platines soudées aux palplanches et ne dépassent pas de la magistrale d'accostage. Les tirants sont ainsi protégée vis-à-vis du risque de chocs de bateaux, et ne nuisent pas à l'accostage des bateaux.

- Le quai garderait le linéaire total de bord à voie d'eau disponible, ce qui répond également au besoin général d'organisation du quai.

En cas de sollicitations plus importantes du quai, les efforts maximum dans les palplanches et les tirants existants seraient minorés, les tirants d'ancrage forés participants à la reprise de sollicitations.

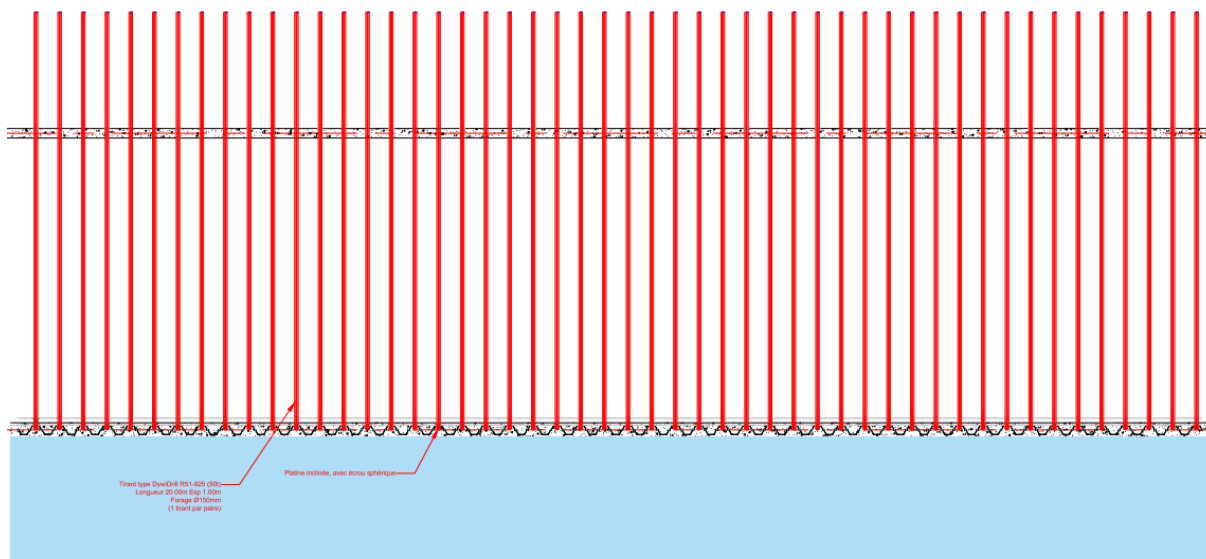
L'ajout d'une ligne de tirant permet de mieux répartir les efforts dans les palplanches.

L'effondrement du quai suite à défaillance des tirants existants pourrait dans certaines circonstances être empêché ou limité par l'appui supplémentaire offert par les tirants d'ancrage forés.

Le renforcement global serait donc constitué de :

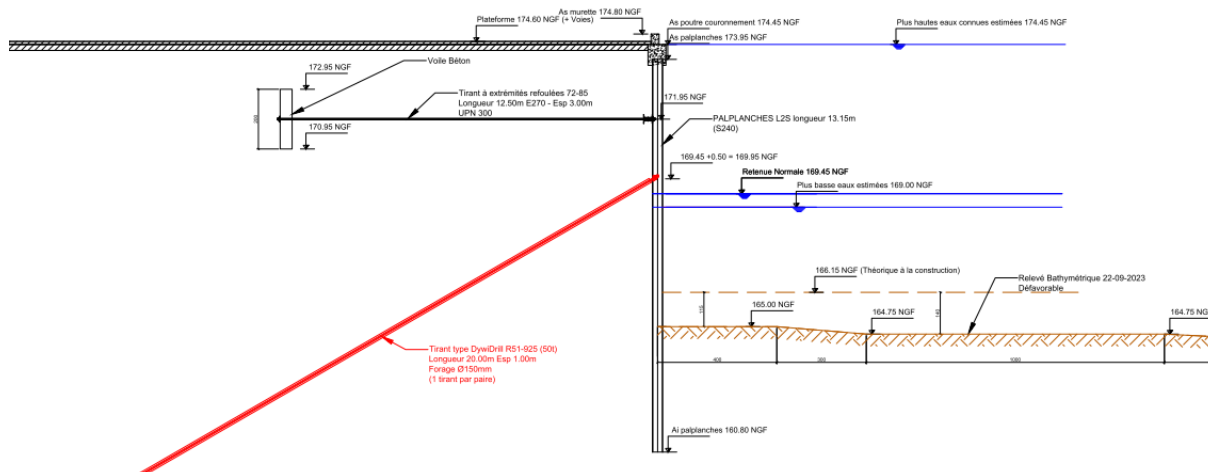
- 1 tirant d'ancrage par paire de palplanches (1 sur 2), dans chaque onde
- 1 platine soudée sur la palplanches
- 1 écrou pour liaisonner le tirant à la platine.

VUE EN PLAN QUAI - RENFORCEMENT GLOBAL
TIRANTS D'ANCRAGE - 1ère TRANCHE (OUEST)
ECHELLE 1/125



Vue en Plan renforcement global par tirants d'ancrage forés (plan en annexe)

COUPE QUAI - RENFORCEMENT GLOBAL
TIRANTS D'ANCRAGE - 1ère TRANCHE (OUEST)
ECHELLE 1/100



Vue en coupe renforcement global par tirants d'ancrage forés (plan en annexe)

4.3. PREDIMENSIONNEMENT

Le prédimensionnement qui permet de renseigner sur le gain escompté du renforcement global par mise en œuvre des tirants d'ancrage forés reprend les calculs des capacités du quai en ajoutant des phases de calculs intermédiaires.

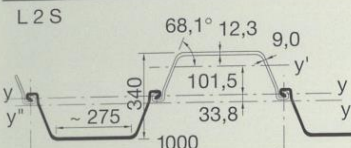
Les conclusions sont présentées dans les paragraphes §6.6 et §6.10.

4.4. CARACTERISTIQUES DES PALPLANCHES DU QUAI : RIDEAU PRINCIPAL

- Type de palplanches : L2S – Fournisseur SIDELOR/Profil ARBED (ex ARCELOR)
- Palplanches en U en barres simples, joints non pincés à 1 appui ($\beta b=0.7$ et $\beta d=0.5$)
- Prise en compte d'une épaisseur sacrificielle théorique sur 50 ans (age actuel), 100 ans
- Nuance d'acier : E24 ancienne norme, équivalent à la nuance actuelle S235 GP
- Palplanches neuves normalisées de classe 2 : coefficient partiel de sécurité = 1.0 (sur la limite élastique) à l'ELU
- Palplanches corrodées normalisées de classe 2 : coefficient partiel de sécurité = 1.0 (sur la limite élastique) à l'ELU
- Longueur des palplanches : 13.15m pour la 1^{ère} tranche côté Ouest, et 15.15m pour la 2^{ème} tranche côté Est.

Profil	Largeur Hauteur utile		Epaisseur		Section cm²/m	Masse		Moment d'inertie cm⁴/m	Module de flexion élastique cm³/m	Moment statique cm³/m	Module de flexion plastique cm³/m	Classe*					
	b mm	h mm	t mm	s mm		palplanche simple kg/m	rideau kg/m²					S 240	S 270	S 320	S 355	S 390	S 430
PU 6	600	226	7,5	6,4	97	45,6	76	6780	600	335	697	3	3	4	4	4	4
PU 8	600	280	8,0	8,0	116	54,5	91	11620	830	470	983	3	3	3	4	4	4
PU 12	600	360	9,8	9,0	140	66,1	110	21600	1200	700	1457	2	2	2	2	2	2
PU 16	600	380	12,0	9,0	159	74,7	124	30400	1600	915	1878	2	2	2	2	2	2
PU 20	600	430	12,4	10,0	179	84,3	140	43000	2000	1155	2363	2	2	2	2	2	2
PU 25	600	452	14,2	10,0	199	93,6	156	56490	2500	1420	2899	2	2	2	2	2	2
PU 32	600	452	19,5	11,0	242	114,1	190	72320	3200	1810	3687	2	2	2	2	2	2
L 2 S	500	340	12,3	9,0	177	69,7	139	27200	1600	900	1871	2	2	2	2	2	2
L 3 S	500	400	14,1	10,0	201	78,9	158	40010	2000	1160	2389	2	2	2	2	2	2
L 4 S	500	440	15,5	10,0	219	86,2	172	55010	2500	1435	2956	2	2	2	2	2	2
JSP 2	400	200	10,5	–	153	48,0	120	8740	874	465							
JSP 3	400	250	13,0	–	191	60,0	150	16800	1340	730							

CARACTERISTIQUES

Profil	S = Pal. simple D = Pal. double T = Pal. triple	Section cm²	Masse	Moment d'inertie cm⁴	Module de flexion élastique cm³	Rayon de giration cm	Surface à traiter*
 L 2 S	Par S	88,8	69,7 kg/m	4440	359	7,07	1,48
	Par D	177,6	139,4 kg/m	27200	1600	12,38	2,94
	Par T	266,4	209,1 kg/m	37750	1850	11,90	4,40
	Par ml de rideau	177	139 kg/m²	27200	1600	12,38	2,92

Extrait catalogue palplanches UNIMETAL édition 1989

Les valeurs β_B et β_D à utiliser sont définies dans le Tableau ci-après.

Coefficients β_B et β_D

Type de palplanche en U	Nombre d'appuis	Type de sol	Coefficients	
			β_B	β_D
Simple	0 (= pied de palplanche)		0,6	0,4
	1		0,7	0,5
	≥ 2		0,8	0,6
Double solidarisée (par points de pinçage ou soudure)	0 (= pied de palplanche)	lâche	0,7	0,6
		autre	0,8	0,7
	1	lâche	0,8	0,7
		autre	0,9	0,8
	≥ 2	lâche	0,9	0,8
		autre	1,0	0,9

NOTE 1 Pour la solidarisation des palplanches, voir 6.4 de l'EN 1993-5:2007.

NOTE 2 Pour les sols situés au-dessus de la nappe phréatique, ces coefficients peuvent être majorés de 0,1 (mais bornés à 1,0).

NOTE 3 Avec des terrains multicouches, des coefficients différents peuvent être appliqués sur la longueur de la palplanche. Par simplification, les coefficients les plus faibles peuvent être appliqués sur toute la longueur de la palplanche.

Coefficients minorateurs retenus

Remarque : l'ajout d'un niveau de tirant, permet de passer de 1 à 2 appui, ce qui permet d'améliorer les caractéristiques des palplanches, d'un point de vue normatif.

Palplanche corrodée pour 50 ans (age actuel)

Corrosion : prise en compte de la norme NF EN 1993-5

eau douce ordinaire en rivière dans la zone d'attaque élevée : 0.9 mm

sols naturel intacts (sable, limon, argile, schiste...) avec ou sans nappe phréatique : 0.6 mm

Devant :

- De la tête des palplanches jusqu'au niveau de la retenue normale - 1.00m : 0.9mm
- Du plan d'eau minimum -1.00m : au pied des palplanches : 0.6 mm

Derrière :

- De la tête au pied des palplanches : 0.6 mm

Caractéristiques de 174.45 à 168.45 :

Caractéristiques mécaniques des palplanches

1 niveau d'ancrage

Corrosion :

50 ans

face avant = 0,90 mm

$\beta_b = 0,7$

face arrière = 0,60 mm

$\beta_d = 0,5$

total = 1,50 mm

L2S S 235 GP	neuves	corrodées
épaisseur dos t_f : mm	12,3	10,8
épaisseur ailes t_w : mm	9	7,5
épaisseur rideau en mm	340	339,4
sections: cm ² /ml	177	155,4
module de flexion élastique : cm ³ /ml	1600	1405
module de flexion plastique : cm ³ /ml	1871	1643
inertie: cm ⁴ /ml	27200	23883
I.E en t.m/m	5712	5015
module de flexion élastique x β_b : cm ³ /ml	1120	983
module de flexion plastique x β_b : cm ³ /ml	1310	1150
inertie x β_d : cm ⁴ /ml	13600	11941
I.E x β_d en t.m/m	2856	2508
Largeur d'une paire de palplanches : ml	1,00	1,00
Aire de cisaillement A_v en cm ² /ml	59	49
Effort tranchant admissible plastique $V_{pl,Rd}$ en t/ml	80	67

détermination de la classe des palplanches après corrosion

largeur du dos b : 27,5 cm

épaisseur t_f : 1,08 cm

nuance d'acier : f_y : 235 MPa $\varepsilon = 1,00$ $(b / t_f) / \varepsilon = 25,46 \Rightarrow$ classe 2

si $(b / t_f) / \varepsilon < 37$ classe 1 et 2

si $(b / t_f) / \varepsilon < 49$ classe 3

si $(b / t_f) / \varepsilon > 49$ classe 4

Caractéristiques de 168.45 à 160.80 (pied des palplanches tranche Ouest) , et 158.80 NGF (tranche est)

Caractéristiques mécaniques des palplanches

1 niveau d'ancrage

Corrosion :

50 ans

face avant = 0,60 mm

$\beta_b = 0,7$

face arrière = 0,60 mm

$\beta_d = 0,5$

total = 1,20 mm

L2S S 235 GP	neuves	corrodées
épaisseur dos t_f : mm	12,3	11,1
épaisseur ailes t_w : mm	9	7,8
épaisseur rideau en mm	340	339,4
sections: cm ² /ml	177	159,7
module de flexion élastique : cm ³ /ml	1600	1444
module de flexion plastique : cm ³ /ml	1871	1688
inertie: cm ⁴ /ml	27200	24546
I.E en t.m/m	5712	5155
module de flexion élastique x β_b : cm ³ /ml	1120	1011
module de flexion plastique x β_b : cm ³ /ml	1310	1182
inertie x β_d : cm ⁴ /ml	13600	12273
I.E x β_d en t.m/m	2856	2577
Largeur d'une paire de palplanches : ml	1,00	1,00
Aire de cisaillement A_v en cm ² /ml	59	51
Effort tranchant admissible plastique $V_{pl,Rd}$ en t/ml	80	69

détermination de la classe des palplanches après corrosion

largeur du dos b : 27,5 cm

épaisseur t_f : 1,11 cm

nuance d'acier : f_y : 235 MPa $\varepsilon = 1,00$ $(b / t_f) / \varepsilon = 24,77 \Rightarrow$ classe 2

si $(b / t_f) / \varepsilon < ou = 37$ classe 1 et 2

si $(b / t_f) / \varepsilon < ou = 49$ classe 3

si $(b / t_f) / \varepsilon > 49$ classe 4

Palplanche corrodée pour 100 ans (~2072)

Corrosion : prise en compte de la norme NF EN 1993-5

eau douce ordinaire en rivière dans la zone d'attaque élevée : 1.4 mm

sols naturel intacts (sable, limon, argile, schiste...) avec ou sans nappe phréatique : 1.2 mm

Devant :

- De la tête des palplanches jusqu'au niveau de la retenue normale - 1.00m : 1.4mm
- Du plan d'eau minimum -1.00m : au pied des palplanches : 1.2 mm

Derrière :

- De la tête au pied des palplanches : 1.2 mm

Caractéristiques de 174.45 à 168.45 :

Caractéristiques mécaniques des palplanches

1 niveau d'ancrage

Corrosion :

100 ans

face avant = 1,40 mm

$\beta_b = 0,7$

face arrière = 1,20 mm

$\beta_d = 0,5$

total = 2,60 mm

L2S S 235 GP	neuves	corrodées
épaisseur dos t_f : mm	12,3	9,7
épaisseur ailes t_w : mm	9	6,4
épaisseur rideau en mm	340	338,8
sections: cm ² /ml	177	139,6
module de flexion élastique : cm ³ /ml	1600	1262
module de flexion plastique : cm ³ /ml	1871	1476
inertie: cm ⁴ /ml	27200	21450
I.E en t.m/m	5712	4505
module de flexion élastique x β_b : cm ³ /ml	1120	883
module de flexion plastique x β_b : cm ³ /ml	1310	1033
inertie x β_d : cm ⁴ /ml	13600	10725
I.E x β_d en t.m/m	2856	2252
Largeur d'une paire de palplanches : ml	1,00	1,00
Aire de cisaillement A_v en cm ² /ml	59	42
Effort tranchant admissible plastique $V_{pl,Rd}$ en t/ml	80	57

détermination de la classe des palplanches après corrosion

largeur du dos b : 27,5 cm

épaisseur t_f : 0,97 cm

nuance d'acier : f_y : 235 MPa $\varepsilon = 1,00$ $(b / t_f) / \varepsilon = 28,35 \Rightarrow$ classe 2

si $(b / t_f) / \varepsilon < ou = 37$ classe 1 et 2

si $(b / t_f) / \varepsilon < ou = 49$ classe 3

si $(b / t_f) / \varepsilon > 49$ classe 4

Caractéristiques de 168.45 à 160.80 (pied des palplanches tranche Ouest) , et 158.80 NGF (tranche est)

Caractéristiques mécaniques des palplanches

1 niveau d'ancrage

Corrosion :

100 ans

face avant = 1,20 mm

$\beta_b = 0,7$

face arrière = 1,20 mm

$\beta_d = 0,5$

total = 2,40 mm

L2S S 235 GP	neuves	corrodées
épaisseur dos t_f : mm	12,3	9,9
épaisseur ailes t_w : mm	9	6,6
épaisseur rideau en mm	340	338,8
sections: cm ² /ml	177	142,5
module de flexion élastique : cm ³ /ml	1600	1288
module de flexion plastique : cm ³ /ml	1871	1506
inertie: cm ⁴ /ml	27200	21893
I.E en t.m/m	5712	4597
module de flexion élastique x β_b : cm ³ /ml	1120	901
module de flexion plastique x β_b : cm ³ /ml	1310	1054
inertie x β_d : cm ⁴ /ml	13600	10946
I.E x β_d en t.m/m	2856	2299
Largeur d'une paire de palplanches : ml	1,00	1,00
Aire de cisaillement A_v en cm ² /ml	59	43
Effort tranchant admissible plastique $V_{pl,Rd}$ en t/ml	80	59

détermination de la classe des palplanches après corrosion

largeur du dos b : 27,5 cm

épaisseur t_f : 0,99 cm

nuance d'acier : f_y : 235 MPa $\varepsilon = 1,00$ $(b / t_f) / \varepsilon = 27,78 \Rightarrow$ classe 2

si $(b / t_f) / \varepsilon < 37$ classe 1 et 2

si $(b / t_f) / \varepsilon < 49$ classe 3

si $(b / t_f) / \varepsilon > 49$ classe 4

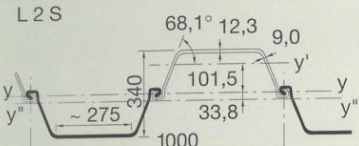
4.5. CARACTERISTIQUES DES PALPLANCHES DU QUAÏ : RIDEAU D'ANCRAGE

- Type de palplanches : L2S – Fournisseur SIDELOR/Profil ARBED (ex ARCELOR)
- Palplanches en U en barres simples, joints non pincés à 1 appui ($\beta b=0.7$ et $\beta d=0.5$)
- Prise en compte d'une épaisseur sacrificielle théorique sur 50 ans (age actuel), 100 ans
- Nuance d'acier : E24 ancienne norme, équivalent à la nuance actuelle S235 GP
- Palplanches neuves normalisées de classe 2 : coefficient partiel de sécurité = 1.0 (sur la limite élastique) à l'ELU
- Palplanches corrodées normalisées de classe 2 : coefficient partiel de sécurité = 1.0 (sur la limite élastique) à l'ELU
- Longueur des palplanches : 3m pour la 2^{ème} tranche côté Est.

Profil	Largeur utile		Hauteur		Epaisseur		Section cm²/m	Masse		Moment d'inertie cm⁴/m	Module de flexion élastique cm³/m	Moment statique cm³/m	Module de flexion plastique cm³/m	Classe*					
	b mm	h mm	t mm	s mm	palplanche simple kg/m	rideau kg/m²		S 240	S 270					S 320	S 355	S 390	S 430		
PU 6	600	226	7,5	6,4	97	45,6	76	6780	600	335	697	3	3	4	4	4			
PU 8	600	280	8,0	8,0	116	54,5	91	11620	830	470	983	3	3	3	4	4			
PU 12	600	360	9,8	9,0	140	66,1	110	21600	1200	700	1457	2	2	2	2	2			
PU 16	600	380	12,0	9,0	159	74,7	124	30400	1600	915	1878	2	2	2	2	2			
PU 20	600	430	12,4	10,0	179	84,3	140	43000	2000	1155	2363	2	2	2	2	2			
PU 25	600	452	14,2	10,0	199	93,6	156	56490	2500	1420	2899	2	2	2	2	2			
PU 32	600	452	19,5	11,0	242	114,1	190	72320	3200	1810	3687	2	2	2	2	2			
L 2 S	500	340	12,3	9,0	177	69,7	139	27200	1600	900	1871	2	2	2	2	2			
L 3 S	500	400	14,1	10,0	201	78,9	158	40010	2000	1160	2389	2	2	2	2	2			
L 4 S	500	440	15,5	10,0	219	86,2	172	55010	2500	1435	2956	2	2	2	2	2			
JSP 2	400	200	10,5	–	153	48,0	120	8740	874	465									
JSP 3	400	250	13,0	–	191	60,0	150	16800	1340	730									

CARACTERISTIQUES

Profil	S = Pal. simple D = Pal. double T = Pal. triple	Section cm²	Masse	Moment d'inertie cm⁴	Module de flexion élastique cm³	Rayon de giration cm	Surface à traiter* m²/m
L 2 S	Par S	88,8	69,7 kg/m	4440	359	7,07	1,48
	Par D	177,6	139,4 kg/m	27200	1600	12,38	2,94
	Par T	266,4	209,1 kg/m	37750	1850	11,90	4,40
	Par ml de rideau	177	139 kg/m²	27200	1600	12,38	2,92



Extrait catalogue palplanches UNIMETAL édition 1989

Les valeurs β_B et β_D à utiliser sont définies dans le Tableau ci-après.

Coefficients β_B et β_D

Type de palplanche en U	Nombre d'appuis	Type de sol	Coefficients	
			β_B	β_D
Simple	0 (= pied de palplanche)		0,6	0,4
	1		0,7	0,5
	≥ 2		0,8	0,6
Double solidarisée (par points de pinçage ou soudure)	0 (= pied de palplanche)	lâche	0,7	0,6
		autre	0,8	0,7
	1	lâche	0,8	0,7
		autre	0,9	0,8
	≥ 2	lâche	0,9	0,8
		autre	1,0	0,9

NOTE 1 Pour la solidarisation des palplanches, voir 6.4 de l'EN 1993-5:2007.

NOTE 2 Pour les sols situés au-dessus de la nappe phréatique, ces coefficients peuvent être majorés de 0,1 (mais bornés à 1,0).

NOTE 3 Avec des terrains multicouches, des coefficients différents peuvent être appliqués sur la longueur de la palplanche. Par simplification, les coefficients les plus faibles peuvent être appliqués sur toute la longueur de la palplanche.

Coefficients minorateurs retenus

Palplanche corrodée pour 50 ans (age actuel)

Corrosion : prise en compte de la norme NF EN 1993-5

sols naturel intacts (sable, limon, argile, schiste...) avec ou sans nappe phréatique : 0.6 mm

Devant :

- De la tête au pied des palplanches : 0.6 mm

Derrière :

- De la tête au pied des palplanches : 0.6 mm

Caractéristiques de 174.45 à 168.45 :

Caractéristiques mécaniques des palplanches

1 niveau d'ancrage

Corrosion :

50 ans

face avant = 0,90 mm

$\beta_b = 0,7$

face arrière = 0,60 mm

$\beta_d = 0,5$

total = 1,50 mm

L2S S 235 GP	neuves	corrodées
épaisseur dos t_f : mm	12,3	10,8
épaisseur ailes t_w : mm	9	7,5
épaisseur rideau en mm	340	339,4
sections: cm ² /ml	177	155,4
module de flexion élastique : cm ³ /ml	1600	1405
module de flexion plastique : cm ³ /ml	1871	1643
inertie: cm ⁴ /ml	27200	23883
I.E en t.m/m	5712	5015
module de flexion élastique x β_b : cm ³ /ml	1120	983
module de flexion plastique x β_b : cm ³ /ml	1310	1150
inertie x β_d : cm ⁴ /ml	13600	11941
I.E x β_d en t.m/m	2856	2508
Largeur d'une paire de palplanches : ml	1,00	1,00
Aire de cisaillement A_v en cm ² /ml	59	49
Effort tranchant admissible plastique $V_{pl,Rd}$ en t/ml	80	67

détermination de la classe des palplanches après corrosion

largeur du dos b : 27,5 cm

épaisseur t_f : 1,08 cm

nuance d'acier : f_y : 235 MPa $\epsilon = 1,00$ $(b / t_f) / \epsilon = 25,46 \Rightarrow$ classe 2

si $(b / t_f) / \epsilon < ou = 37$ classe 1 et 2

si $(b / t_f) / \epsilon < ou = 49$ classe 3

si $(b / t_f) / \epsilon > 49$ classe 4

Caractéristiques de 172.45 à 169.45 (pied des palplanches)

Caractéristiques mécaniques des palplanches

1 niveau d'ancrage

Corrosion :

50 ans

face avant = 0,60 mm

$\beta_b = 0,7$

face arrière = 0,60 mm

$\beta_d = 0,5$

total = 1,20 mm

L2S S 235 GP	neuves	corrodées
épaisseur dos t_f : mm	12,3	11,1
épaisseur ailes t_w : mm	9	7,8
épaisseur rideau en mm	340	339,4
sections: cm ² /ml	177	159,7
module de flexion élastique : cm ³ /ml	1600	1444
module de flexion plastique : cm ³ /ml	1871	1688
inertie: cm ⁴ /ml	27200	24546
I.E en t.m/m	5712	5155
module de flexion élastique x β_b : cm ³ /ml	1120	1011
module de flexion plastique x β_b : cm ³ /ml	1310	1182
inertie x β_d : cm ⁴ /ml	13600	12273
I.E x β_d en t.m/m	2856	2577
Largeur d'une paire de palplanches : ml	1,00	1,00
Aire de cisaillement A_v en cm ² /ml	59	51
Effort tranchant admissible plastique $V_{pl,Rd}$ en t/ml	80	69

détermination de la classe des palplanches après corrosion

largeur du dos b : 27,5 cm

épaisseur t_f : 1,11 cm

nuance d'acier : f_y : 235 MPa $\varepsilon = 1,00$ $(b / t_f) / \varepsilon = 24,77 \Rightarrow$ classe 2

si $(b / t_f) / \varepsilon < ou = 37$ classe 1 et 2

si $(b / t_f) / \varepsilon < ou = 49$ classe 3

si $(b / t_f) / \varepsilon > 49$ classe 4

Palplanche corrodée pour 100 ans (~2072)

Corrosion : prise en compte de la norme NF EN 1993-5

sols naturel intacts (sable, limon, argile, schiste...) avec ou sans nappe phréatique : 1.2 mm

Devant :

- De la tête au pied des palplanches : 1.2 mm

Derrière :

- De la tête au pied des palplanches : 1.2 mm

Caractéristiques de 172.45 à 169.45 (pied des palplanches)

Caractéristiques mécaniques des palplanches

1 niveau d'ancrage

Corrosion :

100 ans

face avant = 1,20 mm

$\beta_b = 0,7$

face arrière = 1,20 mm

$\beta_d = 0,5$

total = 2,40 mm

L2S S 235 GP	neuves	corrodées
épaisseur dos t_f : mm	12,3	9,9
épaisseur ailes t_w : mm	9	6,6
épaisseur rideau en mm	340	338,8
sections: cm ² /ml	177	142,5
module de flexion élastique : cm ³ /ml	1600	1288
module de flexion plastique : cm ³ /ml	1871	1506
inertie: cm ⁴ /ml	27200	21893
I.E en t.m/m	5712	4597
module de flexion élastique x β_b : cm ³ /ml	1120	901
module de flexion plastique x β_b : cm ³ /ml	1310	1054
inertie x β_d : cm ⁴ /ml	13600	10946
I.E x β_d en t.m/m	2856	2299
Largeur d'une paire de palplanches : ml	1,00	1,00
Aire de cisaillement A_v en cm ² /ml	59	43
Effort tranchant admissible plastique $V_{pl,Rd}$ en t/ml	80	59

détermination de la classe des palplanches après corrosion

largeur du dos b : 27,5 cm

épaisseur t_f : 0,99 cm

nuance d'acier : f_y : 235 MPa $\varepsilon = 1,00$ $(b / t_f) / \varepsilon = 27,78 \Rightarrow$ classe 2

si $(b / t_f) / \varepsilon < ou = 37$ classe 1 et 2

si $(b / t_f) / \varepsilon < ou = 49$ classe 3

si $(b / t_f) / \varepsilon > 49$ classe 4

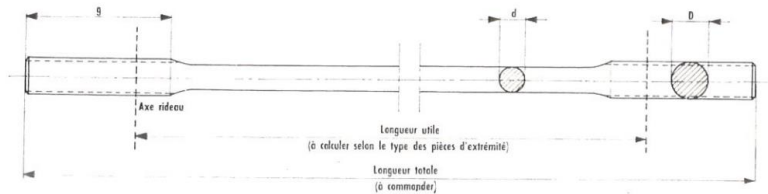
Rideau d'ancrage : Tranche ouest :

- Rideau d'ancrage en béton de section 0.4 x 2.00m de hauteur
- Béton B20
- Longueur du rideau : continue sur tout le linéaire.

Profil	Largeur	Hauteur	Epaisseur		Section	Masse		Moment d'inertie	Module flexion élastique	Produit d'inertie IE
	b	h	t	s						
	mm	mm	mm	mm	cm²/m	kg/m²				
Béton	1000	400			4000	1000		533333	26667	5333

4.6. CARACTERISTIQUES DES TIRANTS D'ANCRAGES

Tirant à extrémités refoulées :



• Dimensions et poids

Section courante			Extrémité refoulée			Longueur équivalente pour 2 extrémités (*)
Diamètre du rond d	Poids au ml	Aire de la section	Diamètre refoulé D	Section à fond de filet	Longueur de filetage ISO	
mm	kg/ml	cm²	mm	cm²	mm	mm
36	7,99	10,17	45	12,20	220	248
39	9,38	11,94	48	13,80	225	231
42	10,88	13,85	52	16,50	225	239
45	12,48	15,90	56	19,10	240	303
48	14,21	18,09	60	22,30	240	300
52	16,67	21,24	64	25,20	250	308
56	19,33	24,63	68	28,90	250	258
60	22,20	28,27	72	32,80	260	270
64	25,25	32,15	76	37,00	260	233
68	28,51	36,32	80	41,40	270	247
72	31,96	40,69	85	47,30	280	260
76	35,61	45,34	90	53,60	285	280
80	39,44	50,26	95	60,30	290	278
85	44,55	56,74	100	67,40	300	271
90	49,94	63,62	105	74,90	300	246

Tranche Est
(espacé tous les 1m)

Tranche Ouest
(espacé tous les 3m)

Nuance S270

$\gamma_{M0} = 1,0$ suivant NF P 94-282

$\gamma_{M2} = 1,25$ suivant NF P 94-282

$K_t = 0,9$ Suivant NF EN 1993-5

Tranche Ouest :

Tirants neufs : Ø 72mm section courante et 85mm extérieur :

En section courante :

Contrainte à la rupture	$F_{u;k} = 410 \text{ MPa}$
Limite élastique	$F_{y;k} = 270 \text{ MPa}$
Section	$A_g = 40.69 \text{ cm}^2$
Capacité du tirant à l'ELU	$R_{t;d} = F_{y;k} \times A_g / \gamma_{M0} = 2.70 \times 40.69 / 1 = 109.86 \text{ t}$
Espacement tirants	$E = 3.00\text{m}$

Extrémité refoulée, en fond de filets :

Contrainte à la rupture	$F_{u;k} = 410 \text{ MPa}$
Limite élastique	$F_{y;k} = 270 \text{ MPa}$
Section	$A_g = 47.30 \text{ cm}^2$
Capacité du tirant à l'ELU	$R_{t;d} = K_t \times F_{u;k} \times A_g / \gamma_{M2} = 0.9 \times 4.1 \times 47.30 / 1.25 = 139.63 \text{ t}$
Espacement tirants	$E = 3.00\text{m}$

Tirants corrodés sur 50 ans : Ø 72mm section courante et 85mm extérieur :

Corrosion : pour 50 ans : 0,6 mm face exposée soit 1.2mm sur le diamètre

En section courante :

Contrainte à la rupture	$F_{u;k} = 410 \text{ MPa}$
Limite élastique	$F_{y;k} = 270 \text{ MPa}$
Section	$A_g = 39.37 \text{ cm}^2$
Capacité du tirant à l'ELU	$R_{t;d} = F_{y;k} \times A_g / \gamma_{M0} = 2.70 \times 39.37 / 1 = 106.29 \text{ t}$
Espacement tirants	$E = 3.00\text{m}$

Extrémité refoulée, en fond de filets :

Contrainte à la rupture	$F_{u;k} = 410 \text{ MPa}$
Limite élastique	$F_{y;k} = 270 \text{ MPa}$
Section	$A_g = 45.85 \text{ cm}^2$
Capacité du tirant à l'ELU	$R_{t;d} = K_t \times F_{u;k} \times A_g / \gamma_{M2} = 0.9 \times 4.1 \times 45.85 / 1.25 = 135.34 \text{ t}$
Espacement tirants	$E = 3.00\text{m}$

Tirants corrodés sur 100 ans : Ø 72mm section courante et 85mm extérieur :

Corrosion : pour 100 ans : 1,2 mm face exposée soit 2.4mm sur le diamètre

En section courante :

Contrainte à la rupture	$F_{u;k} = 410 \text{ MPa}$
Limite élastique	$F_{y;k} = 270 \text{ MPa}$
Section	$A_g = 38.05 \text{ cm}^2$
Capacité du tirant à l'ELU	$R_{t;d} = F_{y;k} \times A_g / \gamma_{M0} = 2.70 \times 38.05 / 1 = 102.73 \text{ t}$
Espacement tirants	$E = 3.00\text{m}$

Extrémité refoulée, en fond de filets :

Contrainte à la rupture	$F_{u;k} = 410 \text{ MPa}$
Limite élastique	$F_{y;k} = 270 \text{ MPa}$
Section	$A_g = 44.42 \text{ cm}^2$
Capacité du tirant à l'ELU	$R_{t;d} = K_t \times F_{u;k} \times A_g / \gamma_{M2} = 0.9 \times 4.1 \times 44.42 / 1.25 = 131.12 \text{ t}$
Espacement tirants	$E = 3.00\text{m}$

Ce sont les capacités des tirants en section courante qui sont déterminantes.

Contraintes admissibles à l'ELU en section courante : 2700 kg/cm²

Contraintes admissibles à l'ELU en fond de filets : 410 x 0.9 / 1.25 : 2952 kg/cm²

Tranche Est :

Tirants neufs : Ø 45mm section courante et 56mm extérieur :

En section courante :

Contrainte à la rupture	$F_{u;k} = 410 \text{ MPa}$
Limite élastique	$F_{y;k} = 270 \text{ MPa}$
Section	$A_g = 15.90 \text{ cm}^2$
Capacité du tirant à l'ELU	$R_{t;d} = F_{y;k} \times A_g / \gamma_{M0} = 2.70 \times 15.90 / 1 = 42.93 \text{ t}$
Espacement tirants	$E = 1.00\text{m}$

Extrémité refoulée, en fond de filets :

Contrainte à la rupture	$F_{u;k} = 410 \text{ MPa}$
Limite élastique	$F_{y;k} = 270 \text{ MPa}$
Section	$A_g = 19.10 \text{ cm}^2$
Capacité du tirant à l'ELU	$R_{t;d} = K_t \times F_{u;k} \times A_g / \gamma_{M2} = 0.9 \times 4.1 \times 19.10 / 1.25 = 56.38 \text{ t}$
Espacement tirants	$E = 1.00\text{m}$

Tirants corrodés sur 50 ans : Ø 45mm section courante et 56mm extérieur :

Corrosion : pour 50 ans : 0,6 mm face exposée soit 1.2mm sur le diamètre

En section courante :

Contrainte à la rupture	$F_{u;k} = 410 \text{ MPa}$
Limite élastique	$F_{y;k} = 270 \text{ MPa}$
Section	$A_g = 15.07 \text{ cm}^2$
Capacité du tirant à l'ELU	$R_{t;d} = F_{y;k} \times A_g / \gamma_{M0} = 2.70 \times 15.07 / 1 = 40.68 \text{ t}$
Espacement tirants	$E = 1.00\text{m}$

Extrémité refoulée, en fond de filets :

Contrainte à la rupture	$F_{u;k} = 410 \text{ MPa}$
Limite élastique	$F_{y;k} = 270 \text{ MPa}$
Section	$A_g = 18.18 \text{ cm}^2$
Capacité du tirant à l'ELU	$R_{t;d} = K_t \times F_{u;k} \times A_g / \gamma_{M2} = 0.9 \times 4.1 \times 18.18 / 1.25 = 53.66 \text{ t}$
Espacement tirants	$E = 1.00\text{m}$

Tirants corrodés sur 100 ans : Ø 45mm section courante et 56mm extérieur :

Corrosion : pour 100 ans : 1,2 mm face exposée soit 2.4mm sur le diamètre

En section courante :

Contrainte à la rupture	$F_{u;k} = 410 \text{ MPa}$
Limite élastique	$F_{y;k} = 270 \text{ MPa}$
Section	$A_g = 14.25 \text{ cm}^2$
Capacité du tirant à l'ELU	$R_{t;d} = F_{y;k} \times A_g / \gamma_{M0} = 2.70 \times 14.25 / 1 = 38.47 \text{ t}$
Espacement tirants	$E = 1.00\text{m}$

Extrémité refoulée, en fond de filets :

Contrainte à la rupture	$F_{u;k} = 410 \text{ MPa}$
Limite élastique	$F_{y;k} = 270 \text{ MPa}$
Section	$A_g = 17.29 \text{ cm}^2$
Capacité du tirant à l'ELU	$R_{t;d} = K_t \times F_{u;k} \times A_g / \gamma_{M2} = 0.9 \times 4.1 \times 17.29 / 1.25 = 51.04 \text{ t}$
Espacement tirants	$E = 1.00\text{m}$

Ce sont les capacités des tirants en section courante qui sont déterminantes.

Contraintes admissibles à l'ELU en section courante : 2700 kg/cm²

Contraintes admissibles à l'ELU en fond de filets : 410 x 0.9 / 1.25 : 2952 kg/cm²

4.7. CARACTERISTIQUES DES TIRANTS D'ANCRAGES (RENFORCEMENT)

Tirants type forés injectés passifs de type DSI DYWI drill R51-660 : tirants autoforeurs : forage à injection continue

Diamètre de forage 150 mm

Corrosion pour 50 ans (~2076 = 100 ans du quai en palplanches) suivant NF EN 1993-5 Eurocode 3
calcul des structures en acier : partie 5 : pieux et palplanches : Sol naturel intacts corrosion

Tirants à filets refoulés : capacité du tirants à l'ELU = $R_{t;d} = f_{y;k} \times A_g / \gamma_{M0}$

$\gamma_{M0} = 1.0$ suivant NF P94-282

Section neuve du tirant = $A_g = 9.39 \text{ cm}^2$

Section corrodée du tirant = $A_g = 8.50 \text{ cm}^2$

Limite de rupture de l'acier : $f_{u;k} = 7000 \text{ kg/cm}^2$

Limite élastique de l'acier : $f_{y;k} = 5600 \text{ kg/cm}^2$

Capacité du tirant neuf à l'ELU = $R_{t;d} = 5.60 \times 9.39 / 1 = 52.6 \text{ tonnes}$

Capacité du tirant corrodé à l'ELU = $R_{t;d} = 5.60 \times 8.50 / 1 = 47.60 \text{ tonnes}$

Tirant		R32-210	R32-250	R32-280	R32-320	R32-360	R32-400	R38-420	R38-500	R38-550	R51-550	R51-660	R51-800
diam ext	cm	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,80	3,80	3,80	5,10	5,10	5,10
diam ext FF	cm	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	3,48	3,48	3,48	4,78	4,78	4,78
diam int	cm	2,10	2,00	1,85	1,65	1,50	1,25	2,15	1,90	1,70	3,45	3,30	2,90
ep	cm	0,39	0,44	0,52	0,62	0,69	0,82	0,67	0,79	0,89	0,67	0,74	0,94
corrosion (sur ep)	cm	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
nuance	kg/cm ²	4700,00	5100,00	5400,00	5300,00	5500,00	5900,00	5300,00	5300,00	5600,00	5100,00	5600,00	5600,00
Section neuve	cm ²	3,05	3,37	3,83	4,38	4,75	5,29	5,88	6,68	7,24	8,60	9,39	11,34
Capacité tirant neuf	kg/cm ²	14,3	17,2	20,7	23,2	26,1	31,2	31,2	35,4	40,6	43,8	52,6	63,5
Section corrodée	cm ²	2,52	2,84	3,29	3,84	4,22	4,76	5,24	6,03	6,60	7,71	8,50	10,45
Capacité tirant corrodé	kg/cm ²	11,8	14,5	17,8	20,4	23,2	28,1	27,8	32,0	36,9	39,3	47,6	58,5

4.8. CARACTERISTIQUES DU SOL

Les sondages SP1/SP3 (sondages en bord du quai), et SP2/SP4 (sondages au niveau du rideau d'ancrage) présentent peu de différences que ce soit en caractéristiques de sols ou dans la lithologie.

SP1 : sondage rideau principal

Sol n°	Nature	Niveau NGF		ϕ'	c'	γ	γ'	PI*	EM	α
		Toit	Base	°	t/m ²	t/m ³	t/m ³	MPA	MPA	
R0	Béton	174,45	174,00							
R1	Remblais sablo graveleux	174,00	173,20	25	0	2	1	1,0	6	1/3
1	Sable limoneux	173,20	163,65	35	0	2	1	4,9	47	1/3
2	Grave sableuses	163,65	158,80	38	0	2	1	4,9	178	1/3

SP3 : sondage rideau principal

Sol n°	Nature	Niveau NGF		ϕ'	c'	γ	γ'	PI*	EM	α
		Toit	Base	°	t/m ²	t/m ³	t/m ³	MPA	MPA	
R0	Béton	174,60	174,55							
R1	Remblais sablo graveleux	174,55	172,95	25	0	2	1	1,2	10	1/3
1	Sable limoneux	172,95	163,40	35	0	2	1	3,0	31	1/3
2	Grave sableuses	163,40	159,05	38	0	2	1	4,7	95	1/3

SP2 : sondage rideau d'ancrage

Sol n°	Nature	Niveau NGF		ϕ'	c'	γ	γ'	PI*	EM	α
		Toit	Base	°	t/m ²	t/m ³	t/m ³	MPA	MPA	
R0	Enrobés	174,54	174,34							
R1	Remblais sablo graveleux	174,34	172,84	30	0	2	1	3,9	32	1/3
1	Sable limoneux	172,84	171,79	22	0	2	1	1,2	15	1/3
2	Grave sableuses	171,79	169,54	30	0	2	1	3,9	59	1/3
3	Sable limoneux	169,54	167,04	22	0	2	1	0,74	9	1/3

SP4 : sondage rideau d'ancrage

Sol n°	Nature	Niveau NGF		ϕ'	c'	γ	γ'	PI*	EM	α
		Toit	Base	°	t/m ²	t/m ³	t/m ³	MPA	MPA	
R0	Enrobés	174,60	174,40							
R1	Remblais sablo graveleux	174,40	172,80	30	0	2	1	2,5	22	1/3
1	Sable limoneux	172,80	171,70	22	0	2	1	0,5	4	1/3
2	Grave sableuses	171,70	170,40	30	0	2	1	3,8	55	1/3
3	Sable limoneux	170,40	167,20	22	0	2	1	0,7	11	1/3

Caractéristiques du sol tranche Ouest (suivant synthèse sol rapport ALIOS)

On retiendra, sécuritairement le couple de sondage SP3/SP4 légèrement moins favorable que le couple SP1/SP2.

Ces sondages correspondent au quai réalisé en 1^{ère} tranche côté Ouest.

ϕ' : Angle de frottement naturel

c' : Cohésion

γ : Densité apparente

γ' : Densité déjaugée

PI* : Pression limite moyenne

EM : Module de déformation pressiométrique moyen

α : Coefficient rhéologique

Le sondage SP5 (sondage en bord du quai), et SP6 (sondage au niveau du rideau d'ancrage) présentent des différences par rapport aux précédents sondages que ce soit en caractéristiques de sols ou dans la lithologie.

SP5 : sondage rideau principal

Sol n°	Nature	Niveau NGF		ϕ'	c'	γ	γ'	PI*	EM	α
		Toit	Base	°	t/m ²	t/m ³	t/m ³	MPa	MPa	
R0	Béton	174,69	174,54							
R1	Remblais sablo graveleux	174,54	171,19	25	0	2	1	2,7	26	1/3
1	Sable limoneux	171,19	165,69	23	0	2	1	0,7	7	1/3
2	Sablo limoneux	165,69	156,19	35	0	2	1	4,0	43	1/3

SP6 : sondage rideau d'ancrage

Sol n°	Nature	Niveau NGF		ϕ'	c'	γ	γ'	PI*	EM	α
		Toit	Base	°	t/m ²	t/m ³	t/m ³	MPa	MPa	
R0	Enrobés	174,72	174,67							
R1	Remblais sablo graveleux	174,67	174,32	30	0	2	1	2,0	20	1/3
1	Sable limoneux	174,32	171,32	30	0	2	1	3,2	27	1/3
2	Limon sableux	171,32	167,82	25	0	2	1	1,1	15	1/3
3	argile marron	167,82	166,52							

Caractéristiques du sol tranche Est (suivant synthèse sol rapport ALIOS)

La couche de sable limoneux relevée dans le sondage SP5 présente des caractéristiques médiocres.

Ces sondages correspondent au quai réalisé en 2^{ème} tranche, côté Est.

ϕ' : Angle de frottement naturel

c' : Cohésion

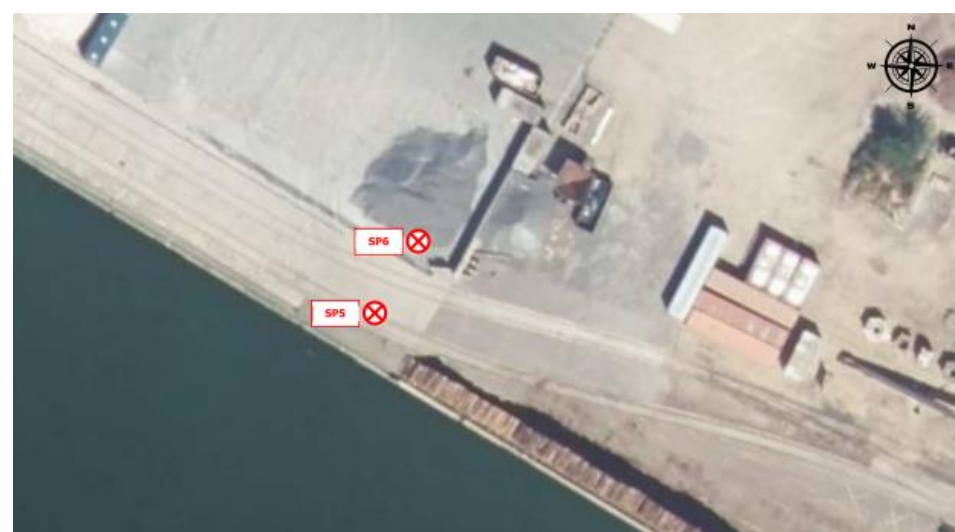
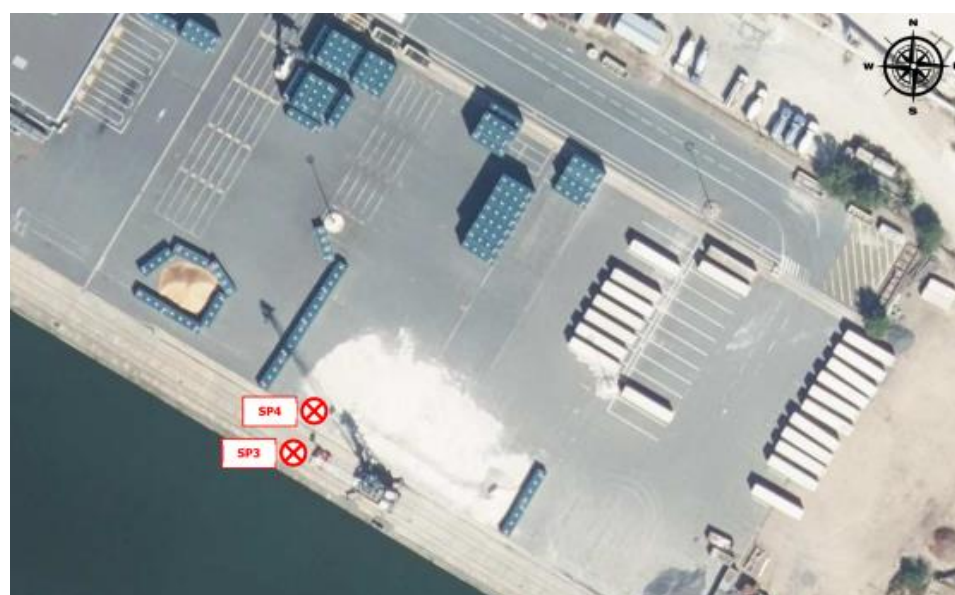
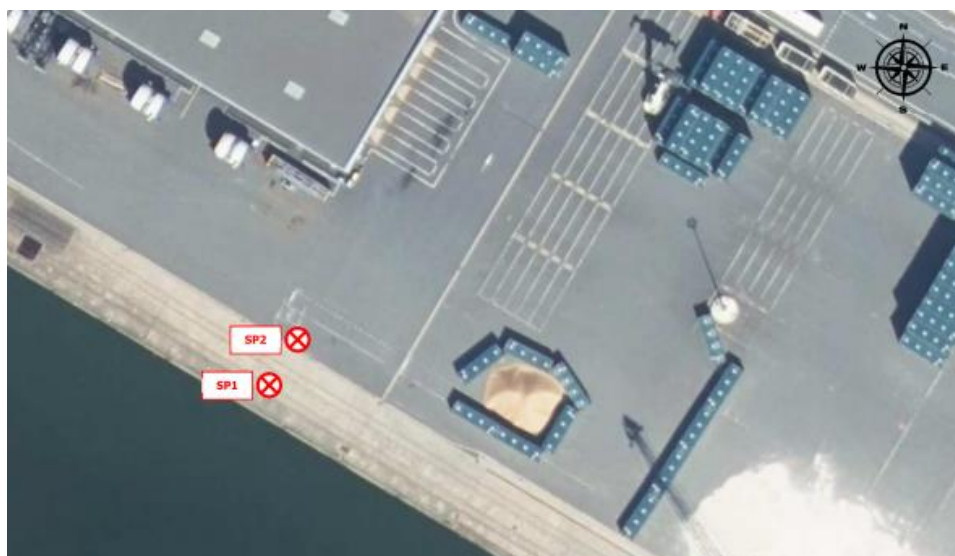
γ : Densité apparente

γ' : Densité déjaugée

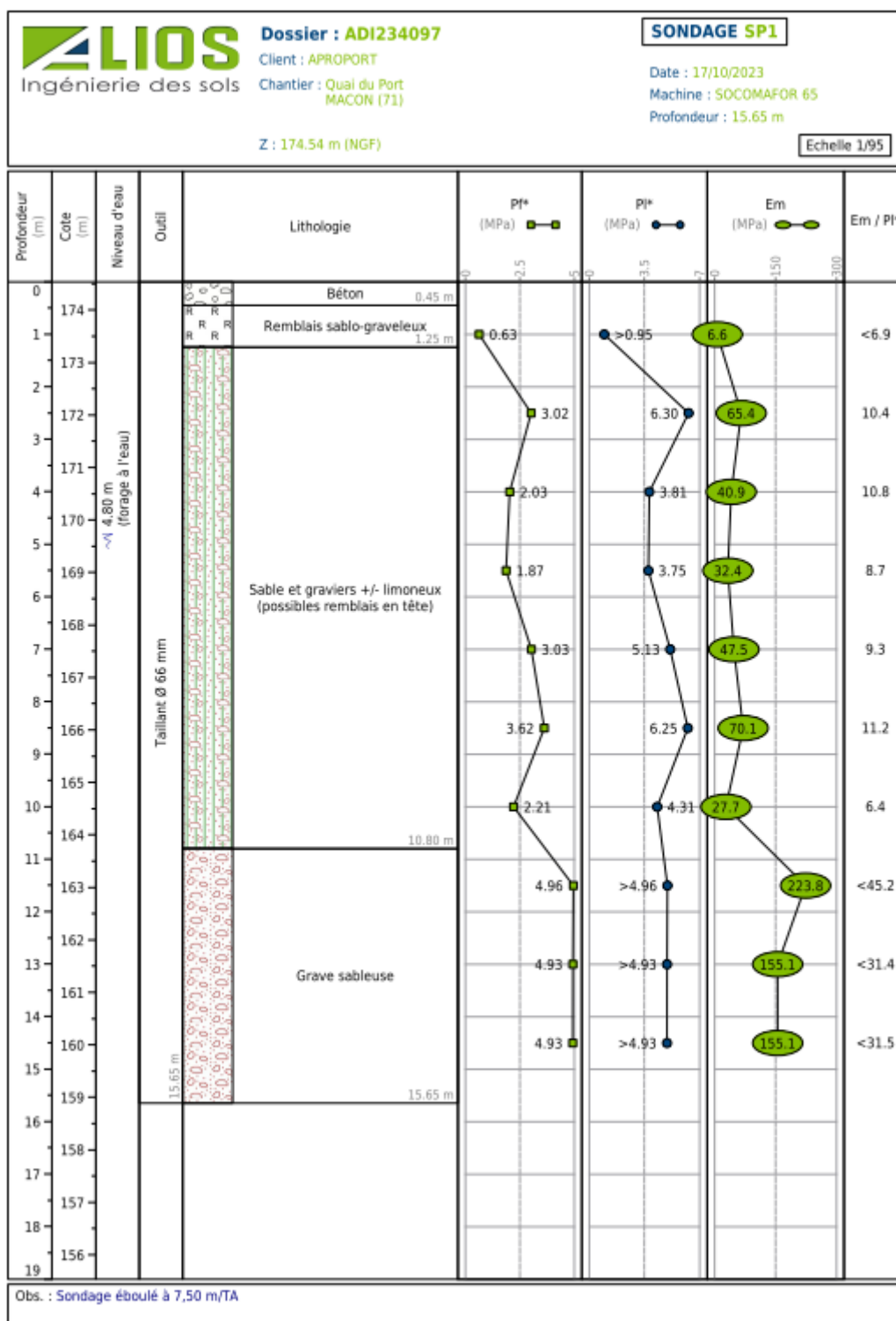
PI* : Pression limite moyenne

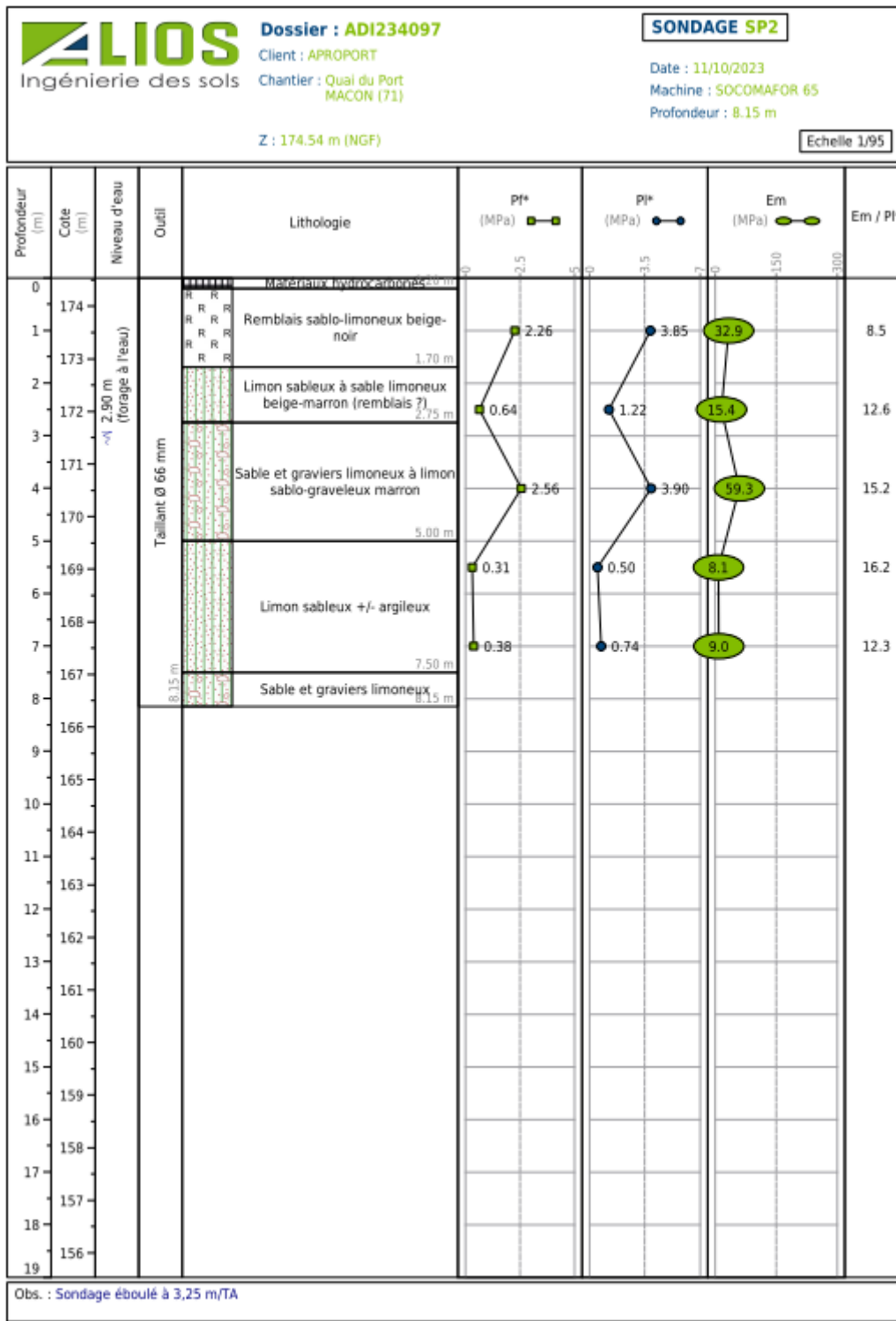
EM : Module de déformation pressiométrique moyen

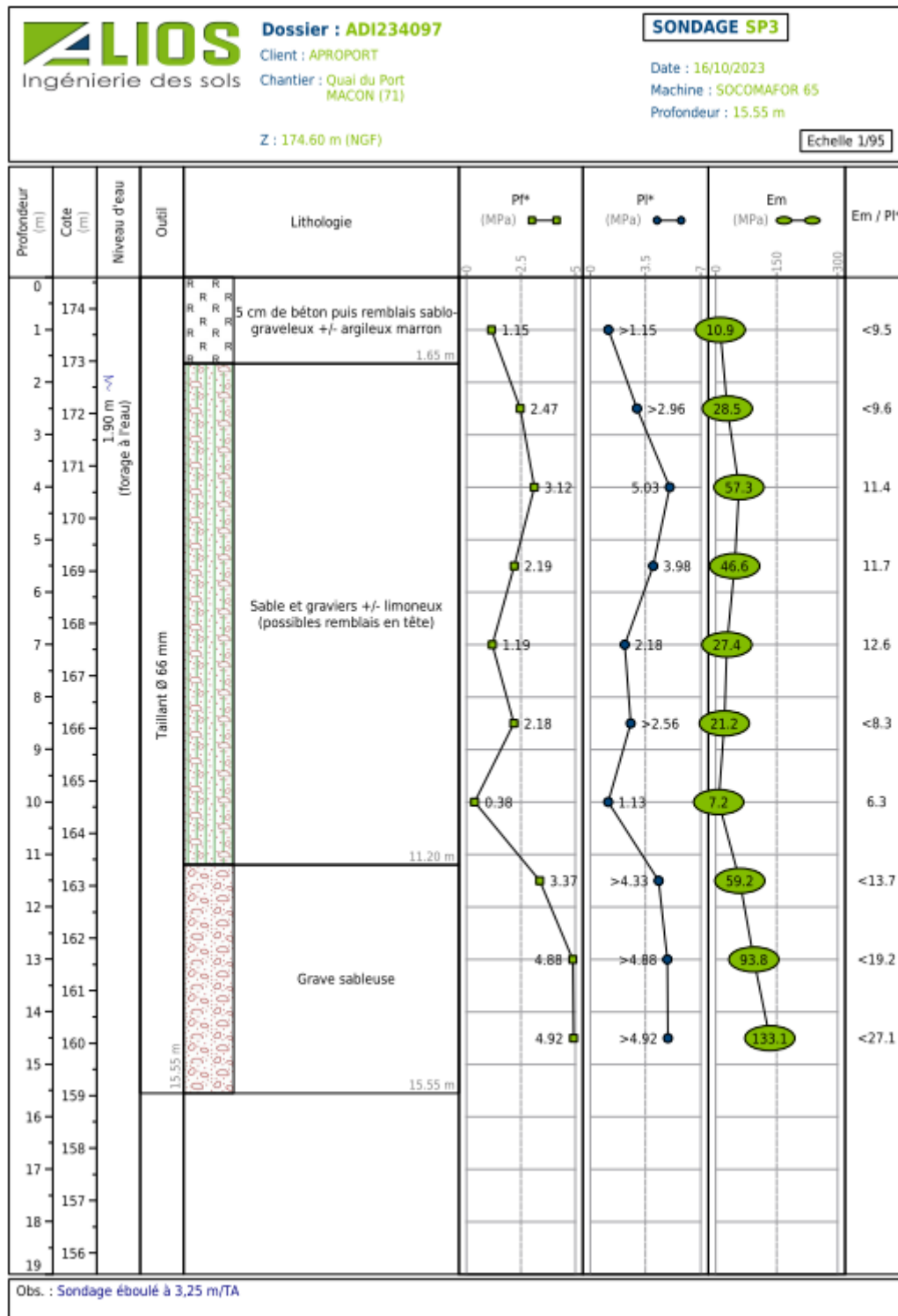
α : Coefficient rhéologique

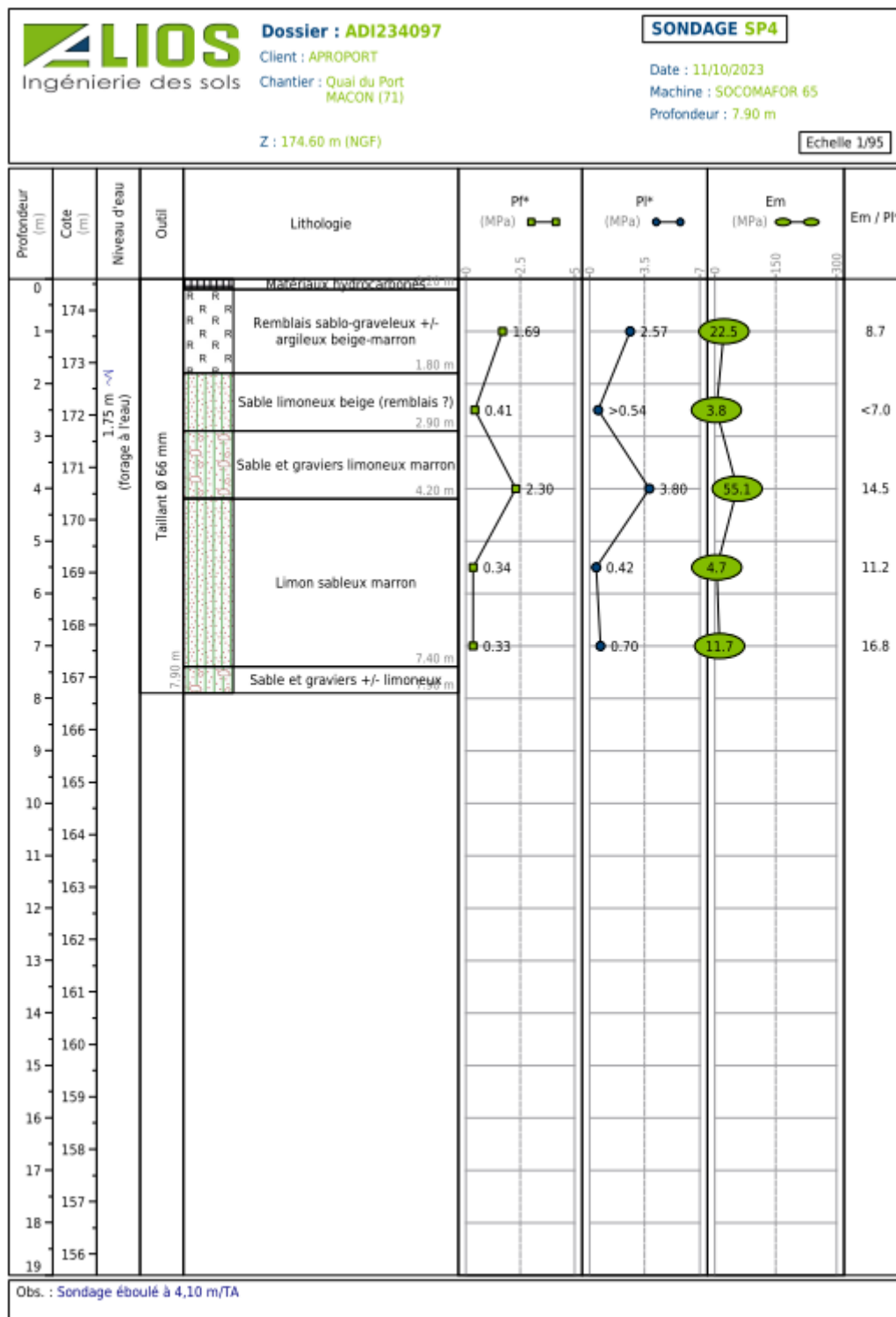


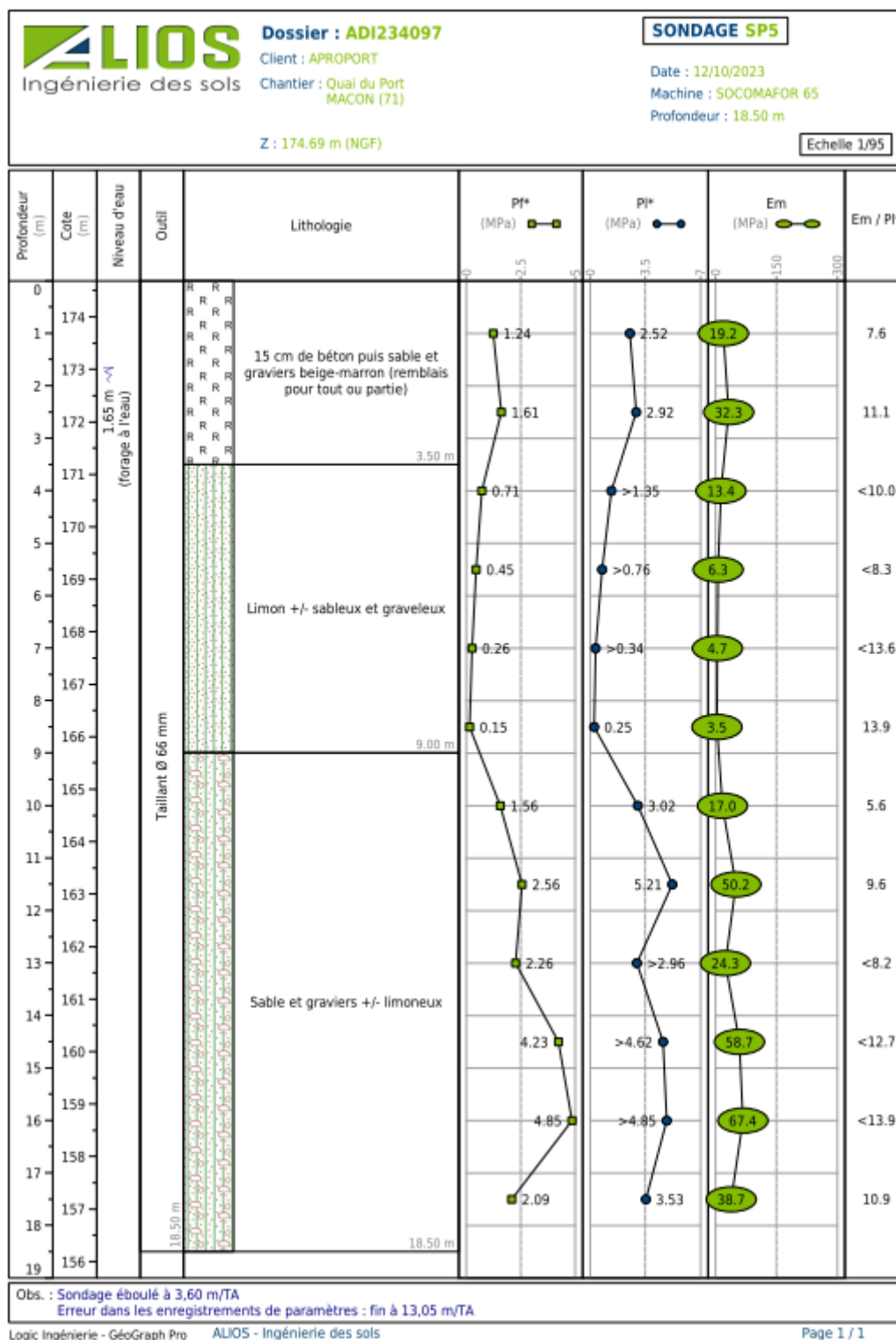
Plan d'implantation des sondages – extrait rapport géotechnique société ALIOS

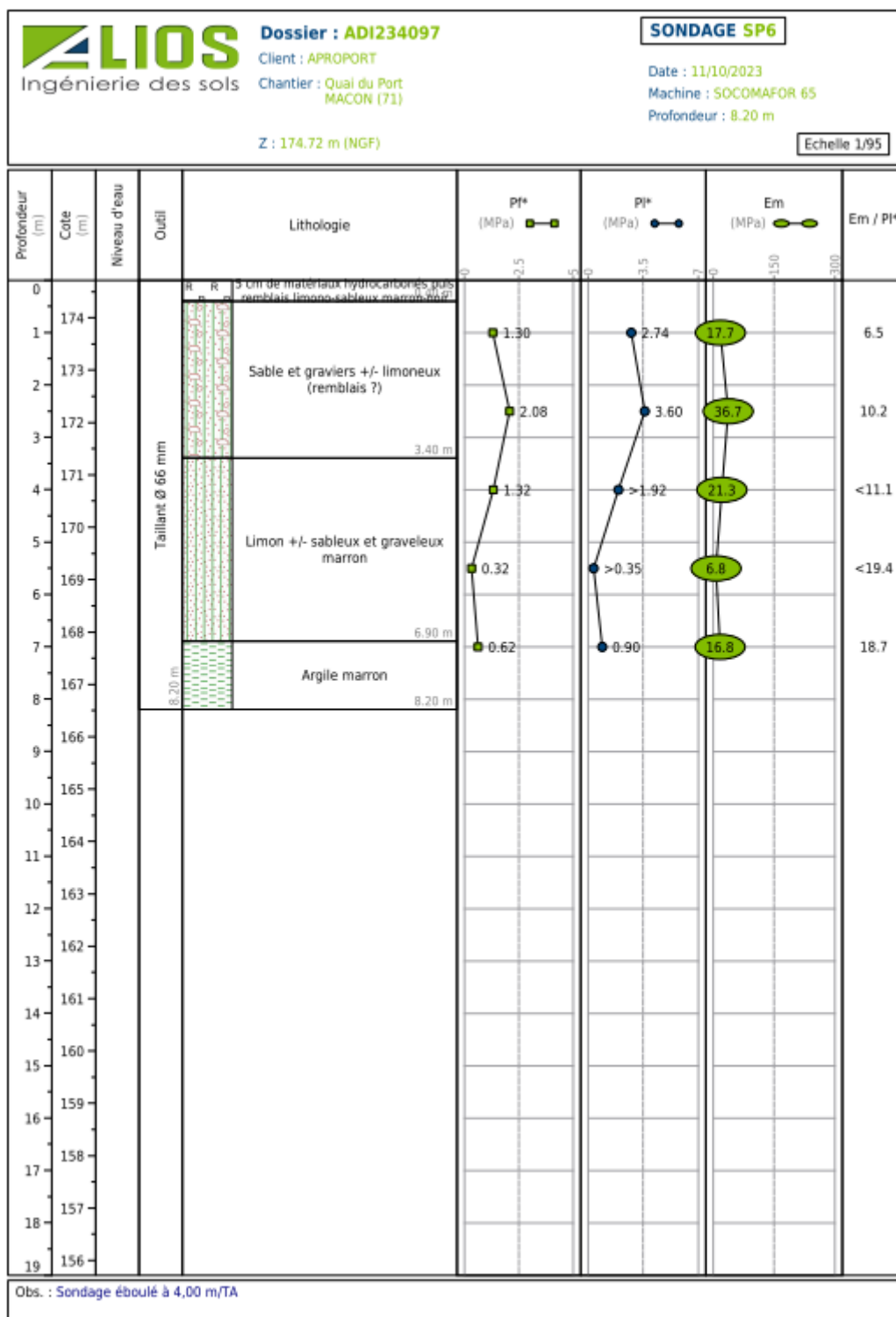




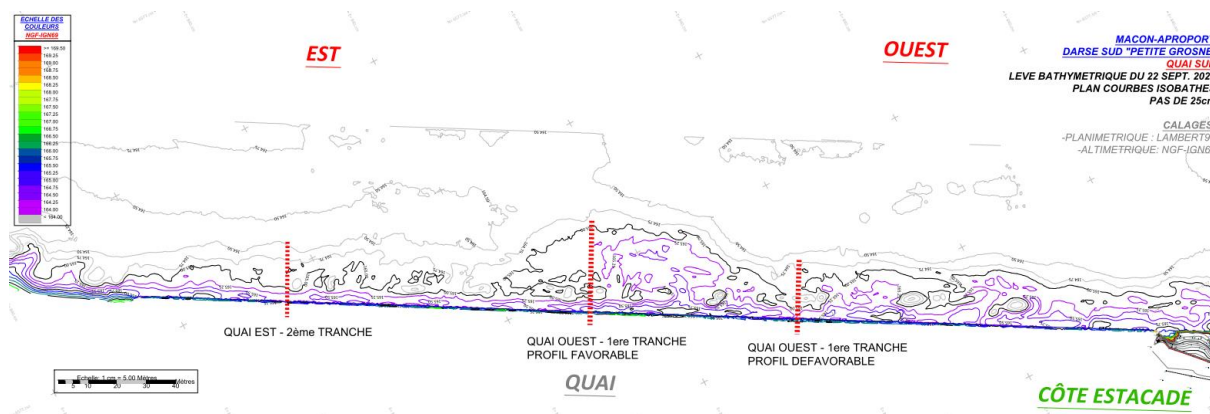








4.9. PROFILS BATHYMETRIQUES RETENUS

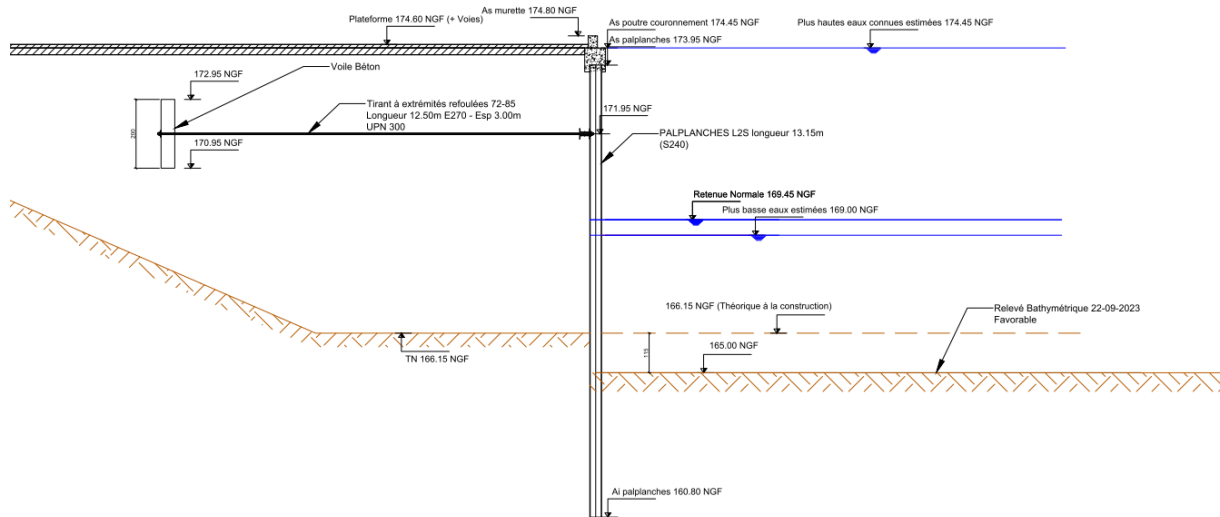


Extrait de la bathymétrie

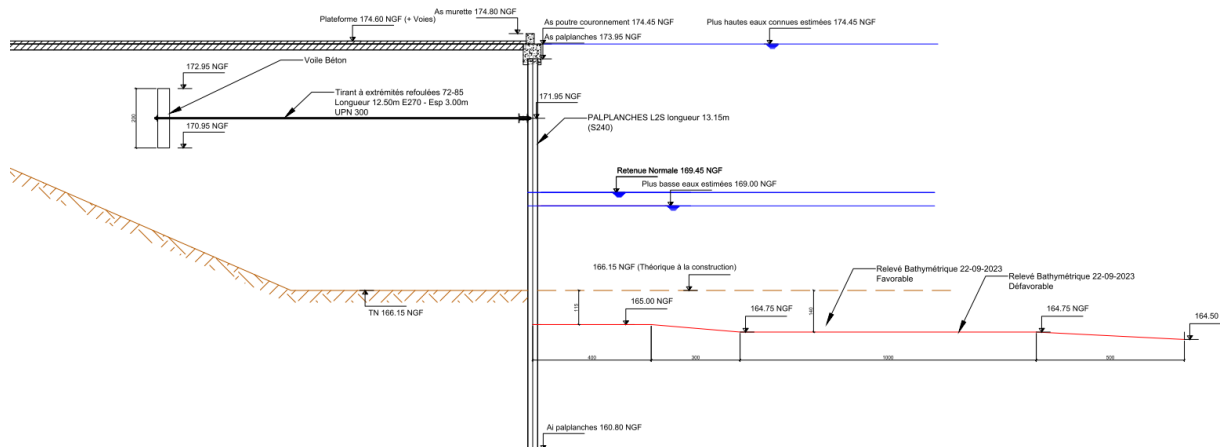
3 profils bathymétriques ont été retenus :

2 profils pour la 1^{ère} tranche – quai tranche Ouest :

- Profil « favorable » avec banquettes large :

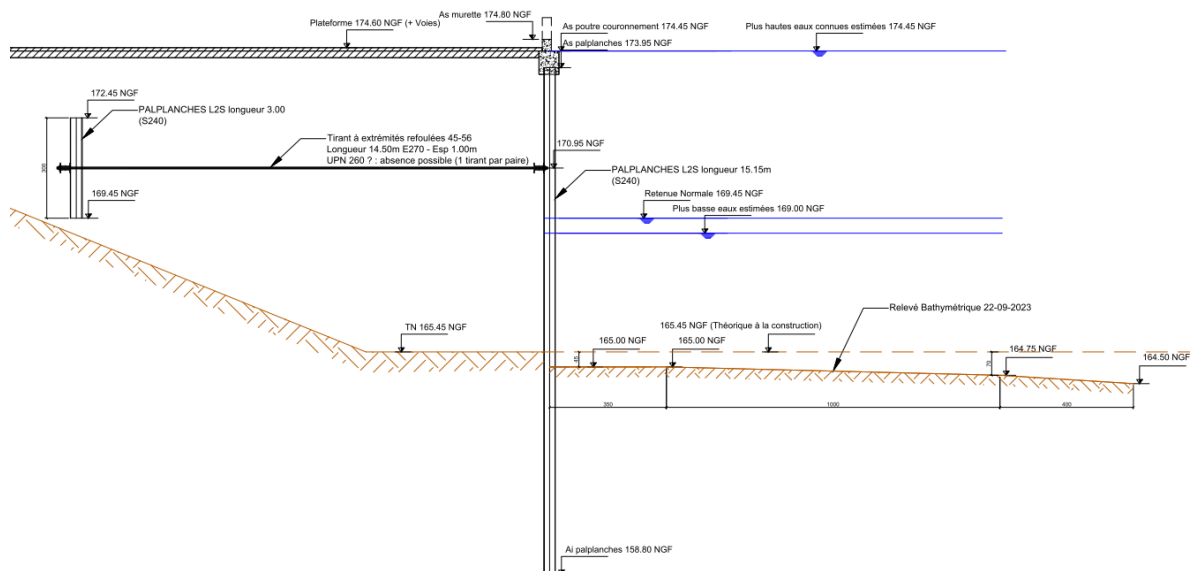


- Profil défavorable avec banquettes étroites :



Nota : les calculs montrent que la différence avec ou sans banquette n'est pas notable, il sera pris le cas le plus défavorable, avec banquette étroite.

1 profil pour la 2^{ème} tranche – quai tranche Est :



4.10. CALCULS DES MODULES DE REACTION ELASTIQUES HORIZONTAUX

4.10.1. QUAI 1ERE TRANCHE (NORD)

Suivant la norme NF P94-282, par la formule de Schmidt :

$$kh = 2 \times \frac{\left(\frac{EM}{\alpha}\right)^{4/3}}{(EI)^{1/3}}$$

Pour le rideau de quai tranche Ouest :

Larssen 2s neuves

Sol n°	Inertie cm4/ml	kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	13600	6107
1	13600	27606
2	13600	122881

Larssen 2s corrodées 50 ans (age actuel)

De 174.45 à 168.45 (-1m sous le niveau de retenue) :

Sol n°	Inertie cm4/ml	kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	11941	6378
1	11941	28829
2	11941	128325

Coef de correction sur le module de réaction élastiques neuf -> corrosion 50 ans : 1.044

De 168.45 à 160.80 (pied des palplanches tranche Ouest):

Sol n°	Inertie cm4/ml	Kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	12273	6320
1	12273	28567
2	12273	127159

Coef de correction sur le module de réaction élastiques neuf -> corrosion 50 ans : 1.035

Larssen 2s corrodées 100 ans (age actuel + 50 ans)

De 174.45 à 168.45 (-1m sous le niveau de retenue) :

Sol n°	Inertie cm4/ml	kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	10725	6610
1	10725	29880
2	10725	133004

Coef de correction sur le module de réaction élastiques neuf -> corrosion 100 ans : 1.082

De 168.45 à 160.80 (pied des palplanches tranche Ouest) :

Sol n°	Inertie cm4/ml	kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	10946	6566
1	10946	29677
2	10946	132100

Coef de correction sur le module de réaction élastiques neuf -> corrosion 100 ans : 1.075

Pour le rideau d'ancrage en béton :

Toute hauteur

Sol n°	Inertie cm4/ml	kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	266666	17879
1	266666	1842
2	266666	60664
3	266666	7095

4.10.1. QUAI TRANCHE EST

Suivant la norme NF P94-282, par la formule de Schmidt :

$$kh = 2 \times \frac{\left(\frac{EM}{\alpha}\right)^{4/3}}{(EI)^{1/3}}$$

Pour le rideau de quai tranche Est :

Larssen 2s neuves

Sol n°	Inertie cm4/ml	kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	13600	21835
1	13600	3796
2	13600	42705

Larssen 2s corrodées 50 ans (age actuel)

De 174.45 à 168.45 (-1m sous le niveau de retenue) :

Sol n°	Inertie cm4/ml	kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	11941	22802
1	11941	3964
2	11941	44597

Coef de correction sur le module de réaction élastiques neuf -> corrosion 50 ans : 1.044

De 168.45 à 158.80 NGF (pied palplanche tranche Est) :

Sol n°	Inertie cm4/ml	kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	12273	22595
1	12273	3928
2	12273	44192

Coef de correction sur le module de réaction élastiques neuf -> corrosion 50 ans : 1.035

Larssen 2s corrodées 100 ans (age actuel + 50 ans)

De 174.45 à 168.45 (-1m sous le niveau de retenue) :

Sol n°	Inertie cm4/ml	kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	10725	23634
1	10725	4109
2	10725	46223

Coef de correction sur le module de réaction élastiques neuf -> corrosion 100 ans : 1.082

De 168.45 à 158.80 NGF (pied palplanche tranche Est) :

Sol n°	Inertie cm4/ml	kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	10946.5	23473
1	10946.5	4081
2	10946.5	45909

Coef de correction sur le module de réaction élastiques neuf -> corrosion 100 ans : 1.075

Pour le rideau d'ancrage :

Larssen 2s neuves

Sol n°	Inertie cm4/ml	kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	13600	15390
1	13600	22962
2	13600	10487

Larssen 2s corrodées 50 ans (age actuel)

Toute hauteur

Sol n°	Inertie cm4/ml	Kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	12273	15925
1	12273	23761
2	12273	10852

Coef de correction sur le module de réaction élastiques neuf -> corrosion 50 ans : 1.035

Larssen 2s corrodées 100 ans (age actuel + 50 ans)

Toute hauteur

Sol n°	Inertie cm4/ml	kh
	Larssen I2S	t/m3
R1	10946.5	16544
1	10946.5	24685
2	10946.5	11274

Coef de correction sur le module de réaction élastiques neuf -> corrosion 100 ans : 1.075

4.11. COEFFICIENTS DE POUSSEES-BUTEES

Suivant les tables de Caquot et Kerisel, on retient les valeurs d'inclinaisons des résultantes de poussée et de butée :

ϕ'	Poussée	Butée
< 35	$\delta = 0$	$\delta = -2/3 \phi'$
≥ 35	$\delta = 1/3 \phi'$	$\delta = -2/3 \phi'$

4.12. EXIGENCES DE CALCULS

Rapports butée mobilisable sur pression mobilisée :

Calcul réalisé à l'ELU

Pour le rideau de quai :

En phase d'exploitation,
les rapports pressions mobilisée sur butée mobilisable doivent être inférieures à 0.529

Pour le rideau d'ancrage :

En phase d'exploitation
les rapports pressions mobilisée sur butée mobilisable doivent être inférieures à 0.529

Rigidité de l'ancrage (existant) :

Rigidité de l'ancrage = rigidité combiné du tirant et du rideau d'ancrage

Rigidité combinée :

$$RC = \frac{1}{\frac{1}{R0} + \frac{1}{Rr}}$$

Rigidité du rideau d'ancrage :

$$Rr = \frac{Ft}{f}$$

Ft : réaction d'ancrage non pondéré

f : déplacement du rideau d'ancrage au point d'ancrage

Rigidité du tirant :

$$R = E \times S \times \frac{(\cos(a))^2}{L \times e}$$

E : module de l'acier du tirant : 210 GPa

a : inclinaison du tirant par rapport à l'horizontale : 0

S : section du tirant neuf ou corrodé

e : espacement des tirants : 1.00m

L : Longueur moyenne des tirants : 15.00m

Dans le programme RIDO, l'espacement des tirants est pris égal à 1.00m (réaction d'appui par mètre linéaire)

Rigidité de l'ancrage foré (renforcement)

Tirant type DSI DYWI Drill R51-660 diamètre de forage : 150 mm

Rigidité des tirants = rigidité par ml de rideau

$$R = E \times S \times (\cos a)^2 / (L \times e)$$

E = module de l'acier du tirant : 21 000 000 T/m²

a = inclinaison du tirant par rapport à l'horizontale : 35°

Ag = section du tirant neuf : 9.39 cm²

Ag = section du tirant corrodé : 8.50 cm²

e = espacement tirant : 1.00m (un par ventre de palplanches)

$$L = Ln + la : 2 + 20/2 = 12m$$

Ln : longueur neutre (frottement non pris en compte) : 2.00m

La : longueur d'ancrage utile divisé par 2 et sans coefficient de sécurité

Moment fléchissant résistant :

Sections de classe 1 ou 2 :

$$McR,d = \beta_b \times W_{pl} \times f_y$$

Section de classe 3 :

$$McR,d = \beta_b \times W_{el} \times f_y$$

β_b : 0.7

W_{pl} : Module de flexion plastique

W_{el} : Module de flexion élastique

f_y : limite élastique de l'acier

Inertie de flexion efficace :

$$I_{eff} = \beta_d \times I_{théorique}$$

β_b : 0.5

$I_{théorique}$: Moment d'inertie de la palplanches

5. COUPE DE CALCULS

5.1. COUPE DE CALCUL 1ERE TRANCHE (OUEST)

Rideau de quai principal

- Palplanches type L2S S240
- Tête du rideau (arase supérieure de couronnement) : 174.45 NGF
- Niveau de la plateforme du quai : 174.45 NGF
- Pieds des palplanches : 160.80 NGF
- Hauteur du rideau (y/c couronnement) : $174.45 - 160.80 \text{ m} = 13.65 \text{ m}$
- Fond de fouille devant le rideau : 165.00 + forme de banquettes
- Hauteur libre : $174.45 - 165.00 = 9.45 \text{ m}$
- Fiche : $13.65 - 9.45 = 4.20 \text{ m}$
- Rideau ancré à la côte : 171.95 NGF

Tirants d'ancrage posés :

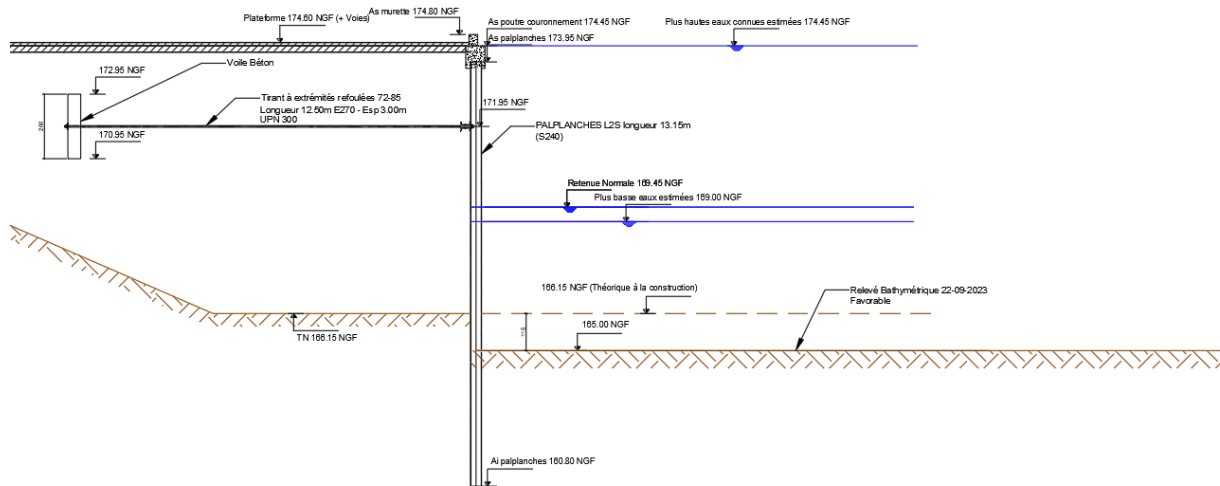
- Tirants à extrémités refoulées 72-85
- Tirants horizontaux
- Longueur tirant : 12.50m
- Espacement 3.00m

Rideau d'ancrage :

- Type voile béton
- Tête du rideau : 172.95 NGF
- Pieds du rideau : 170.95 NGF
- Hauteur du rideau : 2 m
- Hauteur libre : 0
- Fiche : 2m
- Effort d'ancrage à la côte 171.95 NGF
- Rideau d'ancrage situé à 12.50m du rideau principal

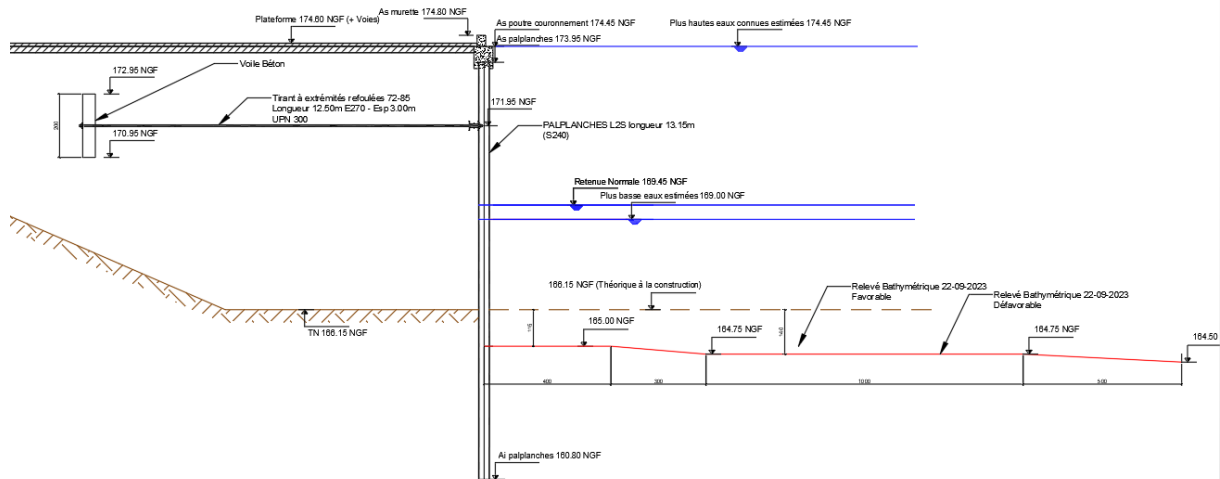
**COUPE QUAI 1ère tranche (coté ouest) centrale -
Sondages SP3/SP4**

ECHELLE 1/100



**COUPE QUAI 1ère tranche (coté ouest) Amont -
Sondages SP1/SP2**

ECHELLE 1/100



5.2. COUPE DE CALCUL 2EME TRANCHE (EST)

Rideau de quai principal

- Palplanches type L2S S240
- Tête du rideau (arase supérieure de couronnement) : 174.45 NGF
- Niveau de la plateforme du quai : 174.45 NGF
- Pieds des palplanches : 158.80 NGF
- Hauteur du rideau (y/c couronnement) : $174.45 - 158.80 \text{ m} = 15.65 \text{ m}$
- Fond de fouille devant le rideau : 166.15 NGF (Horizontal)
- Hauteur libre : $174.45 - 165.00 = 9.45 \text{ m}$
- Fiche : $15.65 - 9.45 = 6.20 \text{ m}$
- Rideau ancré à la côte : 170.95 NGF

Tirants d'ancrage posés :

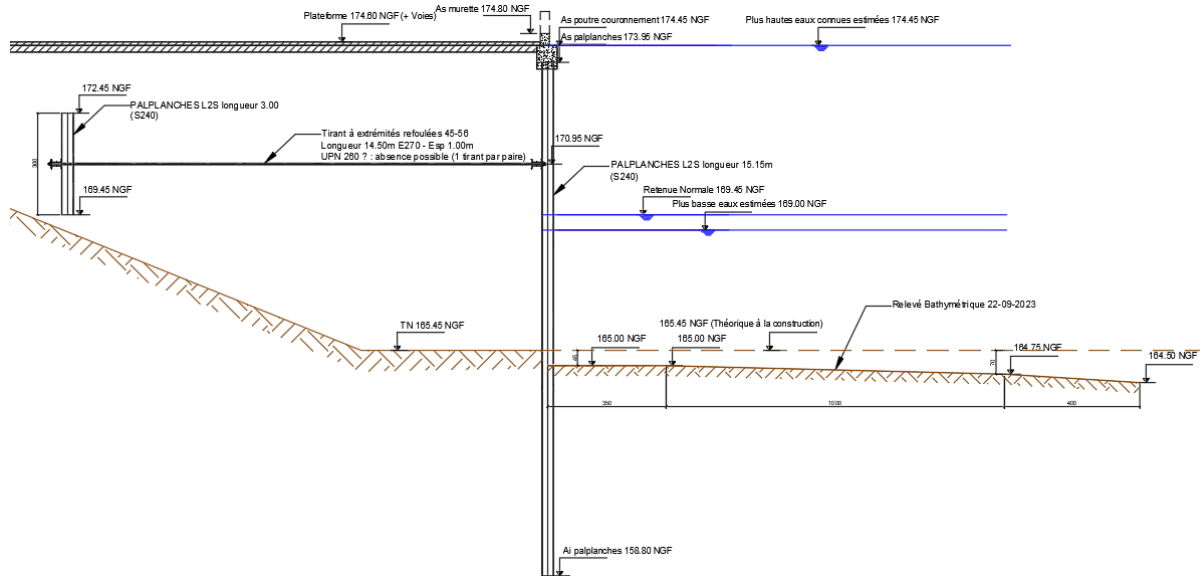
- Tirants à extrémités refoulées 45-56
- Tirants horizontaux
- Longueur tirant : 14.50m
- Espacement 1.00m

Rideau d'ancrage :

- Palplanche type L2S S240
- Tête du rideau : 172.45 NGF
- Pieds du rideau : 169.45 NGF
- Hauteur du rideau : 3 m
- Hauteur libre : 0
- Fiche : 3m
- Effort d'ancrage à la côte 170.95 NGF
- Rideau d'ancrage situé à 14.50m du rideau principal

**COUPE QUA! 2ème tranche (coté Est) aval -
Sondages SP5/SP6**

ECHELLE 1/100



5.3. ACTIONS ET CHARGES D'EXPLOITATION

Charges d'exploitation surfaciques uniformément réparties :

La charge d'exploitation surfacique uniformément répartie du quai sera de 3 t/m², cette valeur sera appliquée dès la construction du quai, et sera supposée n'avoir jamais été dépassée durant la vie de l'ouvrage.

La valeur de 5t/m² dans le rapport APT_MACON_DIAG_001_ETU_ind 0_10-01-24 et les précédents rapports provoque l'instabilité du quai dès la prise en compte du mouillage réel (plus important que le mouillage théorique lors de la construction).

Des calculs seront menés pour vérifier la capacité du quai (tranche ouest, et tranche est) suivant les cas de charges renseignés par l'exploitant.

Pour les opérations de manutention des grues de levage (grues télescopiques) sur la plate-forme du quai, il est considéré :

- Que les plaques de répartitions de forme rectangulaire, présentent leur plus grandes longueurs parallèle à la magistrale du quai
- Que les grues et les plaques de répartition sont implantées entre le rideau de quai et le rideau d'ancrage
- Que la charge d'exploitation à l'arrière du rideau d'ancrage, à pour valeur maximum 3t/m²

Engins étudiés :

- ☐ Pelle SENNEBOGEN 850
- ☐ Pelle type MANTSINEN 70
- ☐ Grue portuaire LIEBHERR LHM 180

Remarque :

La descente de charge totale sur la SENNEBOGEN 850 est de 96 t
Répartie sur des chenilles sur une surface totale de : 9m² (10.6t/m²)

La descente de charge totale sur la MANTSINEN 70 est de 93 t
Répartie sur 4 plaques d'appuis de 2m² chacune sur une surface totale de 8m² (11.6t/m²)

Il sera étudié le cas de charge de la Pelle MANTSINEN 70 (légèrement plus défavorable que le cas de la pelle SENNEBOGEN 850),

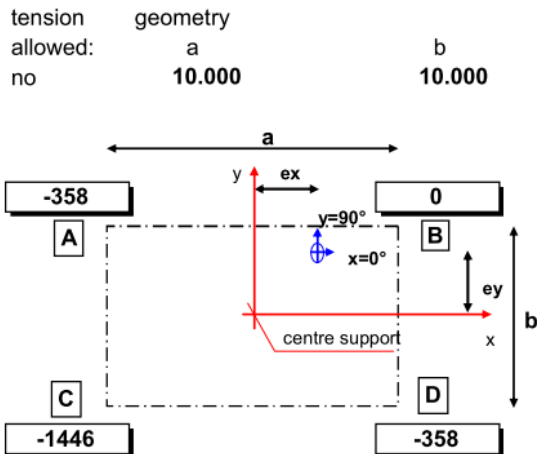
5.4. DESCENTE DE CHARGE DE LA GRUE LHM180

SUPPORT FORCES for Maximum

CRANE:
LOADCASE:
UNITS:

LHM 180-2
DYNAMIK incl. WIND
SI [m,kN]

Utilisation 75%
LC 1



slewing axis

ex 0.000 ey 0.000

Fz -1665 Mres 10224

angle ° 370.00 -45.00

centre of supports

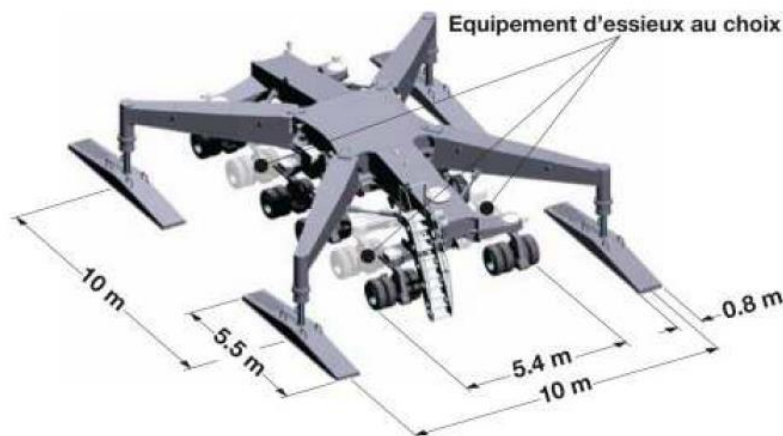
Fz -497 Mx 0 My 0

total load

-2162 7229 -7229

Units: Force [kN]
Moment [kNm]
Length [m]

Extrait descente de charge cas le plus défavorable Grue LHM180



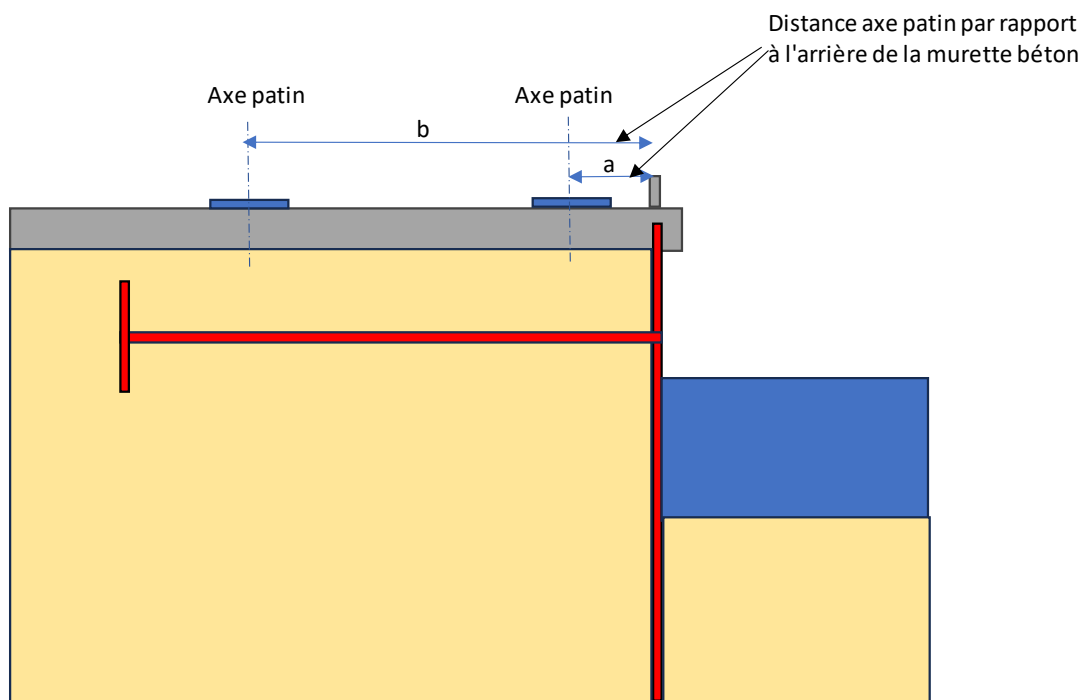
Dimension de la grue LHM180

- Dimension du patin : 5.50 m x 0.80 m, retenu sécuritairement 3.00 m x 0.80m car la transmission des efforts n'est pas garantie si la rigidité du patin est faible.
- Descente de charge maximum sur patin le plus chargé : 145 t
- Descente de charge maximum par ml : 145 / 3.00 = 48.5 t/ml

Position de la grue LHM180

	a (m)	b (m)
Quai Ouest		
Position n°1	2	12
Quai Est		
Position n°1	2	12

Utilisation de plaque de répartition : ceux de la grue



Vue en élévation position axe des patins de grue

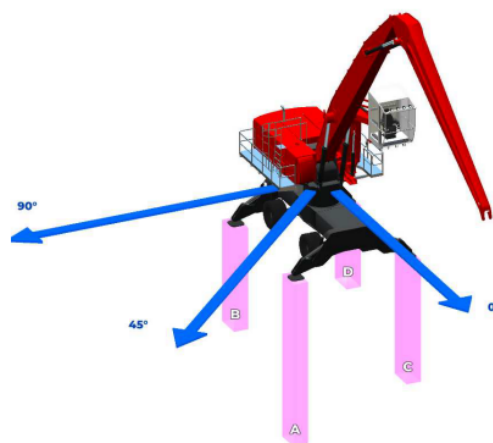
5.5. DESCENTE DE CHARGE DE LA PELLE MANTSINEN 70

MANTSINEN 70M HYBRILIFT®

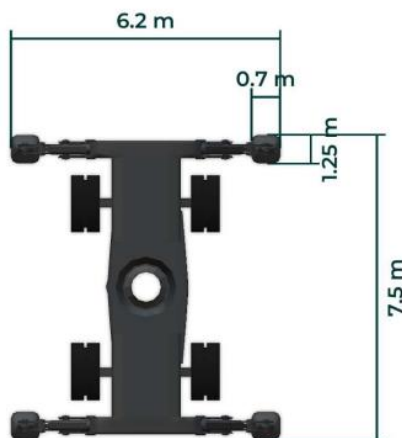
CORNER LOADS, CALCULATED WITH MAX LOAD @ ¾ REACH

WITHOUT LOAD Machine weight 88000 kg				
	0 deg		90 deg	
A	290		285	kN/m2
B	205		285	kN/m2
C	290		210	kN/m2
D	205		210	kN/m2

WITH LOAD				
	0 deg	45 deg	90 deg	
A	399	507	418	kN/m2
B	130	239	418	kN/m2
C	399	212	111	kN/m2
D	130	100	111	kN/m2



Extrait descente de charge cas le plus défavorable Grue LHM180



Dimension de la pelle Mantsinen 70

Pression maximum sous patin le plus chargé : $507 \text{ kN/m}^2 = 50.7 \text{ t/m}^2$

Surface d'appui patin : $0.70 \times 1.25 = 0.875 \text{ m}^2$

Descente de charge maximum = 44.3t

Soit 35.44 t/ml appliquées sur un linéaire de 1.25m.

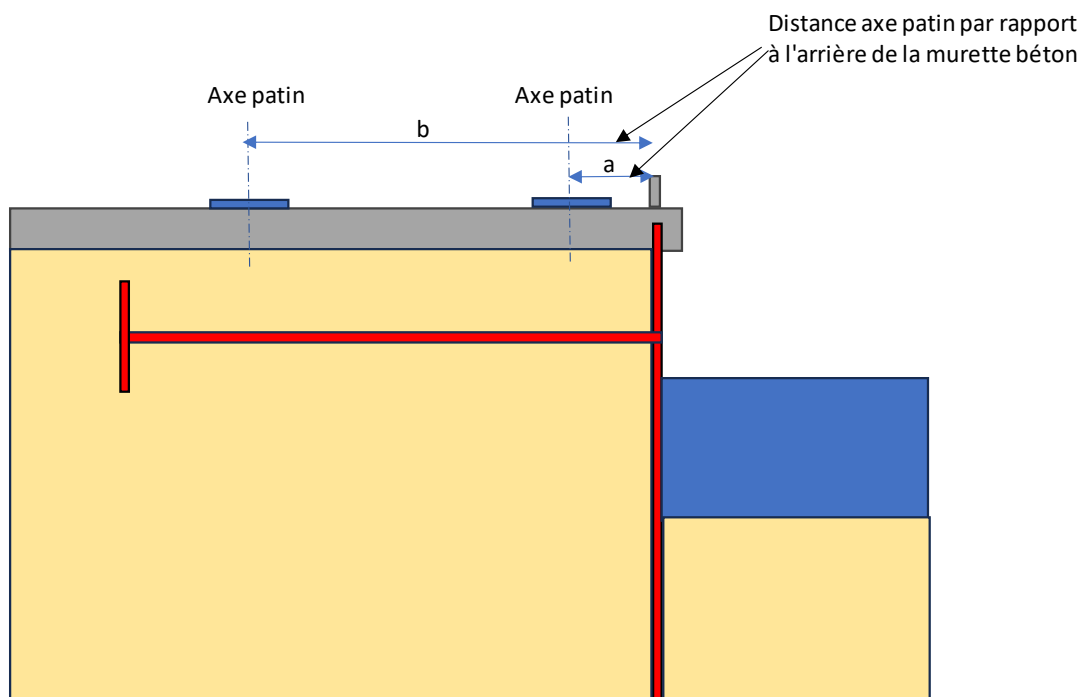
La descente de charge par patin est moins défavorable que la descente de charge de la grue LHM180 (48.5t/ml appliquées sur un linéaire de 3m)

-

Position de la pelle Mantsinen 70M

	a (m)	b (m)
Quai Ouest		
Position n°1	2	7,5
Quai Est		
Position n°1	2	7,5

Utilisation de plaque de répartition 1,25 x 0,70m (1,25m // au quai)



Vue en élévation position axe des patins de grue

5.6. NAPPE PHREATIQUE

Trois cas de calculs :

1^{er} cas :

- Niveau d'eau devant le rideau de quai : 169.00 NGF (plus basses eaux estimées)
- Niveau d'eau derrière le rideau de quai : $169.00 + 0.50 = 169.50$ NGF

2^{ème} cas :

- Niveau d'eau devant le rideau de quai : 169.45 NGF (Retenue normale)
- Niveau d'eau derrière le rideau de quai : Retenue normale + 1.00 = 170.45 (niveau des écoulements constatés au niveau des serrures sur certaines palplanches)

3^{ème} cas :

- Niveau d'eau devant le rideau de quai : $174.45 - 0.50 = 173.95$ NGF
- Niveau d'eau derrière le rideau de quai : plateforme du quai 174.45 NGF (Plus hautes eaux connues et décrue)

Remarque :

Le cas le plus défavorable retenu est le 2^{ème} cas.

Ce cas est réel et constaté sur site avec écoulement d'eau au niveau des serrures des palplanches.

Le 1^{er} cas (peu probable sauf accident sur barrage aval), et le 3^{ème} cas sont plus favorables que le 2^{ème} cas pour la stabilité du quai.

6. PHASAGE DE CALCUL CAPACITE DU QUAI CHARGES SURFACIQUES ET MANTSINEN 70

6.1. PALPLANCHES ET TIRANTS NEUFS

1^{ère} phase de calcul ;

Rideau principal :

- Niveau d'eau devant le rideau de quai : 169.45 NGF (retenue normale)
- Niveau d'eau derrière le rideau de quai : $169.45 + 1.00 = 170.45$ NGF

Rideau d'ancrage :

- Niveau d'eau devant le rideau : 170.45 NGF
- Niveau d'eau derrière le rideau : 170.45 NGF

Palplanches et tirants neufs

charge d'exploitation : 0 t/m²

2^{ème} phase de calcul ;

Rideau principal :

- Niveau d'eau devant le rideau de quai : 169.45 NGF (retenue normale)
- Niveau d'eau derrière le rideau de quai : $169.45 + 1.00 = 170.45$ NGF

Rideau d'ancrage :

- Niveau d'eau devant le rideau : 170.45 NGF
- Niveau d'eau derrière le rideau : 170.45 NGF

Palplanches et tirants neufs

charge d'exploitation : ~~5.5 t/m² (5.0 t/m² pondéré par 1.1)~~ 3.3 t/m² (3.0 t/m² pondéré par 1.1)

3^{ème} phase de calcul ;

Rideau principal

- Niveau d'eau devant le rideau de quai : 169.00 (plus basses eaux)
- Niveau d'eau derrière le rideau de quai : 169.50 NGF (plus basses eaux + 0.50m)

Rideau d'ancrage :

- Niveau d'eau devant le rideau : 169.50 NGF
- Niveau d'eau derrière le rideau : 169.50 NGF

Palplanches et tirants neufs

charge d'exploitation : ~~5.5 t/m² (5.0 t/m² pondéré par 1.1)~~ 3.3 t/m² (3.0 t/m² pondéré par 1.1)

4^{ème} phase de calcul ;

Rideau principal

- Niveau d'eau devant le rideau de quai : 173.95 (décrue)
- Niveau d'eau derrière le rideau de quai : 174.45 (Plus hautes eaux connues)

Rideau d'ancrage :

- Niveau d'eau devant le rideau : 172.95 NGF (tête rideau) --- (172.45 pour tranche Est)
- Niveau d'eau derrière le rideau : 172.95 NGF (tête rideau) --- (172.45 pour tranche Est)

Palplanches et tirants neufs

charge d'exploitation : ~~5.5 t/m² (5.0 t/m² pondéré par 1.1)~~ 3.3 t/m² (3.0 t/m² pondéré par 1.1)

5^{ème} phase de calcul ; Non-conformité de mouillage (augmentation de la hauteur soutenue et diminution de la butée (fiche palplanches) par rapport aux données de la construction).

Rideau principal

- Niveau d'eau devant le rideau de quai : 169.45 NGF (retenue normale)
- Niveau d'eau derrière le rideau de quai : $169.45 + 1.00 = 170.45$ NGF

Rideau d'ancrage :

- Niveau d'eau devant le rideau : 172.95 NGF (tête rideau) --- (172.45 pour tranche Est)
- Niveau d'eau derrière le rideau : 172.95 NGF (tête rideau) --- (172.45 pour tranche Est)

Palplanches et tirants neufs

charge d'exploitation :

- Cas de charge actuel défini avec l'exploitant

- Mantsinen 70 sur Quai Ouest - Charges hors influence du quai (après rideau d'ancrage)
- Pelle Mantsinen 70 + stockage bois sur Quai Est

6.2. PALPLANCHES ET TIRANTS CORRODES (AGE ACTUEL = 50 ANS)

6^{ème} phase de calcul ;

Rideau principal :

- Niveau d'eau devant le rideau de quai : 169.45 NGF (retenue normale)
- Niveau d'eau derrière le rideau de quai : $169.45 + 1.00 = 170.45$ NGF

Rideau d'ancrage :

- Niveau d'eau devant le rideau : 170.45 NGF
- Niveau d'eau derrière le rideau : 170.45 NGF

Tirant d'ancrage à 169.95

Palplanches et tirants corrodés

7^{ème} et 8^{ème} phase de calcul ;

Rideau principal :

- Niveau d'eau devant le rideau de quai : 169.45 NGF (retenue normale)
- Niveau d'eau derrière le rideau de quai : $169.45 + 1.00 = 170.45$ NGF

Rideau d'ancrage :

- Niveau d'eau devant le rideau : 170.45 NGF
- Niveau d'eau derrière le rideau : 170.45 NGF

Palplanches et tirants corrodés

charge d'exploitation :

- Cas de charge actuel défini avec l'exploitant

- Mantsinen 70 sur Quai Ouest - Charges hors influence du quai (après rideau d'ancrage)
- Pelle Mantsinen 70 + stockage bois sur Quai Est (2t/m²)

6.3. PALPLANCHES ET TIRANTS CORRODES (AGE ACTUEL + 50 ANS = 100 ANS)

9^{ème} et 10^{ème} phase de calcul ;

Rideau principal :

- Niveau d'eau devant le rideau de quai : 169.45 NGF (retenue normale)
- Niveau d'eau derrière le rideau de quai : $169.45 + 1.00 = 170.45$ NGF

Rideau d'ancrage :

- Niveau d'eau devant le rideau : 170.45 NGF
- Niveau d'eau derrière le rideau: 170.45 NGF

Palplanches et tirants corrodés

charge d'exploitation :

- Cas de charge actuel défini avec l'exploitant

- Mantsinen 70 sur Quai Ouest - Charges hors influence du quai (après rideau d'ancrage)
- Pelle Mantsinen 70 + stockage bois sur Quai Est (2t/m²)

11^{ème} phase de calcul ;

Rideau principal :

- Niveau d'eau devant le rideau de quai : 169.45 NGF (retenue normale)
- Niveau d'eau derrière le rideau de quai : $169.45 + 1.00 = 170.45$ NGF

Rideau d'ancrage :

- Niveau d'eau devant le rideau : 170.45 NGF
- Niveau d'eau derrière le rideau: 170.45 NGF

Palplanches et tirants corrodés

Surcharge : 3.3 t/m² (3.0 t/m² pondéré par 1.1) quai ouest

Surcharge 2.2 t/m² (2.0 t/m² pondéré par 1.1) quai est

6.4. QUAI TRANCHE OUEST - RESULTATS DE CALCULS CORROSION ACTUELLE

Rideau principal (rideau de quai)

Les calculs de la rigidité du système d'ancrage sont présentés pages suivantes.

Les données et les résultats informatiques des calculs RIDO sont présentés en annexe.

Les tableaux ci-après, présentent les résultats des calculs avec la grue LHM180, et pelle Mantsinen70 prévus dans les configuration expliquées précédemment :

Dans l'état de corrosion actuel il est retenu pour le cas de charge spécifique :

Les contraintes dans les palplanches ne dépassent pas la contrainte admissible :

- **Maximum palplanches corrodées actuelles : $2056 \text{ kg/cm}^2 < 2400 \text{ kg/cm}^2$**

Les efforts tranchants dans les palplanches ne dépassent pas l'effort tranchant admissible :

- **Maximum palplanches corrodées : $V = 27.86 \text{ t/m} < 34.5 \text{ t/m}$**

Les déformations maximum des palplanches sont de l'ordre de :

- **Maximum palplanches corrodées : 60mm**

Les rapports pressions mobilisées sur butées mobilisables sont supérieures à la limite de sécurité de 0.529 :

- **Maximum palplanches corrodées : $0700 > 0.529$**

L'ancien règlement permettait d'accepter un rapport pressions mobilisées sur butées mobilisables de 0.673, mais le rapport est toujours supérieur à la limite de sécurité fixée par l'ancien règlement.

Sur la longueur des palplanches du rideau principal, le quai n'est pas conforme suivant les normes en vigueur. Le rapport est proche de ce qui était autorisé par l'ancien règlement.

Les contraintes dans les tirants ne dépassent pas la contrainte admissible :

- **Maximum : $2153 \text{ kg/cm}^2 < 2700 \text{ kg/cm}^2$**

Rideau d'ancrage (rideau arrière)

Les données et les résultats informatiques des calculs RIDO sont présentés

Le tableau ci-après, présente les résultats des calculs

Les contraintes ne dépassent pas la contrainte admissible dans le béton

- **Maximum : $20 \text{ kg/cm}^2 < \text{résistance béton } 20 \text{ Mpa}$**

Les efforts tranchants ne dépassent pas l'effort tranchant admissible

- **Maximum : $V = 13.30 \text{ t/ml} < \text{résistance béton } 20 \text{ Mpa}$**

Les déformations maximum du rideau sont de l'ordre de :

- **Maximum : 7 mm (avant non-conformité sur mouillage)**

L'implantation du rideau d'ancrage ne respecte pas la construction de RANKINE, qui fixe la position minimale à laquelle il doit se situer du rideau principal (voir annexe).

6.5. RESULTATS DE CALCULS CORROSION ACTUELLE + 50 ANS : 100 ANS

Dans la projection de l'état actuel de corrosion et sur 50 ans (2073).

Les contraintes dans les palplanches dépassent la contrainte admissible :

- **Maximum palplanches corrodées actuelles : $2311 \text{ kg/cm}^2 < 2400 \text{ kg/cm}^2$**

Les efforts tranchants dans les palplanches ne dépassent l'effort tranchant admissible (corrodées) :

- **Maximum palplanches corrodées : $V = 28.28 \text{ t/ml} < 28.5 \text{ t/m}$**

Les rapports pressions mobilisées sur butées mobilisables sont supérieures à la limite de sécurité de 0.529 :

- **Maximum palplanches corrodées : $0.730 > 0.529$**

L'ancien règlement permettait d'accepter un rapport pressions mobilisées sur butées mobilisables de 0.673, mais le rapport est toujours supérieur à la limite de sécurité fixée par l'ancien règlement.

Sur la longueur des palplanches du rideau principal, le quai n'est pas conforme suivant les normes en vigueur. Le rapport est proche de ce qui était autorisé par l'ancien règlement.

Les contraintes dans les tirants ne dépassent pas la contrainte admissible :

- **Maximum : $2150 \text{ kg/cm}^2 < 2700 \text{ kg/cm}^2$**

6.6. CONCLUSION CAPACITE DU QUAI TRANCHE OUEST

Le quai pouvait accepter 5 tonnes/m² de charges réparties lors de sa réalisation.

La non-conformité sur le mouillage réel a entraîné une augmentation de la hauteur à soutenir.

Cela entraîne une diminution de la capacité du quai à 3t/m²

Sans dépassement des efforts dans les palplanches et tirants comme c'était le cas avant renfort par tirants d'ancrage forés.

L'étude de cas de charges spécifiques dans ce rapport permet de justifier le maintien de l'atelier de production du quai Ouest avec l'utilisation de la LHM 180 ou des pelles Mantsinen 70 (et Sennebogen 850) suivant les positions et conditions de chargement détaillées.

Le quai peut supporter 3.00t/m² après renfort, et cette capacité est maintenue dans 50 ans (age quai = 100 ans)

Une non-conformité est toujours présente sur la longueur des palplanches du rideau principal :

La non-conformité sur le mouillage a conduit à une diminution de la sécurité (perte de longueur fichée), mais l'ajout d'un tirant d'ancrage foré permet de reprendre de la sécurité en se rapprochant, (sans l'atteindre) le critère de butée mobilisée sur butée mobilisable.

Une non-conformité est présente sur le rideau d'ancrage qui ne respecte pas la disposition constructive justifiant de la non-interaction entre rideau (construction de Rankine)

Le renforcement par tirants d'ancrage forés permet donc de ramener le quai à une capacité de 3.00t/m², avec une sécurité nettement augmentée par rapport à la solution sans renforcement.

Règles générales d'utilisation du quai :

Il est strictement interdit de positionner des patins d'engins sur la poutre de couronnement des palplanches. Les palplanches et les tirants ne sont pas prévus pour reprendre les efforts.

Il est interdit d'utiliser les godets des engins pour déplacer le bateau (efforts horizontaux induits).

Les reachstackers ne sont pas autorisés sur le quai : le cas de charge est plus pénalisant à cause des effets dynamiques (accélération, freinage) et du poinçonnement de l'essieu avant lors du levage.

L'entreprise exploitante du quai doit assurer un contrôle visuel du quai et sensibiliser le personnel aux comportements anormaux suivants :

- Détachement de la poutre de couronnement par rapport au dallage béton (ouverture visible)
- Apparition de fissures sur le revêtement du quai
- Ouverture des fissures existantes.
- Rupture tirant, écrou, plaque d'appui
- Déformation des palplanches
- Déformation de la plateforme supérieure du quai (affaissement).

Compte tenu de l'instabilité et du dépassement des seuils montrés au calcul pour l'utilisation du quai dans les conditions précisées précédemment, nous recommandons d'interdire toutes nouvelles pratiques (nouveaux engins, nouvelles positions, augmentation du stockage...).

Les limites de l'étude :

- Cette étude prend pour hypothèse que les travaux ont été exécutés tels que prévus sur les plans communiqués
- Que les tirants ont été posés dans les règles de l'art :
 - posés tendus (absence de flèche ou déformation dans le plan horizontal)
 - posé au centre des trous dans les palplanches (absence de cisaillement possible)

Nous recommandons la mise en place d'un suivi décennal permettant notamment de suivre l'évolution des pertes d'épaisseurs par corrosion.

6.7. RESULTATS DE CALCULS

Quai dans toutes les situations de calculs et grue LHM180 et Mantsinen 70 (ou Sennebogen 850):

RESULTATS PRINCIPAUX DU CALCUL RIDO : RIDEAU DE QUAI

PAIPLANCHES L 25 S240 GP

contrainte admissible exploitation 1 x 2400 = 2400 kg/cm²

Iv Plastique (neuves)=	1310	cm ³ /ml	
Iv Plastique (corrodé 50 ans)=	1182	cm ³ /ml	1314 (2 appuis)
Iv Plastique (corrodé 100 ans)=	1033	cm ³ /ml	1180 (2 appuis)

Effort tranchant admissible neuf = $V_{\mu, RD}$ =	80	t/ml	=> 0,5 x $V_{\mu, RD}$ = 40 t/ml
Effort tranchant admissible corrodé 50 ans = $V_{\mu, RD}$ =	69	t/ml	=> 0,5 x $V_{\mu, RD}$ = 34,5 t/ml
fort tranchant admissible corrodé 100 ans = $V_{\mu, RD}$ =	57	t/ml	=> 0,5 x $V_{\mu, RD}$ = 28,5 t/ml

Tirant 72-85 refoulé

Contrainte admissible en section courante

2700 kg/cm²

Section courante neuf

40,69 cm²

Section courante tirant corrodé 50 ans

39,37 cm²

Section courante tirant corrodé 100 ans

38,05 cm²

espacement des tirants

3,00 m

Tirants renforcement

Section courante tirant neuve

9,39 cm²

Section courante tirant corrodé 50 ans

8,50 cm²

	PHASE 1 DE CALCUL Réalisation Exploitation	PHASE 2 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 3 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 4 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 5 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 6 DE CALCUL Erreur mouillage niveau d'eau	PHASE 7 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 8 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 9 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 10 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 11 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau
Engin	non	non	non	non	LHM180	non	LHM180	Mantsinen 70	LHM180	Mantsinen 70	stockage 30/m ²
Palplanches	Neuve	Neuve	Neuve	Neuve	Neuve	corrosion 50 ans	corrosion 50 ans	corrosion 50 ans	corrosion 100 ans	corrosion 100 ans	corrosion 100 ans
charges d'exploitation	0 t/m ²	3,0 t/m ²	3,0 t/m ²	3,0 t/m ²	Cas de charge spécifique	Cas de charge spécifique	Cas de charge spécifique	Cas de charge spécifique	Cas de charge spécifique	Cas de charge spécifique	Cas de charge spécifique
Hauteur libre en m	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
Fiche en m	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Longueur totale en m (y/c couronnement)	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65
eau avant (NGF)	169,45	169,45	169,00	173,95	169,45	169,45	169,45	169,45	169,45	169,45	169,45
eau arrière (NGF)	170,45	170,45	169,50	174,45	170,45	170,45	170,45	170,45	170,45	170,45	170,45
Déformation max en mm	30	43	43	42	42	55	58	60	61	63	65
Moment max en t.m /ml	13,89	18,22	18,23	18,20	22,54	19,80	19,36	20,01	18,74	19,34	20,20
Moment max pondéré par 1,35 en t.m /ml	18,75	24,60	24,61	24,57	30,43	26,73	26,14	27,01	25,30	26,11	27,27
contrainte max en kg/cm ²	1 431	1 878	1 879	1 876	2 323	2 034	1 989	2 056	2 144	2 213	2 311
	<2400 kg/cm ²	<2400 kg/cm ²	<2400 kg/cm ²	<2400 kg/cm ²	<2400 kg/cm ²	<2400 kg/cm ²	<2400 kg/cm ²	< 2400 kg/cm ²	< 2400 kg/cm ²	< 2400 kg/cm ²	< 2400 kg/cm ²
Effort tranchant max en t /ml	13,29	17,30	17,30	17,06	23,12	20,27	20,03	20,64	17,74	19,46	20,95
Effort tranchant max pondéré par 1,35 en t / ml	17,94	23,36	23,36	23,03	31,21	27,36	27,04	27,86	23,95	26,27	28,28
Effort tranchant admissible en t/ml => 0,5 x $V_{\mu, RD}$	< 40,0 t/ml	< 40,0 t/ml	< 40,0 t/ml	< 40,0 t/ml	< 40,0 t/ml	< 34,5 t/ml	< 34,5 t/ml	< 28,5 t/ml	< 28,5 t/ml	< 28,5 t/ml	< 28,5 t/ml
Rapport PM / BM	0,354	0,441	0,438	0,401	0,420	0,690	0,690	0,710	0,700	0,710	0,730
	< 0,529	< 0,529	< 0,529	< 0,529	< 0,529	> 0,529	> 0,529	> 0,529	> 0,529	> 0,529	> 0,529
Réaction d'ancrage en t/ml	16,40	22,26	22,26	22,23	23,58	23,65	20,21	20,23	20,18	20,16	20,11
Réaction d'ancrage dans le tirant e=3,00m	49,20	66,78	66,78	66,69	70,74	70,95	60,63	60,69	60,54	60,48	60,33
Réaction d'ancrage dans le tirant en t *1,35	66,42	90,15	90,15	90,03	95,50	95,78	81,85	81,93	81,73	81,65	81,45
Contrainte dans le tirant en section courante kg/cm ²	1632,34	2215,61	2215,61	2212,62	2346,99	2432,88	2079,01	2153,26	2147,94	2145,81	2140,49
Limite élastique	<2700 kg/cm ²	<2700 kg/cm ²	<2700 kg/cm ²	<2700 kg/cm ²	< 2700 kg/cm ²	< 2700 kg/cm ²	< 2700 kg/cm ²	< 2700 kg/cm ²	< 2700 kg/cm ²	< 2700 kg/cm ²	< 2700 kg/cm ²
Réaction d'ancrage en t/ml tirant foré renforcement						5,48	7,86	8,81	9,35	10,12	10,90
Réaction d'ancrage dans le tirant e=1,00m						5,48	7,86	4,15	4,02	4,02	4,02
Réaction d'ancrage dans le tirant en t *1,35						7,40	10,61	5,60	5,43	5,43	5,43
Contrainte dans le tirant en section courante kg/cm ²						787,86	1130,03	596,65	638,47	638,47	638,47
Limite élastique						<5600 kg/cm ²	<5600 kg/cm ²	<5600 kg/cm ²	<5600 kg/cm ²	<5600 kg/cm ²	<5600 kg/cm ²

Rideau d'ancrage

RESULTATS PRINCIPAUX DU CALCUL RIDO : RIDEAU D'ANCRAGE

Béton

Iv 26667 cm³/ml

	PHASE 1 DE CALCUL Réalisation Exploitation	PHASE 2 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 3 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 4 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 5 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 6 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 7 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 8 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 9 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 9 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 9 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau
Effort d'ancrage pondéré en t	66,42	90,15	90,15	90,03	95,50	95,78	81,85	81,93	81,73	81,65	81,45
Déformation max en mm	2	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Moment max en t.m	3,89	5,27	5,22	5,26	5,58	5,60	4,73	4,72	4,72	4,72	4,70
contrainte max en kg/cm ²	15	20	20	20	21	21	18	18	18	18	18
	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton
Effort tranchant max en t /ml	10,60	13,46	13,30	13,44	14,00	14,04	11,74	11,72	11,71	11,71	11,67
Effort tranchant admissible en t/ml	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton	inf Rbéton

6.8. QUAI TRANCHE EST - RESULTATS DE CALCULS CORROSION ACTUELLE

3 cas de charges ont été calculés :

- Stockage 2t/m² grumes
- Mantsinen 70 sans stockage sur le quai (chargement à l'avancement)

Rideau principal (rideau de quai)

Les calculs de la rigidité du système d'ancrage sont présentés pages suivantes.

Les données et les résultats informatiques des calculs RIDO sont présentés en annexe.

Les tableaux ci-après, présentent les résultats des calculs dans les configuration expliquées précédemment :

Dans l'état de corrosion actuel il est retenu pour le cas de charge spécifique :

Les contraintes dans les palplanches dépassent la contrainte admissible :

- **Maximum palplanches corrodées actuelles :**
 Stockage 2tm² : **2562 kg/cm² > 2400 kg/cm²**
 MANT70² : **2383 kg/cm² < 2400 kg/cm²**

Les efforts tranchants dans les palplanches ne dépassent pas l'effort tranchant admissible :

- **Maximum palplanches corrodées :**
 Stockage 2tm² : **V = 19.94t/m < 34.5 t/m**
 MANT70² : **V = 18.38t/m < 34.5 t/m**

Les déformations maximum des palplanches sont de l'ordre de :

- **Maximum palplanches corrodées : 64 mm**

Les rapports pressions mobilisées sur butées mobilisables sont inférieur à la limite de sécurité de 0.529 :

- **Maximum palplanches corrodées : 0.440 < 0.529**

Les contraintes dans les tirants dépassent la contrainte admissible :

- **Maximum :**
 Stockage 2tm² **2859 kg/cm² > 2700 kg/cm²**
 MANT70² : **2818 kg/cm² > 2700 kg/cm²**

L'implantation du rideau d'ancrage ne respecte pas la construction de RANKINE, qui fixe la position minimale à laquelle il doit se situer du rideau principal (voir annexe).

6.9. RESULTATS DE CALCULS CORROSION ACTUELLE + 50 ANS : 100 ANS

Dans la projection de l'état actuel de corrosion et sur 50 ans (2073).

Les palplanches et les tirants ayant déjà dépassées leurs limites à l'âge actuel, la projection sur 100 ans dégrade davantage leur tenue.

Les contraintes dans les palplanches dépassent légèrement la contrainte admissible :

- **Maximum palplanches corrodées actuelles :**
Stockage 2tm² : 2794 kg/cm² > 2400 kg/cm²
MANT70² : 2591 kg/cm² > 2400 kg/cm²

-

Les efforts tranchants dans les palplanches dépassent l'effort tranchant admissible (corrodées) :

- **Maximum palplanches corrodées :**
Stockage 2tm² : V = 27.20t/m < 28.5 t/m
MANT70² : V = 25.11t/m < 28.5 t/m

Les contraintes dans les tirants dépassent la contrainte admissible :

- **Maximum :**
Stockage 2tm² 3025 kg/cm² > 2700 kg/cm²
MANT70² : 2971 kg/cm² > 2700 kg/cm²

6.10. CONCLUSION CAPACITE DU QUAI TRANCHE EST

Le quai pouvait accepter 4 tonnes/m² de charges réparties lors de sa réalisation et non 5 tonnes/m².

Les tirants mis en œuvre ne correspondent pas à ceux prévus sur les plans, *c'est la visite depuis la voie d'eau qui a permis de relever la non-conformité qui n'avait pas été prise en compte dans les précédentes études.*

La non-conformité sur le mouillage a entraîné une augmentation de la hauteur à soutenir.

Cela se traduit malgré une diminution de la capacité du quai à 3t/m² :

- par une augmentation importante des efforts dans les palplanches et les tirants : **environ +15%**

La non-conformité sur les tirants et la non-conformité sur le mouillage entraînent un déficit de 37% de la résistance.

La non-conformité sur les palplanche et la non-conformité sur le mouillage entraînent un déficit de 37% de la résistance.

Cette conclusion était déjà celle du rapport de 2003 par la société SIOAH qui précisait des dépassements légers des seuils admissibles, « les travaux d'entretien de dragage peuvent tolérer une surprofondeur de 10 à 20cm »,

Remarque : ce rapport ne prenait pas en compte la non-conformité sur les tirants, et les sondages géotechniques

Les calculs montrent des dépassements sur les cas de charges de l'exploitation actuelle pelle Sennebogen 850 ou équivalente Mantsinen 70 et stockage de grumes (2T/m²).

On note que cette opération de chargement est possible si la pelle charge à l'avancement les grumes (la pelle ne doit pas se retrouver avec des grumes entre elle et le rideau d'ancrage)

Les calculs montrent que le cas le plus défavorable est celui de la LHM180, nous ne recommandons de ne pas l'utiliser sur le quai Est.

Dans 50 ans, si la perte d'épaisseur par corrosion des palplanches du rideau principal suit la perte d'épaisseur réglementaire, les contraintes admissibles par les palplanches et les tirants seront légèrement dépassées (environ 12%).

Le confortement global par tirant d'ancrage permet donc d'améliorer sensiblement la sécurité du quai, avec des dépassements de contrainte dans les palplanches et les tirants existants qui restent modérées.

Le gain obtenu par le renforcement est moindre que pour le quai Ouest.

Cela s'explique par la présence de tirants existants plus bas à l'Est que à l'Ouest, l'ajout d'une ligne de tirants forés d'ancrage est moins efficace.

Le renforcement par tirants d'ancrage forés permet donc de ramener le quai à une capacité de 2.00t/m², avec une sécurité nettement augmentée par rapport à la solution sans renforcement.

Règles générales d'utilisation du quai :

Il est strictement interdit de positionner des patins d'engins sur la poutre de couronnement des palplanches. Les palplanches et les tirants ne sont pas prévus pour reprendre les efforts.

Il est interdit d'utiliser les godets des engins pour déplacer le bateau (efforts horizontaux induits).

Les reachstackers ne sont pas autorisés sur le quai : le cas de charge est plus pénalisant à cause des effets dynamiques (accélération, freinage) et du poinçonnement de l'essieu avant lors du levage.

L'entreprise exploitante du quai doit assurer un contrôle visuel du quai et sensibiliser le personnel aux comportements anormaux suivants :

- Détachement de la poutre de couronnement par rapport au dallage béton (ouverture visible)
- Apparition de fissures sur le revêtement du quai
- Ouverture des fissures existantes.
- Rupture tirant, écrou, plaque d'appui
- Déformation des palplanches
- Déformation de la plateforme supérieure du quai (affaissement).

Compte tenu de l'instabilité et du dépassement des seuils montrés au calcul pour l'utilisation du quai dans les conditions précisées précédemment, nous recommandons d'interdire toutes nouvelles pratiques (nouveaux engins, nouvelles positions, augmentation du stockage...).

Les limites de l'étude :

- Cette étude prend pour hypothèse que les travaux ont été exécutés tels que prévus sur les plans communiqués
- Que les tirants ont été posés dans les règles de l'art :
 - posés tendus (absence de flèche ou déformation dans le plan horizontal)
 - posé au centre des trous dans les palplanches (absence de cisaillement possible)

Nous recommandons la mise en place d'un suivi décennal permettant notamment de suivre l'évolution des pertes d'épaisseurs par corrosion.

6.11. RESULTATS DE CALCULS

Quai avec cas de charge MANTSINEN 70 seule :

RESULTATS PRINCIPAUX DU CALCUL RIDO : RIDEAU DE QUAÏ

PALPLANCHES L 2S S240 GP

contrainte admissible exploitation $1 \times 2400 = 2400 \text{ kg/cm}^2$

Iv Plastique (neuves)=	1310	cm3/ml	1454 (2 appuis)
Iv Plastique (corrodé 50 ans)=	1182	cm3/ml	1314 (2 appuis)
Iv Plastique (corrodé 100 ans)=	1033	cm3/ml	1180 (2 appuis)
Effort tranchant admissible neuf $= V_{\mu, RD} =$	80	t/ml $\implies 0,5 \times V_{\mu, RD} = 40 \text{ t/ml}$	
Effort tranchant admissible corrodé 50 ans $= V_{\mu, RD} =$	69	t/ml $\implies 0,5 \times V_{\mu, RD} = 34,5 \text{ t/ml}$	
Effort tranchant admissible corrodé 100 ans $= V_{\mu, RD} =$	57	t/ml $\implies 0,5 \times V_{\mu, RD} = 28,5 \text{ t/ml}$	

Tirant 45-56 refoulé

Contrainte admissible en section courante	2700 kg/cm²
Section courante neuf	15,90 cm²
Section courante tirant corrodé 50 ans	15,07 cm²
Section courante tirant corrodé 100 ans	14,25 cm²
espacement des tirants	1,00 m
Tirants renforcement	
Section courante tirant neuve	9,39 cm²
Section courante tirant corrodé 50 ans	8,50 cm²

	PHASE 1 DE CALCUL	PHASE 2 DE CALCUL	PHASE 3 DE CALCUL	PHASE 4 DE CALCUL	PHASE 5 DE CALCUL	PHASE 6 DE CALCUL	PHASE 7 DE CALCUL
	Réalisation	Exploitation	Exploitation	Exploitation	Erreur dragage	Exploitation	Exploitation
	Exploitation	niveau d'eau	niveau d'eau	niveau d'eau	niveau d'eau	niveau d'eau	niveau d'eau
Engin	non	non	non	non	MANT 70	MANT 70	MANT 70
Palplanches	Neuve	Neuve	Neuve	Neuve	Neuve	corrosion 50 ans	corrosion 100 ans
charges d'exploitation	0 t/m²	3,0 t/m²	3,0 t/m²	3,0 t/m²	Cas de charge spécifique	Cas de charge spécifique	Cas de charge spécifique
Hauteur libre en m	9,00	9,00	9,00	9,00	9,45	9,45	9,45
Fiche en m	6,65	6,65	6,65	6,65	6,20	6,20	6,20
Longueur totale en m (y/c couronnement)	15,65	15,65	15,65	15,65	15,65	15,65	15,65
eau avant (NGF)	169,45	169,45	169,00	173,95	169,45	169,45	169,45
eau arrière (NGF)	170,45	170,45	169,50	174,45	170,45	170,45	170,45
Déformation max en mm	31	43	43	43	56	59	64
Moment max en t.m /ml	16,75	21,90	21,94	21,32	23,65	23,19	22,65
Moment max pondéré par 1,35 en t.m /ml	22,61	29,57	29,62	28,78	31,93	31,31	30,58
contrainte max en kg/cm²	1 726	2 257	2 261	2 197	2 196	2 383	2 591
	<2400 kg/cm²	<2400 kg/cm²	<2400 kg/cm²	<2400 kg/cm²	<2400 kg/cm²	<2400 kg/cm²	>> 2400 kg/cm²
Effort tranchant max en t /ml	16,13	21,48	21,43	20,61	18,96	18,38	18,60
Effort tranchant max pondéré par 1,35 en t / ml	21,78	29,00	28,93	27,82	25,60	24,81	25,11
Effort tranchant admissible en t/ml $\implies 0,5 \times V_{\mu, RD}$	< 40,0 t/ml	< 40,0 t/ml	< 40,0 t/ml	< 40,0 t/ml	< 40,0 t/ml	<34,5 t/ml	> 28,5 t/ml
Rapport PM / BM	0,287	0,354	0,336	0,297	0,425	0,426	0,427
	< 0,529	< 0,529	< 0,529	< 0,529	< 0,529	< 0,529	< 0,529
Réaction d'ancrage en t/ml	23,46	32,41	32,40	31,89	32,82	31,46	31,36
Réaction d'ancrage dans le tirant e=1,00m	23,46	32,41	32,40	31,89	32,82	31,46	31,36
Réaction d'ancrage dans le tirant en t *1,35	31,67	43,75	43,74	43,05	44,31	42,47	42,34
Contrainte dans le tirant en section courante kg/cm²	1992	2752	2751	2708	2787	2818	2971
Limite élastique	<2700 kg/cm²	> 2700 kg/cm²	> 2700 kg/cm²	> 2700 kg/cm²	> 2700 kg/cm²	> 2700 kg/cm²	> 2700 kg/cm²
Réaction d'ancrage en t/ml tirant foré renforcement					4,11	5,72	6,95
Réaction d'ancrage dans le tirant e=1,00m					4,11	5,72	6,95
Réaction d'ancrage dans le tirant en t *1,35					5,55	7,72	9,38
Contrainte dans le tirant en section courante kg/cm²					590,89	822,36	999,20
Limite élastique					<5600 kg/cm²	<5600 kg/cm²	<5600 kg/cm²

Quai avec stockage grumes 2t/m²

RESULTATS PRINCIPAUX DU CALCUL RIDO : RIDEAU DE QUAI

PALPLANCHES L 2S S240 GP

contrainte admissible exploitation 1 x 2400 = 2400 kg/cm²

Iv Plastique (neuves)=	1310	cm3/ml	1454 (2 appuis)
Iv Plastique (corrodé 50 ans)=	1182	cm3/ml	1314 (2 appuis)
Iv Plastique (corrodé 100 ans)=	1033	cm3/ml	1180 (2 appuis)
Effort tranchant admissible neuf = V _{pl,RD} =	80	t/ml	====> 0,5 x V _{pl,RD} = 40 t/ml
Effort tranchant admissible corrodé 50 ans = V _{pl,RD} =	69	t/ml	====> 0,5 x V _{pl,RD} = 34,5 t/ml
Effort tranchant admissible corrodé 100 ans = V _{pl,RD} =	57	t/ml	====> 0,5 x V _{pl,RD} = 28,5 t/ml

Tirant 45-56 refoulé

Contrainte admissible en section courante	2700 kg/cm ²
Section courante neuf	15,90 cm ²
Section courante tirant corrodé 50 ans	15,07 cm ²
Section courante tirant corrodé 100 ans	14,25 cm ²
espacement des tirants	1,00 m
Tirants renforcement	
Section courante tirant neuve	9,39 cm ²
Section courante tirant corrodé 50 ans	8,50 cm ²

	PHASE 1 DE CALCUL Réalisation Exploitation	PHASE 2 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 3 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 4 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 5 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau Erreur mouillage	PHASE 6 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau	PHASE 7 DE CALCUL Exploitation niveau d'eau
Engin	non	non	non	non	non	non	non
Palplanches	Neuve	Neuve	Neuve	Neuve	Neuve	corrosion 50 ans	corrosion 100 ans
charges d'exploitation	0 t/m ²	3,0 t/m ²	3,0 t/m ²	3,0 t/m ²	GRUME 2t/m²	GRUME 2t/m²	GRUME 2t/m²
Hauteur libre en m	9,00	9,00	9,00	9,00	9,45	9,45	9,45
Fiche en m	6,65	6,65	6,65	6,65	6,20	6,20	6,20
Longueur totale en m (y/c couronnement)	15,65	15,65	15,65	15,65	15,65	15,65	15,65
eau avant (NGF)	169,45	169,45	169,00	173,95	169,45	169,45	169,45
eau arrière (NGF)	170,45	170,45	169,50	174,45	170,45	170,45	170,45
Déformation max en mm	31	47	42	47	60	64	69
Moment max en t.m /ml	16,75	23,65	21,90	23,09	25,40	24,94	24,42
Moment max pondéré par 1,35 en t.m /ml	22,61	31,93	29,57	31,17	34,29	33,67	32,97
contrainte max en kg/cm ²	1 726	2 437	2 257	2 380	2 358	2 562	2 794
	<2400 kg/cm ²	> 2400 kg/cm²	<2400 kg/cm ²	<2400 kg/cm ²	> 2400 kg/cm ²	> 2400 kg/cm²	> 2400 kg/cm²
Effort tranchant max en t /ml	16,13	23,32	21,40	22,78	19,76	19,94	20,15
Effort tranchant max pondéré par 1,35 en t / ml	21,78	31,48	28,89	30,75	26,68	26,92	27,20
Effort tranchant admissible en t/ml ==> 0,5 x V _{pl,RD}	< 40,0 t/ml	< 40,0 t/ml	< 40,0 t/ml	< 40,0 t/ml	< 40,0 t/ml	< 34,5 t/ml	< 28,5 t/ml
Rapport PM/ BM	0,287	0,354	0,352	0,314	0,440	0,440	0,440
	< 0,529	< 0,529	< 0,529	< 0,529	< 0,529	< 0,529	< 0,529
Réaction d'ancrage en t/ml	23,46	35,52	32,40	31,89	33,24	31,92	31,93
Réaction d'ancrage dans le tirant e=1,00m	23,46	35,52	32,40	31,89	33,24	31,92	31,93
Réaction d'ancrage dans le tirant en t *1,35	31,67	47,95	43,74	43,05	44,87	43,09	43,11
Contrainte dans le tirant en section courante kg/cm ²	1992	3016	2751	2708	2822	2859	3025
Limite élastique	<2700 kg/cm ²	> 2700 kg/cm²	> 2700 kg/cm²	> 2700 kg/cm²	> 2700 kg/cm²	> 2700 kg/cm²	> 2700 kg/cm²
Réaction d'ancrage en t/ml tirant foré renforcement					5,84	5,72	9,04
Réaction d'ancrage dans le tirant e=1,00m					5,84	5,72	9,04
Réaction d'ancrage dans le tirant en t *1,35					7,88	7,72	12,20
Contrainte dans le tirant en section courante kg/cm ²					839,62	822,36	1299,68
Limite élastique					<5600 kg/cm ²	<5600 kg/cm ²	<5600 kg/cm ²

7. ORGANISATION DU QUAÏ

Une réflexion est menée sur l'organisation du quai en prenant en compte plusieurs paramètres.

Le quai doit pouvoir accueillir en simultanés 3 bateaux qui correspondent aux longueurs de la flotte habituelle et constatée sur l'axe Rhône/Saône

- 135m
- 110m
- 110m

Le quai doit être organisé en 3 zones d'activités distinctes, permettant le transport de :

- Colis lourds et conteneurs
- Produits vrac type rondins de bois
- Produits vrac type granulats

7.1. MODIFICATION DES ZONES ACTUELLES

Les échanges avec Aproport et VNF ont permis d'orienter vers une nouvelle organisation du quai :

- La partie centrale du quai peut être utilisée pour les conteneurs et les colis lourds, après avoir réalisé un poste colis lourds adapté pour les grues (ou pelles de levage équivalentes). Cette zone centrale offre également une plateforme en enrobés d'environ 8300m² permettant le stockage de conteneurs.
- La partie centrale offre également la possibilité de positionner un poste Vrac sur une plateforme d'environ 3700m², dissociée de la plateforme permettant le stockage de conteneurs, par des casiers.
- La partie amont (Ouest de la darse) pourrait être utilisée comme poste conventionnel hors vrac pour le déchargement de big bag par exemple. La zone de stockage resterait limitée ou temporaire.
- Le quai présente le plus de faiblesse sur sa deuxième tranche (est) et doit être utilisé pour les chargements les moins lourds. La zone étant limitée en surface par la voie ferrée, l'utilisation de la zone pour le stockage/chargement de grumes est adaptée (2t/m²), avec utilisation de pelle type Mantsinen 70 ou équivalent.

Les plans en annexe précisent la position des « 4 zones d'activité ».

7.2. ESTIMATIF DU POSTE COLIS LOURD

La réalisation d'un poste colis lourd sur un linéaire de 25m de bord à voie d'eau et recevant une grue type LTM1500 permettant de lever un colis de 170t maximum est estimé à 910 000 € HT.

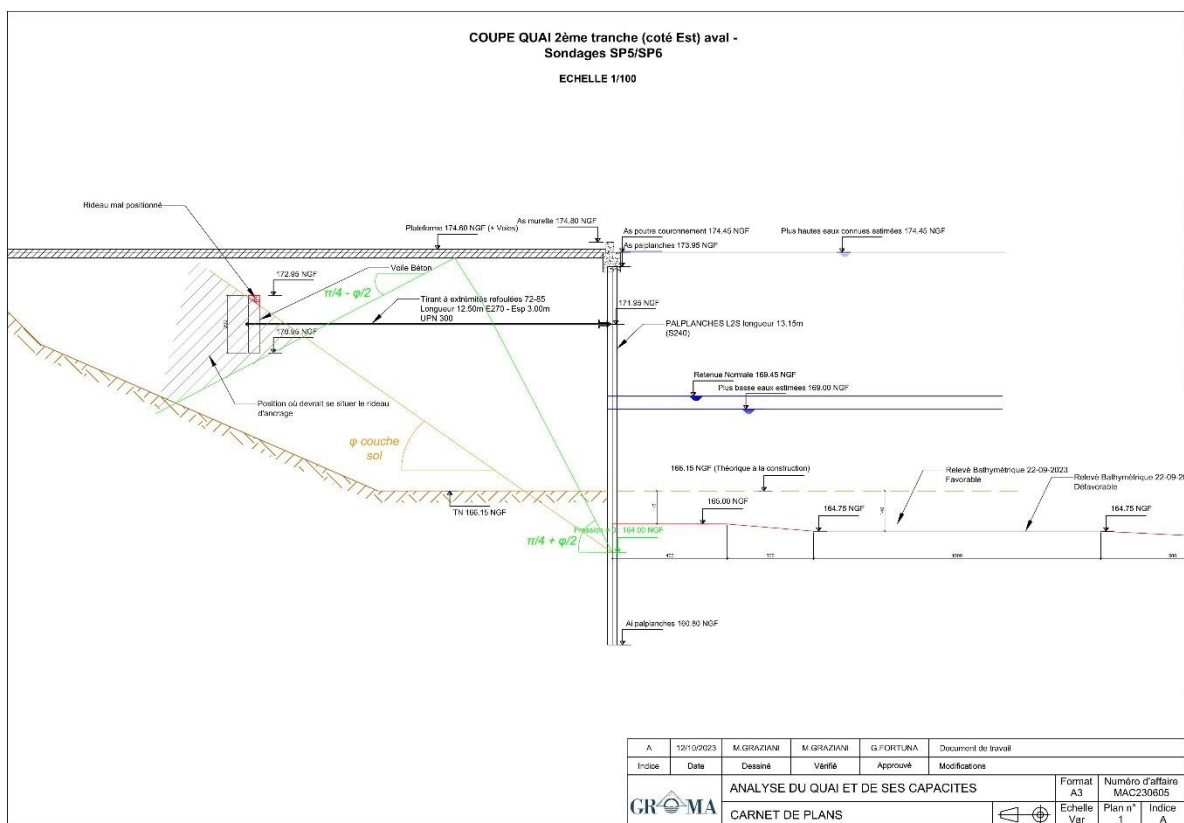
La réalisation d'un poste colis lourd sur un linéaire de 45m de bord à voie d'eau et recevant 2 grues de type LTM1500 permettant de lever en duo un colis de 280t maximum est estimé à 1 500 000 € HT.

7.3. ESTIMATIFS RENFORCEMENT GLOBAL PAR TIRANTS D'ANCRAGE

Le renforcement global du quai (sauf zone poste colis lourd) est estimé à 1 600 000 € HT dans le cas d'un poste colis lourd de 25ml, et 1 520 000 € HT dans le cas d'un poste colis lourd de 45m.

8. ANNEXE

8.1. TRANCHE OUEST – CONSTRUCTION DE RANKINE

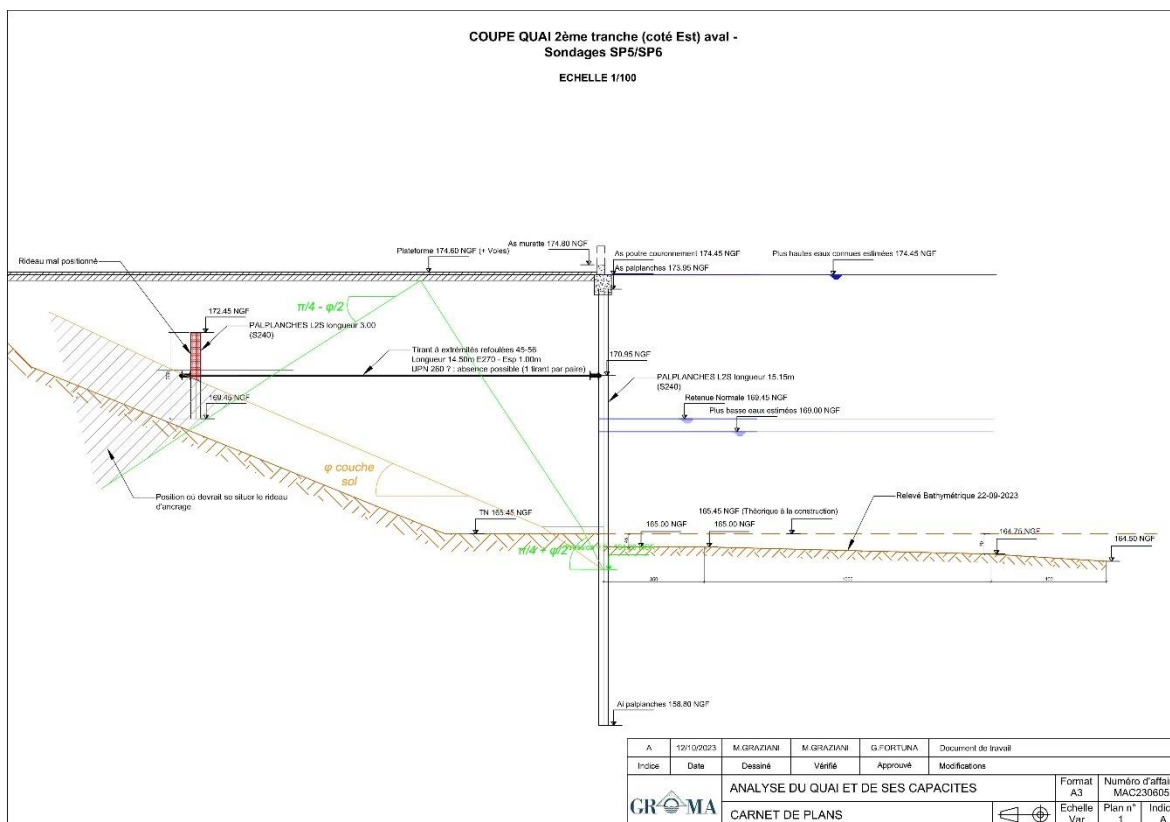


La construction de Rankine n'est pas respectée.

Le rideau d'ancrage est partiellement positionné dans la zone d'influence du rideau principal.

> l'ajout de tirants d'ancrage forés permet d'améliorer la sécurité vis-à-vis de cette non-conformité.

8.2. TRANCHE EST- CONSTRUCTION DE RANKINE



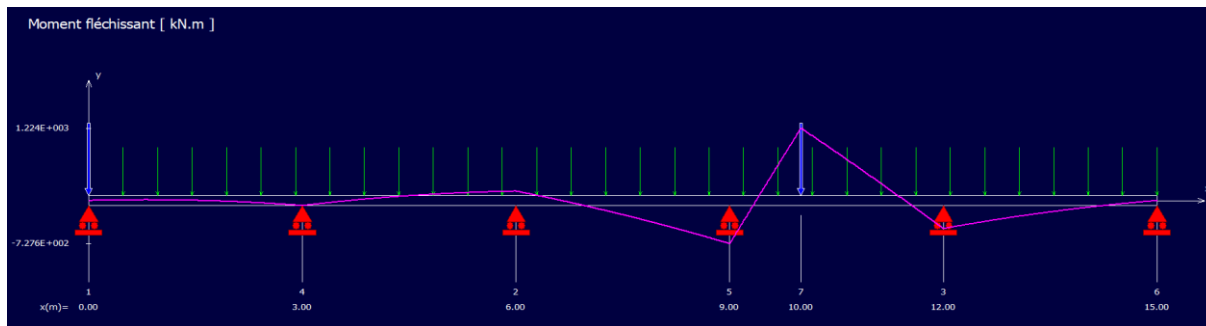
La construction de Rankine n'est pas respectée.

Le rideau d'ancrage est partiellement positionné dans la zone d'influence du rideau principal.

> l'ajout de tirants d'ancrage forés permet d'améliorer la sécurité vis-à-vis de cette non-conformité.

8.3. CALCULS DES EFFORTS DANS LES POUTRES DE ROULEMENT AVANT (ET ARRIERE) (RDM6) LTM1500

ELU – 1^{er} patin en Rive



+-----+
| Cas de charge(s) |
+-----+

Charge linéairement répartie : Noeuds = 1 -> 6 $p_{yo} = -40.00$ $p_{ye} = -40.00$ kN/m
Charge nodale : Noeud = 1 $F_y = -2740.00$ kN $M_z = 0.00$ kN.m
Charge nodale : Noeud = 7 $F_y = -2740.00$ kN $M_z = 0.00$ kN.m

+-----+
| Efforts intérieurs [kN kN.m MPa] |
+-----+

T_y = Effort tranchant M_{fz} = Moment fléchissant S_{xx} = Contrainte normale

Noeud	T_y	M_{fz}	S_{xx}
1	-31.83	0.00	0.00
4	88.17	-84.51	-507049.44
4	-140.85	-84.51	-507049.44
2	-20.85	158.03	948197.77
2	235.22	158.03	948197.77
5	355.22	-727.62	-4365741.63
5	-1971.88	-727.62	-4365741.63
7	-1931.88	1224.26	7345539.61
7	808.12	1224.26	7345539.61
3	888.12	-471.98	-2831897.93
3	-217.33	-471.98	-2831897.93
6	-97.33	-0.00	0.00

Moment flechissant maximal = 1224.26 kN.m à 10.000 m

Moment flechissant minimal = -727.62 kN.m à 9.000 m

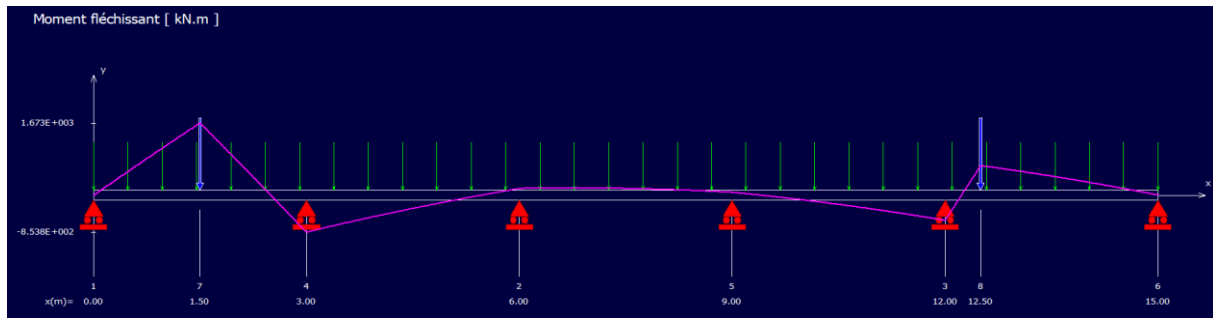
Contrainte normale maximale = 7345539.61 MPa à 10.000 m

Contrainte normale minimale = -7345539.61 MPa à 10.000 m

+-----+
| Action(s) de liaison [kN kN.m] |
+-----+

Noeud 1	$F_y = 2771.83$
Noeud 2	$F_y = -256.07$
Noeud 3	$F_y = 1105.45$
Noeud 4	$F_y = 229.02$
Noeud 5	$F_y = 2327.10$
Noeud 6	$F_y = -97.33$

ELU – Patin centré entre appuis



+-----+
| Cas de charge(s) |
+-----+

Charge linéairement répartie : Nœuds = 1 -> 6 $p_{yo} = -40.00$ $p_{ye} = -40.00$ kN/m
Charge nodale : Nœud = 7 $F_y = -2740.00$ kN $M_z = 0.00$ kN.m
Charge nodale : Nœud = 8 $F_y = -2740.00$ kN $M_z = 0.00$ kN.m

+-----+
| Efforts intérieurs [kN kN.m MPa] |
+-----+

T_y = Effort tranchant M_{fz} = Moment fléchissant S_{xx} = Contrainte normale

Noeud	T_y	M_{fz}	S_{xx}
1	-1145.40	0.00	0.00
7	-1085.40	1673.09	10038560.61
7	1654.60	1673.09	10038560.61
4	1714.60	-853.81	-5122878.79
4	-395.52	-853.81	-5122878.79
2	-275.52	152.75	916515.15
2	-30.02	152.75	916515.15
5	89.98	62.80	376818.18
5	155.59	62.80	376818.18
3	275.59	-583.96	-3503787.88
3	-2537.99	-583.96	-3503787.88
8	-2517.99	680.03	4080176.77
8	222.01	680.03	4080176.77
6	322.01	0.00	0.00

Moment flechissant maximal = 1673.09 kN.m à 1.500 m

Moment flechissant minimal = -853.81 kN.m à 3.000 m

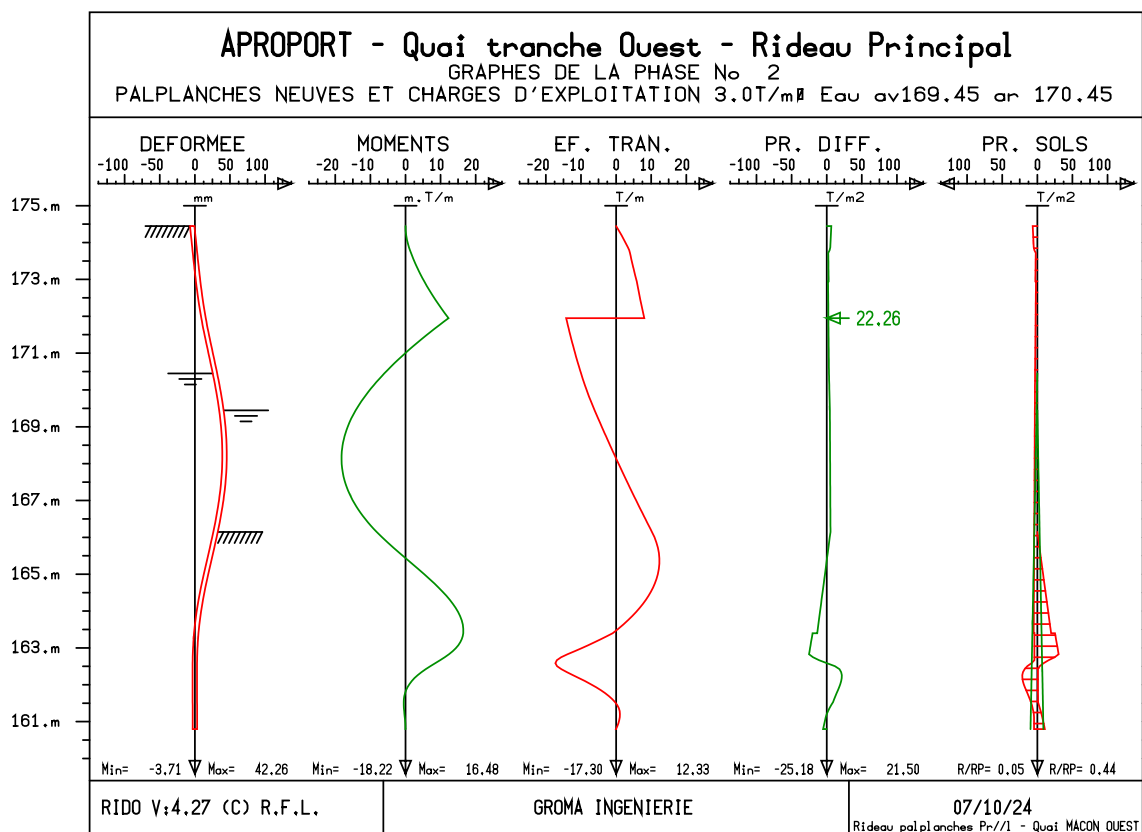
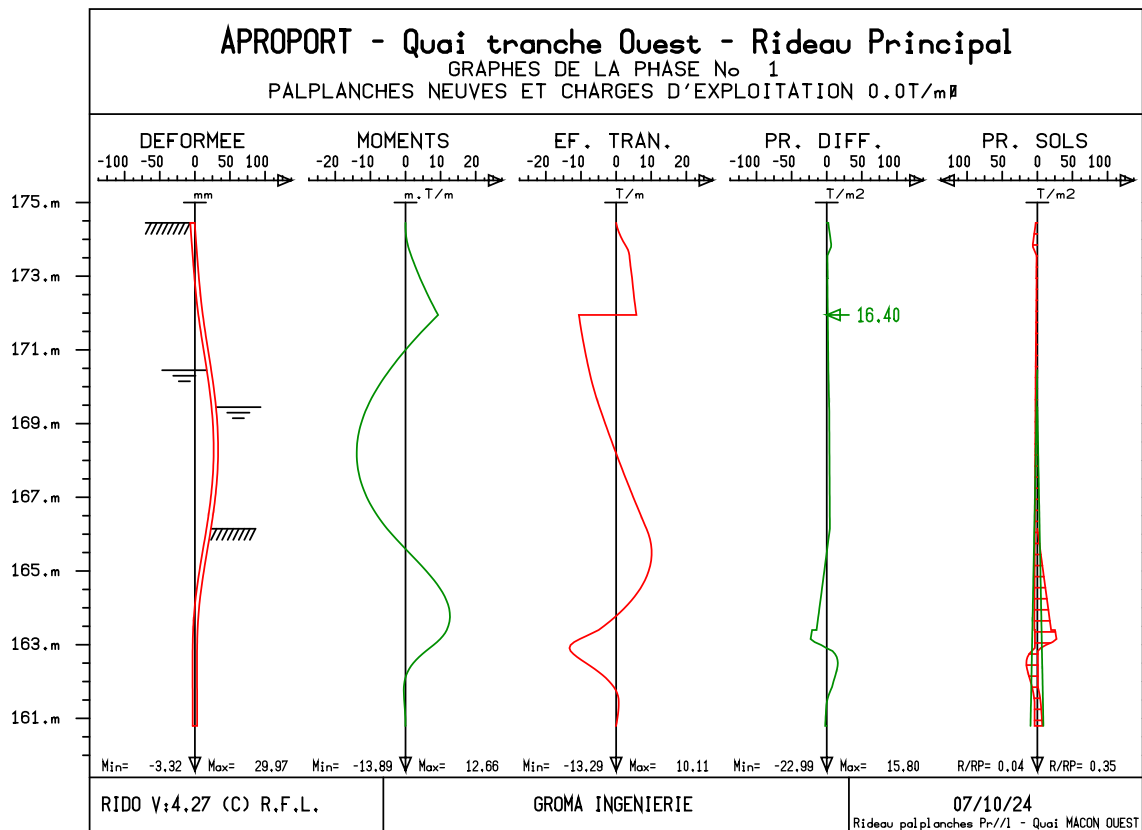
Contrainte normale maximale = 10038560.61 MPa à 1.500 m

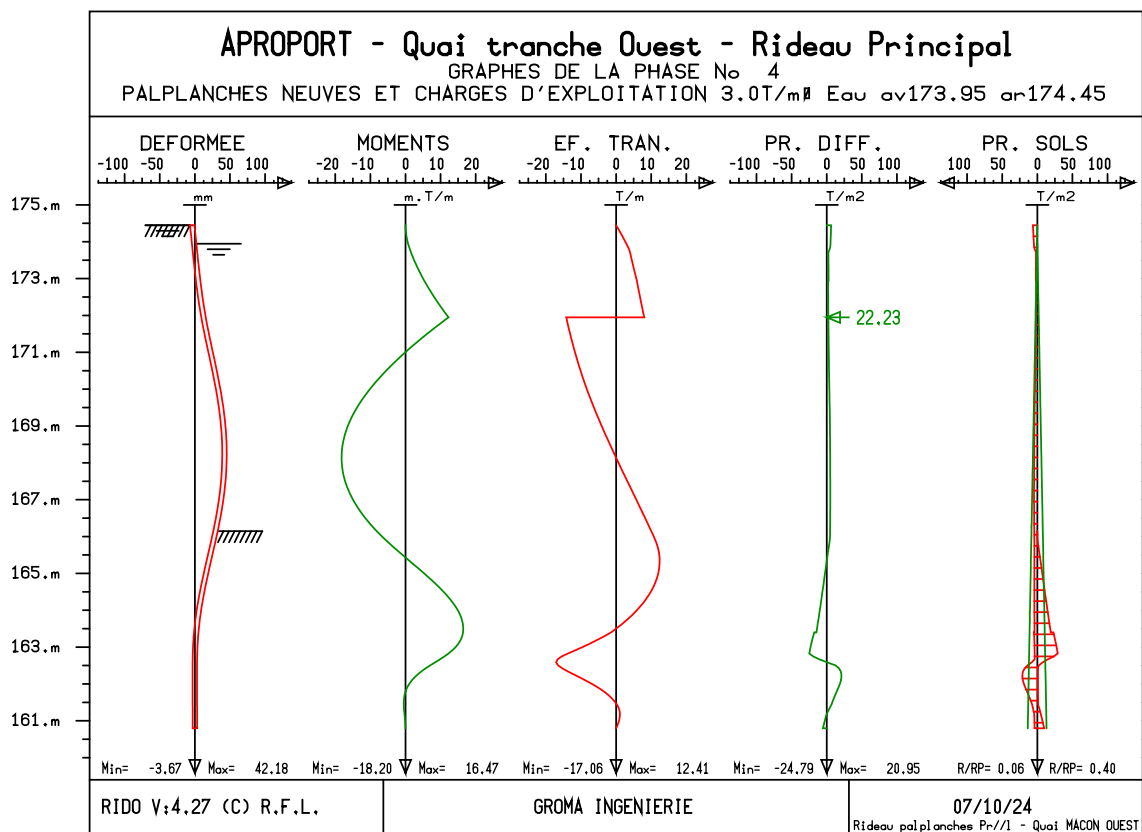
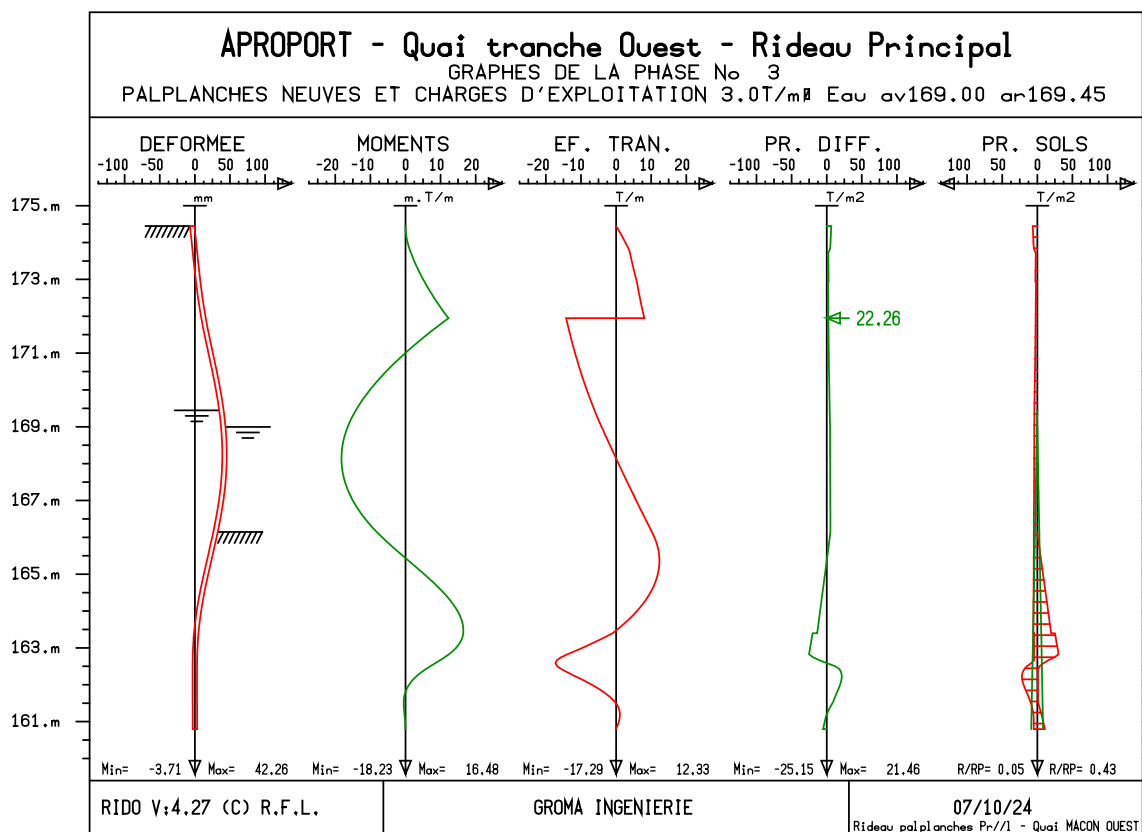
Contrainte normale minimale = -10038560.61 MPa à 1.500 m

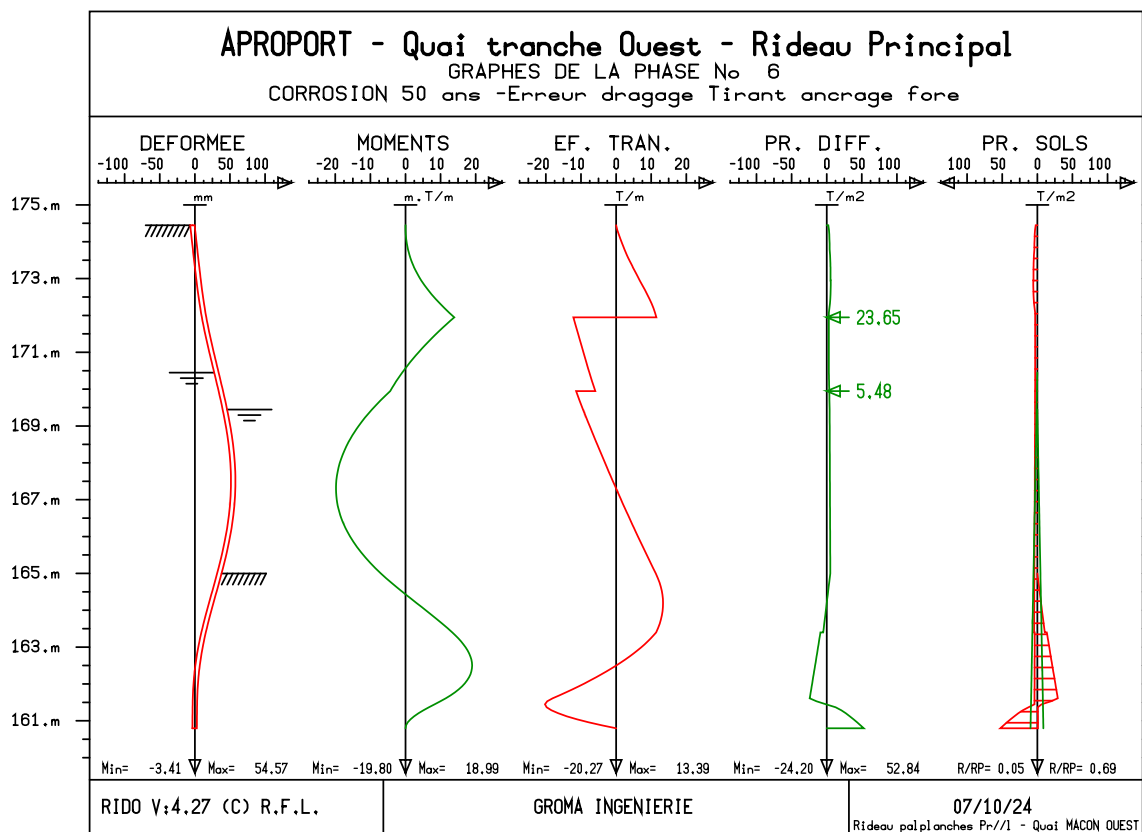
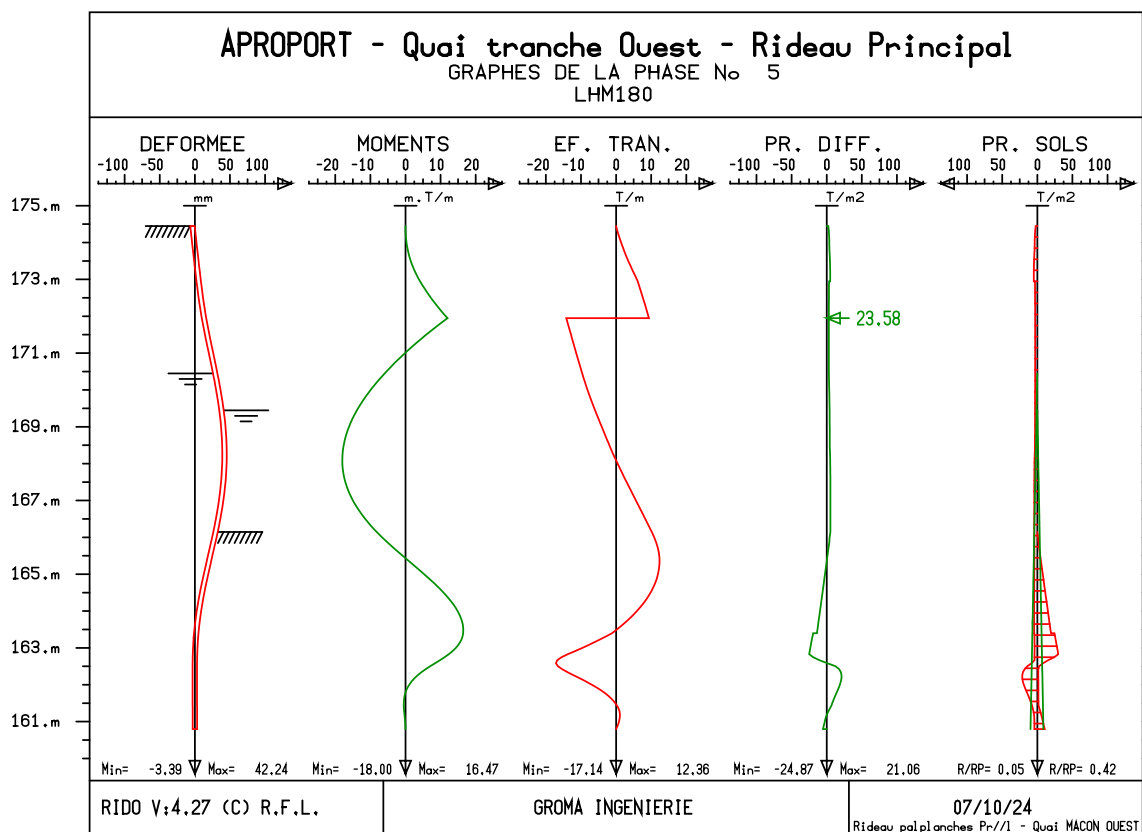
+-----+
| Action(s) de liaison [kN kN.m] |
+-----+

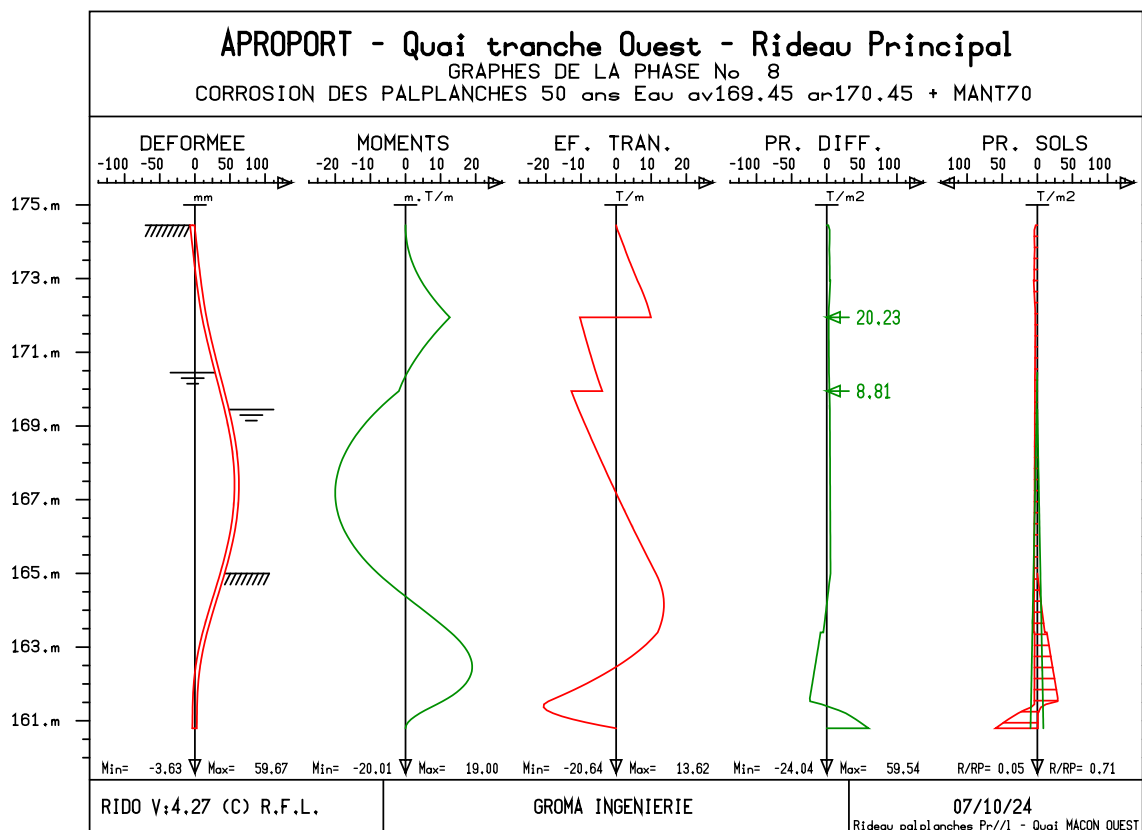
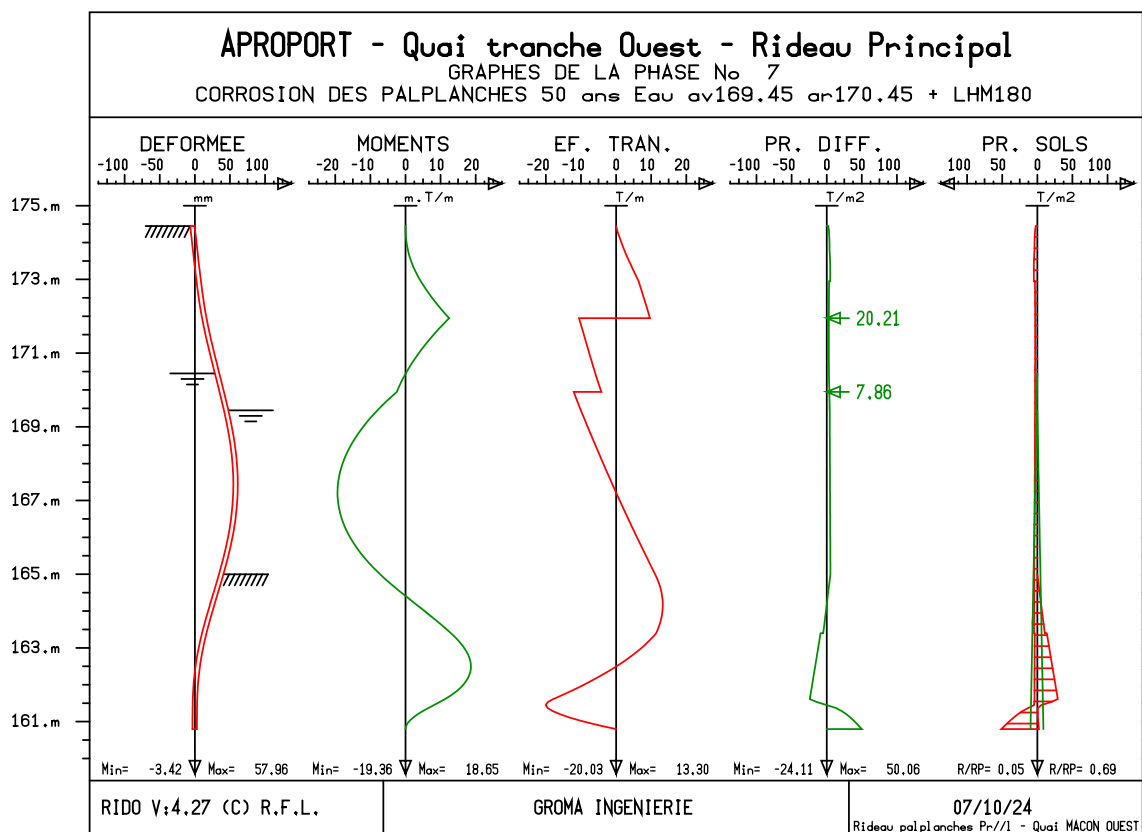
Noeud	1	$F_y = 1145.40$
Noeud	2	$F_y = -245.51$
Noeud	3	$F_y = 2813.58$
Noeud	4	$F_y = 2110.13$
Noeud	5	$F_y = -65.61$
Noeud	6	$F_y = 322.01$

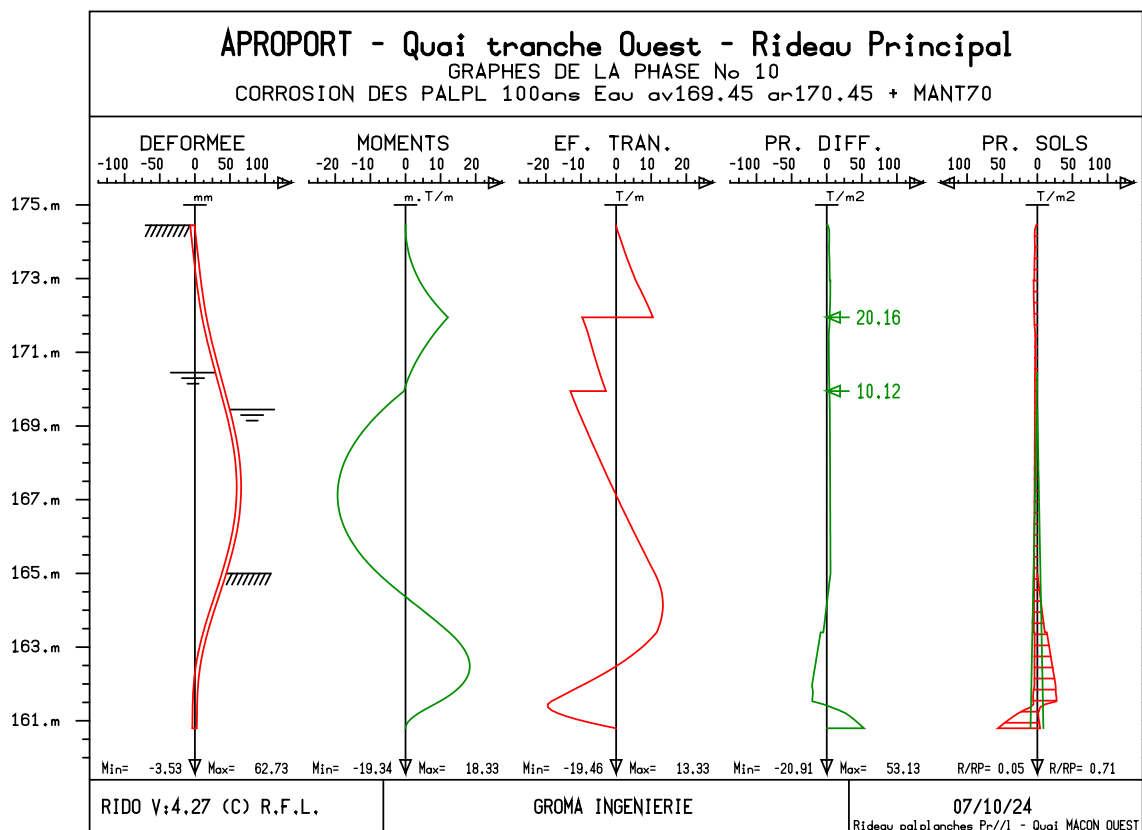
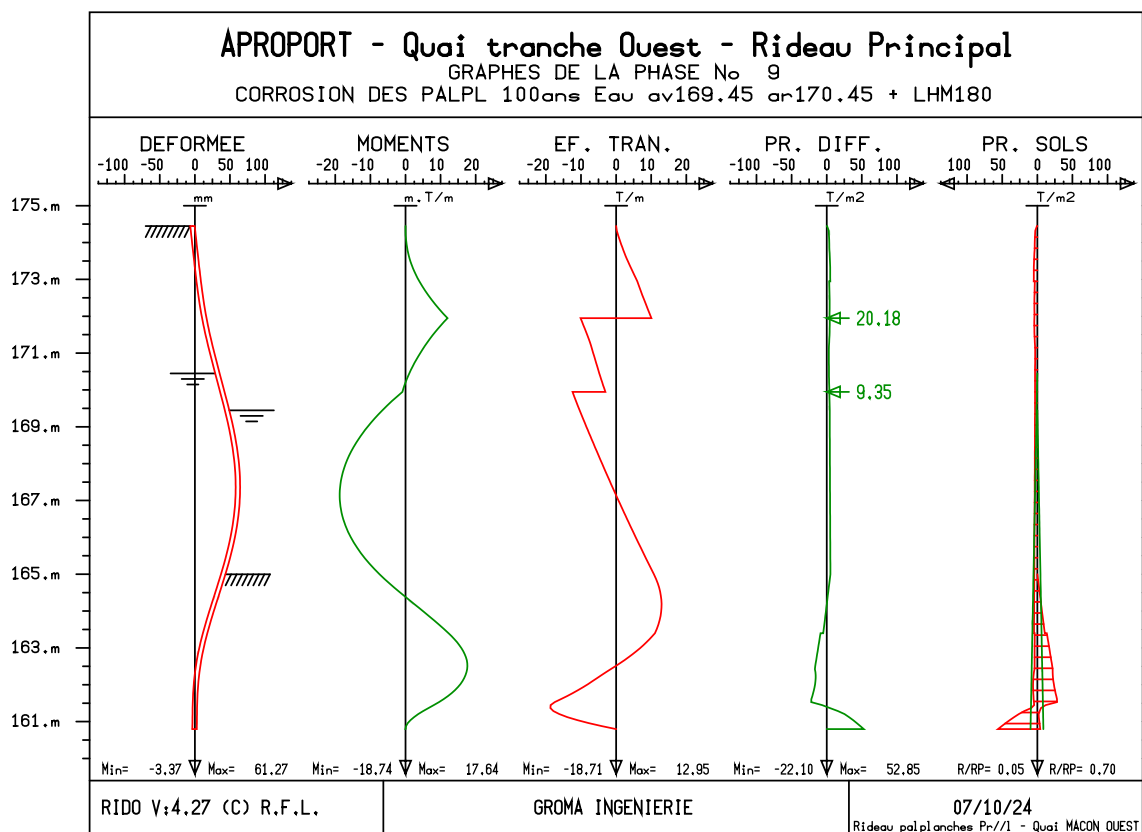
8.4. RESULTATS RIDO TRANCHE OUEST

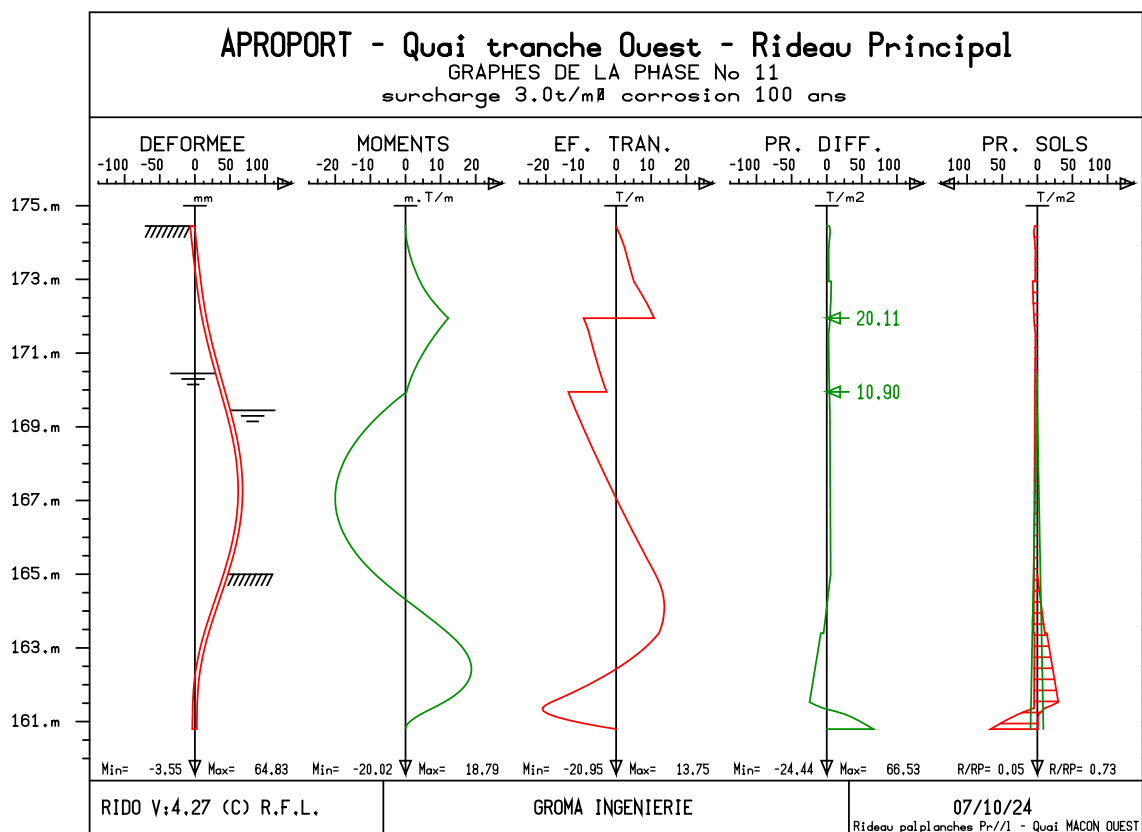




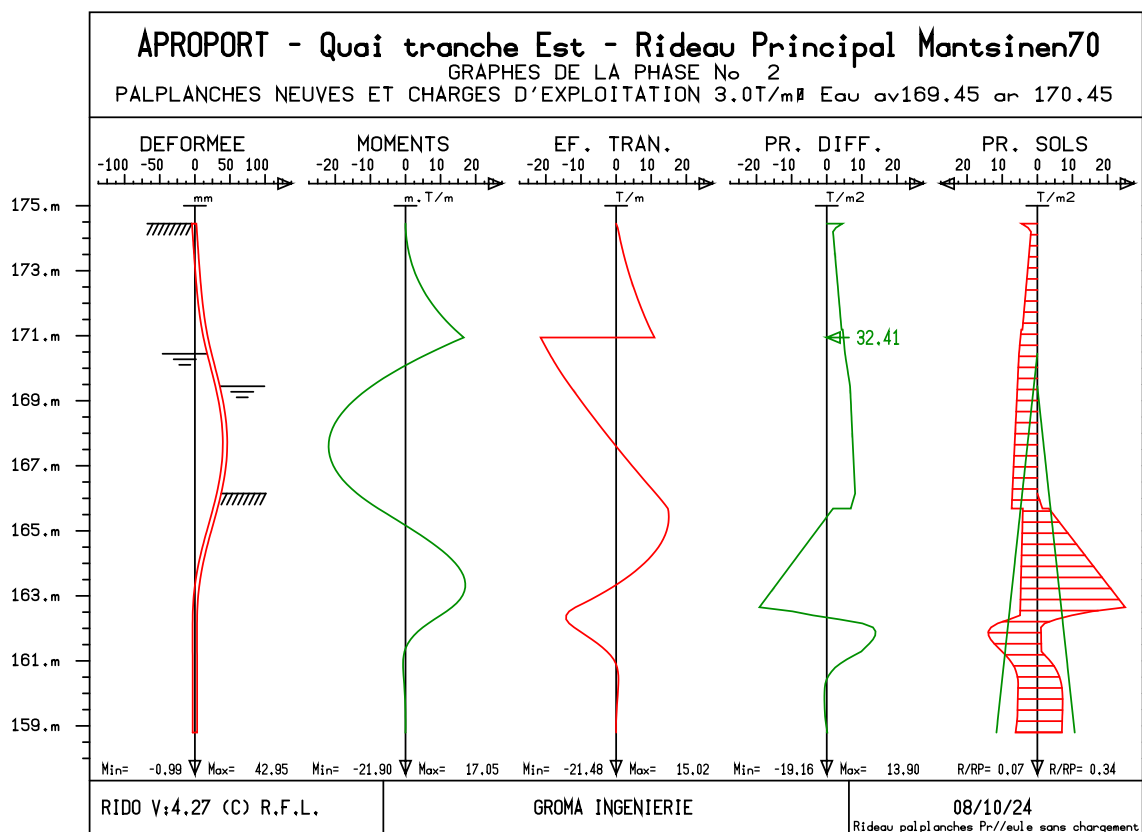
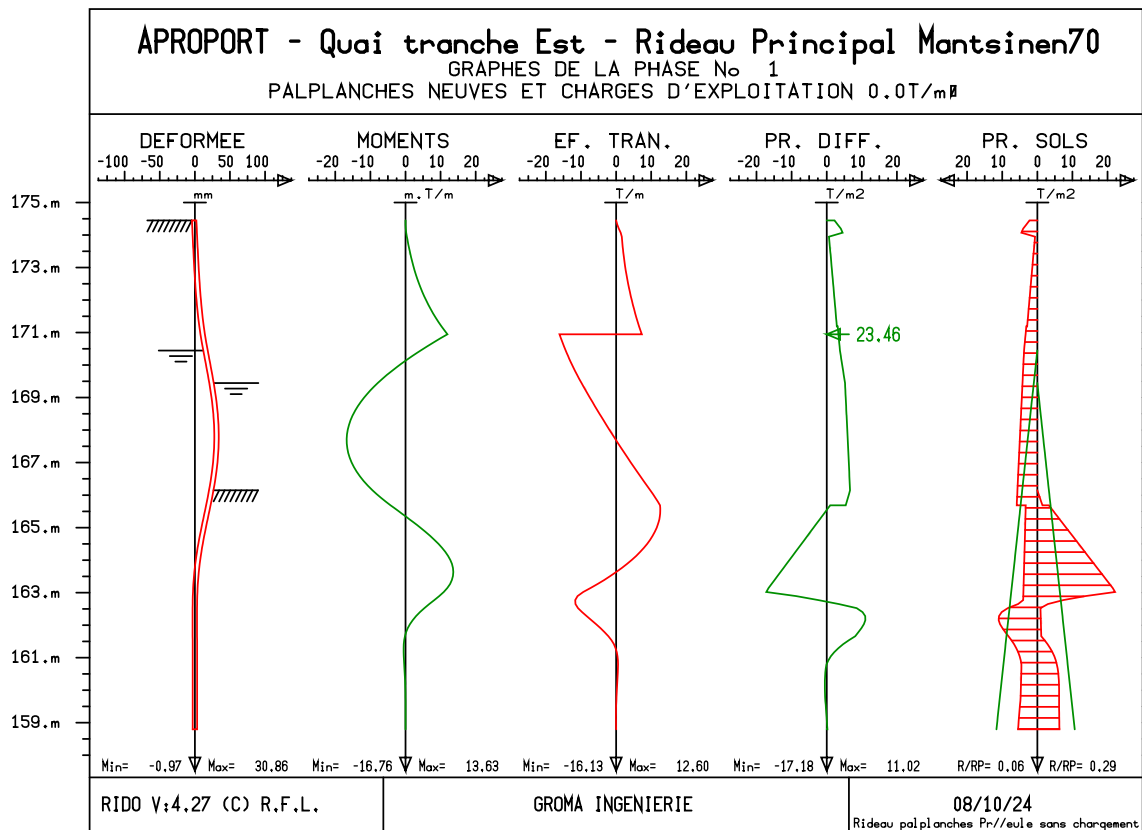


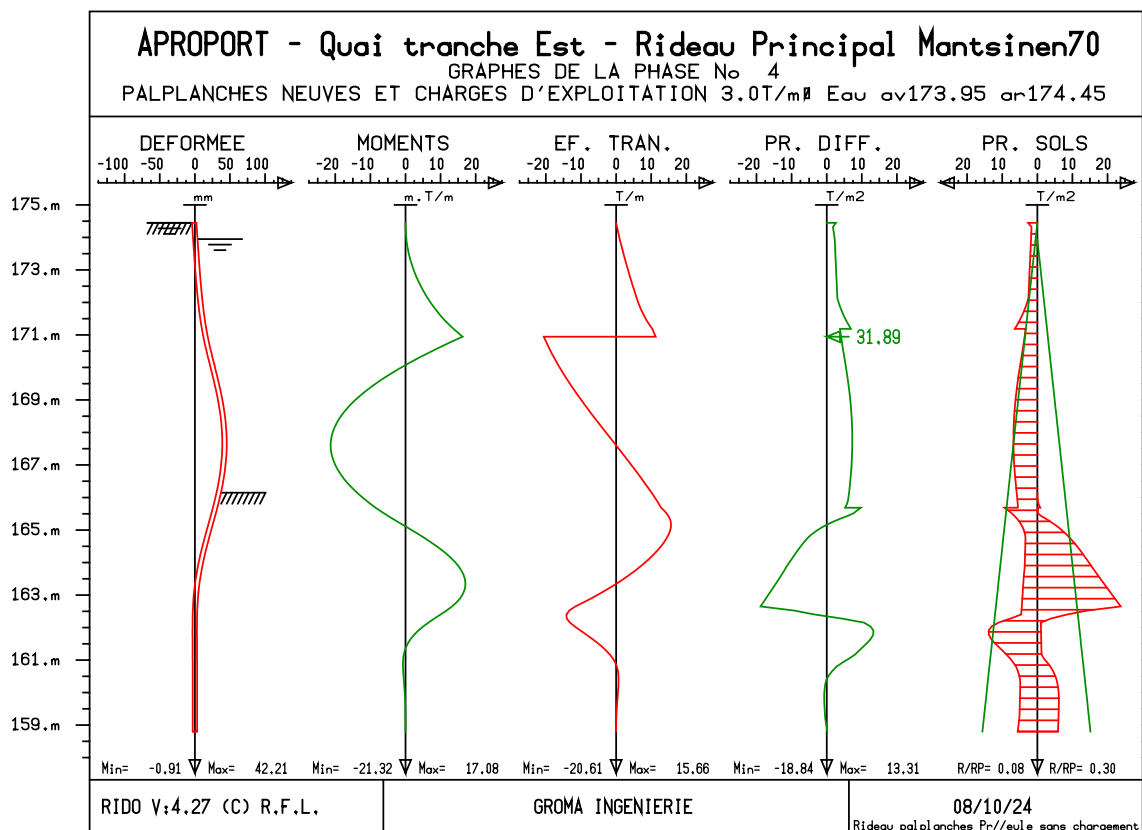
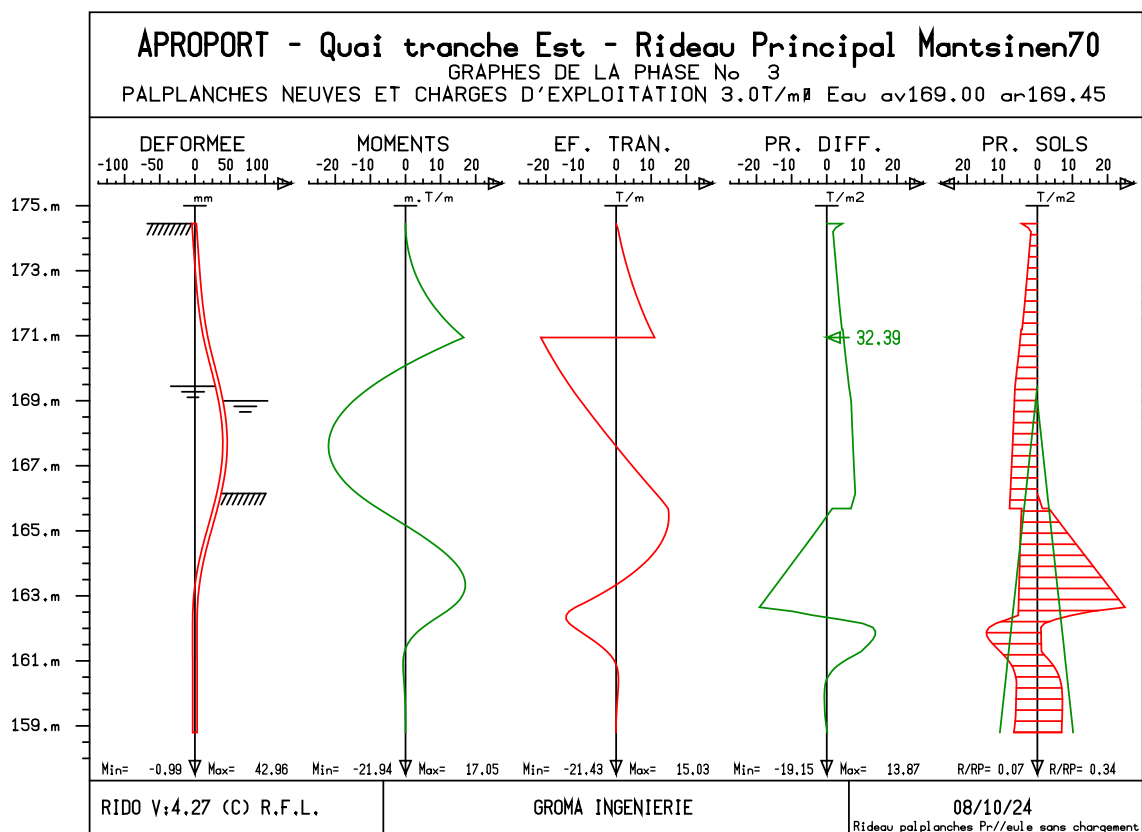


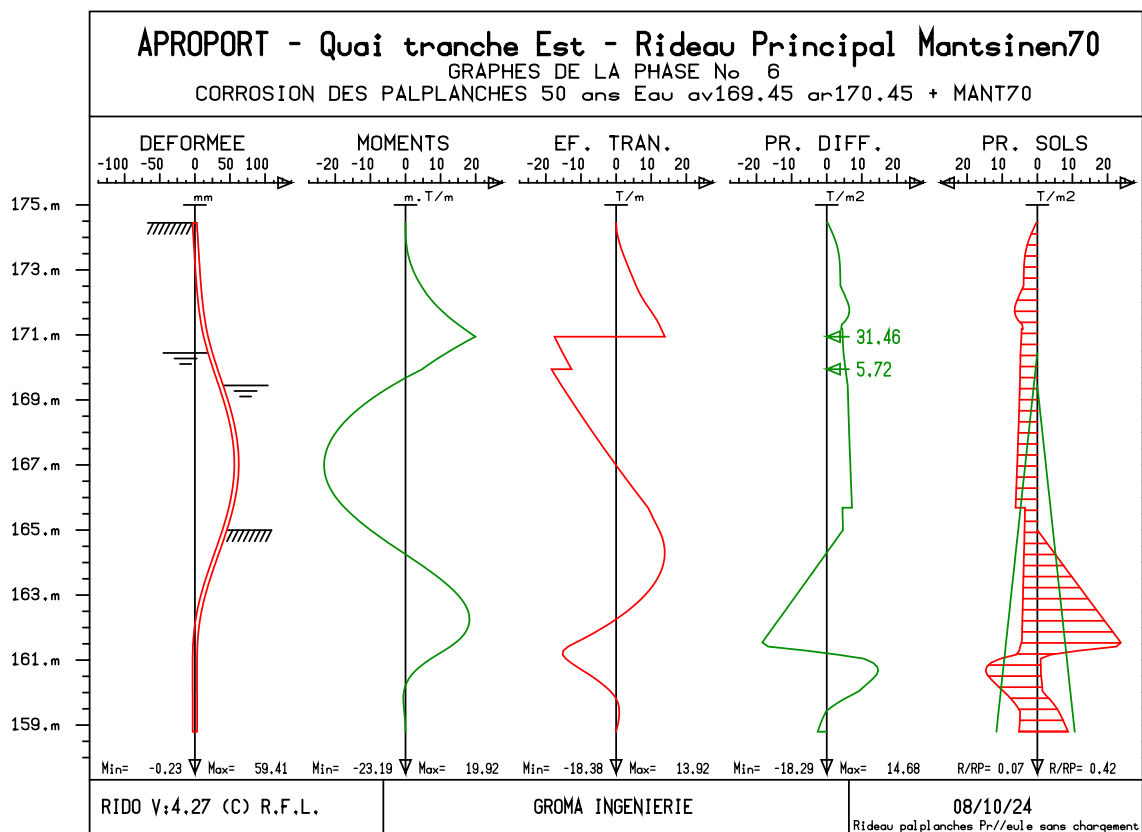
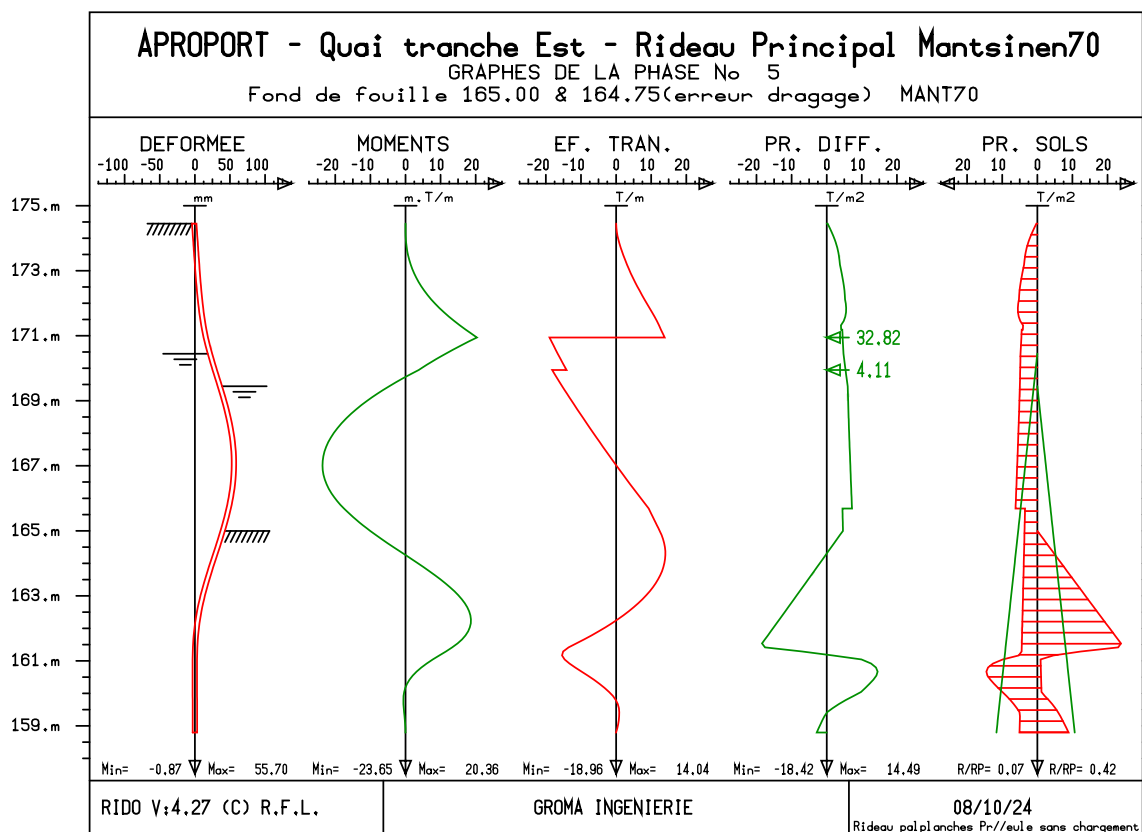


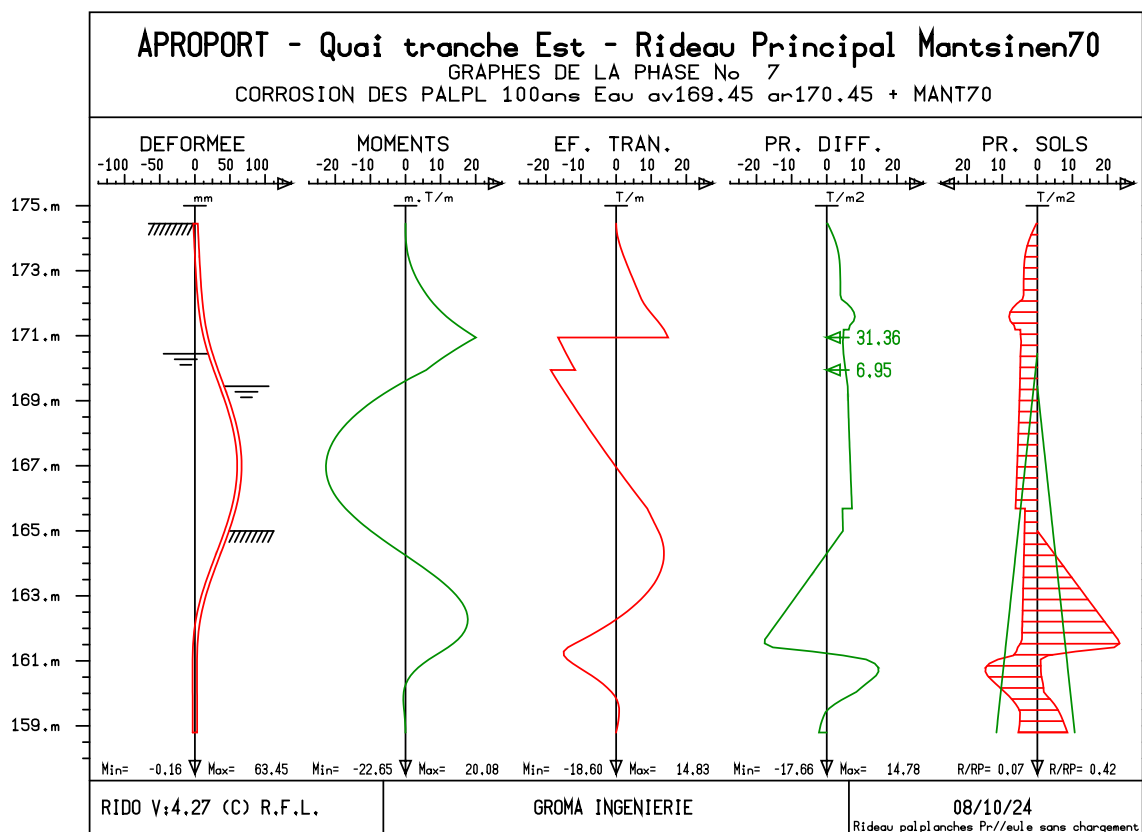


8.5. RESULTATS RIDO TRANCHE EST – PELLE TYPE MANTSINEN 70

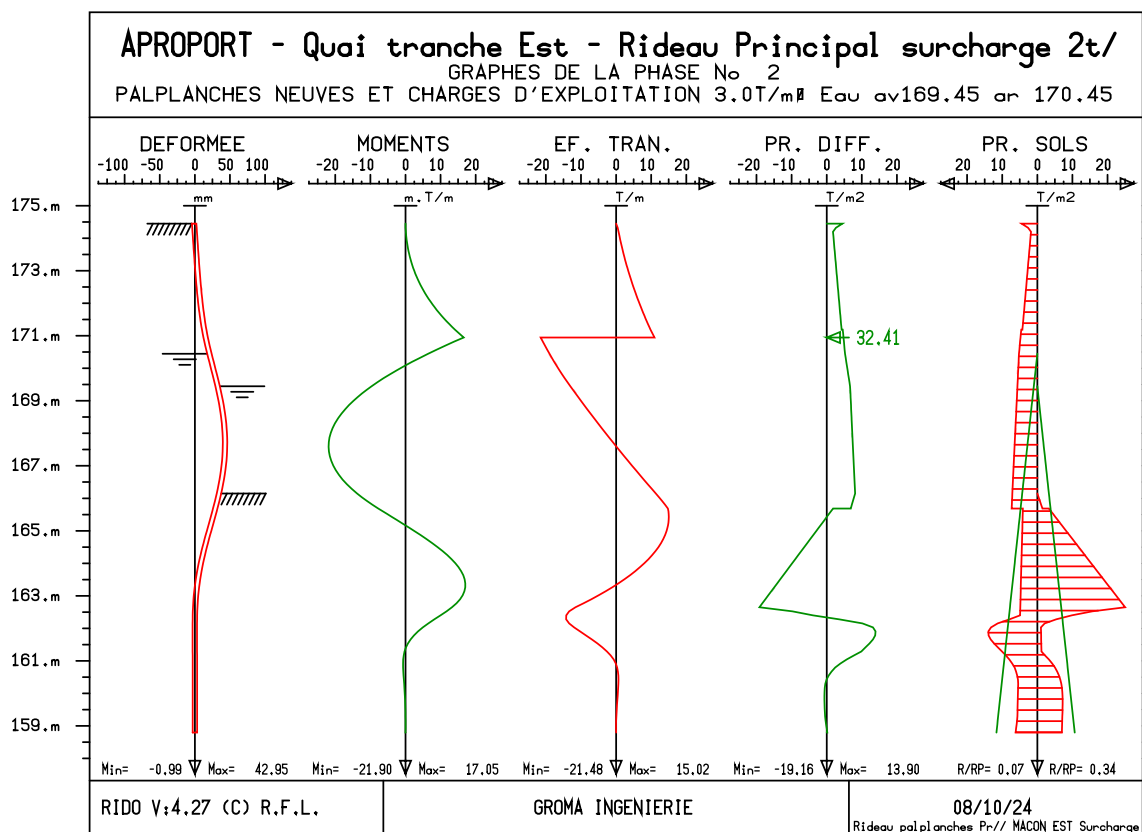
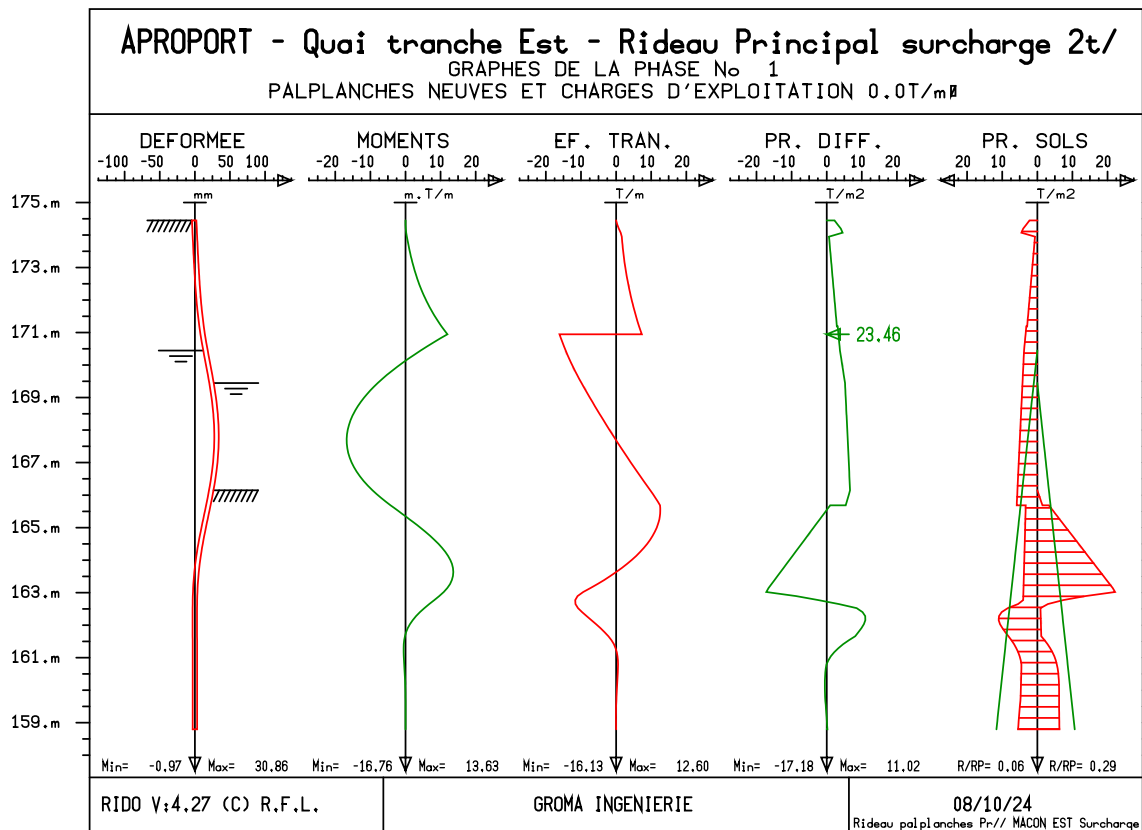


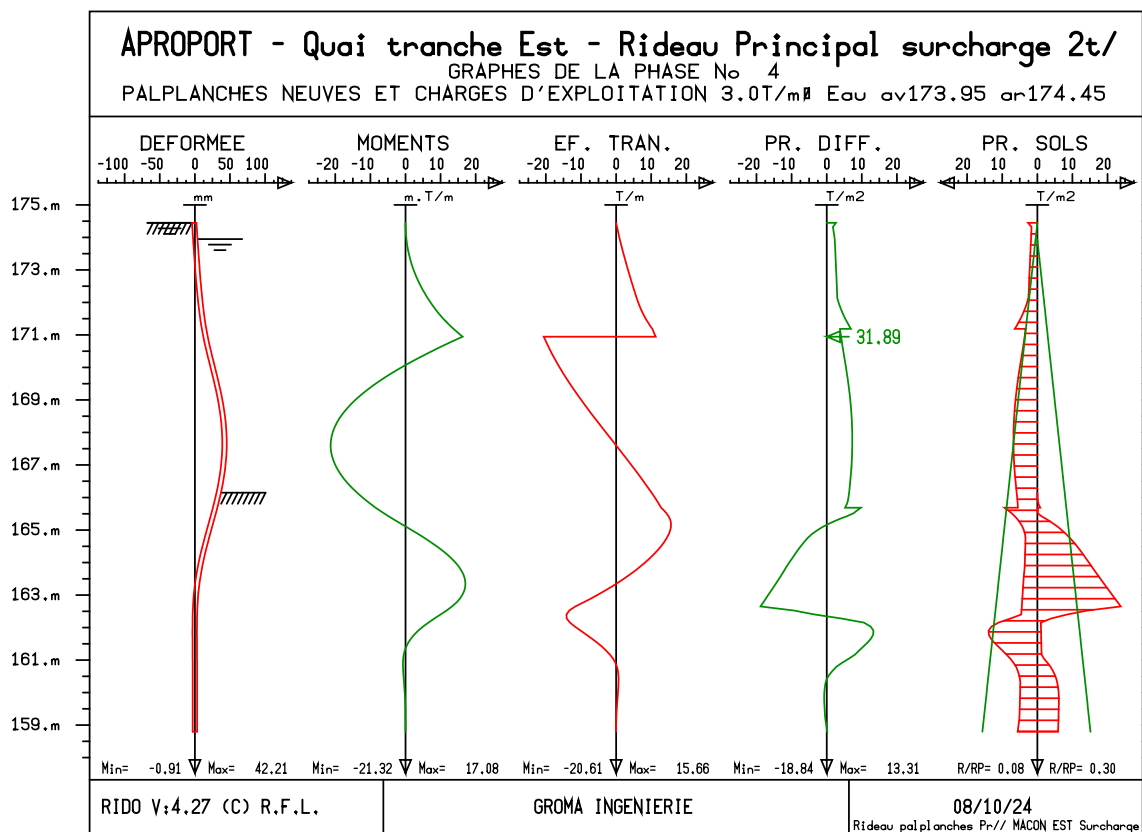
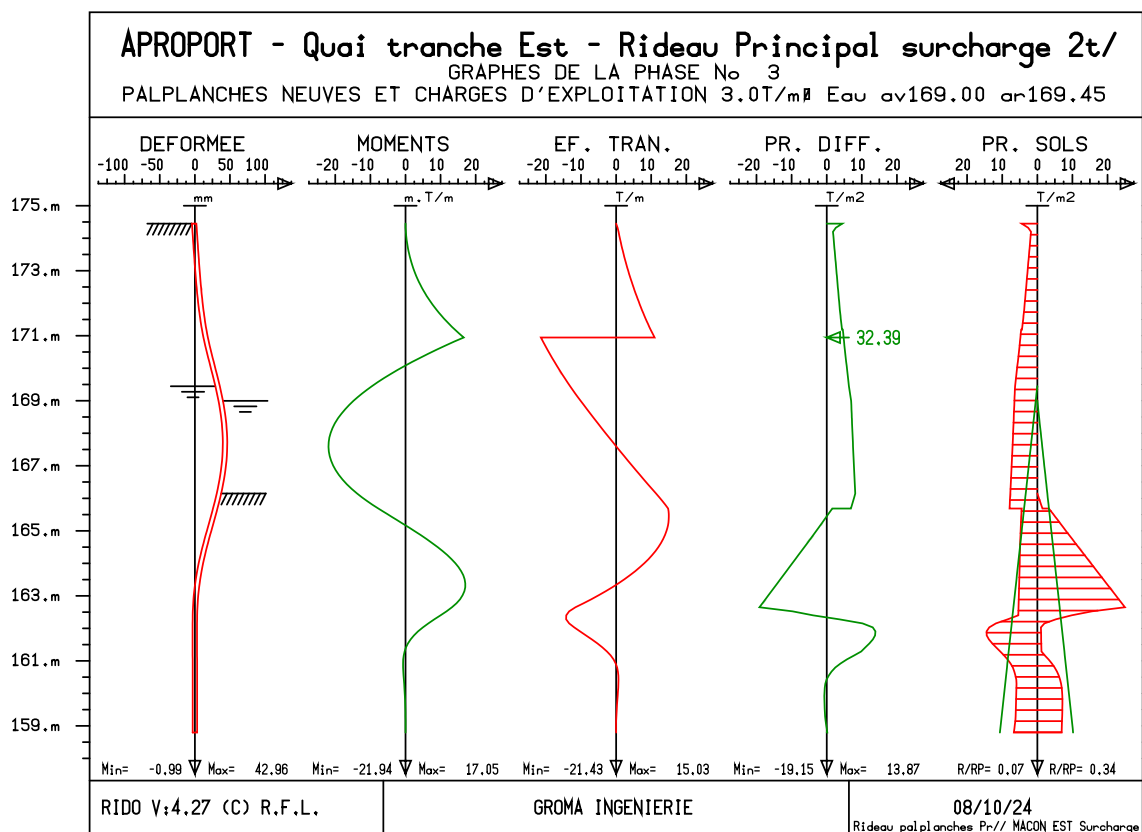


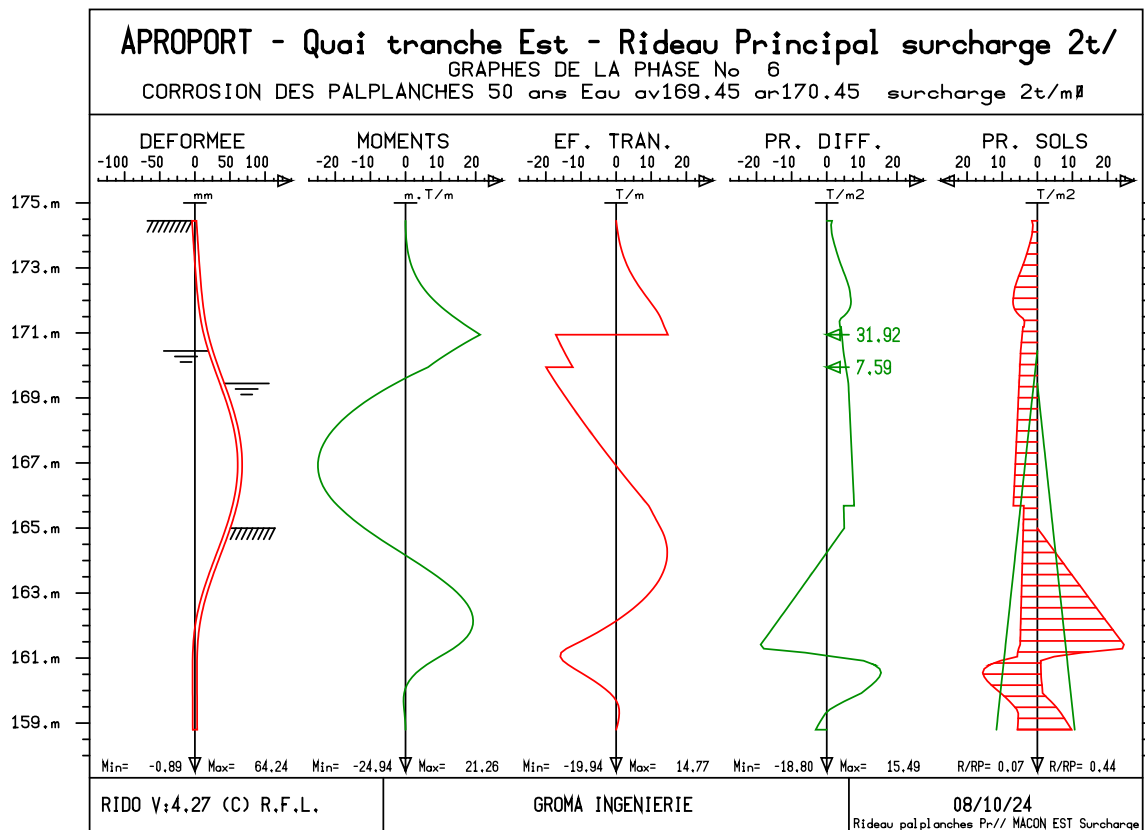
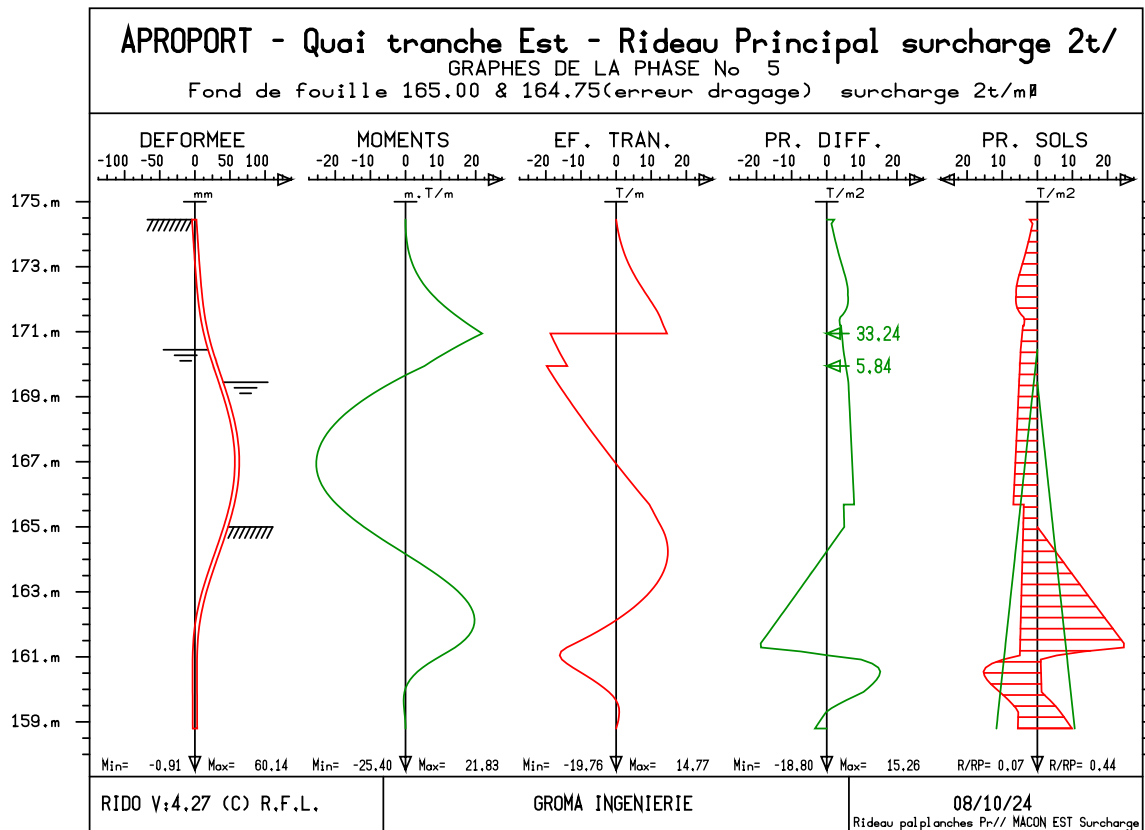


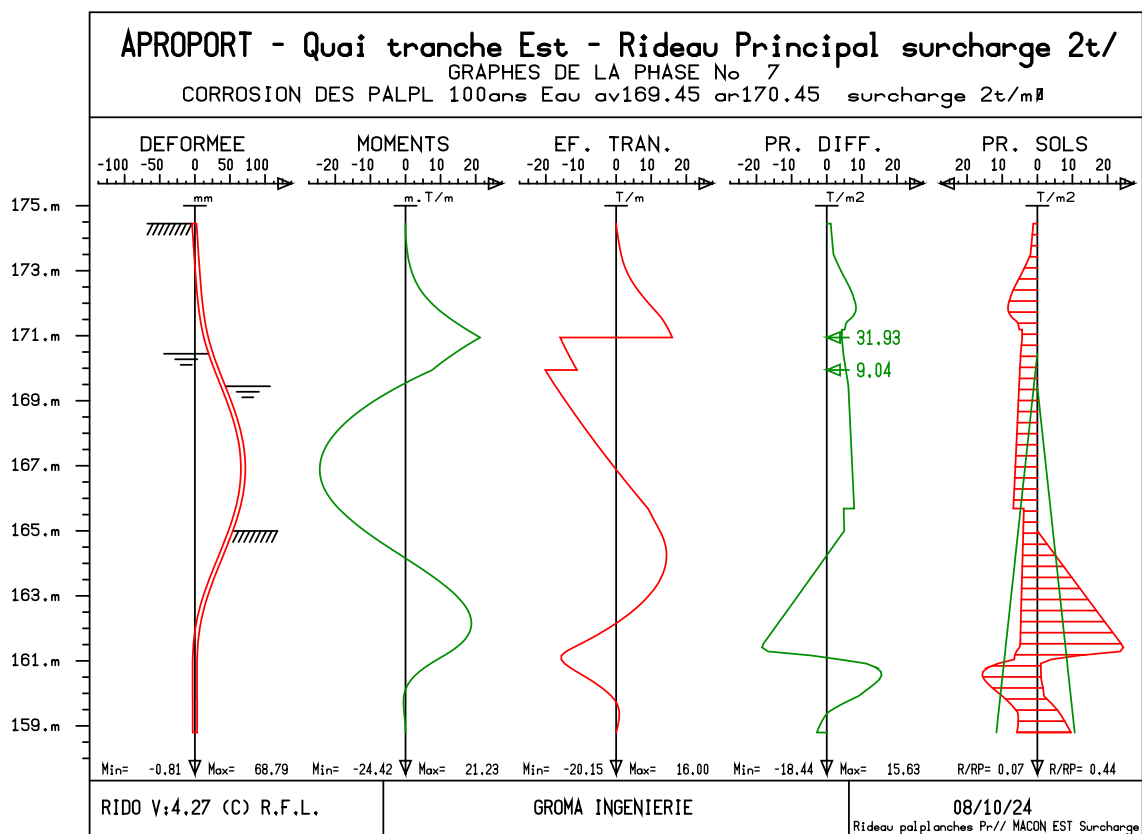


8.6. RESULTATS RIDO TRANCHE EST – SURCHARGE 2T/M²

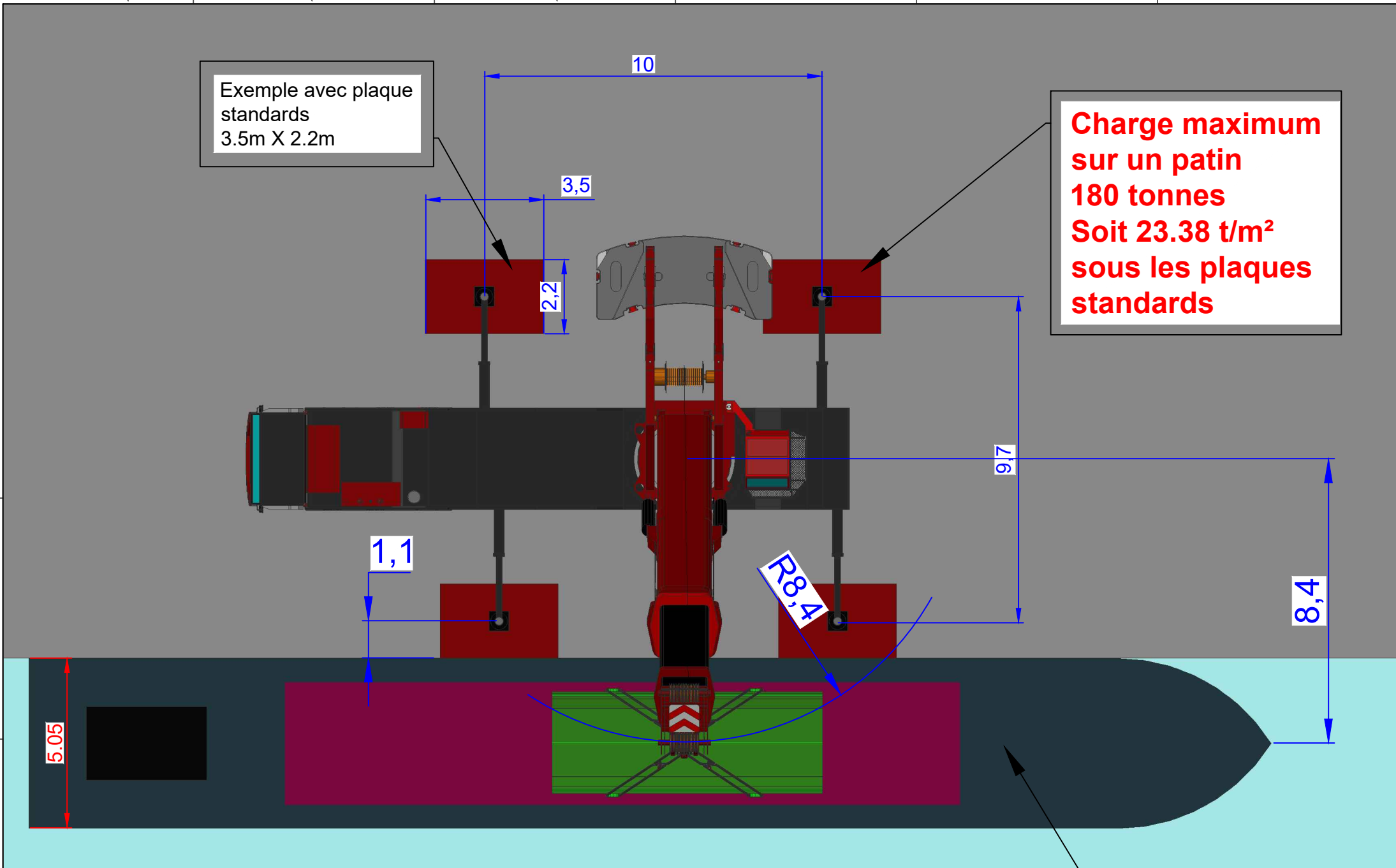




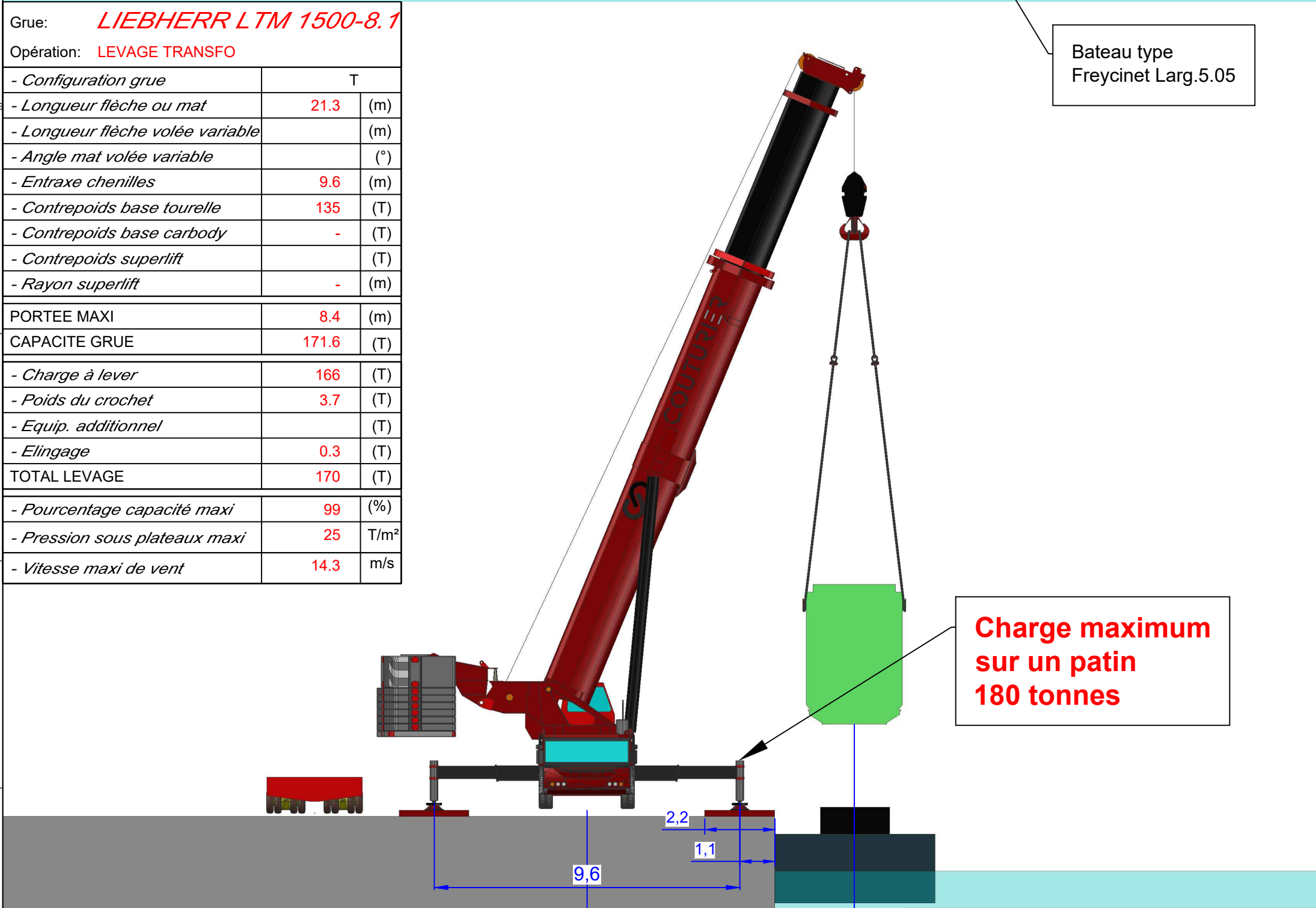




8.7. CONFIGURATION DE LEVAGE AVEC 1 GRUE TYPE LTM1500 ET COLIS 170T



Grue:	LIEBHERR LTM 1500-8.1		
Opération:	LEVAGE TRANSFO		
- Configuration grue		T	
- Longueur flèche ou mat	21.3	(m)	
- Longueur flèche volée variable		(m)	
- Angle mat volée variable		(°)	
- Entraxe chenilles	9.6	(m)	
- Contrepoids base tourelle	135	(T)	
- Contrepoids base carbody	-	(T)	
- Contrepoids superlift		(T)	
- Rayon superlift	-	(m)	
PORTEE MAXI	8.4	(m)	
CAPACITE GRUE	171.6	(T)	
- Charge à lever	166	(T)	
- Poids du crochet	3.7	(T)	
- Equip. additionnel		(T)	
- Elingage	0.3	(T)	
TOTAL LEVAGE	170	(T)	
- Pourcentage capacité maxi	99	(%)	
- Pression sous plateaux maxi	25	T/m²	
- Vitesse maxi de vent	14.3	m/s	



A	06/08/2024	SPP	SPP	Création des plans de levage	
INDICE	DATE	DESSINE PAR	VERIFIE PAR	MODIFICATIONS	

LTM 1500-8.1 000095277 CODE >0009< B216 5800

Angle d'inclinaison

Incl.longit. [°]
0.0

Incl.latérale [°]
0.0

Centre de gravité

x

y

x: -0.4 m

y: -1.8 m

z: 12.0 m

419.7 t

[180]

[178]

[154]

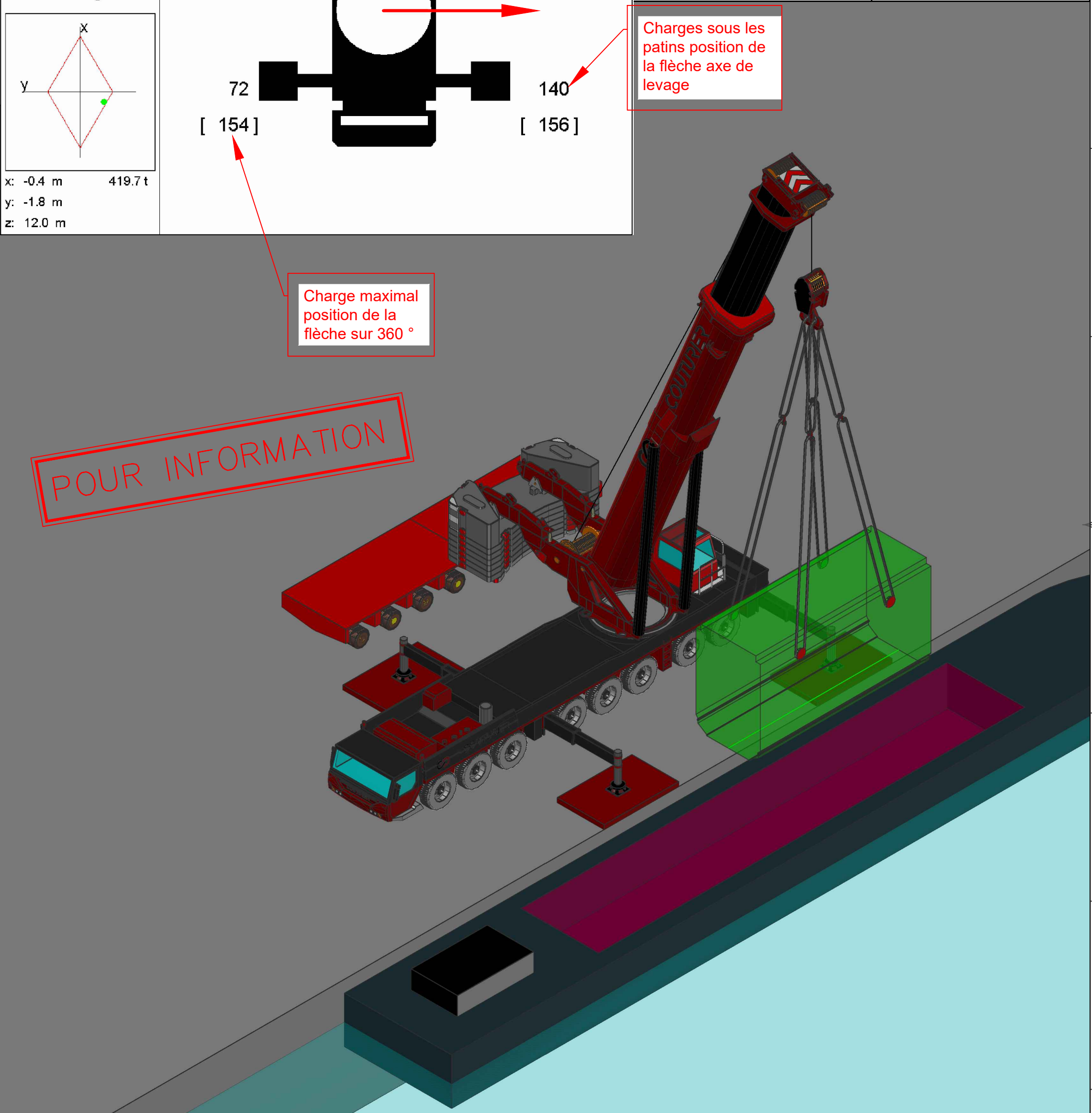
[140]

[156]

Charges sous les patins position de la flèche axe de levage

Charge maximal position de la flèche sur 360 °

Fiche technique	LTM 1500-8,1
Configuration grue:	T
Code LICCON:	9,00
Ecartement patins:	9,6 m
Longueur flèche:	21,30 m
Contrepoids:	135 tonnes
Poids crochet grue:	3,7 tonnes
Capacité du crochet:	250,0 t
Poids à lever:	170,0 t
Nombre mouflage crochet:	16



HAUTE LOGISTIQUE COUSUE MAIN
325 rue des frères lumière
71000 MACON
+33 3 85 34 17 94
www.couturier.net

Client : VNF - APROPORT

Colis : Ex avec transfo - Poids total 170 Tonnes

APROPORT MACON
PLAN DE PRINCIPE AVEC LTM 1500-8.1
BATEAU GABARIT FREYCISET
N°: A24-APROPORT 01 - 05 08

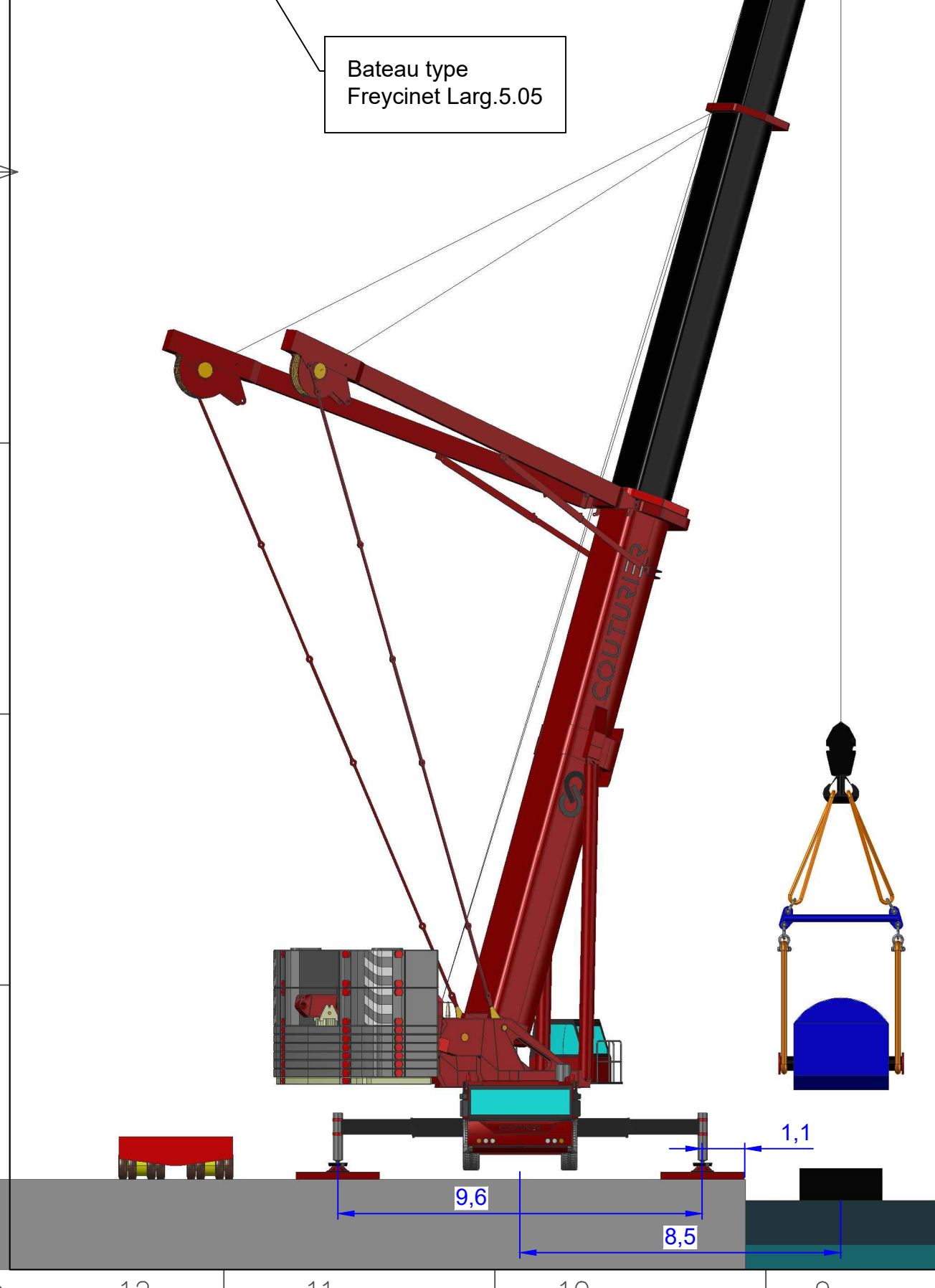
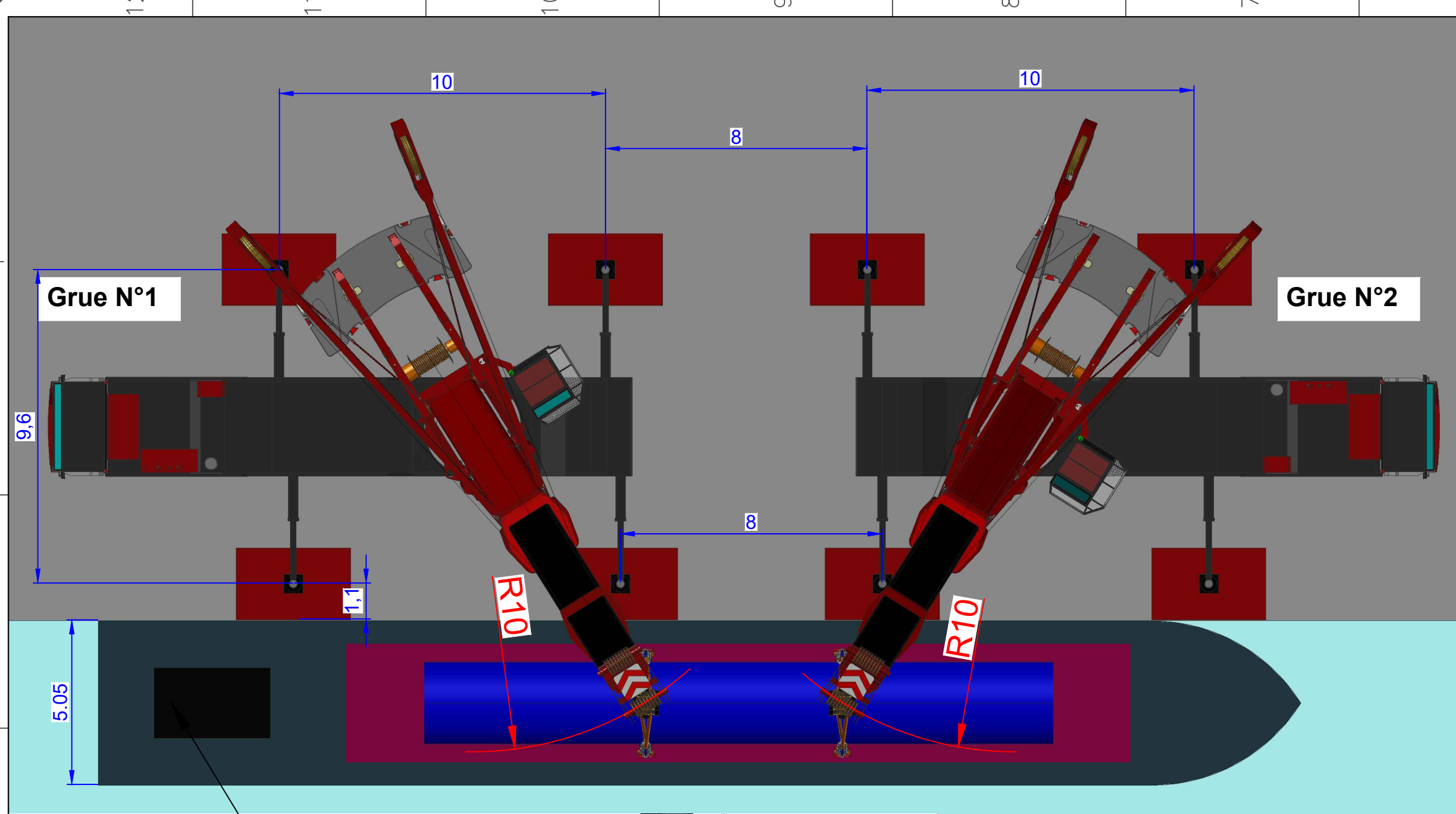
Echelle: -

Format :A2

Folio : 1/1

Ce plan est la propriété de COUTURIER il ne pourra être ni copié ni divulgué sans son autorisation
This drawing is considered proprietary to COUTURIER it shall not be disclosed without authorization

8.8. CONFIGURATION DE LEVAGE AVEC 2 GRUES TYPE LTM1500 ET COLIS 280T



LTM 1500-8.1 000095277 CODE >0022< B216 5D00

Angle d'inclinaison

Incl.longit. [°]

Incl.latérale [°]

Centre de gravité

x: 0.5 m 440.0 t
y: 1.0 m
z: 14.7 m

Grue N°2

Charge maximal position de la flèche sur 360 °

LTM 1500-8.1 000095277 CODE >0022< B216 5D00

Angle d'inclinaison

Incl.longit. [°]

Incl.latérale [°]

Centre de gravité

x: 0.5 m 440.0 t
y: -1.0 m
z: 14.7 m

Grue N°1

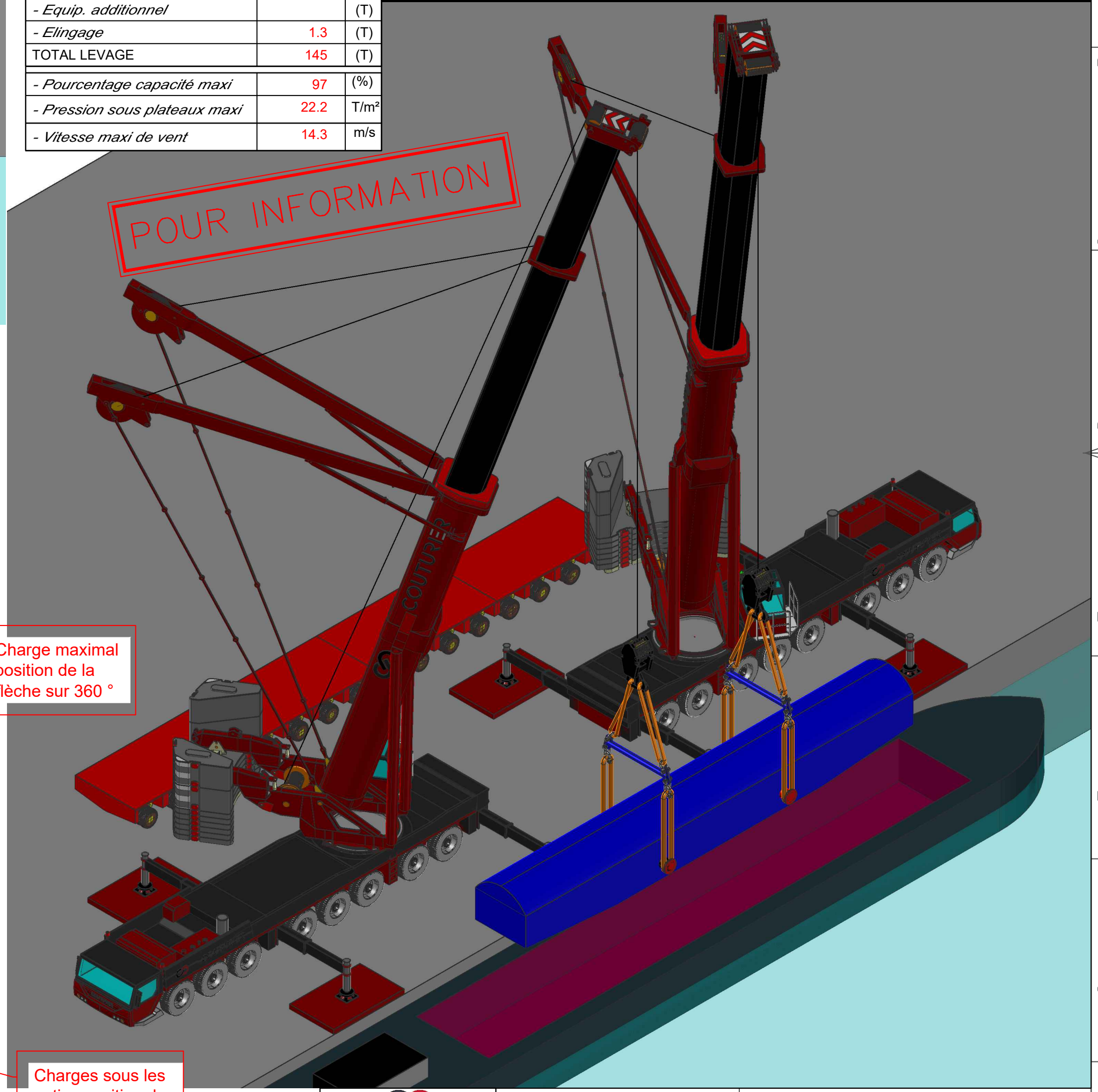
Charges sous les patins position de la flèche axe de levage

Grue: **LIEBHERR LTM 1500-8.1**

Opération: **LEVAGE ROTOR**

- Configuration grue		T3Y
- Longueur flèche ou mat	31.7	(m)
- Longueur flèche volée variable		(m)
- Angle mat volée variable		(°)
- Entraxe chenilles	9.6	(m)
- Contrepoids base tourelle	165	(T)
- Contrepoids base carbody	-	(T)
- Contrepoids superlift		(T)
- Rayon superlift	-	(m)
PORTEE MAXI	10	(m)
CAPACITE GRUE	148.9	(T)
- Charge à lever	140	(T)
- Poids du crochet	3.7	(T)
- Equip. additionnel		(T)
- Elingage	1.3	(T)
TOTAL LEVAGE	145	(T)
- Pourcentage capacité maxi	97	(%)
- Pression sous plateaux maxi	22.2	T/m²
- Vitesse maxi de vent	14.3	m/s

Fiche technique	2 X LTM 1500
Configuration grue:	T3Y
Code LICCON:	2200
Ecartement patins:	9,6 m
Longueur flèche:	31,70 m
Contrepoids:	165t
Poids crochet grue:	3,7 t
Capacité du crochet:	250t
Poids à lever:	280,0 t
Nombre mouflage crochet:	14



A	05/08/2024	SPP	SPP	Création des plans de levage
INDICE	DATE	DESSINE PAR	VERIFIE PAR	MODIFICATIONS

HAUTE LOGISTIQUE COUSUE MAIN
325 rue des frères lumière
71000 MACON
+33 3 85 34 17 94
www.couturier.net

Ce plan est la propriété de COUTURIER il ne pourra être ni copié ni divulgué sans son autorisation
This drawing is considered proprietary to COUTURIER it shall not be disclosed without authorization

Client : VNF - APROPORT Colis : Ex avec un ROTOR de 280t

APRPPORT MACON
PLAN DE PRINCIPE AVEC 2 LTM 1500
BATEAU GABARIT FREYCINET
N°: A24-APROPORT 03 - 06 08

Echelle: -
Format :A2
Folio : 1/1

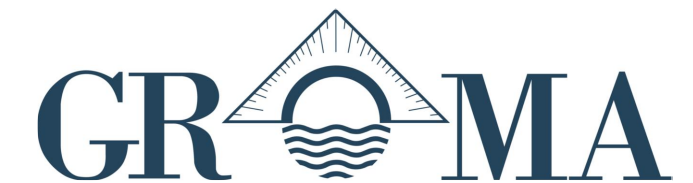
8.9. PLANS

Maître d'ouvrage



APROPOR^T

Bureau d'études



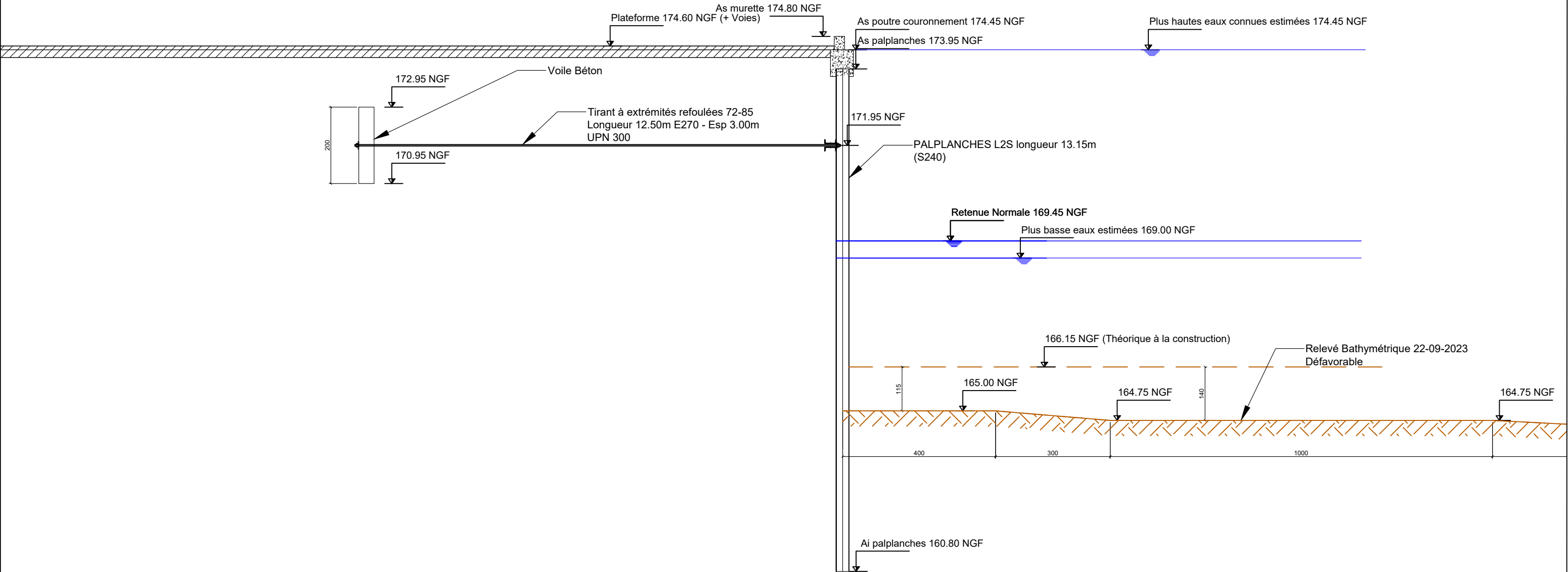
PROJET ORGANISATION DU QUAI

PORT SUD DE MACON - PK 77

CARNET DE PLANS - ETUDE SOMMAIRE ORGANISATION

COUPE QUAI EXISTANT - 1ère TRANCHE (OUEST)

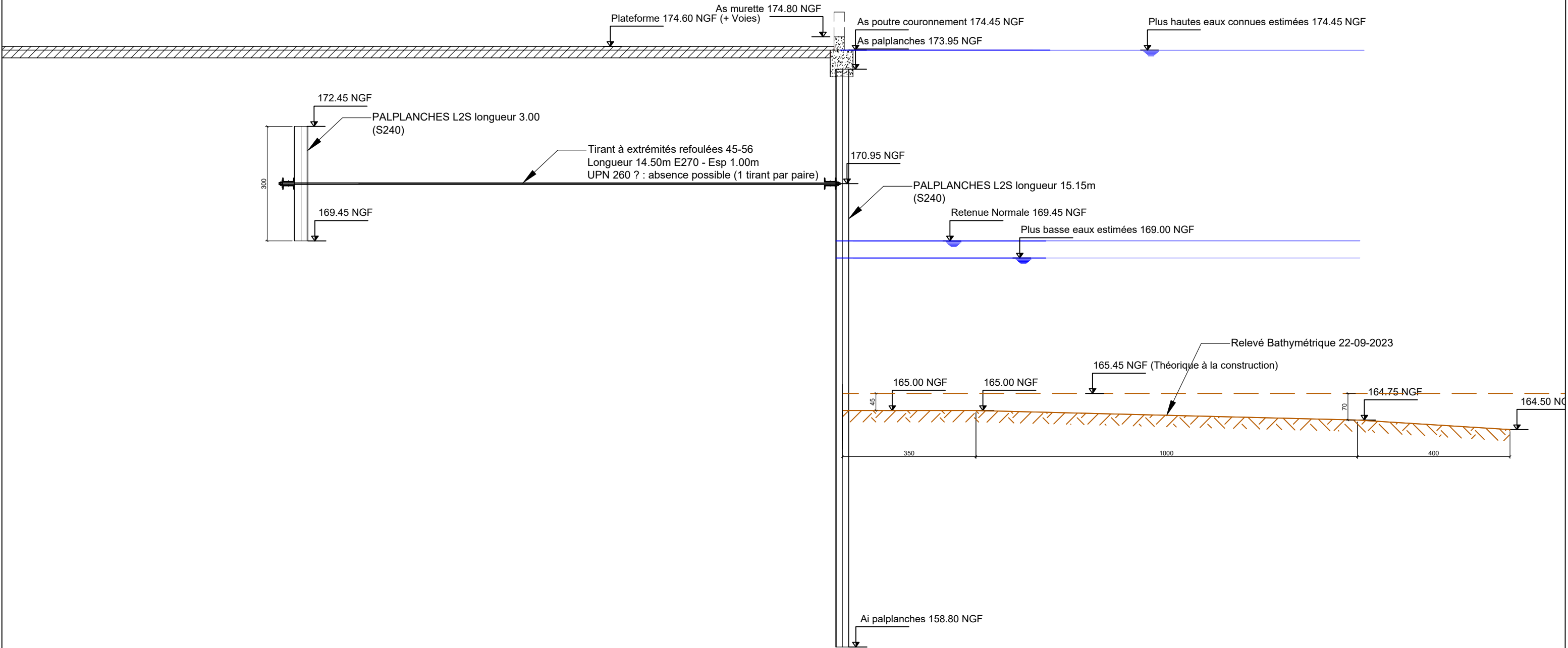
ECHELLE 1/100

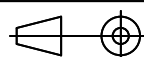


C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024			
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications			
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710	
		CARNET DE PLANS				 Echelle Var	Plan n° 1	Indice C

COUPE QUAI EXISTANT - 2ème TRANCHE (EST)

ECHELLE 1/100

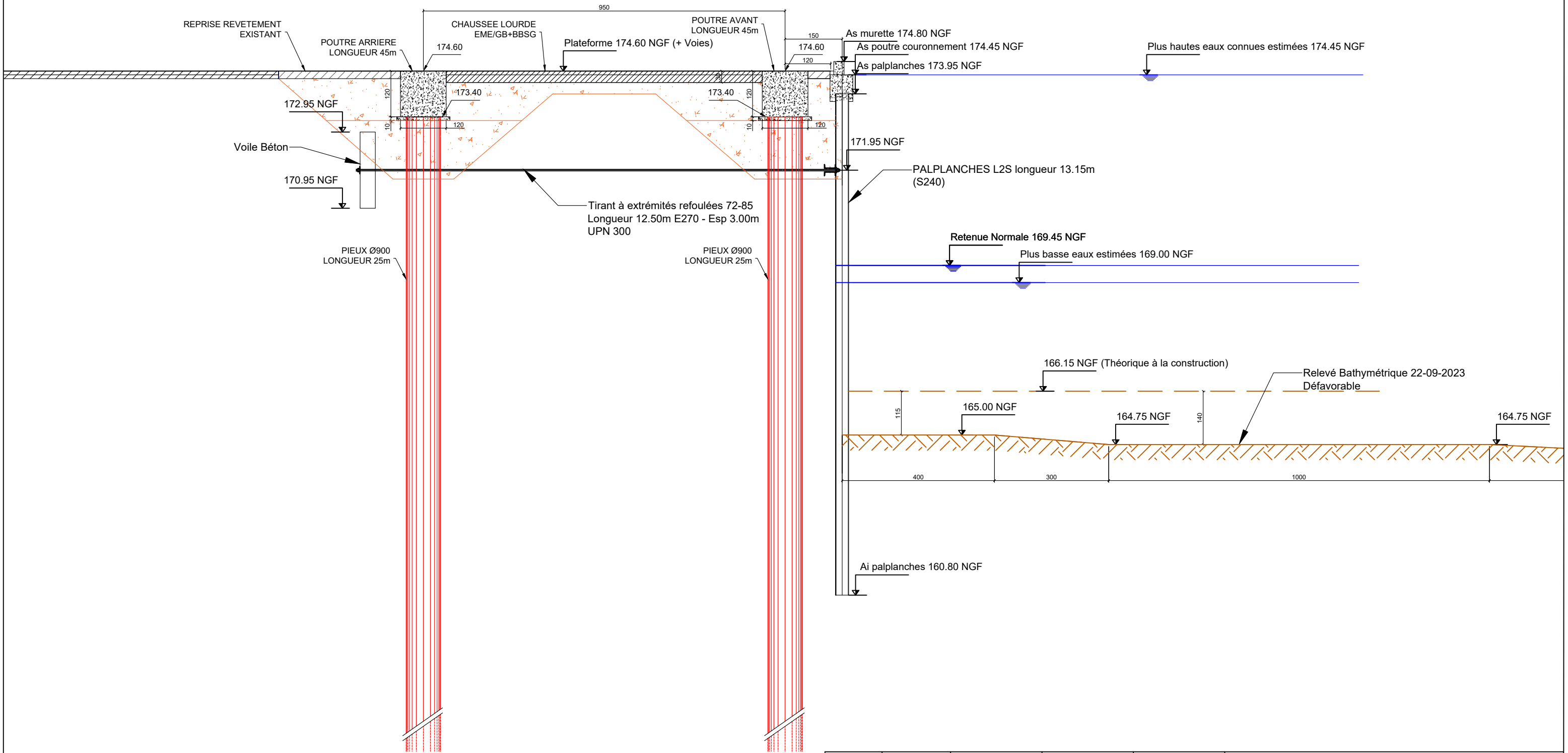


C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024		
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications		
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710
		CARNET DE PLANS				 Echelle Var	Plan n° 1 Indice C

PROJET POSTE COLIS LOURDS

C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024			
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications			
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710	
		CARNET DE PLANS				Echelle Var	Plan n° 1	Indice C

COUPE QUAI - PROJET POSTE COLIS LOURDS
1ère TRANCHE (OUEST)
ECHELLE 1/100



Remarque :

- Option 1 : poste colis lourd (170t max) et conteneurs sur 25 ml de quai - levage avec une grue type LTM1500 ou pelle portuaire de descente de charge équivalente
Estimatif : 910 000 € HT
- Option 2 : poste colis lourd (280t max) et conteneurs sur 45 ml de quai - levage avec 2 grue type LTM1500 ou pelle portuaire de descente de charge équivalente
Estimatif : 1 500 000 € HT

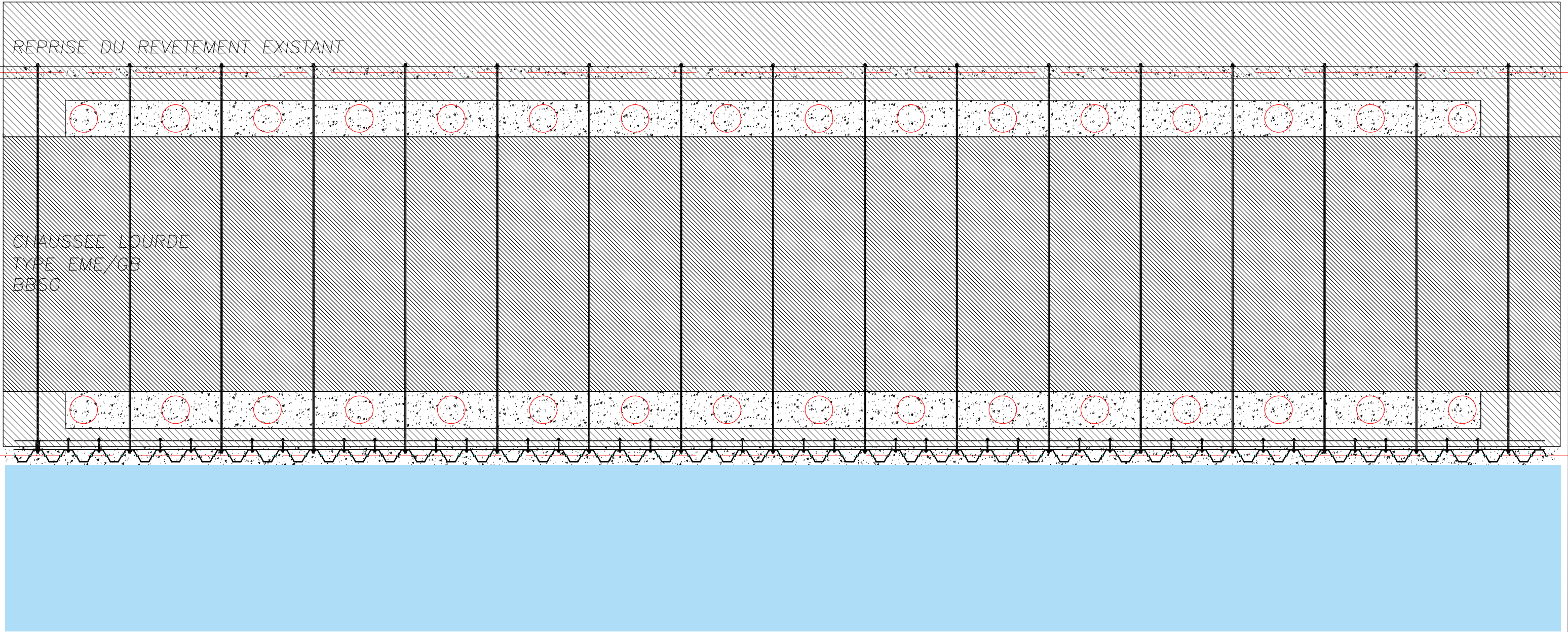
C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024			
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications			
		PROJET ORGANISATION DU QUAI			Format A3		Numéro d'affaire VNF240710	
		CARNET DE PLANS					Echelle Var	Plan n° 1

Technical cross-section drawing of a retaining wall structure. The drawing shows a vertical wall with a base and a top reinforcement layer. Key dimensions and features include:

- Overall Height:** 950 units.
- Base Thickness:** 150 units.
- Top Reinforcement Layer Thickness:** 120 units.
- Top Reinforcement Layer Width:** 300 units.
- Base Reinforcement Layer Width:** 4620 units.
- Reinforcement:** The wall features a grid of vertical and horizontal reinforcement bars. The top reinforcement layer contains 16 circular reinforcement elements, and the base reinforcement layer contains 16 circular reinforcement elements.
- Foundation:** The wall is founded on a blue hatched area representing the ground or water.

C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024				
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications				
		PROJET ORGANISATION DU QUAI			Format A3		Numéro d'affaire VNF240710		
		CARNET DE PLANS					Echelle Var	Plan n° 1	Indice C

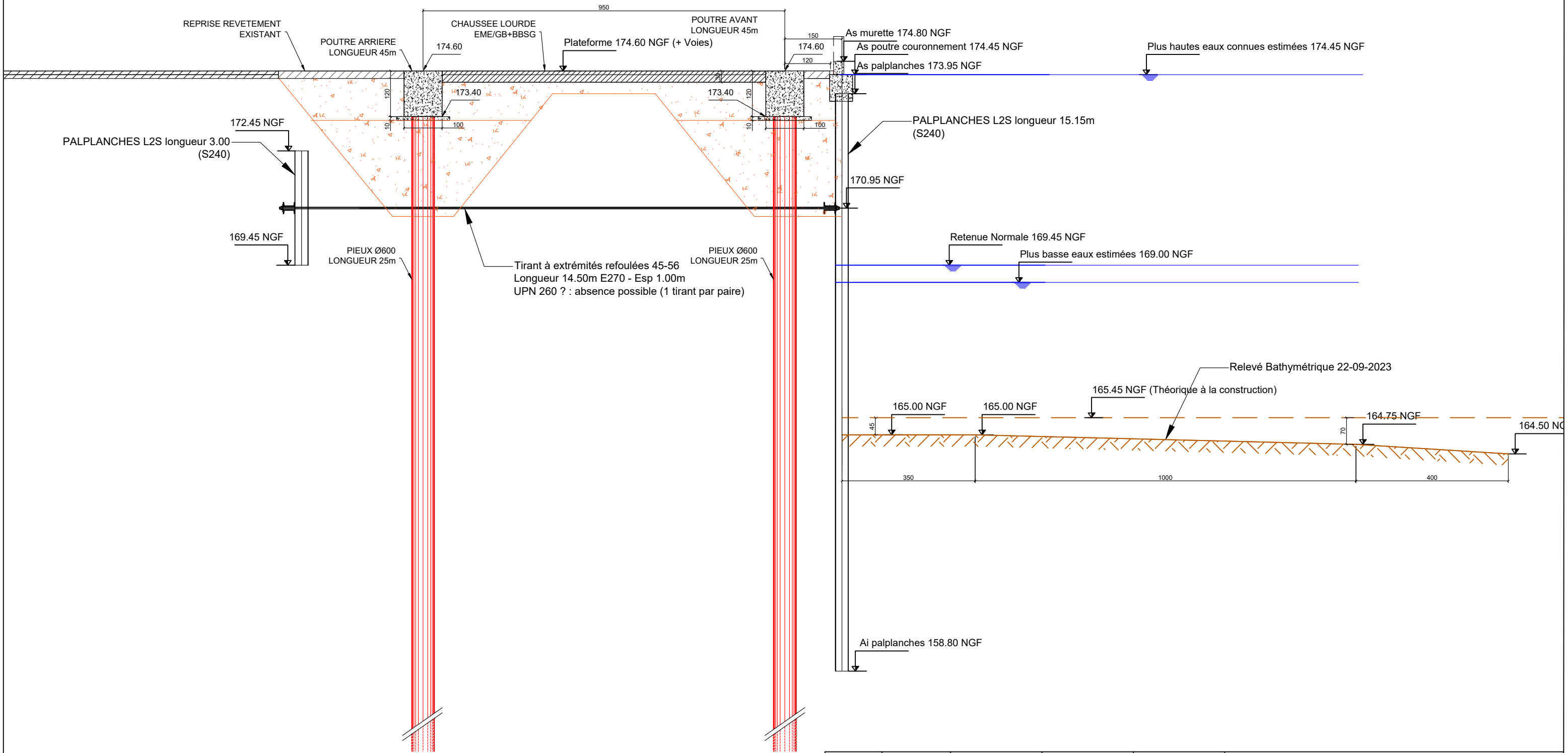
VUE EN PLAN QUAI - PROJET POSTE COLIS Lourds
REVETEMENTS - 1ère TRANCHE (OUEST)
Echelle 1/125



Remarque :
Le projet pourrait être amélioré avec une gestion des eaux, et un caniveau à fente à l'axe de la chaussée lourde (= à l'axe de positionnement de la grue) qui permettrait de collecter les eaux. Les enrobés seraient alors en légère pente (1%) entre les poutres sous patins et en direction du caniveau.

C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024		
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications		
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710
		CARNET DE PLANS				Echelle Var	Plan n° 1 Indice C

COUPE QUAI - PROJET POSTE COLIS LOURDS
2ème TRANCHE (EST)
ECHELLE 1/100

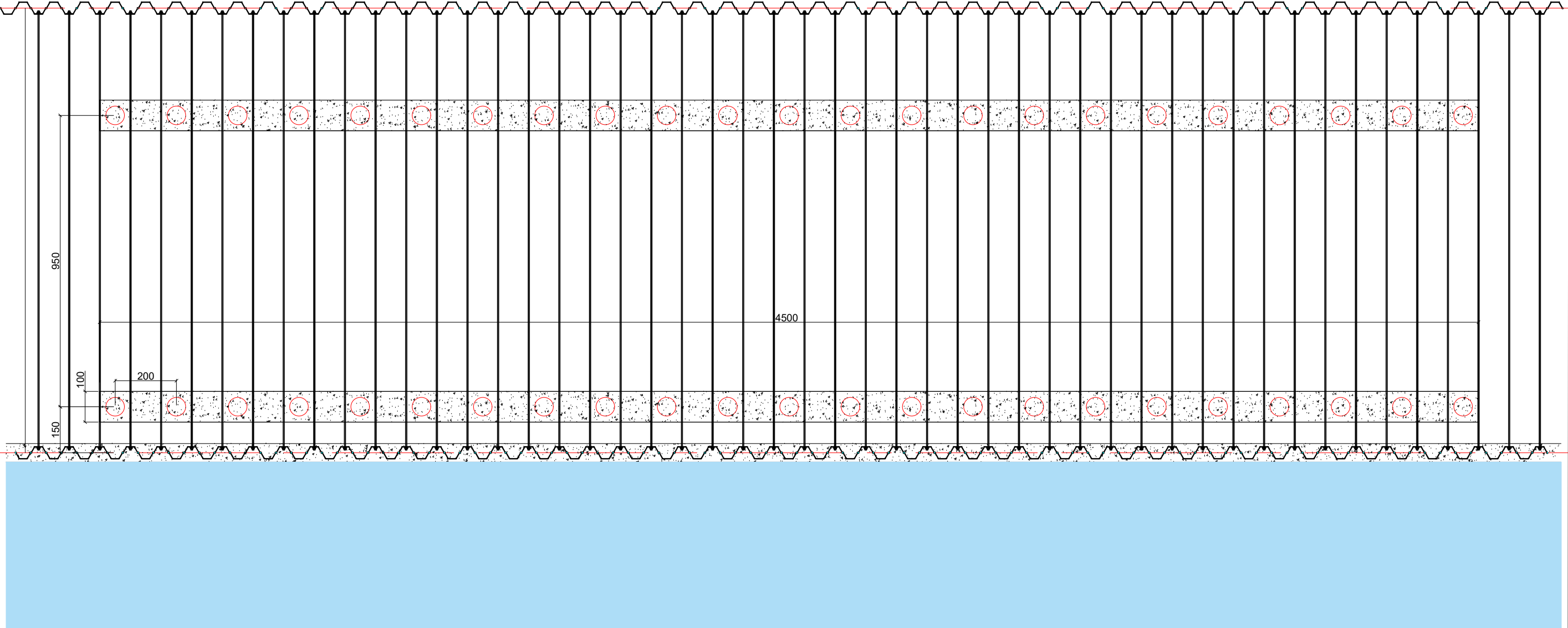


Remarque : L'implantation du poste colis lourd n'est pas prévue sur cette zone, mais les coûts associés seraient les suivants :

- Option 1 : poste colis lourd (170t max) et conteneurs sur 25 ml de quai - levage avec une grue type LTM1500 ou pelle portuaire de descente de charge équivalente
Estimatif : 940 000 € HT
- Option 2 : poste colis lourd (280t max) et conteneurs sur 45 ml de quai - levage avec 2 grue type LTM1500 ou pelle portuaire de descente de charge équivalente
Estimatif : 1 600 000 € HT

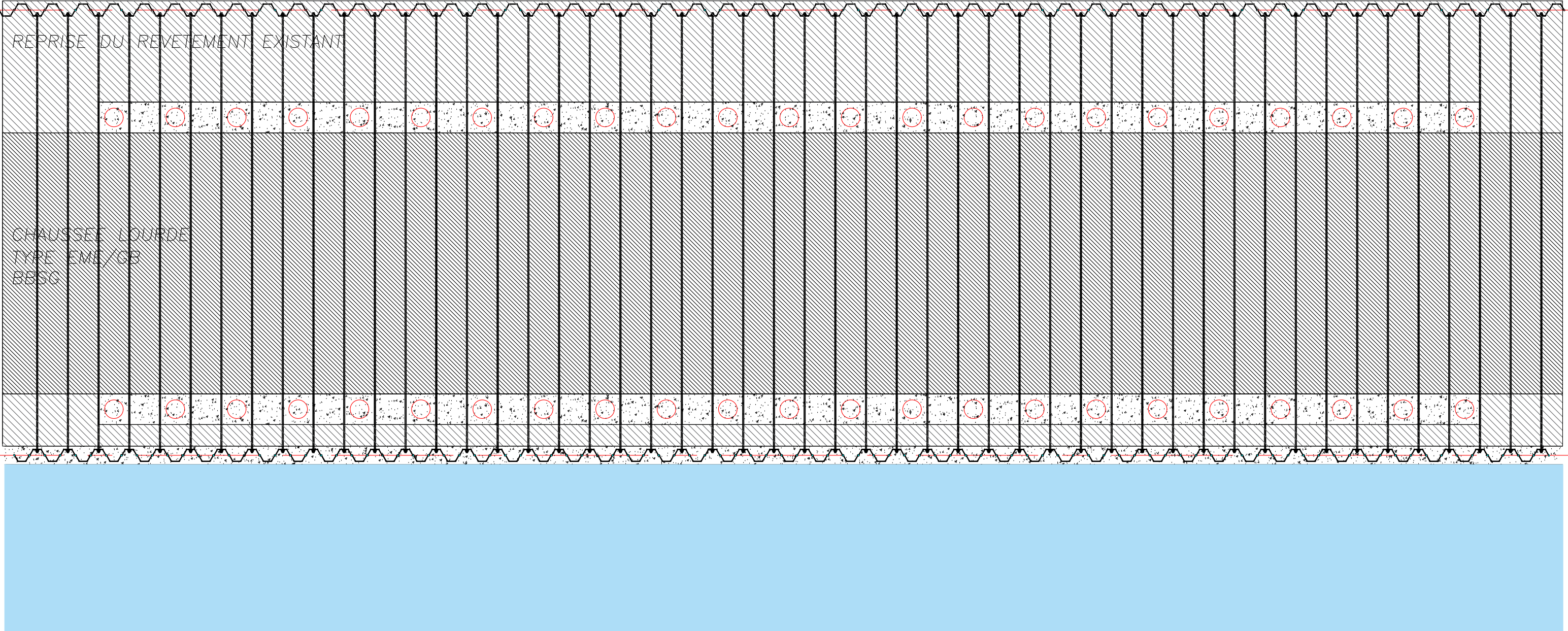
C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024		
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications		
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710
		CARNET DE PLANS				Echelle Var	Plan n° 1 Indice C

VUE EN PLAN QUAI - PROJET POSTE COLIS Lourds
2ème TRANCHE (EST)
Echelle 1/125



C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024		
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications		
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710
		CARNET DE PLANS				Echelle Var	Plan n° 1 Indice C

VUE EN PLAN QUAI - PROJET POSTE COLIS LOURDS
REVETEMENTS - 2ème TRANCHE (EST)
ECHELLE 1/125



Remarque :

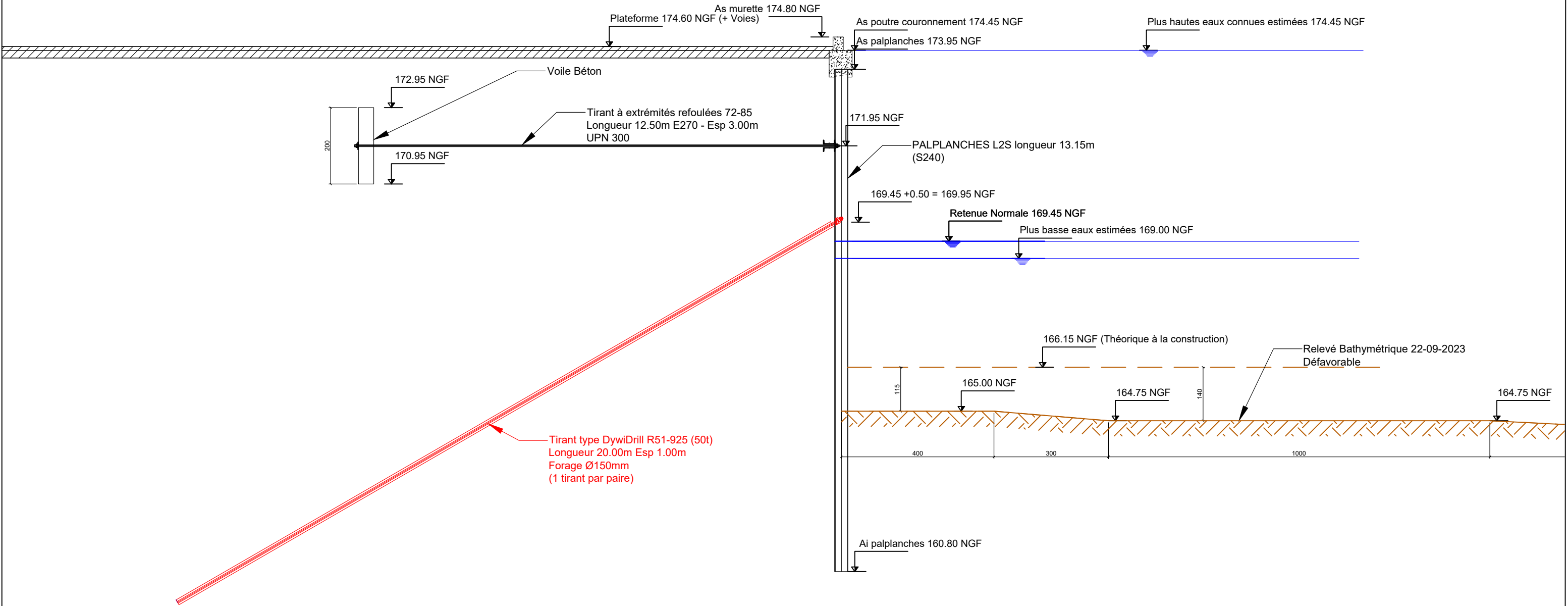
Le projet pourrait être amélioré avec une gestion des eaux, et un caniveau à fente à l'axe de la chaussée lourde (= à l'axe de positionnement de la grue) qui permettrait de collecter les eaux. Les enrobés seraient alors en légère pente (1%) entre les poutres sous patins et en direction du caniveau.

C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024		
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications		
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710
		CARNET DE PLANS				 Echelle Var	Plan n° 1 Indice C

PROJET RENFORCEMENT GLOBAL TIRANTS D'ANCRAGE

C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024			
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications			
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710	
		CARNET DE PLANS				Echelle Var	Plan n° 1	Indice C

COUPE QUAI - RENFORCEMENT GLOBAL
TIRANTS D'ANCRAGE - 1ère TRANCHE (OUEST)
ECHELLE 1/100

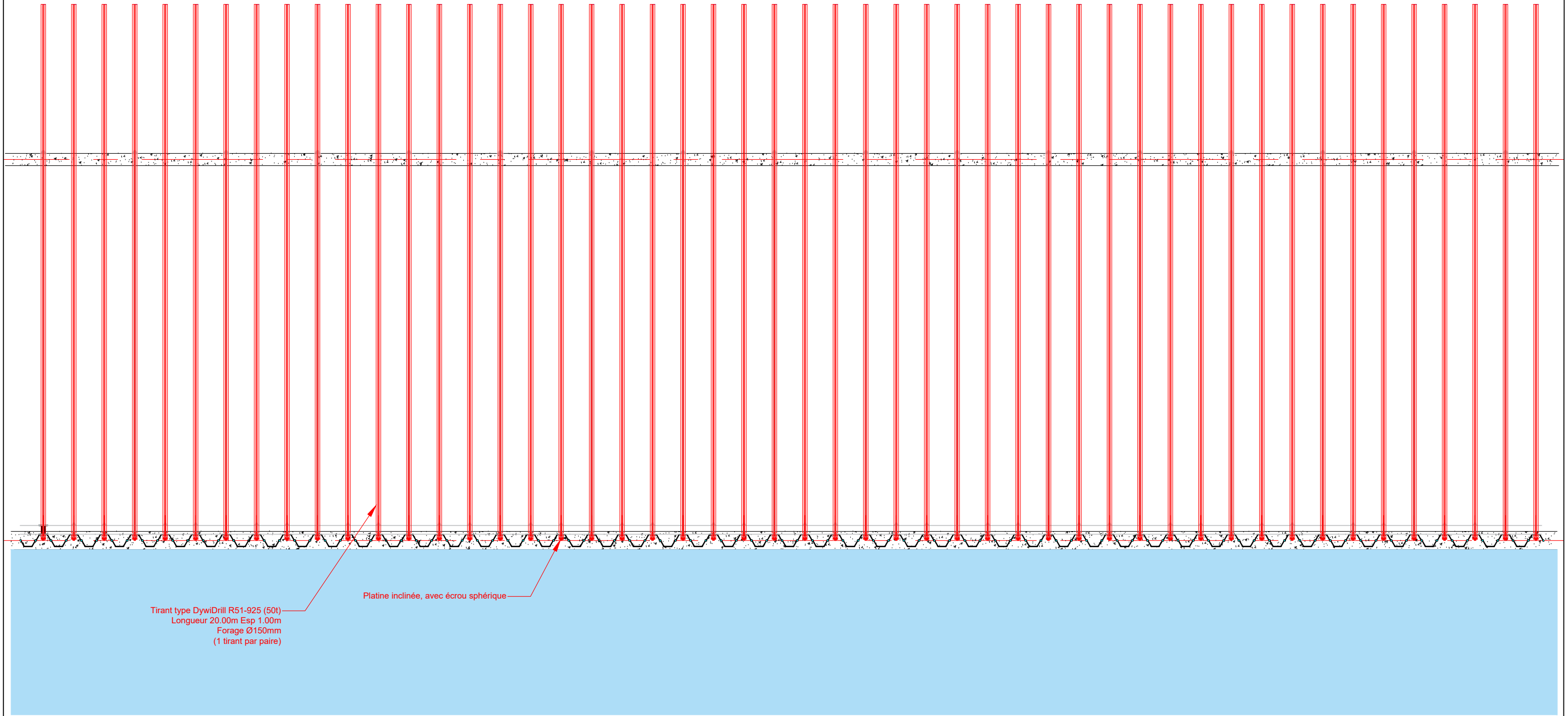


Remarque :
Renforts par tirant d'ancrage sur tout le linéaire de quai, sauf zone poste colis lourd

- Option 1 : poste colis lourd (170t max) et conteneurs sur 25 ml de quai - levage avec une grue type LTM1500 ou pelle portuaire de descente de charge équivalente
Estimatif total : Option 1 colis lourd + renforts par tirants d'ancrage : 910 000 + 1 600 000 = 2 510 000 € HT
- Option 2 : poste colis lourd (280t max) et conteneurs sur 45 ml de quai - levage avec 2 grue type LTM1500 ou pelle portuaire de descente de charge équivalente
Estimatif total : Option 2 colis lourd + renforts par tirants d'ancrage : 1 500 000 + 1 520 000 = 3 020 000 € HT

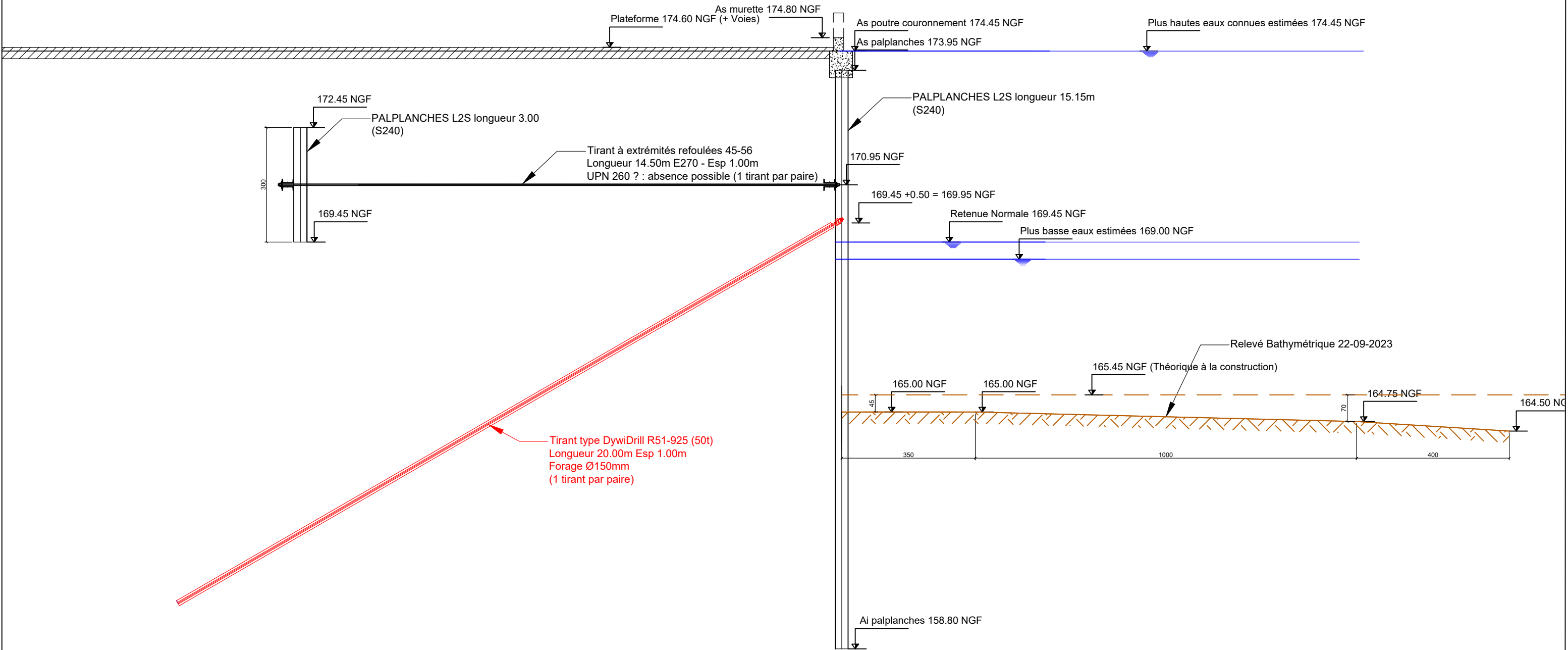
C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024		
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications		
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710
		CARNET DE PLANS				Echelle Var	Plan n° 1 Indice C

VUE EN PLAN QUAI - RENFORCEMENT GLOBAL
TIRANTS D'ANCRAGE - 1ère TRANCHE (OUEST)
ECHELLE 1/125



C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024		
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications		
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710
		CARNET DE PLANS				Echelle Var	Plan n° 1 Indice C

COUPE QUAI - RENFORCEMENT GLOBAL
TIRANTS D'ANCRAGE - 2ème TRANCHE (EST)
ECHELLE 1/100

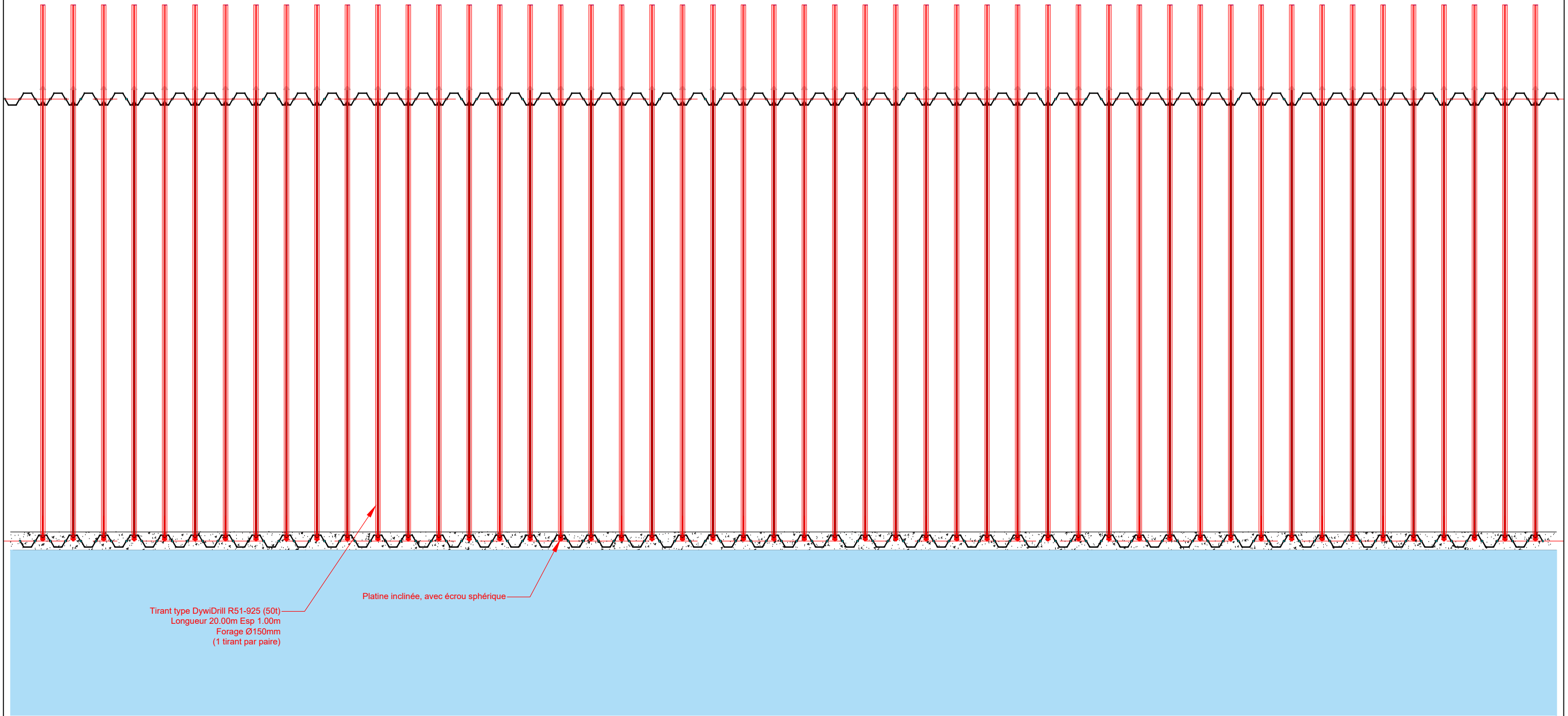


Remarque :
Renforts par tirant d'ancrage sur tout le linéaire de quai, sauf zone poste colis lourd

- Option 1 : poste colis lourd (170t max) et conteneurs sur 25 ml de quai - levage avec une grue type LTM1500 ou pelle portuaire de descente de charge équivalente
Estimatif total : Option 1 colis lourd + renforts par tirants d'ancrage : 910 000 + 1 600 000 = 2 510 000 € HT
- Option 2 : poste colis lourd (280t max) et conteneurs sur 45 ml de quai - levage avec 2 grue type LTM1500 ou pelle portuaire de descente de charge équivalente
Estimatif total : Option 2 colis lourd + renforts par tirants d'ancrage : 1 500 000 + 1 520 000 = 3 020 000 € HT

C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024		
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications		
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710
		CARNET DE PLANS				Echelle Var	Plan n° 1 Indice C

VUE EN PLAN QUAI - RENFORCEMENT GLOBAL
TIRANTS D'ANCRAGE - 2ème TRANCHE (EST)
ECHELLE 1/125



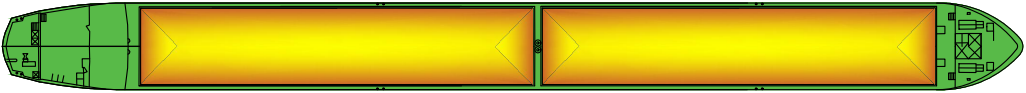
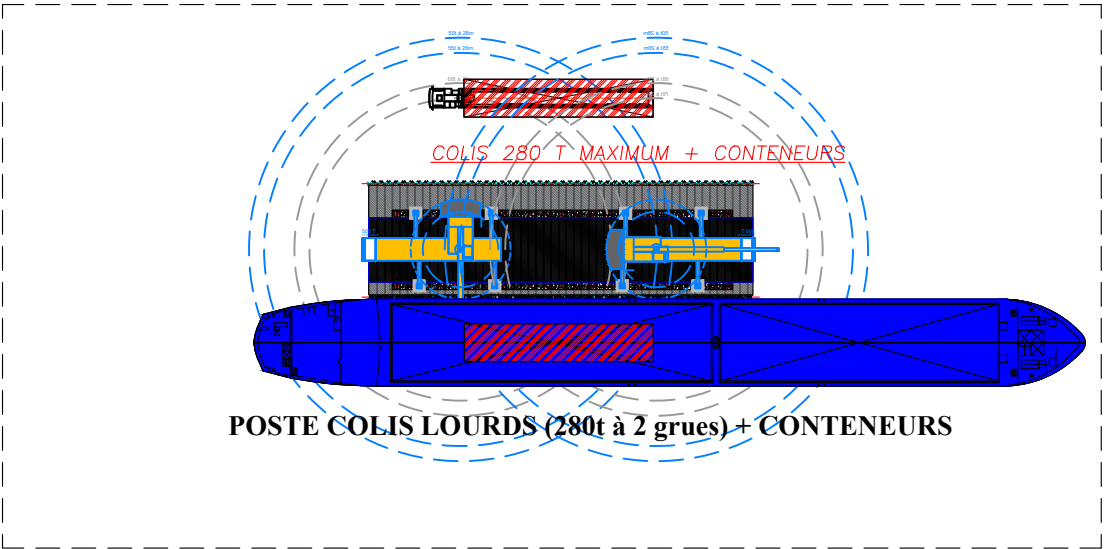
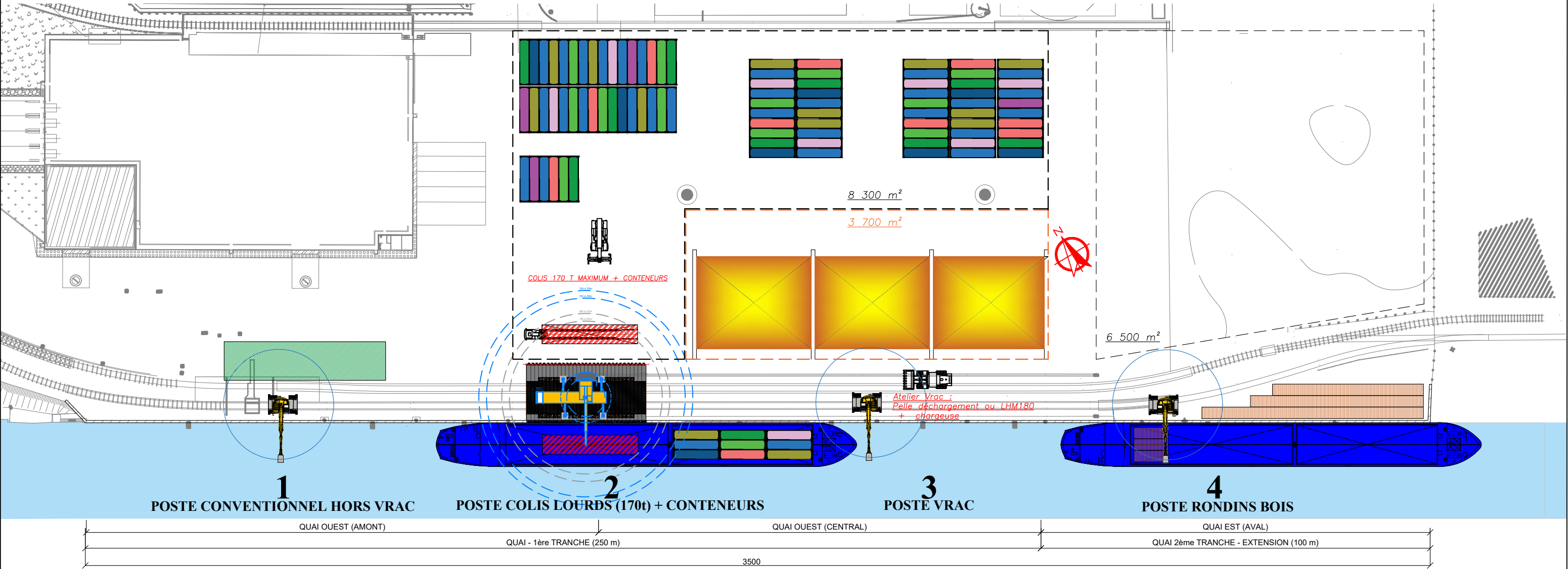
C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024		
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications		
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710
		CARNET DE PLANS				Echelle Var	Plan n° 1 Indice C

ORGANISATION DU QUAI

C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024			
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications			
		PROJET ORGANISATION DU QUAI				Format A3	Numéro d'affaire VNF240710	
		CARNET DE PLANS				Echelle Var	Plan n° 1	Indice C

VUE ENSEMBLE QUAI - 3 POSTES

ECHELLE : 1/1000



Remarque :

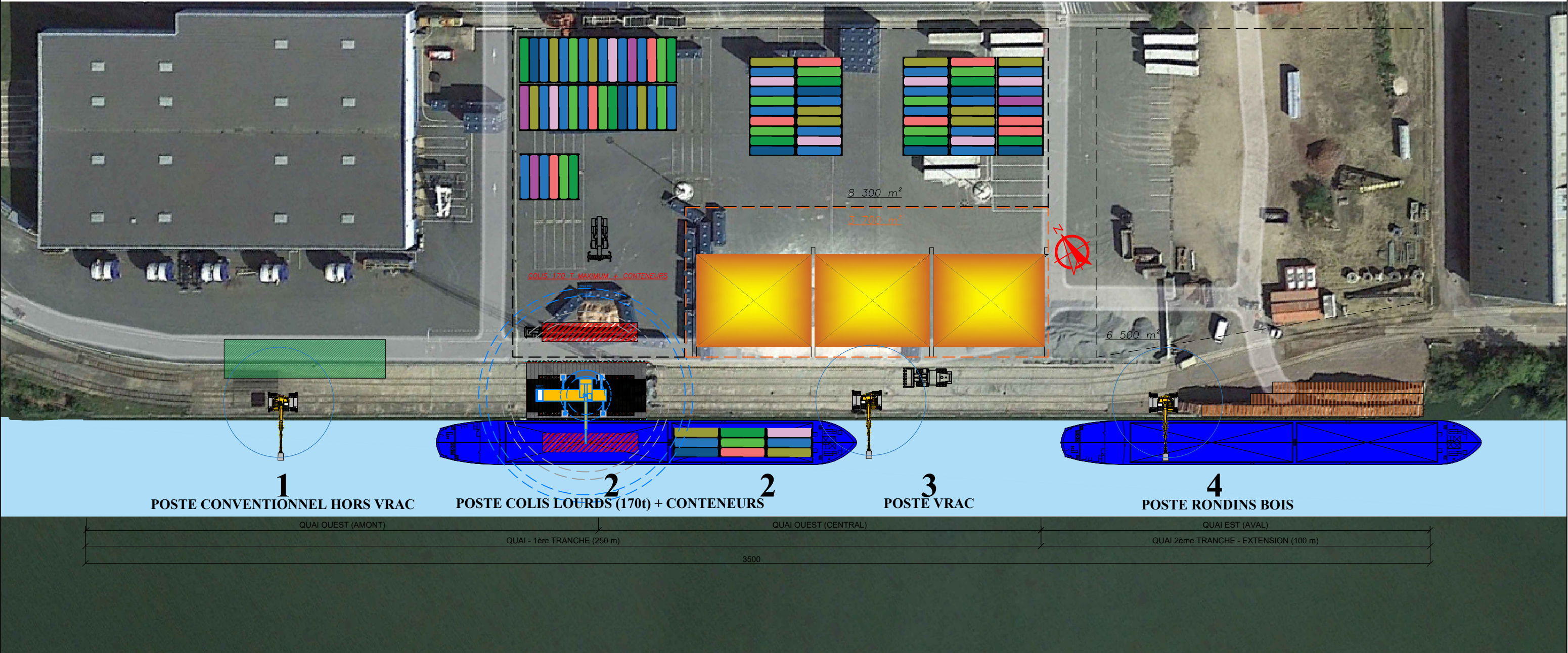
- Le poste n°1 : permet le chargement déchargement pour des bigbags... (hors vrac)
- Le poste n°2 : permet d'assurer à la fois la fonction de poste colis lourd (170 t à 1 grue type LTM 1500) et de gestion des conteneurs. Une pelle portuaire de descente de charge équivalente à la grue prévue pour le levage, est possible. Une variante avec 2 grues est possible et permettrait d'augmenter la capacité de levage des colis jusqu'à 280t.
- Le poste n°3 : permet la gestion du vrac, avec des casiers en arrière quai.
- Le poste n°4 : la position actuelle et la fonction ont été conservée pour l'activité rondins de bois : la voie ferrée limite la surface de stockage

Le chargement / déchargement simultané sur plusieurs postes impose une coordination

C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024			
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications			
		PROJET ORGANISATION DU QUAI			Format A3	Numéro d'affaire VNF240710		
		CARNET DE PLANS				Echelle Var	Plan n° 1	Indice C

VUE ENSEMBLE AERIEENNE QUAI - 3 POSTES

ECHELLE : 1/1000



C	13/11/2024	M.GRAZIANI	M.GRAZIANI	----	Modification suite à réunion du 22-10-2024			
Indice	Date	Dessiné	Vérifié	Approuvé	Modifications			
		PROJET ORGANISATION DU QUAI			Format A3	Numéro d'affaire VNF240710		
		CARNET DE PLANS				Echelle Var	Plan n° 1	Indice C