

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جاتسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson



Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

**CONFORTEMENT DU QUAI N°2
(QUAI WARNIER-POSTE À
QUAI N°3 ET N°4) AU PORT
D'ANNABA**

Présenté par :
BOUGHENA Sabri

Encadré par :
Mr. HAMADI Kamel
Mr. SELLAM Mohamed

Promotion 2024/2025

Remerciement

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à M. HAMADI Kamel, qui m'a permis d'intégrer son bureau d'études et de m'accueillir chaleureusement. Son soutien et la confiance qu'il m'a accordée m'ont permis de mener à bien ce travail dans les meilleures conditions.

Je remercie également M. MESSAI Abdesselam pour l'aide précieuse, les conseils avisés et la disponibilité dont il a fait preuve tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements vont aussi à ma famille, pour leur soutien moral, leur patience et leurs encouragements constants durant toutes ces années d'études.

Enfin, je souhaite me remercier moi-même pour les efforts déployés, la persévérance et la motivation que j'ai su conserver tout au long de cette expérience.

Dédicaces

Je dédie ce travail à ma chère mère et mon père, qui m'ont toujours regardé avec fierté, me voyant déjà comme un ingénieur bien avant que je ne le devienne. Leur amour, leurs sacrifices et leurs encouragements ont été mon moteur à chaque étape de ce parcours.

À mes frères, et plus particulièrement à mon frère Brahim, qui m'a constamment poussé à développer mes compétences, à croire en mes capacités et à découvrir ce qui pouvait réellement me passionner. Sa présence et ses conseils m'ont été d'une grande valeur.

Je dédie également ce mémoire à l'ensemble de mes enseignants, qui ont su transmettre leur savoir et leur passion du métier, et qui m'ont donné envie de devenir ingénieur.

Résumé

Les ouvrages maritimes, notamment les quais portuaires, sont exposés à un environnement particulièrement agressif ainsi qu'à des charges d'exploitation importantes, qui dégradent progressivement leurs structures et leur capacité à assurer leur fonction. Lorsqu'un ouvrage présente un état de dégradation avancé, des travaux de confortement deviennent nécessaires pour restaurer son état de service.

Ce travail de fin d'études porte sur l'étude du confortement du quai N°2 du port d'Annaba. Une expertise approfondie, réalisée en surface et en milieu immergé, a révélé plusieurs désordres :

Affaissements localisés, fissurations, corrosion des armatures, et dégradation des équipements de défense.

Suite à cette expertise, une solution de confortement a été proposée, reposant principalement sur la démolition de l'ouvrage existant et la réalisation d'un nouveau quai sur pieu, incluant également le confortement du terre-plein. Les calculs de dimensionnement ont été réalisés pour toutes les situations de projet afin d'assurer la stabilité de l'ouvrage.

Mots clé : ouvrage maritime, confortement, stabilité, quai sur pieu, terre-plein.

ملخص

تُعد المنشآت البحرية، ولا سيما الأرصفة المينائية، من البنى التحتية المعرضة لبيئة عدوانية للغاية، بالإضافة إلى تحملها لأحمال استغلالية كبيرة، ما يؤدي تدريجيًا إلى تدهور عناصرها الإنشائية وضعف قدرتها على أداء وظيفتها الأساسية. وعندما يبلغ المنشأ درجة متقدمة من التدهور، يصبح من الضروري تنفيذ أشغال تدعيم وترميم إنشائي من أجل استرجاع حالته الأولية وضمان استقراره البنوي.

يتناول هذا العمل ضمن مذكرة التخرج دراسة تدعيم الرصيف رقم 2 بميناء عنابة. حيث تم إجراء فحص تقني معمق شمل المعاينة السطحية والمعاينة بالمحيط المغمر، كشفت عن جملة من الاختلالات والعيوب البنوية، من بينها: انخفاضات موضعية، تشققات إنشائية، تآكل حديد التسليح، تدهور تجهيزات إرساء السفن.

وفقًا لنتائج هذا الفحص، تم اقتراح حل تقني يركز أساسًا على هدم المنشأ القائم وإنجاز رصيف جديد مرتكز على ركائز (خوازيق)، مع تدعيم المساحات الخلفية (التربة الخلفية/ الردميات). وقد تم القيام بجميع الحسابات الإنشائية اللازمة لمختلف حالات التحميل التشغيلية والحالات الحدية، وفقًا للمعايير التقنية المعتمدة، وذلك لضمان استقرار المنشأ وسلامته الوظيفية.

الكلمات المفتاحية: منشأة بحرية، تدعيم، استقرار، رصيف على ركائز، المساحة الخلفية.

Abstract

Maritime structures, particularly port quays, are among the infrastructure most exposed to highly aggressive environments, in addition to being subjected to significant operational loads. This leads progressively to the deterioration of their structural elements and a reduction in their capacity to fulfil their primary functional role. When a structure reaches an advanced state of degradation, it becomes necessary to carry out strengthening and structural rehabilitation works in order to restore its initial condition and ensure its overall structural stability.

This study, conducted as part of an end-of-study dissertation, focuses on the structural strengthening of Quay No. 2 at the Port of Annaba. A thorough technical inspection was carried out, covering both above-water and submerged areas, which revealed several

structural pathologies and deficiencies, including localized settlements, structural cracking, reinforcement corrosion, and deterioration of ship mooring facilities.

Based on the findings of this inspection, a technical solution was proposed, essentially involving the demolition of the existing structure and the construction of a new pile-supported quay, in addition to the strengthening of the rear backfill area (reclaimed soil/backfill). Comprehensive structural design calculations were performed for all operational load cases and ultimate limit states, in accordance with applicable technical standards, in order to guarantee the structural integrity and serviceability of the facility.

Keywords: maritime structure, strengthening, stability, pile-supported quay, backfill area.

Liste des abréviations

NGA : Nivellement Général Algérien.

BA : Béton armé.

ELS : État Limite de Service.

ELU : État Limite Ultime.

F_s : Facteur de sécurité.

K_h : Coefficient horizontal de séisme.

K_v : Coefficient vertical de séisme.

C_c : Coefficient de compressibilité.

C_g : Coefficient de gonflement.

P_c (kPa) : Pression de consolidation.

I_p : Indice de plasticité.

I_c : Indice de consistance.

S_r : Degré de saturation.

P*₁ (kPa) : Pression limite nette.

α : Coefficient rhéologique du sol.

E_M (kPa) : Module pressiométrique du sol.

γ' (kN/m³) : Poids volumique déjaugé du sol.

γ (kN/m³) : Poids volumique du sol.

C' (kPa) : Cohésion drainée du sol.

φ (°) : Angle de frottement du sol.

C_u (kPa) : Cohésion non drainée du sol.

SP : Sondage pressiométrique.

R_c : Résistance à la compression.

SPT : Standard Penetration Test.

SC : Sondage carotté.

CPT : Cone Penetration Test.

SPM : Sondage Pressiométrique Ménard.

W : Poids.

γ_w : Poids volumique de l'eau.

Sond : Sondage.

DA : Dinar algérien.

Liste des figures

Figure 1.Port.....	4
Figure 2.Jetée d'un port.....	4
Figure 3. Digue de protection littorale.	5
Figure 4.Appontement.....	5
Figure 5.Duc d'albe.	6
Figure 6. Vue en plan d'un quai.....	6
Figure 7.Coupe transversale d'un quai sur pieu.....	7
Figure 8.Exemple de réalisation d'une poutre de couronnement.....	7
Figure 9.Talus d'un quai sur pieux.	8
Figure 10.Equipements de défense.....	9
Figure 11.Bollard.	9
Figure 12.Grue portuaire.	10
Figure 13.Pieux du nouveau quai.	11
Figure 14.Dallettes de continuité.	11
Figure 15.Coulage du béton de masque.	11
Figure 16.Démolition de la poutre de couronnement.....	11
Figure 17.Zonage sismique de l'Algérie.	13
Figure 18.port d'Annaba.	14
Figure 19.Quai n°2.	15
Figure 20.Profil type de la conception de 1875.	16
Figure 21.Vue en élévation d'après l'archive.	16
Figure 22.Détail de la géométrie de vue en élévation.	17
Figure 23.Vue en élévation.	17
Figure 24.Conception du 1er confortement.....	18
Figure 25.Détail de la dalle de frottement.....	18
Figure 26.Vue en élévation.	19
Figure 27.Profil type de la conception du confortement.....	19
Figure 28.Disjointement des pierres du pavé.	22
Figure 29.État du terre-plein.	23
Figure 30.Zone d'eau stagnante.....	23
Figure 31.État des défenses d'accostage.	24
Figure 32.État des défenses d'accostage.	24
Figure 33.Coupe sur la dalle montrant la perte de l'enrobage et la disparition des armatures.	24
Figure 34.Écartement entre les palplanches.....	25
Figure 35.Pieu en béton armé enrobé par les biofilms marin.....	25
Figure 36. Dégradation du béton.....	26
Figure 37.Variante 01.....	29
Figure 38.Variante 02.....	29
Figure 39.Vue en plan.	30
Figure 40.Vue en élévation.	30
Figure 41.Implantation de la campagne géotechnique.....	35
Figure 42.Coupe lithologique en terre.....	36
Figure 43.Coupe lithologique en mer.....	37

Figure 44.Coupe C-C.	38
Figure 45.Coupe D-D.	39
Figure 46.Valeurs moyennes des modules pressiométriques.	46
Figure 47.Notations de la géométrie	48
Figure 48.Section de la palplanche AZ 25-800.	48
Figure 49.Notations de la géométrie des profilés métalliques.	49
Figure 50.Géométrie de la situation transitoire 01.	50
Figure 51.Travaux et géométrie de la situation transitoire 01 sur site.	51
Figure 52.Géométrie de la situation transitoire 02.	52
Figure 53.Croquis de la charge GM.	53
Figure 54.Croquis de la charge CC.	54
Figure 55.Instabilité par un glissement d'ensemble.	55
Figure 56.Massif glissant devisée en 12 tranches.	56
Figure 57.Sélection de l'approche de calcul.	57
Figure 58.Sélection de la méthode de calcul.	57
Figure 59.Renversement d'un écran autostable.	58
Figure 60.Notions de la fiche minimale et la fiche de l'écran.	60
Figure 61.Courbe fsol(Pl).	63
Figure 62.Modèle de détermination de la poussée limite en ST1 fondamental.	66
Figure 63. Courbe de Fs en fonction de l'amplitude de la charge.	66
Figure 64.Diagrammes des efforts internes des palplanches en ST1 fondamental.	67
Figure 65.Résultats de la stabilité générale du site en ST1 fondamental.	70
Figure 66.Modèle de détermination de la poussée limite en ST1 sismique.	71
Figure 67.Courbe de Fs en fonction de l'amplitude de la charge.	71
Figure 68.Schéma représentatif de la pression hydrodynamique.	72
Figure 69.Diagrammes des efforts internes des palplanches en ST1 sismique.	73
Figure 70.Résultats de la stabilité générale du site en ST1 sismique.	75
Figure 71.Diagrammes des efforts internes de l'écran composite en ST2 fondamental.	76
Figure 72.Résultats de la stabilité générale en ST2 fondamental.	78
Figure 73.Résultats des efforts interne de l'écran composite en ST2 sismique.	79
Figure 74.Résultats de la stabilité générale du site en ST2 sismique.	80
Figure 75.Résultats de la stabilité générale du site en SD fondamental.	81
Figure 76.Résultats de la stabilité générale du site en SD sismique.	81
Figure 77.Modèle du quai.	82
Figure 78.Courbe de réaction d'une fondation profonde.	83
Figure 79.Courbe de la réaction d'un écran de soutènement.	83
Figure 80.Courbe de réaction de la 1ère ligne de pieux.	83
Figure 81.Ecran discontinue avec une poussée mobilisée sur La.	85
Figure 82.Charge uniforme d'une distance d d'un écran de soutènement.	86
Figure 83.Distribution de la poussée dans le cas $z_2 > z_3$ et $\sigma_{max} > K_{aq}$	87
Figure 84.Charge uniforme q appliqué sur une bande B contiguë a l'écran.	88
Figure 85.Charge q contiguë à l'écran de soutènement.	88
Figure 86.Ferraillage de la section droite du pieu.	95
Figure 87.Déplacement des pieux.	96
Figure 88.Convention des moments sur une dalle de longueur L et largeur b.	97
Figure 89.Rectangle d'impact d'une charge localisée.	100
Figure 90.Ferraillage de la dalle coupe A-A.	101

Figure 91.Ferraillage de la dalle coupe B-B.	101
Figure 92.Ferraillage d'un parement.....	102
Figure 93.Ferraillage de la dalle du terre-plein coupe A-A.	106
Figure 94.Ferraillage de la dalle du terre-plein coupe B-B.....	106
Figure 95.Ferraillage des éléments de blindage suivant M_{xx}	108
Figure 96.Ferraillage des éléments de blindage suivant M_{yy}	108

Liste des tableaux

Tableau 1. Les ouvrages d'accostage du port d'Annaba.....	14
Tableau 2. Normes et règles.....	33
Tableau 3. Essai d'identification physique.....	40
Tableau 4. Essai d'identification physique.....	41
Tableau 5. Analyse chimique des sols.....	42
Tableau 6. Essais mécaniques.....	43
Tableau 7. Résultats des essais de compression simple.....	43
Tableau 8. Résultats pressiomètres en terre.....	44
Tableau 9. Résultats pressiomètres en mer.....	44
Tableau 10. Résultats SPT en terre.....	45
Tableau 11. Résultats SPT en mer.....	45
Tableau 12. Caractéristiques mécaniques des sols en place.....	46
Tableau 13. Caractéristiques du béton.....	47
Tableau 14. Propriétés des palplanches.....	48
Tableau 15. Caractéristiques des chemises métalliques.....	48
Tableau 16. Propriétés des profilées métalliques.....	49
Tableau 17. Coefficients de sécurité de l'approche 3.....	57
Tableau 18. Coefficients de sécurité de l'approche 2.....	58
Tableau 19. Valeurs de K_{pmax}	62
Tableau 20. Valeurs de α (pieu-sol).....	62
Tableau 21. Valeurs de q_{smax}	63
Tableau 22. Coefficients partiels.....	63
Tableau 23. Résistance au voilement par cisaillement.....	64
Tableau 24. Résultats de calcul du défaut de butée des palplanches en ST1 fondamental.....	67
Tableau 25. Efforts interne maximaux des palplanches en ST1 fondamental.....	67
Tableau 26. Paramètres de classification de la section.....	68
Tableau 27. Paramètres de vérification de la résistance au cisaillement.....	68
Tableau 28. Paramètres de vérification de la résistance au moment de flexion.....	68
Tableau 29. Paramètres de vérification du voilement par cisaillement des ailes des palplanches.....	69
Tableau 30. Paramètres de vérification du voilement par cisaillement des ailes des palplanches.....	69
Tableau 31. Paramètres de vérification du flambement des palplanches.....	69
Tableau 32. Valeurs de la pression hydrodynamique.....	72
Tableau 33. Résultats de calcul du défaut de butée des palplanches en ST1 sismique.....	73
Tableau 34. Efforts internes maximaux des palplanches en ST1 sismique.....	73
Tableau 35. Paramètres de vérification de la résistance au cisaillement.....	74
Tableau 36. Paramètres de vérification de la résistance au moment de flexion.....	74
Tableau 37. Paramètres de vérification du voilement par cisaillement des ailes des palplanches.....	74
Tableau 38. Résultats de calcul du défaut de butée de l'écran composite en ST2 fondamental.....	76
Tableau 39. Efforts internes maximaux de l'écran composite en ST2 fondamental.....	76
Tableau 40. Paramètres de la vérification du cisaillement des chemises.....	77

Tableau 41. Paramètres de la vérification du moment de flexion des chemises.	77
Tableau 42. Paramètres de la vérification du flambement des chemises.	77
Tableau 43. Résultats de calcul du défaut de butée de l'écran composite en ST2 sismique.	79
Tableau 44. Efforts internes maximaux de l'écran composite en ST2 sismique.	79
Tableau 45. Paramètres de vérification du cisaillement des chemises.	80
Tableau 46. Paramètres de vérification du moment de flexion des chemises.	80
Tableau 47. Valeurs de coefficient de réaction K_h	84
Tableau 48. Valeurs de coefficient de réaction K_f	84
Tableau 49. Valeurs de butée mobilisable.	84
Tableau 50. Valeurs de pression de fluage.	84
Tableau 51. Valeurs de poussée limite et réduite sur la 1ère ligne de pieux.	85
Tableau 52. Valeurs de poussée au repos en aval sur la 1ère ligne de pieux.	85
Tableau 53. Valeurs de poussée au repos sur la 2ème ligne de pieux.	86
Tableau 54. Valeurs de σ_a, q le long de l'écran.	88
Tableau 55. Valeur de pression active dynamique du sol.	89
Tableau 56. Valeurs de pression active dynamique du au surcharge.	89
Tableau 57. Valeurs de butée mobilisable dynamique.	90
Tableau 58. Valeurs de pression hydrodynamique sur les pieux.	90
Tableau 59. Résultats des efforts internes des pieux en SD.	92
Tableau 60. Paramètres de vérification des états limites de portance du pieu.	93
Tableau 61. Valeurs de résistance de portance.	93
Tableau 62. Valeur de protection des armatures.	95
Tableau 63. $M_{xx, \max}$ de la dalle.	98
Tableau 64. Ferrailage de la dalle selon M_{xx}	98
Tableau 65. $M_{yy, \max}$ de la dalle.	99
Tableau 66. Ferrailage de la dalle selon M_{yy}	99
Tableau 67. Armature de peau.	99
Tableau 68. Ferrailage de la dalle du terre-plein selon M_{xx}	103
Tableau 69. Ferrailage de la dalle du terre-plein selon M_{yy}	104
Tableau 70. Moment fléchissant des éléments de blindage.	107
Tableau 71. Sections de ferrailage des éléments de blindage.	107
Tableau 72. Prix unitaire et montant globale des travaux du projet.	109

Sommaire

CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE

I. Introduction générale	2
--------------------------------	---

CHAPITRE II : GÉNÉRALITÉ

II. Généralité.....	4
II.1 Introduction.....	4
II.2 Description d'un port.....	4
II.2.1 Ouvrages extérieures	4
II.2.2 Ouvrages intérieurs	5
II.3 Confortement des ouvrages	10
II.3.1 Principe de confortement des quais sur pieux	10
II.4 Conclusion	11

CHAPITRE III : PRÉSENTATION DU PROJET

III. Présentation du projet.....	13
III.1 Introduction	13
III.2 Description du port d'Annaba	13
III.2.1 Situation géographique.....	13
III.3 Géologie de la région	13
III.4 Sismicité de la région	13
III.5 Description du port d'Annaba	14
III.6 Description du quai n°2.....	15
III.6.1 Historique du quai n°2.....	16
III.7 Conclusion.....	20

CHAPITRE IV : DIAGNOSTIC ET EXPERTISE D'OUVRAGE EXISTANT

IV. Diagnostic et expertise de l'ouvrage existant.....	22
IV.1 Introduction.....	22
IV.2 Identification des désordres.....	22
IV.2.1 Pathologies terrestres	22
IV.2.2 Pathologies subaquatique	25
IV.3 Conclusion.....	26

CHAPITRE V : PROPOSITION DE SOLUTION DE CONFORTEMENT

V. Proposition de solution du confortement.....	28
V.1 Introduction	28

V.2 Description de conception	28
V.3 Phasage des travaux.....	31
V.4 Conclusion.....	31

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DE LA SOLUTION RETENUE

VI. Dimensionnement de la solution retenue	33
VI.1 Introduction	33
VI.2 Normes et règles.....	33
VI.3 Campagne de reconnaissance géotechnique	33
VI.3.1 Contenu de la campagne	33
VI.3.2 Synthèse des résultats de la campagne d’investigation géotechnique	34
VI.4 Implantation des sondages et coupes lithologiques	34
VI.5 Résultats des essais au laboratoire	40
VI.5.1 Essais d’identification	40
VI.5.2 Essais mécaniques	43
VI.5.3 Essais in-situ.....	44
VI.6 Paramètres caractéristiques des sols.....	46
VI.7 Caractéristiques des matériaux.....	47
VI.7.1 Béton	47
VI.7.2 Armatures de béton armé	47
VI.7.3 Palplanche	48
VI.7.4 Chemise métallique.....	48
VI.7.5 Profilé métallique	49
VI.8 Situations du projet	50
VI.8.1 Situation durable SD	50
VI.8.2 Situation transitoire ST1	50
VI.8.3 Situation transitoire ST2	52
VI.8.4 Situation accidentelle SA	52
VI.9 Valeurs caractéristiques des actions.....	53
VI.9.1 Actions permanentes	53
VI.9.2 Actions d’exploitation.....	53
VI.9.3 Actions sismiques.....	53
VI.9.4 Charges du chantier.....	54
VI.10 Combinaisons d’actions	54
VI.11 Modes de rupture possible	55
VI.11.1 Instabilité générale du site.....	55

VI.11.2 Défaut de butée	58
VI.11.3 Etat limite de portance des pieux	61
VI.11.4 Rupture par insuffisance de résistance interne.....	63
VI.12 Situation transitoire ST1	66
VI.12.1 Situation de calcul fondamental	66
VI.12.2 Situation de calcul sismique.....	71
VI.13 Situation transitoire ST2	76
VI.13.1 Situation de calcul fondamental	76
VI.13.2 Situation de calcul sismique.....	79
VI.14 Situation durable SD	81
VI.14.1 Vérification de la stabilité générale du site	81
VI.14.2 Structure du quai	82
VI.14.3 Vérification d'état limite de portance	92
VI.14.4 Efforts repris par les chemises métalliques.....	94
VI.14.5 Ferrailage des pieux	94
VI.14.6 Déplacement.....	96
VI.14.7 Dalle (Quai).....	97
VI.14.8 Dalle du terre-plein	102
VI.14.9 Ferrailage des éléments de blindage	107
VI.14.10 Devis quantitatif et estimatif.....	109
VI.15 Conclusion.....	111

CHAPITRE VII : CONCLUSION GÉNÉRALE

VII. Conclusion générale.....	113
-------------------------------	-----

Références bibliographiques.

Annexes :

Annexe 01 : Détail de calcul du défaut de butée.

Annexe 02 : Détail de calcul de la stabilité générale du site.

Annexe 03 : Détail de calcul du ferrailage.

CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE

I. Introduction générale

Les ouvrages maritimes jouent un rôle crucial dans l'économie des pays, notamment les ports, qui constituent des infrastructures stratégiques devant rester continuellement opérationnelles afin d'assurer le transit des marchandises.

Cependant, comme toute infrastructure, ces ouvrages sont soumis au vieillissement. Leur situation en milieu marin les expose, de plus, à un environnement particulièrement agressif. En effet, des phénomènes tels que la corrosion des structures, l'érosion des sols et l'ensablement des bassins, causés principalement par l'action des courants, peuvent influencer leur état de service.

Au fil du temps et sous l'effet de ces dégradations, certains ouvrages peuvent ne plus être en mesure d'assurer correctement leur fonction. Il devient alors nécessaire de procéder à des travaux de confortement afin de restaurer leur capacité fonctionnelle et prolonger leur durée de vie.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce projet de fin d'études, qui porte sur le confortement du quai n°2. L'objectif principal de ce travail est de proposer une solution de confortement adaptée aux dégradations relevées et aux besoins du quai, puis de dimensionner la solution retenue, tout en garantissant la stabilité de l'ouvrage pendant toutes les phases de réalisation.

Ce mémoire est structuré en sept chapitres consacrés à l'étude de confortement du quai n°2:

Le premier chapitre constitue une introduction générale au sujet, permettant au lecteur de connaître le contexte, les objectifs et la méthodologie de travail adoptée dans ce mémoire.

Le deuxième chapitre présente les notions générales relatives aux ouvrages maritimes, en mettant l'accent sur les quais sur pieux et en abordant les aspects essentiels de leur conception, afin de permettre au lecteur de bien appréhender le sujet.

Le troisième chapitre est consacré à la description de l'ouvrage existant, à son historique ainsi qu'aux conceptions antérieures dont il a fait l'objet.

Le quatrième chapitre expose l'expertise réalisée pour évaluer l'état actuel du quai n°2.

Le cinquième chapitre présente la solution de confortement proposée pour répondre aux nouveaux besoins.

Le sixième chapitre détaille le dimensionnement de la solution retenue, en débutant par la campagne géotechnique, suivie du calcul des différents éléments structuraux de l'ouvrage (pieux, écran de soutènement, structure du quai, dalle du terre-plein), en veillant à assurer la stabilité de l'ouvrage durant toutes les étapes de réalisation. Ce chapitre se termine par l'établissement du devis quantitatif et estimatif du projet.

Enfin, le septième chapitre présente la conclusion générale de ce travail, récapitulant les différentes étapes et résultats obtenus, ainsi que les perspectives de ce type de projet.

CHAPITRE II : GÉNÉRALITÉ

II. Généralité

II.1 Introduction

Cette partie a pour objectif d'expliquer les notions fondamentales traitées dans ce mémoire, notamment les quais sur pieux, afin de permettre au lecteur de bien appréhender le sujet.

II.2 Description d'un port

Les infrastructures portuaires jouent un rôle important et crucial dans le développement économique et la logistique des transports maritimes, notamment les ports commerciaux qui assurent l'accostage des navires, le chargement et le déchargement des marchandises ainsi que leur stockage et leur manutention.



Figure 1.Port.

Les ports se constituent de plusieurs ouvrages, on les sépare en deux grandes catégories :

II.2.1 Ouvrages extérieurs

Ce sont des ouvrages qui servent principalement à la protection du bassin contre la houle.

II.2.1.1 Jetée

Les jetées sont des structures rigides qui s'avancent dans la mer dans le but de :

- Organiser le mouvement des navires à l'entrée et la sortie.
- Protection contre la houle.
- Permettre un passage pour le véhicule de service du port ou des gens.



Figure 2.Jetée d'un port.

II.2.1.2 Digue

Les digues sont des ouvrages de protection construit en mer ou le long du littoral, destinés à protéger les ports, les côtes et les terrains contre les vagues, la houle et l'érosion. Ils peuvent être constitués d'enrochements, de blocs en béton ou de remblais, et servent à réduire l'énergie des vagues et à sécuriser les zones situées en arrière.



Figure 3. Digue de protection littorale.

II.2.2 Ouvrages intérieurs

Ce sont des ouvrages situés à l'intérieur du port, on distingue plusieurs ouvrages :

II.2.2.1 Appontement

Les appontements sont des ouvrages permettant l'amarrage des navires pour l'embarquement de passagers et parfois le chargement et le déchargement de marchandises. Egalement, ils ne sont pas directement lié au terrestre.



Figure 4. Appontement.

II.2.2.2 Duc d'albe

Les ducs d'albe sont des structures verticales isolées implantées en mer dans le but de Permettre l'amarrage ou l'accostage des navires.



Figure 5. Duc d'albe.

II.2.2.3 Quai

Les quais sont des ouvrages sous forme de plateformes faisant la continuité entre la terre et la mer leur fonction principale :

- Permettre l'accostage et l'amarrage des navires.
- Offrant une platform de chargement et de déchargement.

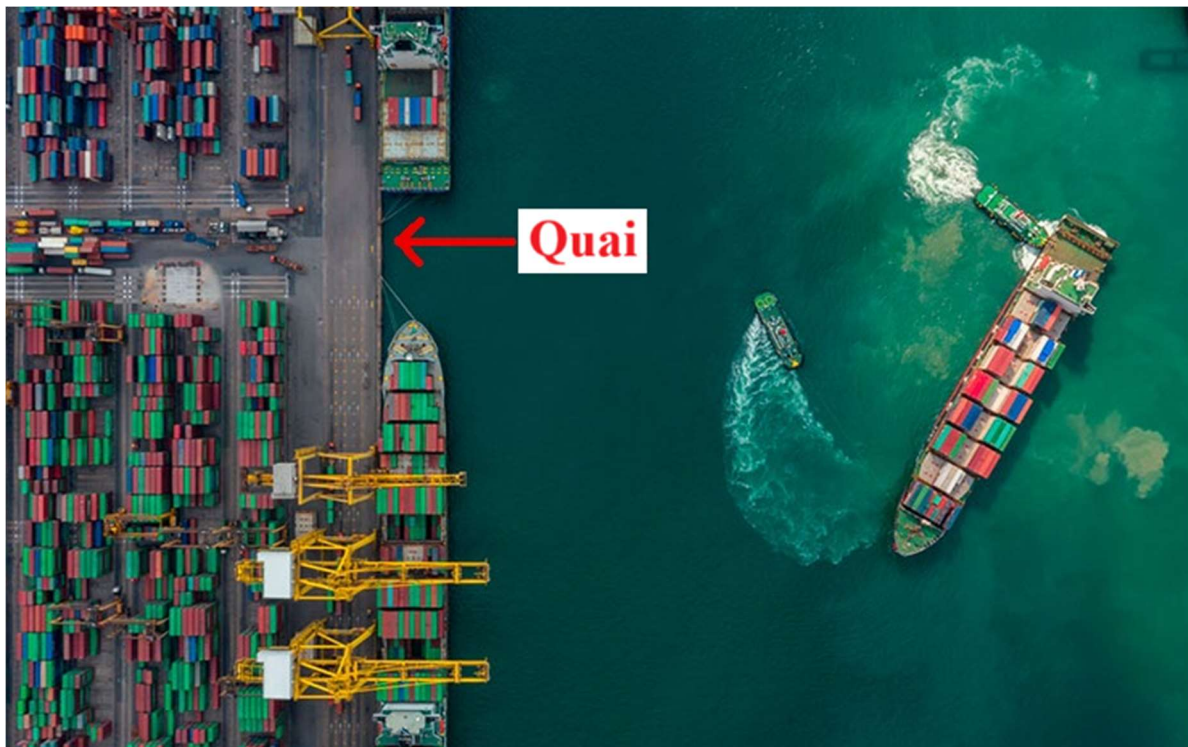


Figure 6. Vue en plan d'un quai.

Il existe de nombreux types de quais, parmi lesquels on distingue notamment le quai sur pieux.

Ce type de quai présente une platform constitué d'une dalle de couronnement posée sur un groupe de pieux qui font la transmission des charges vers le sol d'ancrage.



Figure 8.Exemple de réalisation d'une poutre de couronnement.

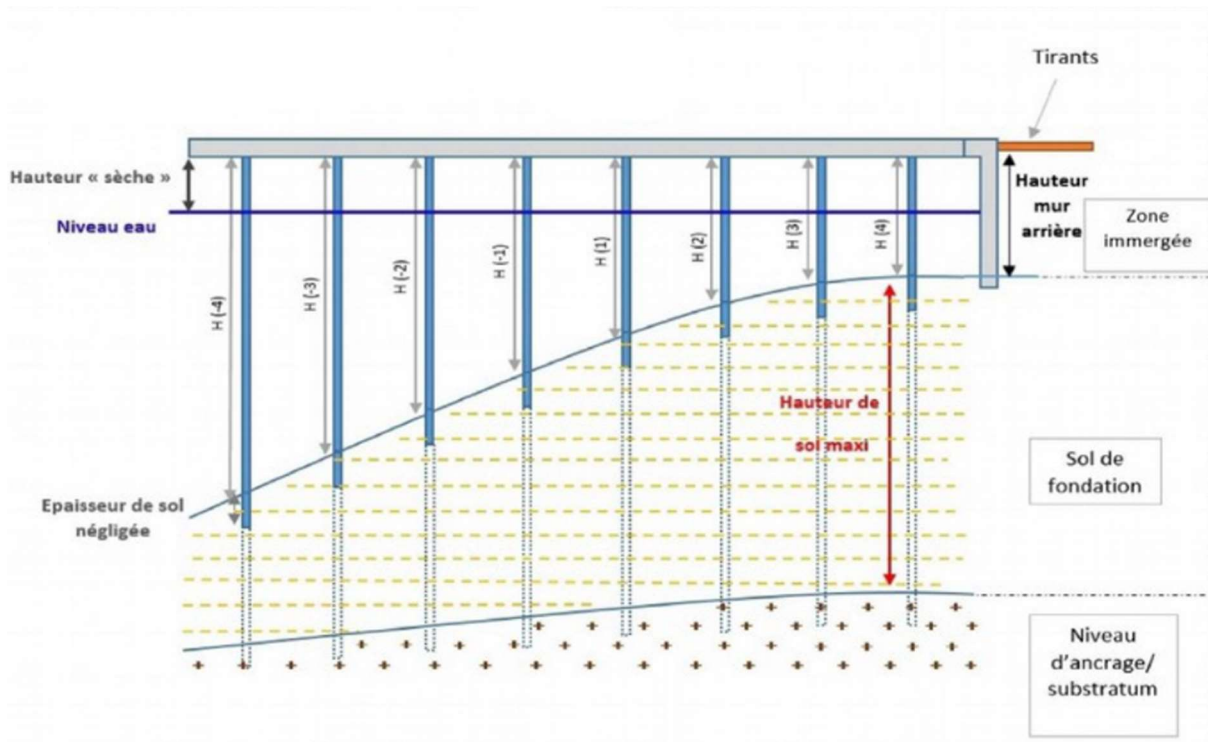


Figure 7.Coupe transversale d'un quai sur pieu.

En amont de cette dalle de couronnement, on trouve généralement une dalle de revêtement posée sur un remblai, offrant ainsi une surface de stockage et de circulation pour les engins et les camions.

Au-dessous des pieux, un talus est aménagé afin d'assurer la continuité entre le fond du bassin et le remblai situé au terre-plein. Généralement, des écrans de soutènement tels que des palplanches ou des pieux sont construits en tête de talus pour soutenir le remblai et éviter tout départ de matériaux ou affaissement. De plus, des enrochements sont disposés sur le talus pour prévenir son affouillement et sa dégradation.

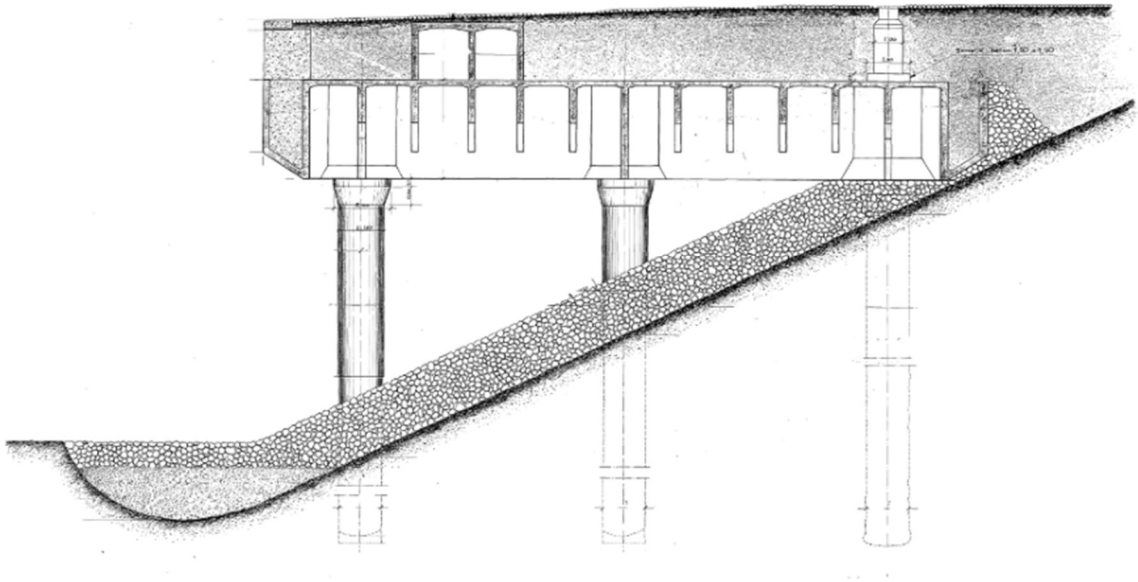


Figure 9. Talus d'un quai sur pieux.

Pour reprendre les efforts horizontaux d'amarrage, les navires sont retenus à l'aide de bollard qui est lié par des câbles précontraints à une dalle de frottement ou à un massif de butée situé au sein d'un remblai dans le terre-plein. Enfin, pour absorber les efforts d'accostage, des ouvrages de défense sont installés le long du quai afin d'éviter tout contact direct ou choc avec la structure.

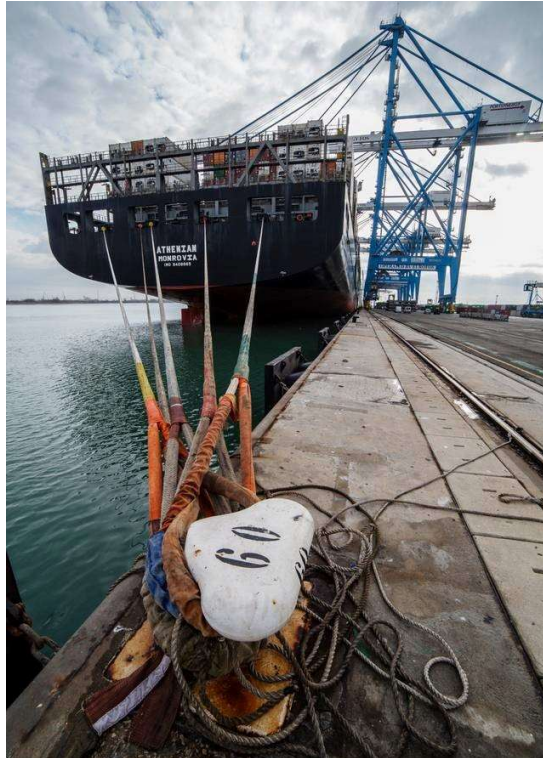


Figure 11. Bollard.



Figure 10. Equipements de défense.

Les marchandises sont charger et décharger à l'aide d'une grue sur rail ou chenille offrant une capacité importante pour faciliter la mission.



Figure 12.Grue portuaire.

II.3 Confortement des ouvrages

Les ouvrages présentant des désordres et des dégradations affectant leur niveau de service nécessitent une intervention afin de leur restituer fonctionnement.

Cette intervention commence par une expertise dont le but est d'examiner l'état de l'ouvrage. En fonction de cette dernière, nous concluons les travaux indispensables pour lui redonner son niveau de service initial. Parmi ces travaux, on trouve : la rénovation, l'entretien, la réhabilitation, l'aménagement, la restauration, la réparation et le confortement.

Le confortement a pour objectif de réparer et de stabiliser les ouvrages endommagés. Afin de leur restituer leur niveau de service initial. Selon la gravité des désordres constatés, des démolitions et la mise en œuvre de nouveaux éléments peuvent s'avérer nécessaires.

II.3.1 Principe de confortement des quais sur pieux

Le confortement des quais sur pieux consiste à exécuter une poutre de couronnement reposant sur une série de pieux implantés parallèlement à l'ancien quai dégradé. Sur cette poutre viennent s'appuyer des éléments préfabriqués en béton armé qui forment le nouveau parement.

La continuité entre l'ancien quai et la file de pieux est généralement réalisé par des dallettes avec le coulage de béton de masque.

Afin de réaliser la nouvelle poutre de couronnement il nécessaire de démolir l'ancienne.

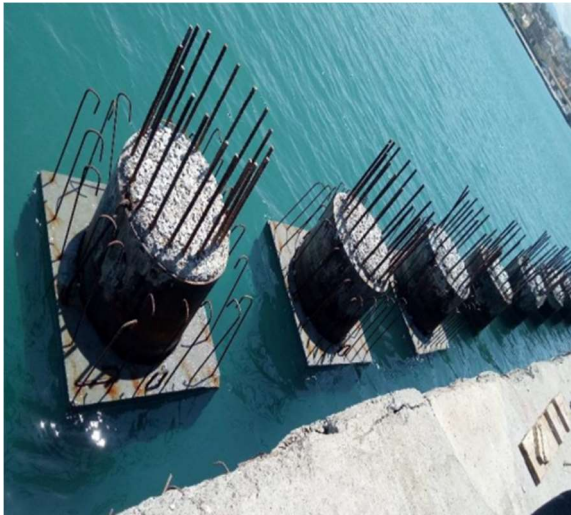


Figure 13. Pieux du nouveau quai.



Figure 14. Dallettes de continuité.

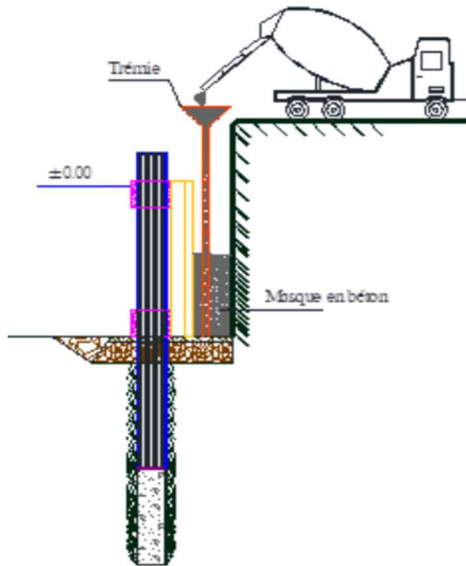


Figure 15. Coulage du béton de masque.



Figure 16. Démolition de la poutre de couronnement.

II.4 Conclusion

En conclusion, un quai sur pieux se compose de trois volets principaux :

- La plate-forme et les dispositifs annexes assurant la reprise des différents efforts auxquels elle est soumise.
- Les remblais du terre-plein et le raccordement de la souille au terre-plein par un talus.
- Les pieux eux-mêmes.

Ainsi, le confortement de ce type d'ouvrage consiste en la réalisation d'une poutre de couronnement reposant sur une série de pieux implantés parallèlement à l'ancien quai.

CHAPITRE III : PRÉSENTATION DU PROJET

III. Présentation du projet

III.1 Introduction

Ce chapitre vise à présenter les différentes données liées au projet et spécifiquement à l'ouvrage à conforter ainsi qu'à son contexte.

III.2 Description du port d'Annaba

Le port d'Annaba (port de la Bône avant) fait partie de 10 principaux ports commerciaux en Algérie. Il joue un rôle très important dans les transactions internationales grâce à sa localisation géographique. Il constitue également le premier port en matière d'exportation hors hydrocarbures et le cinquième pour le trafic de conteneurs en Algérie.

III.2.1 Situation géographique

Le Port d'Annaba est situé à une longitude Est de 07° 47' 03'' et latitude Nord de 36° 54' 11' à l'extrême est du pays. Il est distant d'Alger à l'ouest de 600 Km, de Tunis à l'est de 300 km et au sud de la zone pétrolifère de Hassi Messaoud de 800 Km. Son hinterland couvre une zone dense en matière d'activités économiques, tant industrielles que commerciales et compte plus de 9,5 millions d'habitants, répartis sur 17 wilayas.

III.3 Géologie de la région

La région du port d'Annaba et située sur la côte algérienne de la Méditerranée, à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest d'Annaba. Cette région correspond aux formations sédimentaires, les zones marécageuses correspondent à un bassin de remplissage alluvionnaire qui a débuté à la fin du tertiaire et se poursuit tout au long du quaternaire suite aux phénomènes de néotectonique de l'orographie actuelle.

III.4 Sismicité de la région

D'après le RPOA 2008, le territoire algérien est classé en zones sismiques comme représenté sur la figure ci-dessous. En conséquence, la ville d'Annaba est située en zone IV, dont la sismicité est considérée comme moyenne à élevée.

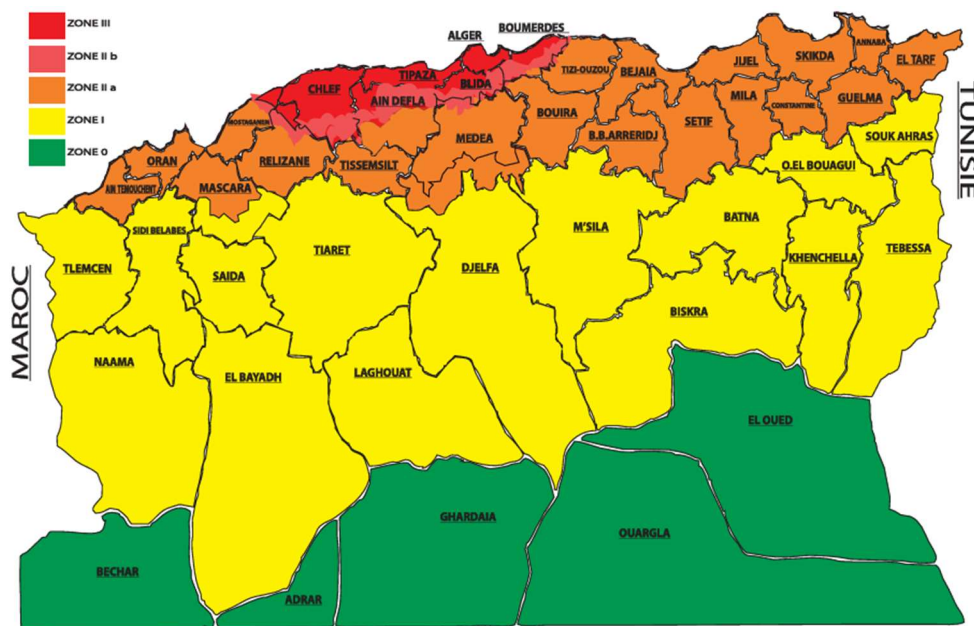


Figure 17. Zonage sismique de l'Algérie.

III.5 Description du port d'Annaba

Le Port d'Annaba s'étale sur une superficie totale de 130 hectares dont 24750 m² surface d'entrepôts couverts disposant de 3680 ml de quai, répartis entre 22 postes à quai commerciaux.

Le port d'Annaba est constitué de 03 bassins et un seul accès avec un avant-port de 45 Ha, 245 ml de largeur et 15 ml de profondeur, une grande darse de 40 Ha, 250 ml de largeur et 13,5 ml de profondeur et une petite darse de 09 Ha, 183 ml de largeur et 12,5 ml de profondeur.



Figure 18.port d'Annaba.

Les ouvrages d'accostage sont constitués de plusieurs quais, les voici :

Tableau 1.Les ouvrages d'accostage du port d'Annaba.

Dénomination des quais	N° des postes à quai	Bassin	Profondeur (m)	Longueur (ml)
Quai n°1	7 à 12	Grande darse	-11	890
Môle Cigogne	Poste remorqueurs	Petite darse	-6,5 à -7,5	304
Quai n°2	3 et 4	Petite darse	-11	348
Quai n°3	1 et 2	Petite darse	-10,5	239
Quai n°4	19 à 22	Petite darse	-09,5 à -10,5	585
Quai n°5	13 à 18	Grande darse	-12,5 à -14	1314

III.6 Description du quai n°2

Le quai n°2, construit en 1948, il fait partie de la petite darse et s'étale sur une longueur de 348 ml. Egalement, il a connu plusieurs conceptions au cours de son histoire.



Figure 19.Quai n°2.

III.6.1 Historique du quai n°2

III.6.1.1 Conception du quai de 1875

Le mur de ce quai à l'époque est de longueur de 376 m, composé de pile carrée et de voute en maçonnerie construit avec des moellons ordinaires. L'entraxe entre ces piles de 13 m, leur section est de 3 m × 3 m, la portée libre de voute est de 10 m, son épaisseur reste constante de l'appui vers la clé 0.7 m.

La profondeur de ces piles varie entre 10 et 17 mètre, fondées sur un sable un peu vaseux. Cette couche de sable est intercalée avec le substratum rocheux gneiss.

Lors de la construction du mur de quai, une risberme a été réalisée devant le mur a la cote -3 m, raccordé au fond de la darse par un talus de 45° jusqu' la cote -7.5 m. Le vide sous la vouté a été bouché avec la pierre.

Les coupes du profil type et de la vue en élévation sont représentées comme suit :

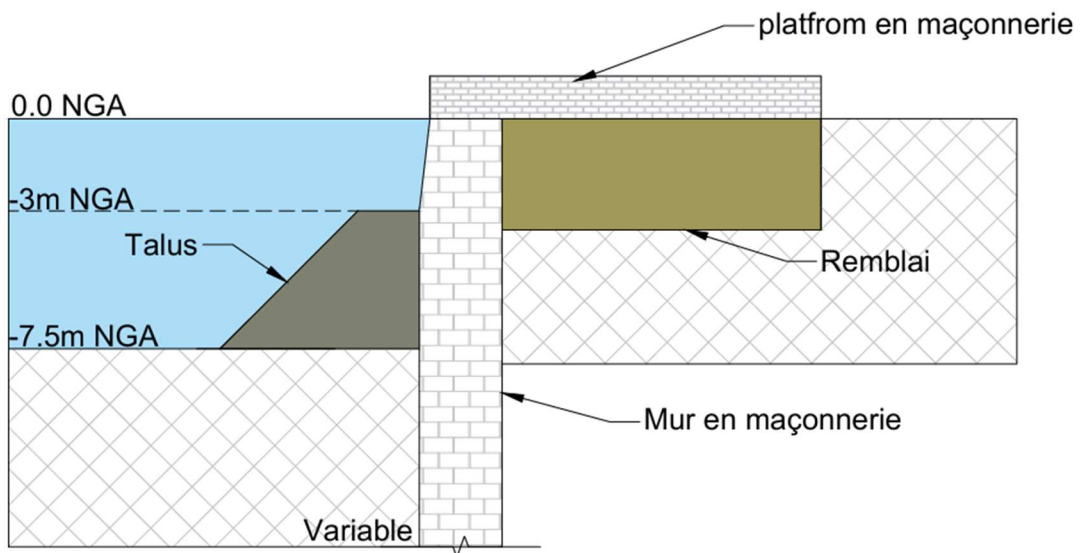


Figure 20. Profil type de la conception de 1875.

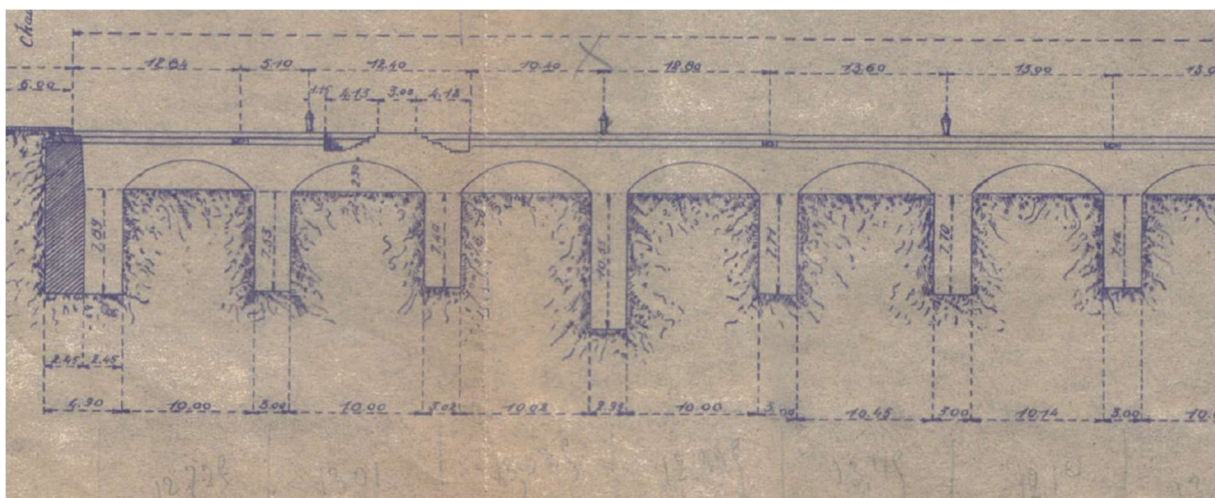


Figure 21. Vue en élévation d'après l'archive.

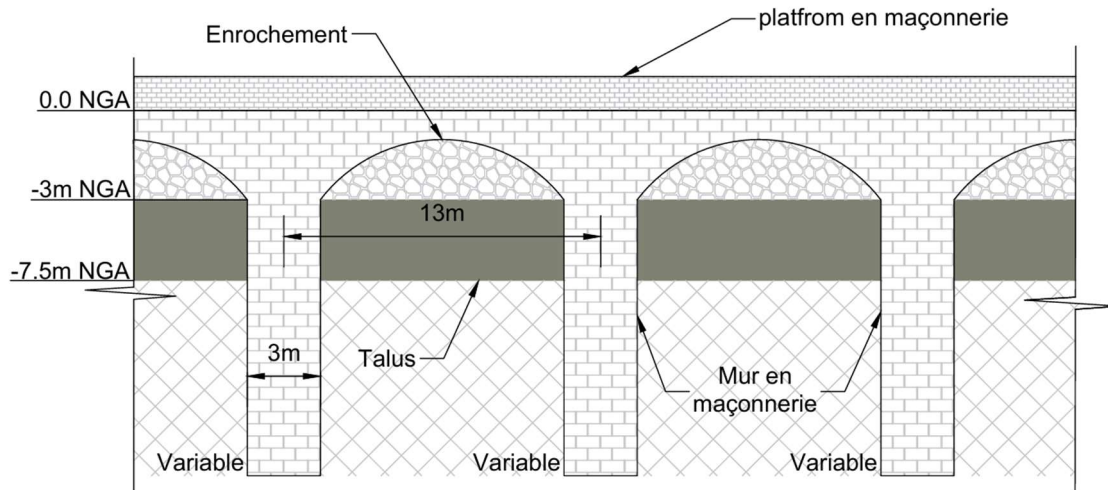


Figure 23. Vue en élévation.

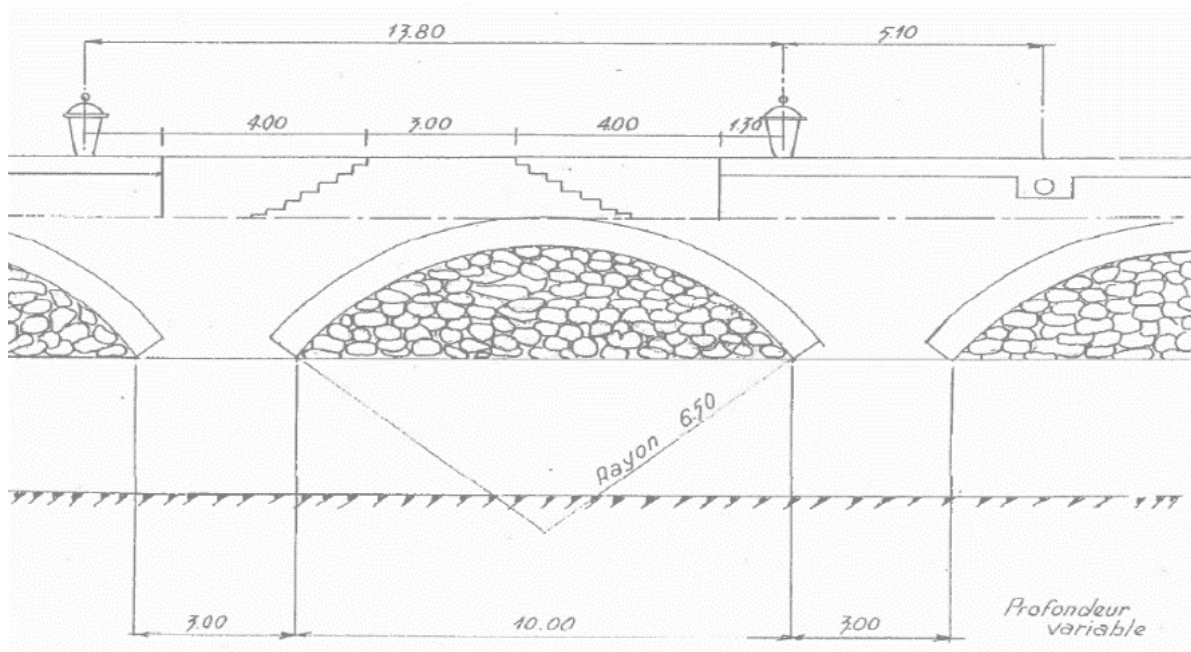


Figure 22. Détail de la géométrie de vue en élévation.

III.6.1.2 Dégradations affectant l'ouvrage

Le talus a subi des dégradations dues aux remous des navires et à la succion provoquée par le déhalage des paquebots. De plus, lors du débarquement de 1942, les terre-pleins avaient été chargés sans précaution, en plus des bombardements ennemis avaient frappé à proximité du mur du quai. Le mur sous voûte a subi un éboulement, ainsi que de grandes failles dans le remblai du terre-plein ont été provoquées.

En conséquence, la structure du mur de quai s'est retrouvée dans un état d'équilibre limite. Le talus s'était suffisamment adouci sur toute la hauteur du mur, et tout dragage au pied de celui-ci aurait été susceptible de provoquer sa rupture.

III.6.1.3 1er confortement

Pour remédier à ces inconvénients, il avait été décidé d'élargir la zone libre de manipulation par la réalisation d'un nouvel ouvrage. Egalement, puisque le mur en maçonnerie a été resté en excellent état, il a été conservé.

III.6.1.4 Conception du nouvel ouvrage (Ouvrage actuel)

Cet ouvrage présente un platelage de largeur de 8,75 m composée d'une dalle en béton armé, prenant appui sur le mur en maçonnerie et une poutre de couronnement. Cette poutre de couronnement est posée sur une file de pieux, Espacés de 5 m, situés à 2 m du parement futur du quai et prenant appui sur le gneiss.

Ce platelage est constitué de plots de 25 m. Chaque plot est équipé par un bollard relié par des tirants transmettant les efforts horizontaux dus à l'amarrage des navires à une dalle de frottement, situé au sein du remblai du terre-plein.

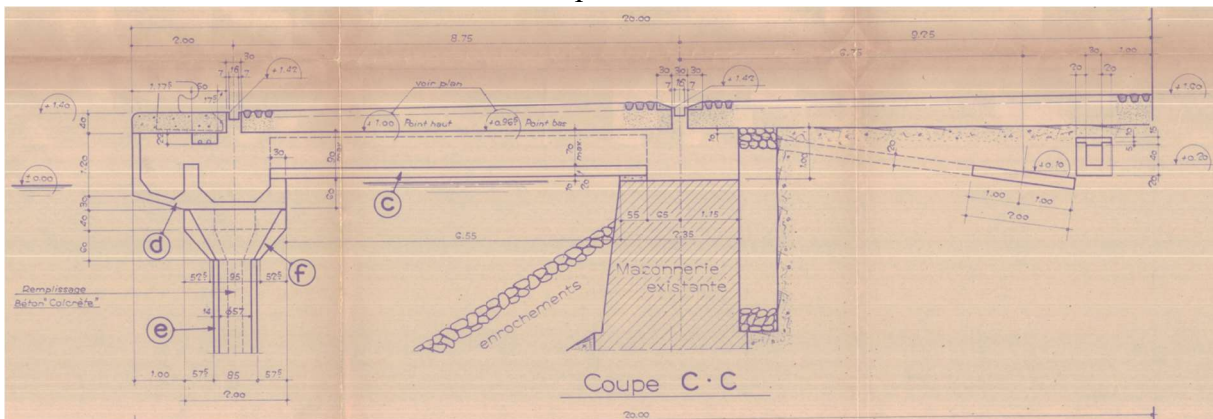


Figure 24. Conception du 1er confortement.

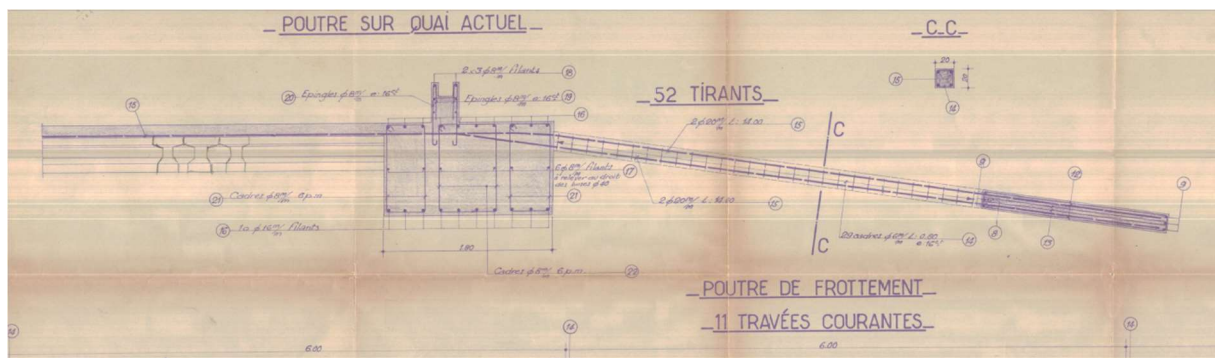


Figure 25. Détail de la dalle de frottement.

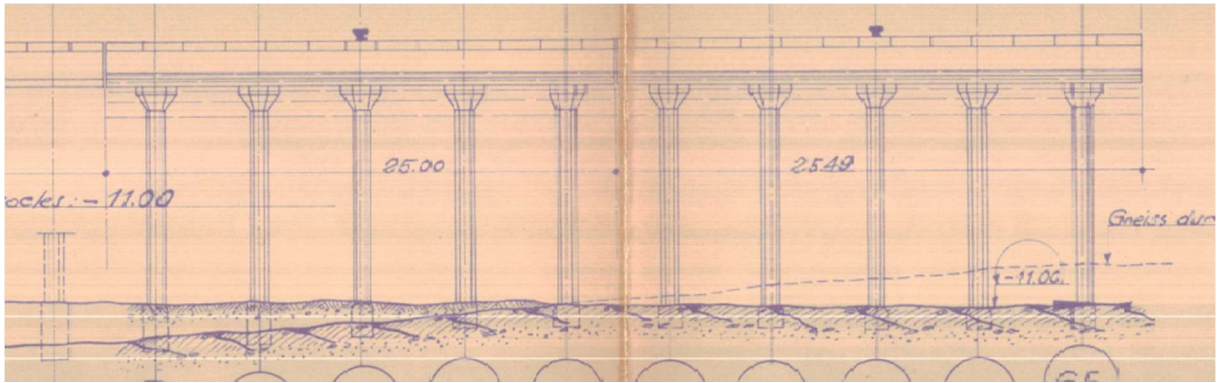


Figure 26. Vue en élévation.

Un talus est présent en faisant la continuité entre le remblai situé derrière le mur en maçonnerie est la cote -6 m. Egalement il est soutenu par un rideau de palplanche à son pied. Sur 238 m, il est constitué de béton armé, tandis que sur le reste, le relèvement de la roche ne permettait pas leur enfoncement, nécessitant ainsi l'utilisation de palplanches métalliques.

Un enrochement est installé dans le talus et a pour objet de protéger le talus contre les affouillements.

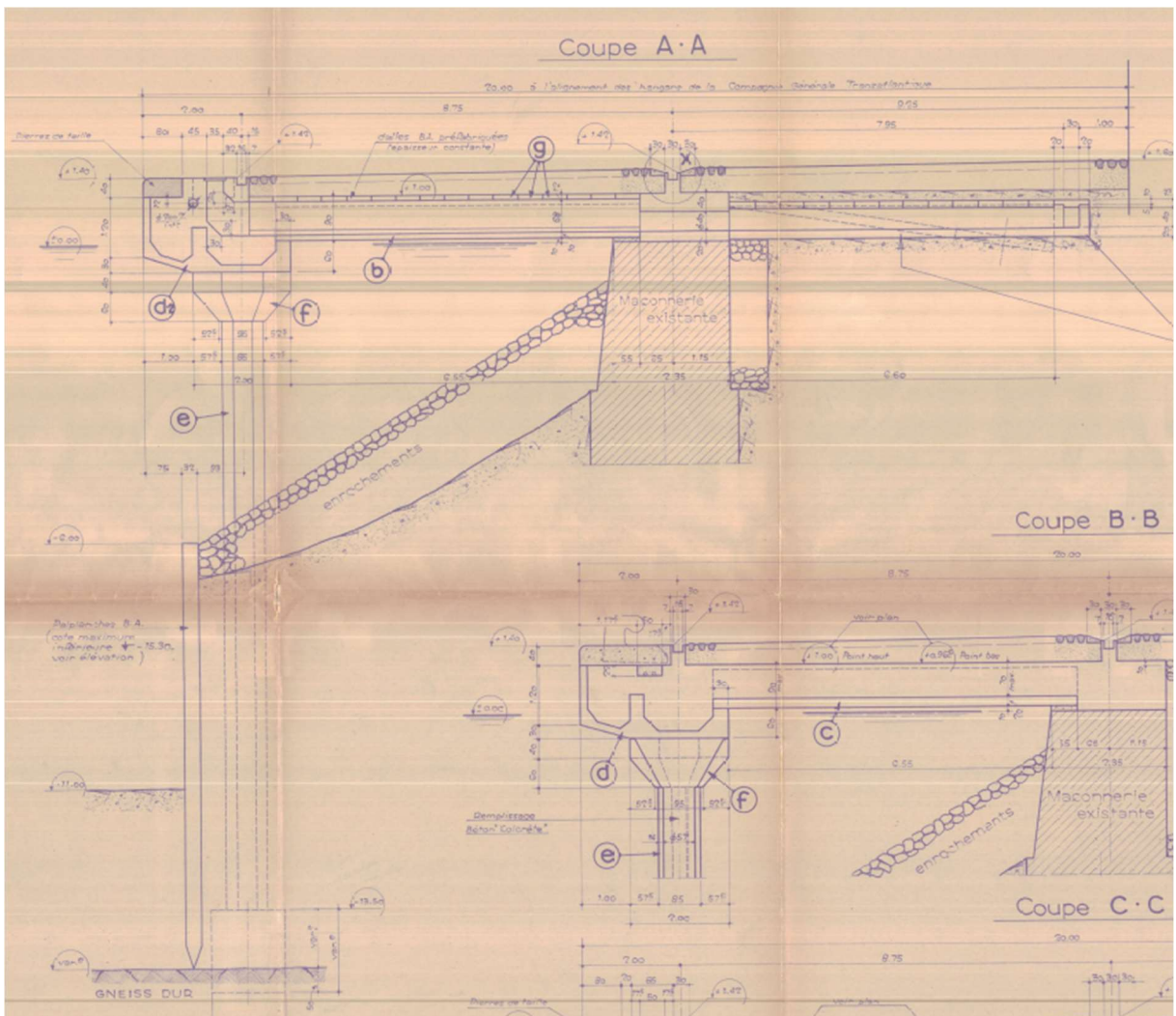
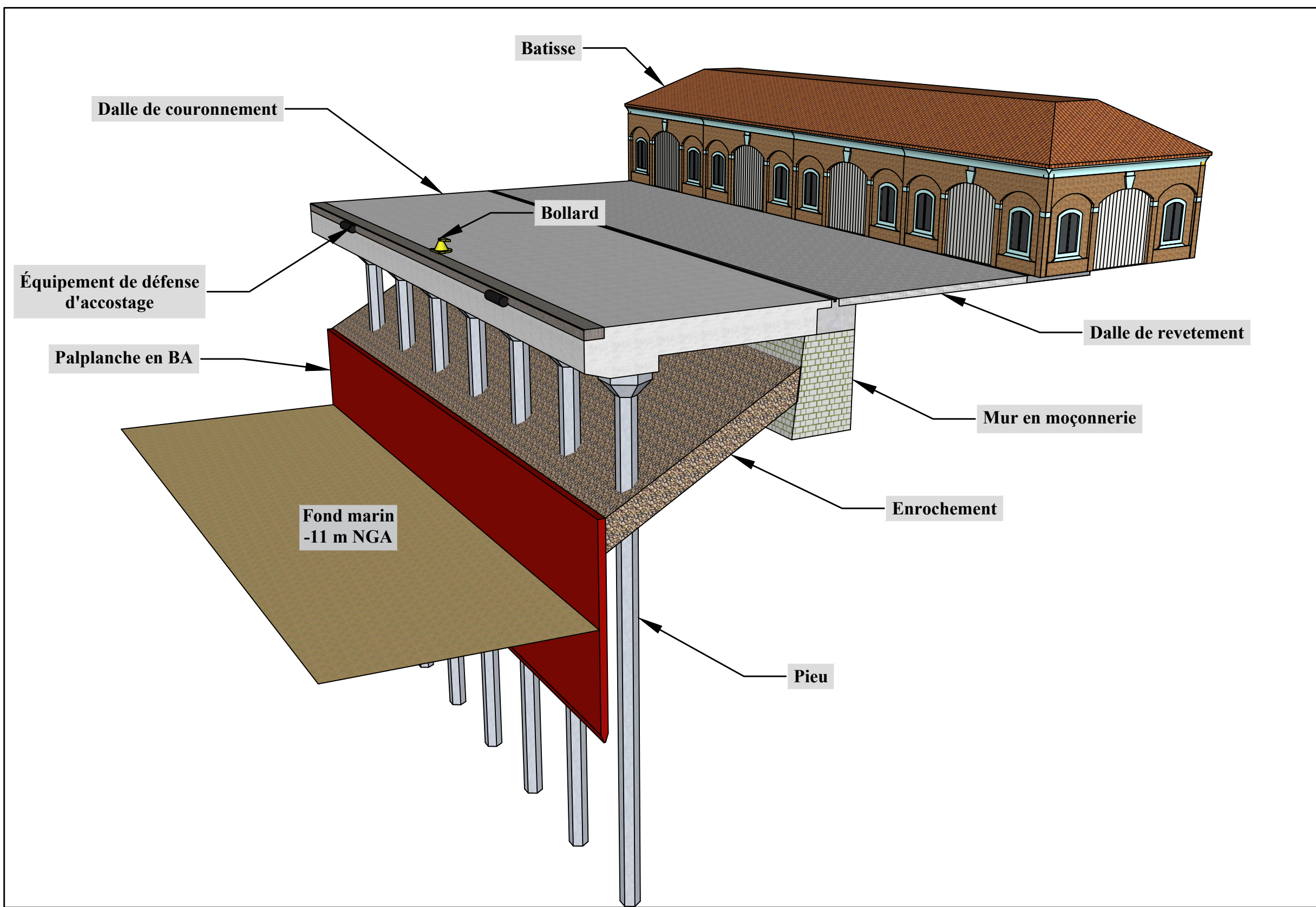


Figure 27. Profil type de la conception du confortement.

Un plan est présenté à la fin de ce chapitre, représentant un modèle 3D de l'ouvrage actuel.

III.7 Conclusion

En conclusion, le quai n°2, situé au niveau de la petite darse, a connu deux conceptions depuis 1875. La première était constituée d'un mur et d'une plate-forme en maçonnerie, reposant sur un remblai. La seconde conception correspond à un rempiètement, qui consiste en un élargissement de la zone de libre manipulation, réalisé par la mise en œuvre d'une dalle de couronnement posée sur des pieux et sur un mur en maçonnerie existant, accompagnée d'un talus situé sous la dalle de couronnement, assurant la continuité entre le remblai du terre-plein et le fond du bassin. Ce rempiètement avait pour objectif de remédier aux dégradations engendrées par les remous des navires, ainsi qu'aux dommages causés par les bombardements survenus à proximité de ce quai lors de la Seconde Guerre mondiale.



Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba-16051. Alger
 Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
 Fax : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES
 CONFORTEMENT DU QUAI N°2
 (QUAI WARNIER-POSTE À QUAI N°3
 ET N°4) AU PORT D'ANNABA

Réalisé par
 BOUGHENA
 Sabri

Encadré par
 Mr. HAMADI Kamel
 Mr. SELLAM Mohamed

Modèle 3D du quai actuel
 Echelle : 1/100

Année universitaire
 2024 / 2025

CHAPITRE IV : DIAGNOSTIC ET EXPERTISE DE L'OUVRAGE EXISTANT

IV. Diagnostic et expertise de l'ouvrage existant

IV.1 Introduction

L'objectif principal de ce chapitre est d'évaluer l'état actuel du quai n°2, afin de déterminer dans quelle mesure l'ouvrage existant remplit ses fonctions structurelles et de service. Cette analyse permettra d'identifier les éventuelles dégradations et de proposer les travaux nécessaires pour y remédier, tout en améliorant son niveau de service.

IV.2 Identification des désordres

Cette partie vise à identifier les pathologies de l'ouvrage détectées lors d'une inspection visuelle.

IV.2.1 Pathologies terrestres

IV.2.1.1 Disjointoiement dans le revêtement du terre-plein

Cette dégradation est due au vieillissement de l'ouvrage ainsi qu'aux sollicitations répétées auxquelles il est soumis. Elle est également amplifiée par l'augmentation du trafic lourd, pour lequel l'ouvrage n'a pas été dimensionné.

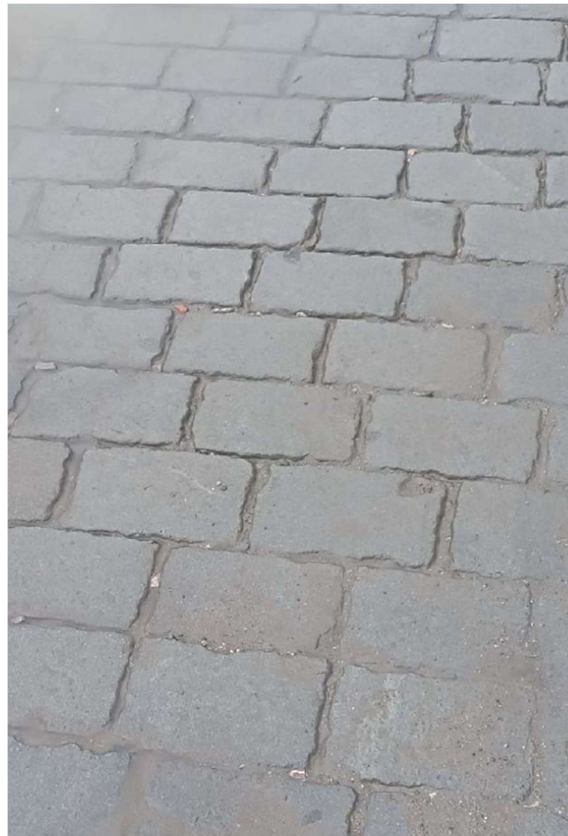


Figure 28. Disjointoiement des pierres du pavé.

IV.2.1.1.2 Affaissement dans le terre-plein

Le terre-plein a subi un affaissement important, ce qui affecte le niveau de service du quai. Cette dégradation résulte de l'érosion interne de remblai constituant le terre-plein, exposé à un phénomène d'affouillement.



Figure 29.État du terre-plein.

IV.2.1.1.3 Stagnation des eaux pluviales

L'affaissement important du terre-plein a entraîné la stagnation des eaux pluviales, malgré la pente initialement prévue pour assurer leur ruissellement. Cet affaissement a perturbé le bon écoulement et provoqué des zones d'eau stagnante. Cette situation a un impact significatif sur le niveau de service du quai, car elle constitue une contrainte dans la zone de manutention.



Figure 30.Zone d'eau stagnante.

IV.2.1.1.4 Endommagement des défenses d'accostage

Les défenses d'accostage sont des équipements indispensables, permettant d'éviter tout contact direct entre les navires et la structure du franc d'accostage. Les défenses actuellement en place présentent un état de dégradation avancé, principalement dû à leur vieillissement.



Figure 31.État des défenses d'accostage.



Figure 32.État des défenses d'accostage.

IV.2.1.1.5 Dégradation de la dalle en béton armé

La dalle en béton armé présente une dégradation avancée, caractérisée par le décollement et la perte de l'enrobage en béton des armatures de la nappe inférieure sous l'effet d'un environnement agressif, exposant ainsi les aciers aux agents corrosifs.



Figure 33.Coupe sur la dalle montrant la perte de l'enrobage et la disparition des armatures.

IV.2.2 Pathologies subaquatique

Une équipe de plongeurs spécialisés a procédé à une inspection visuelle de l'ensemble des structures immergées de l'ouvrage. Cette inspection a permis de recueillir des données précieuses sur l'état de l'ouvrage.

En résumé, les pathologies constatées sous-marin sont les suivantes :

IV.2.2.1.1 Éboulement du remblai du terre-plein

Due à la dégradation de talus provoquer par l'affouillement, le remblai du terre-plein a subi un éboulement partiel, avec un départ des matériaux et des tassements différentiels.

IV.2.2.1.2 Écartement et inclinaison des palplanches

Les palplanches présentent des signes de déformation importants, caractérisés par des écartements pouvant atteindre 30 cm, des inclinaisons de 5 cm et des désorientations par rapport à leur position initiale.



Figure 34.Écartement entre les palplanches.

IV.2.2.1.3 Corrosion des pieux

Les pieux sont totalement enrobés de biofilms marins, entraînant l'érosion des chemises métalliques extérieures



Figure 35.Pieu en béton armé enrobé par les biofilms marin.

IV.2.2.1.4 Fissure et altérations du béton de la dalle et des poutrelles

Des dégradations structurelles sont observées au niveau de la dalle et des poutrelles, dues à la corrosion des armatures provoquée par le milieu agressif. Ce phénomène entraîne le gonflement du volume des aciers, ce qui génère des fissures et, dans certains cas, l'éclatement du béton de l'enrobage.



Figure 36. Dégradation du béton.

IV.3 Conclusion

L'évaluation de l'état du quai a révélé une situation critique. Les nombreuses pathologies observées, notamment l'éclatement du béton ainsi que l'écartement et l'inclinaison des palplanches, témoignent d'une dégradation avancée de la structure, compromettant gravement la sécurité du quai n°2. De plus, l'ouvrage a dépassé sa durée de vie de 75 ans.

Par conséquent, des travaux de confortement urgents s'avèrent impératifs afin de prévenir tout incident. Dans le cadre de ce confortement, la seule solution consiste à démolir l'ouvrage existant et à concevoir un nouvel ouvrage répondant aux besoins et aux critères fixés par le maître d'ouvrage. Les critères de conception ainsi que la solution de confortement sont détaillés dans le chapitre suivant.

CHAPITRE V : PROPOSITION DE SOLUTION DU CONFORTEMENT

V. Proposition de solution du confortement

V.1 Introduction

Suite à la démolition de l'ouvrage existant, qui présente des dégradations structurelles au niveau de la dalle ainsi que diverses pathologies affectant les palplanches. Il est nécessaire de concevoir un ouvrage inscrit dans l'objectif de confortement, répondant aux besoins actuels du port, tout en respectant les critères établis.

Parmi ces critères, on peut citer :

- Conserver un tirant d'eau de 11 m.
- Maintenir la cote actuelle de la superstructure (+1,4m NGA) pour l'accessibilité.
- Maintenir la ligne magistrale de l'ouvrage actuel pour conserver la surface du bassin.
- Maintenir le talus amortisseur au-dessous de la dalle de couronnement.

V.2 Description de la conception

L'ouvrage du confortement présente deux lignes de pieux de diamètre 1,20 m, espacées de 6 m, sur lesquelles prend appui une dalle de couronnement assurant la continuité avec le terre-plein.

Les pieux situés en amont sont espacés de 2,5 m, afin d'assurer à la fois une fonction de soutènement et de fondation, dans le but d'éviter le départ de matériaux et les tassements du remblai du terre-plein. Ces pieux sont équipés de profilés métalliques IPE 220, soudés sur la chemise extérieure des pieux, sur lesquels des éléments de blindage préfabriqués en béton armé prennent appui, permettant ainsi la réalisation d'une paroi composite jusqu'à la profondeur de -6 m NGA.

Les pieux situés en aval sont espacés de 5 m, afin d'éviter tout chevauchement avec les pieux de l'ancien ouvrage.

Au-dessous de la dalle de couronnement, un talus est aménagé en enrochement en tête. Il est également soutenu par un rideau de palplanches en pied. Les palplanches sont de section AZ 25-800, ont pour rôle principal de soutenir le talus et d'en garantir sa stabilité.

Un bollard est installé tous les 30 m, ainsi que des défenses tronconiques disposées tous les 15 m.

Les efforts horizontaux dus à l'accostage peuvent être repris selon deux conceptions :

- Par la réaction horizontale des pieux, assurée grâce à un encastrement en tête avec la dalle de couronnement.
- Ou par l'intermédiaire d'une dalle de frottement ou d'un massif de butée disposé au sein du remblai du terre-plein.

Voici les coupes représentant les profils types des variantes :

Variante 1 : sans dalle de frottement, avec l'encastrement des deux files de pieux.

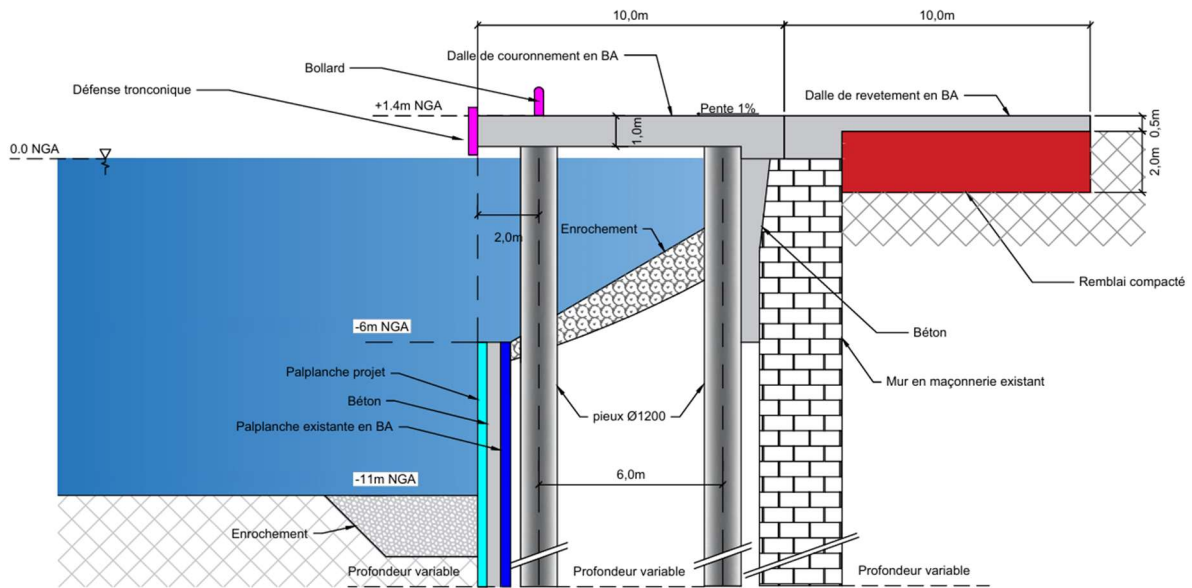


Figure 37.Variante 01.

Variante 2 : comprenant une dalle de frottement et la libération de l'encastrement sur la deuxième file de pieux.

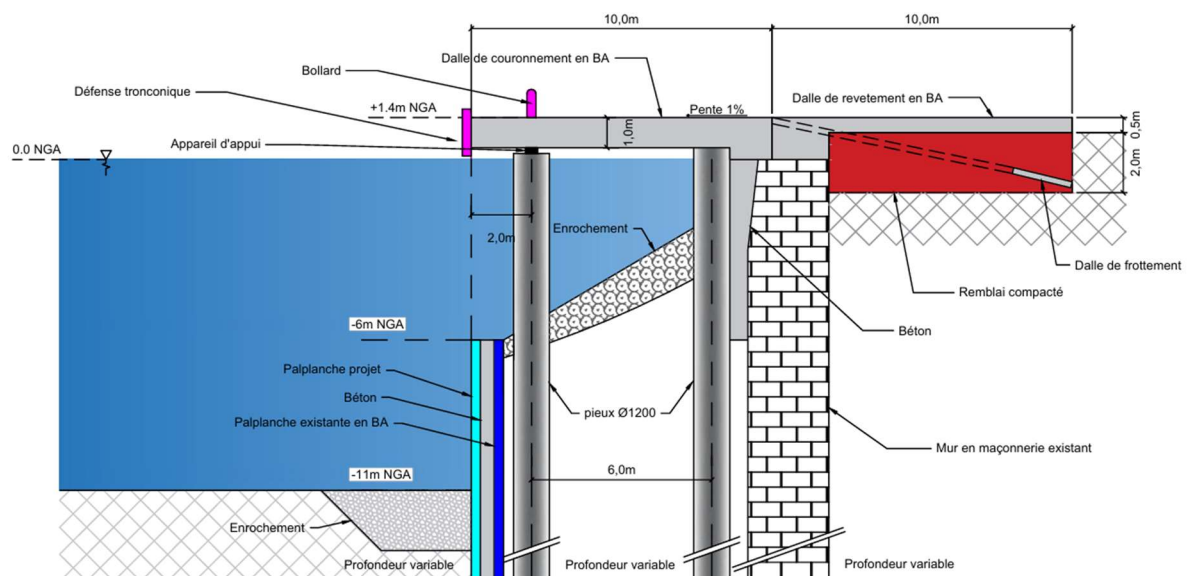


Figure 38.Variante 02.

Pour des raisons d'entretien nous évitons de réaliser des appuis au sein d'une structure portuaire, par conséquent, le choix s'oriente vers la première variante, sans dalle de frottement.

Voici la vue en plan :

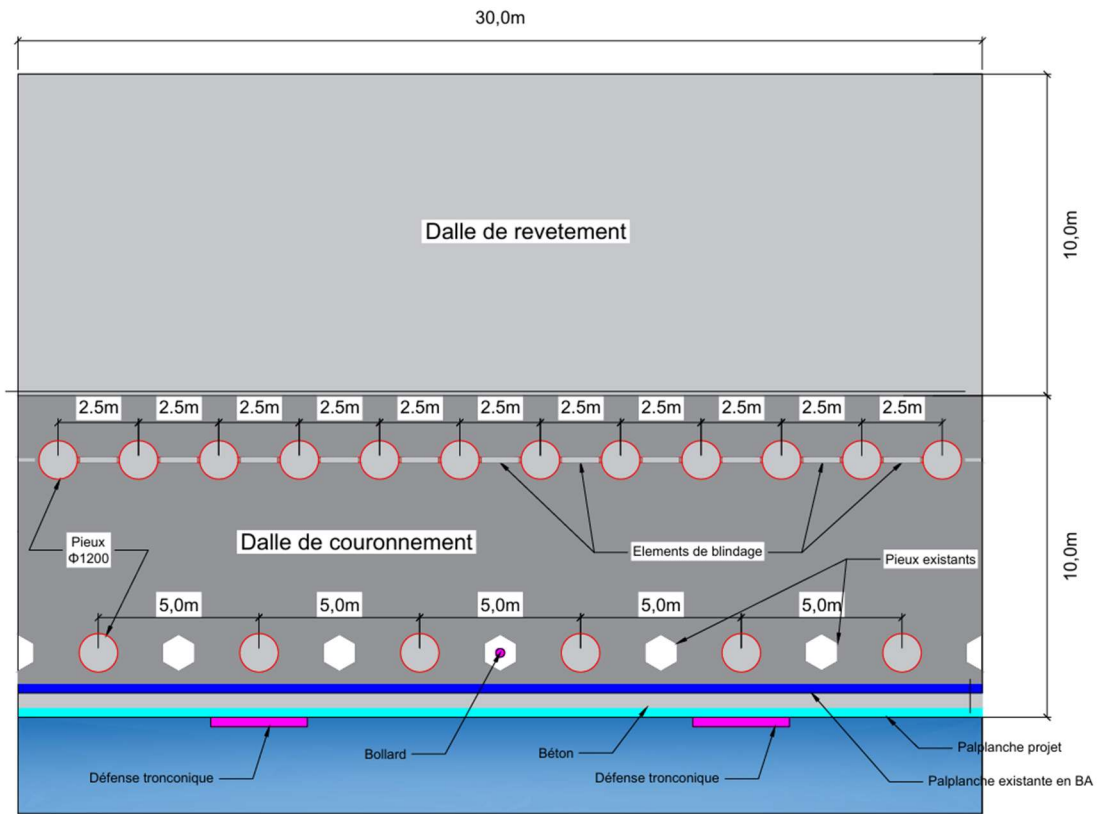


Figure 39. Vue en plan.

Voici la vue en élévation :

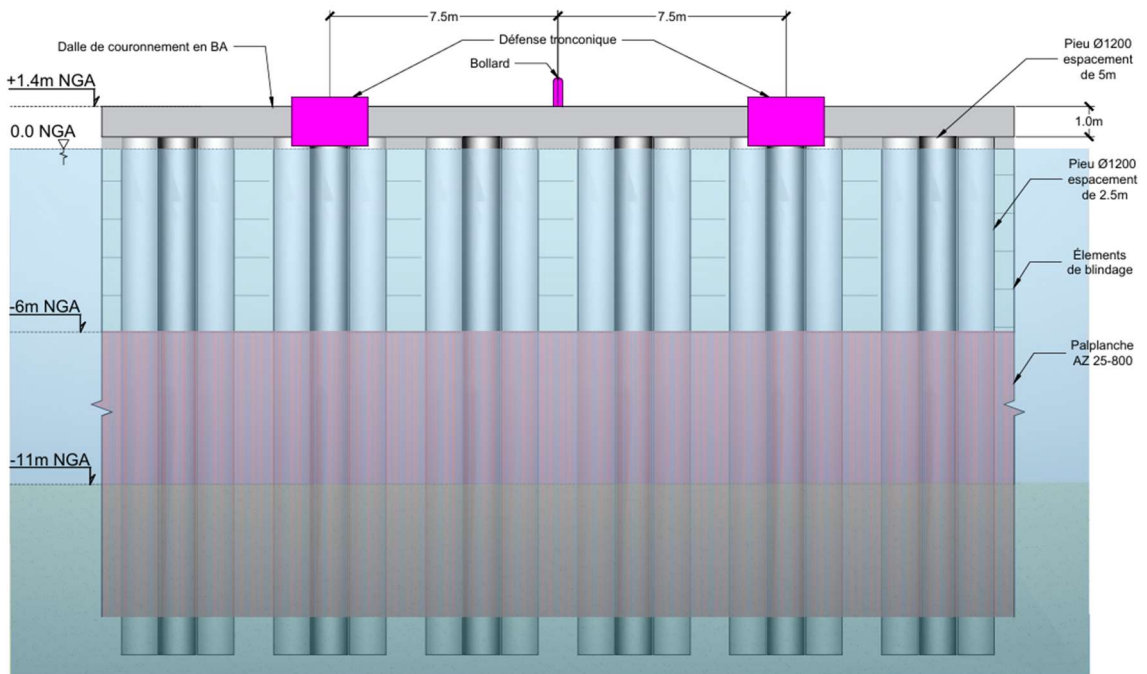


Figure 40. Vue en élévation.

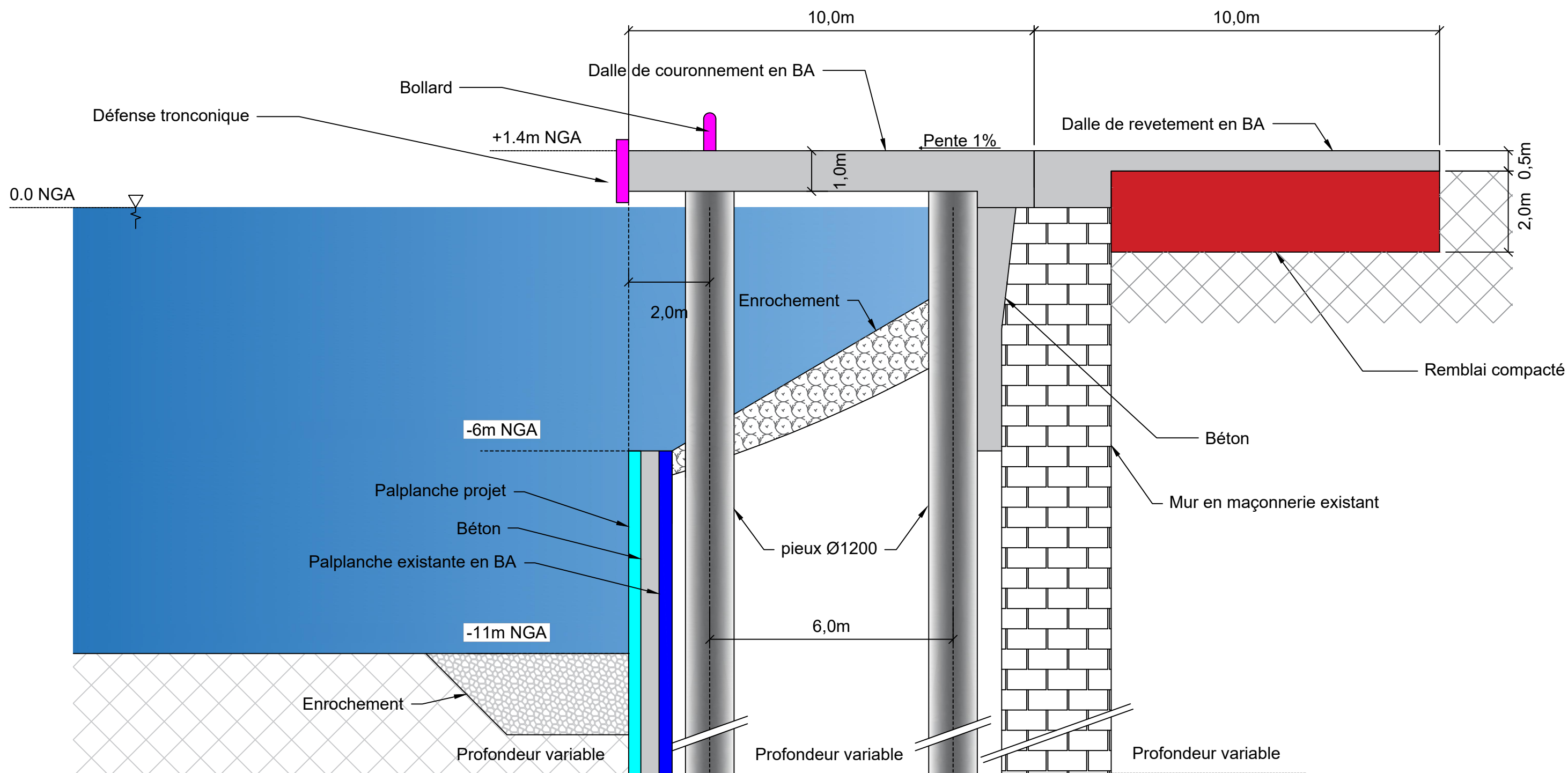
V.3 Phasage des travaux

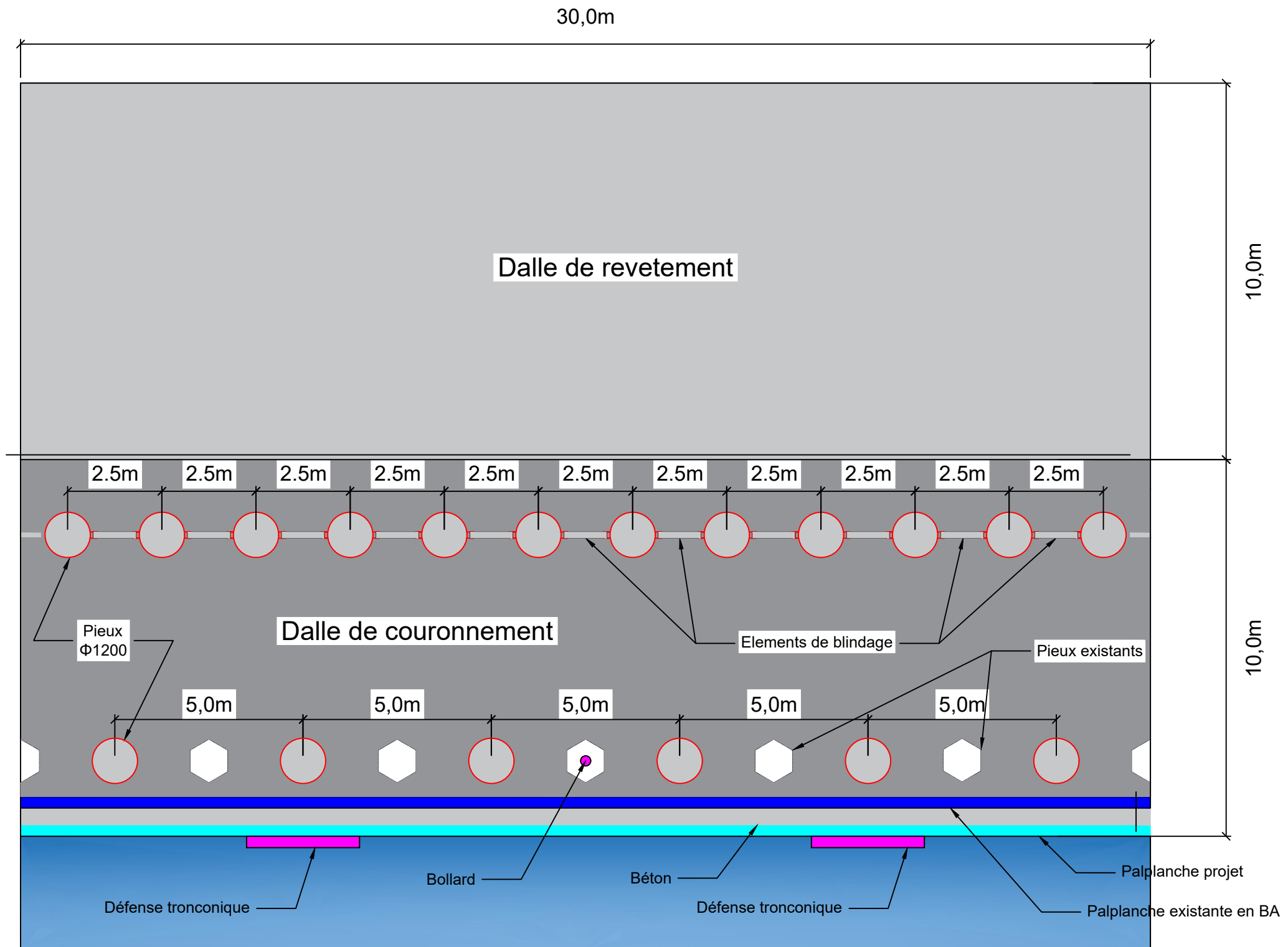
L'ordre des travaux a été soigneusement défini afin d'assurer la stabilité de l'ouvrage durant toutes les phases de réalisation. Chaque phase a été conçue pour s'enchaîner de manière logique. L'objectif est d'avoir un phasage simple tout en minimisant les difficultés de réalisation et les instabilités.

1. Démolition de la dalle existante.
2. Mise en place des palplanches au pied du talus par battage.
3. Mise en œuvre de béton de remplissage entre les anciennes et les nouvelles palplanches afin de solidariser l'ensemble de la structure.
4. Dragage du fond de bassin jusqu'à -11 m NGA.
5. Battage des chemises de la première et de la deuxième ligne de pieux.
6. Forage à l'intérieur des chemises et mise en place des cages d'armatures et coulage des pieux.
7. Terrassement en tête de talus jusqu'à -6 m NGA.
8. Mise en place des éléments de blindage de la paroi composite.
9. Mise en œuvre de béton de remplissage entre la première ligne de pieux et le mur en maçonnerie.
10. Mise en œuvre du remblai en tête de talus et des enrochements.
11. Mise en place des éléments préfabriqués de la dalle de couronnement.
12. Coulage de la dalle de couronnement et mise en place des bollards et des défenses tronconiques.
13. Démolition de la dalle de revêtement existante.
14. Excavation du remblai du terre-plein.
15. Remblaiement et compactage de la surface du terre-plein, formant le sol support pour le revêtement.
16. Revêtement du terre-plein en béton armé.

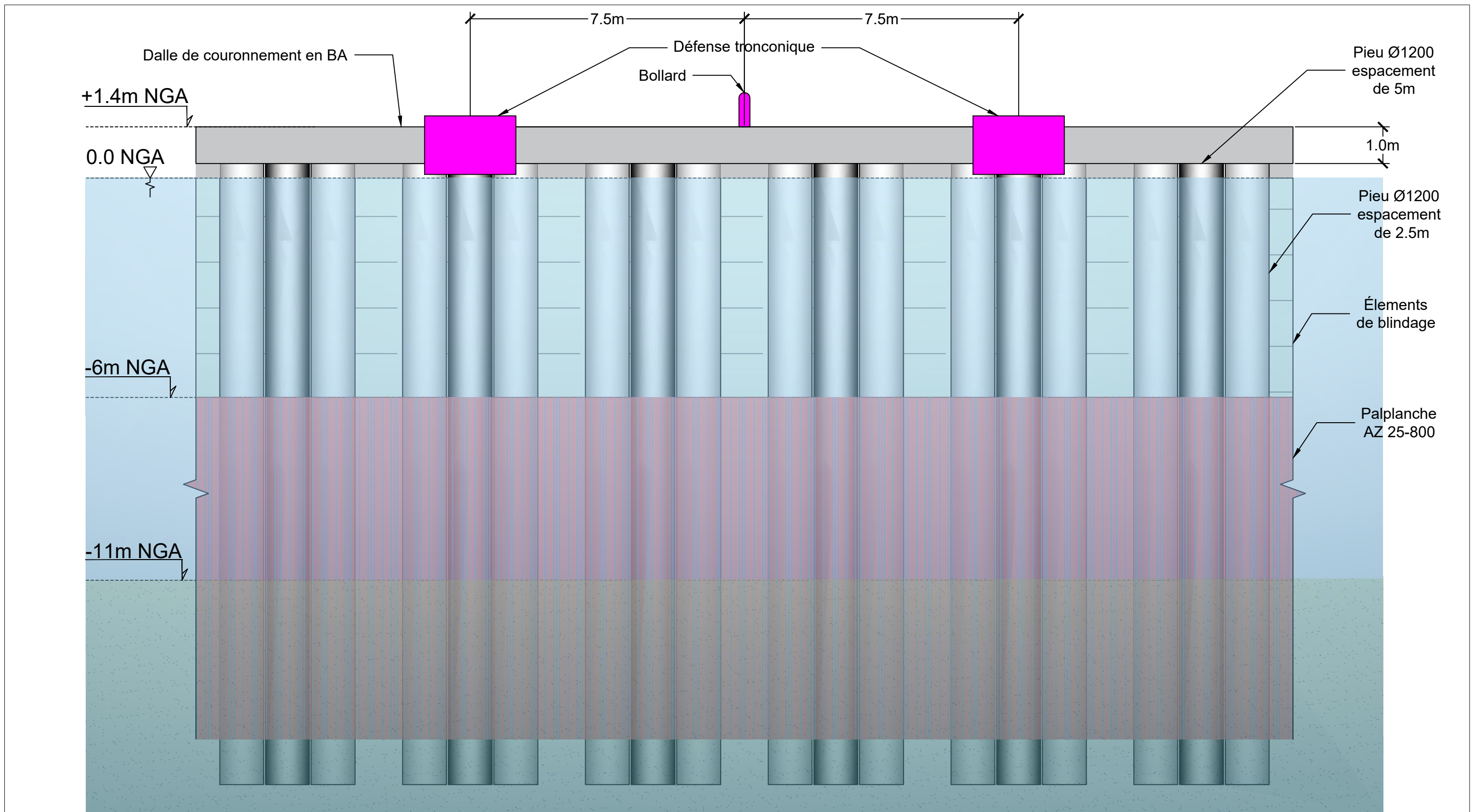
V.4 Conclusion

En conclusion, la solution de confortement a pour objet de redonner l'état de service de ce quai ainsi que de prévenir les dégradations constatées sur l'ancien ouvrage. L'ouvrage de confortement est principalement constitué d'une dalle de couronnement reposant sur deux lignes de pieux. Au-dessous de cette dalle de couronnement, un talus est aménagé, assurant la continuité entre le remblai du terre-plein et le fond du bassin. Ce talus est également soutenu en pied par un rideau de palplanches. Le dimensionnement et les vérifications concernant ces éléments sont développés en détail dans le chapitre suivant.



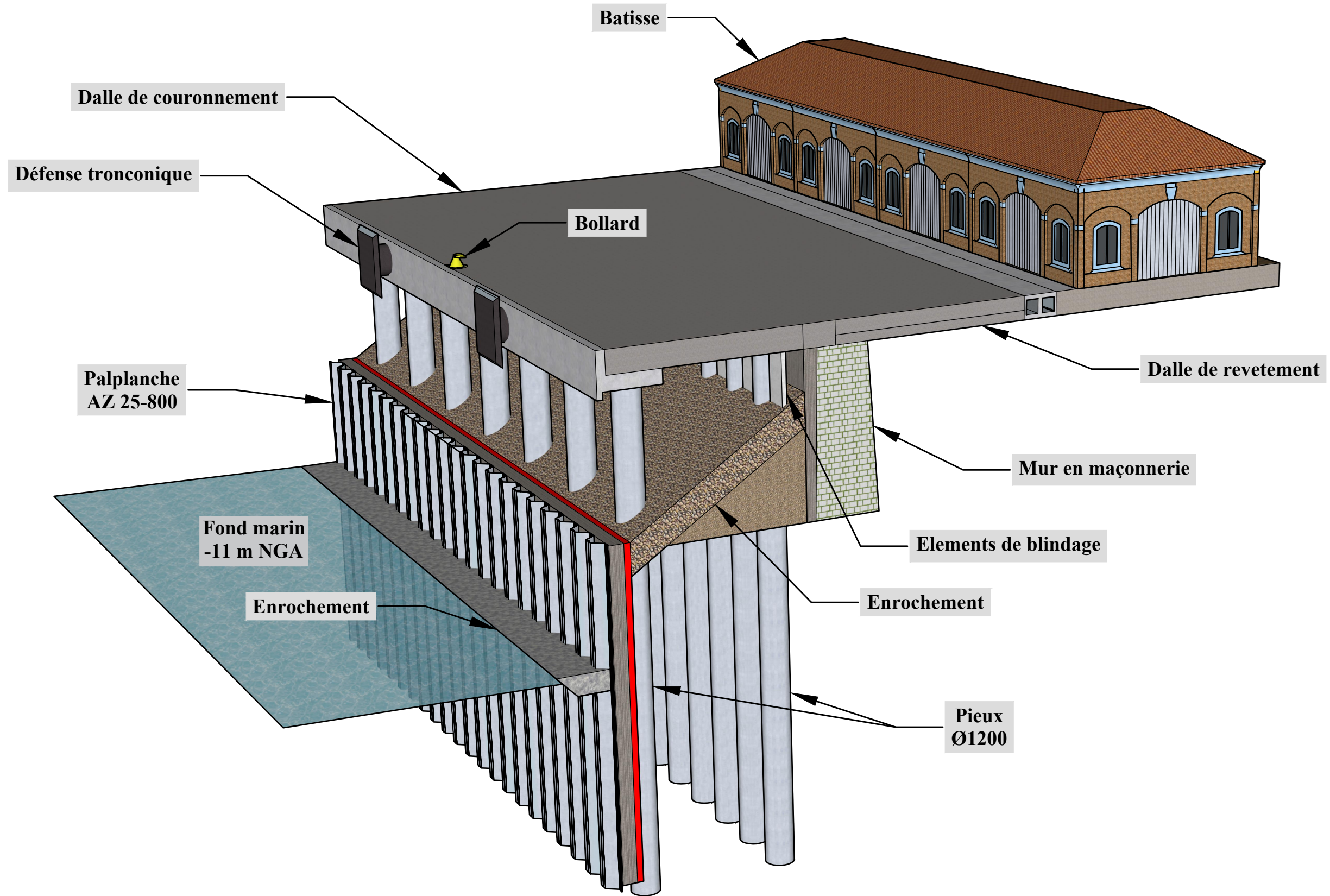


PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Vue en plan	Année universitaire
CONFORTEMENT DU QUAI N°2 (QUAI WARNIER-POSTE À QUAI N°3 ET N°4) AU PORT D'ANNABA	BOUGHENA Sabri	Mr. HAMADI Kamel Mr. SELLAM Mohamed	Echelle : 1/125	2024 / 2025



Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba-16051. Alger
 Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
 Fax : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Vue en élévation	Année universitaire
CONFORTEMENT DU QUAI N°2 (QUAI WARNIER-POSTE À QUAI N°3 ET N°4) AU PORT D'ANNABA	BOUGHENA Sabri	Mr. HAMADI Kamel Mr. SELLAM Mohamed	Echelle : 1/100	2024 / 2025



CHAPITRE VI :

DIMENSIONNEMENT DE

LA SOLUTION RETENUE

VI. Dimensionnement de la solution retenue

VI.1 Introduction

Ce chapitre aborde le dimensionnement des différents éléments structuraux de la solution retenue, en se basant sur les propriétés géotechniques du site. Les calculs sont réalisés conformément aux normes, afin d'assurer la stabilité de l'ouvrage durant toutes les phases de réalisation et d'exploitation.

VI.2 Normes et règles

Les normes utilisées pour l'élaboration de ce chapitre sont les suivantes :

Tableau 2. Normes et règles.

Norme NF P 94 – 262 : Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes.
Norme NF P 94 – 282 : Calculs géotechniques- Ouvrages de soutènement – Écrans.
Norme NF P 94 – 261 : Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 - Fondations superficielles.
ROSA 2000 : Recommandations pour le calcul aux états-limites des ouvrages en site aquatique. Centre d'Études Techniques Maritimes Et Fluviales (CETMEF).
Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites BAEL 99 ; révision 1999.
RP0A 2008: Document technique réglementaire D.T.R. - B.C. 2.48 Règles Parasismiques Algériennes.
Eurocode 3 : Calcul des structures en acier, partie 5 - pieux et palplanches.

VI.3 Campagne de reconnaissance géotechnique

La reconnaissance géotechnique du terrain est indispensable pour les ouvrages à fondations profondes et pour les quais sur pieux. Elle constitue également une étape essentielle pour le dimensionnement des écrans de soutènement.

VI.3.1 Contenu de la campagne

Les travaux d'investigation géotechnique réalisés au niveau de la zone d'étude sont les suivants :

- Campagne géotechnique en terre :

Trois (03) sondages carottés notés SC01, SC04 et SC06 de 30 m de profondeur, ainsi la réalisation des essais au laboratoire sur les échantillons pour les essais au laboratoire.

Essais de pénétration au carottier SPT au niveau des trois sondages carottés chaque 2 m de profondeur jusqu'à 14, 16 et 24 m respectivement.

Trois (03) sondages pressiométriques notés SP01, SP04 et SP06 de 30 m de profondeur avec mesure des paramètres pressiométriques (P_1^* et E_M) chaque 2 m.

Trois (03) essais CPT cône dynamique de 30 m.

- Campagne géotechnique en mer :

Quatre (04) sondages carottés notés SC02, SC03, SC05 et SC07 de 30 m de profondeur, avec prélèvement des échantillons intacts et remaniés pour la réalisation des essais au laboratoire d'identification physique, chimique et mécanique.

Essais de pénétration au carottier SPT au niveau des quatre sondages carottés chaque 2 m de profondeur jusqu'à 12, 16, 20 et 20 m respectivement.

Quatre (04) sondages pressiométriques notés SP02, SP03, SP05 et SP07 de 30 m de profondeur avec mesure des paramètres pressiométriques (P_1^* et E_M) chaque 2 m.

Voir l'implantation des sondages dans la figure 41 et les coupes lithologiques dans les figures qui suivent, établies à la base des résultats des travaux de sondage et essais in-situ.

VI.3.2 Synthèse des résultats de la campagne d'investigation géotechnique

VI.3.2.1 Lithologie de forage

Les sondages réalisés montrent que la stratigraphie du sol (figure 42, 43) en place en terre et en mer, est principalement constituée d'une couche de Limon Sableux mous (LSm) d'une épaisseur variable de ~6 à ~14 m, suivie par une couche plus résistante de nature Sable Argileux moyennement dense (SAmD), avec une intercalation d'Argile raide (Ar) entre le sable (SAmD) et le substratum de Gneiss fracturé (Gf) qui disparaît vers l'Ouest, en allant vers la mer (vers le Sud), absence des limons sableux (LSm) et apparition d'une couche d'enrochement (R) d'une épaisseur varie de l'Est vers l'Ouest d'environ 3 m à 9 m.

VI.4 Implantation des sondages et coupes lithologiques

Les figures présentées ci-après montrent l'implantation des sondages ainsi que les coupes lithologiques établies suivant les axes A-A, B-B, C-C et D-D.

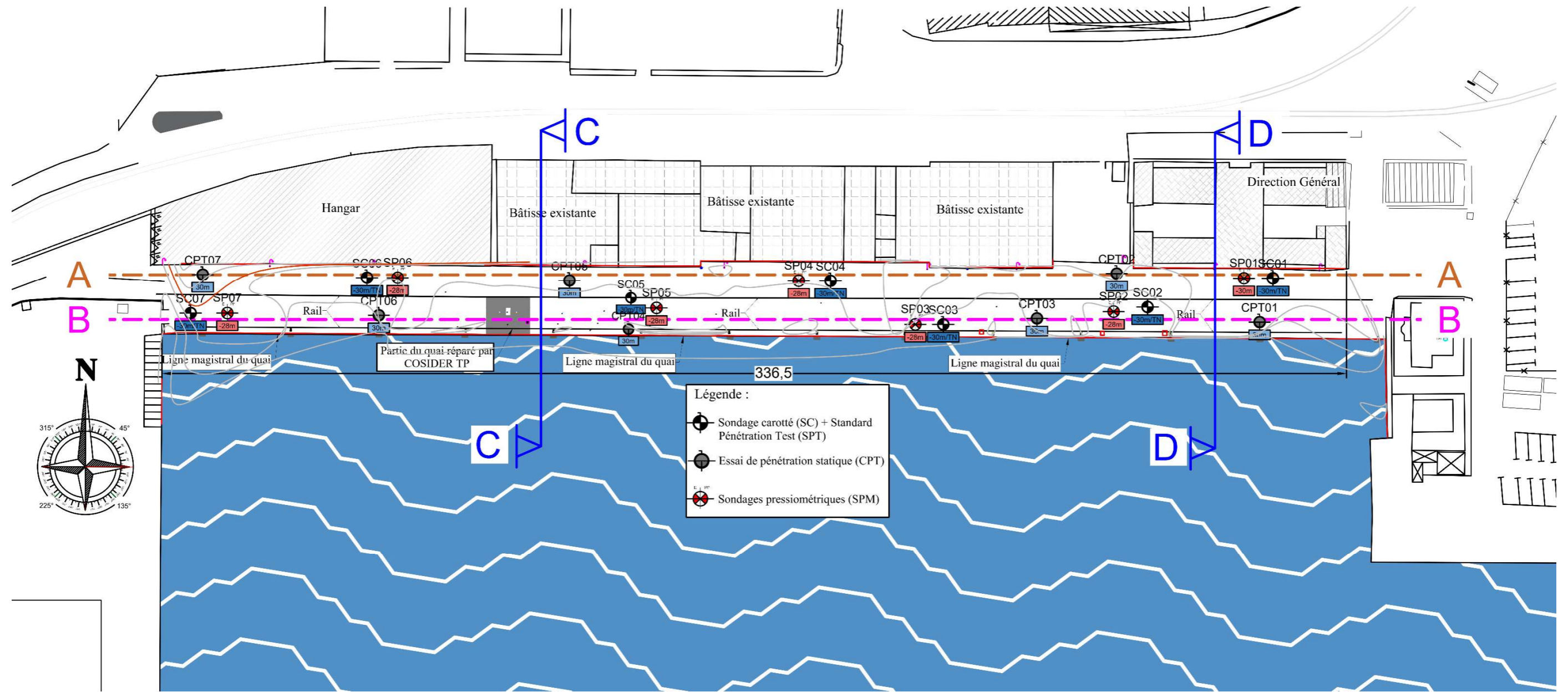


Figure 41. Implantation de la campagne géotechnique.

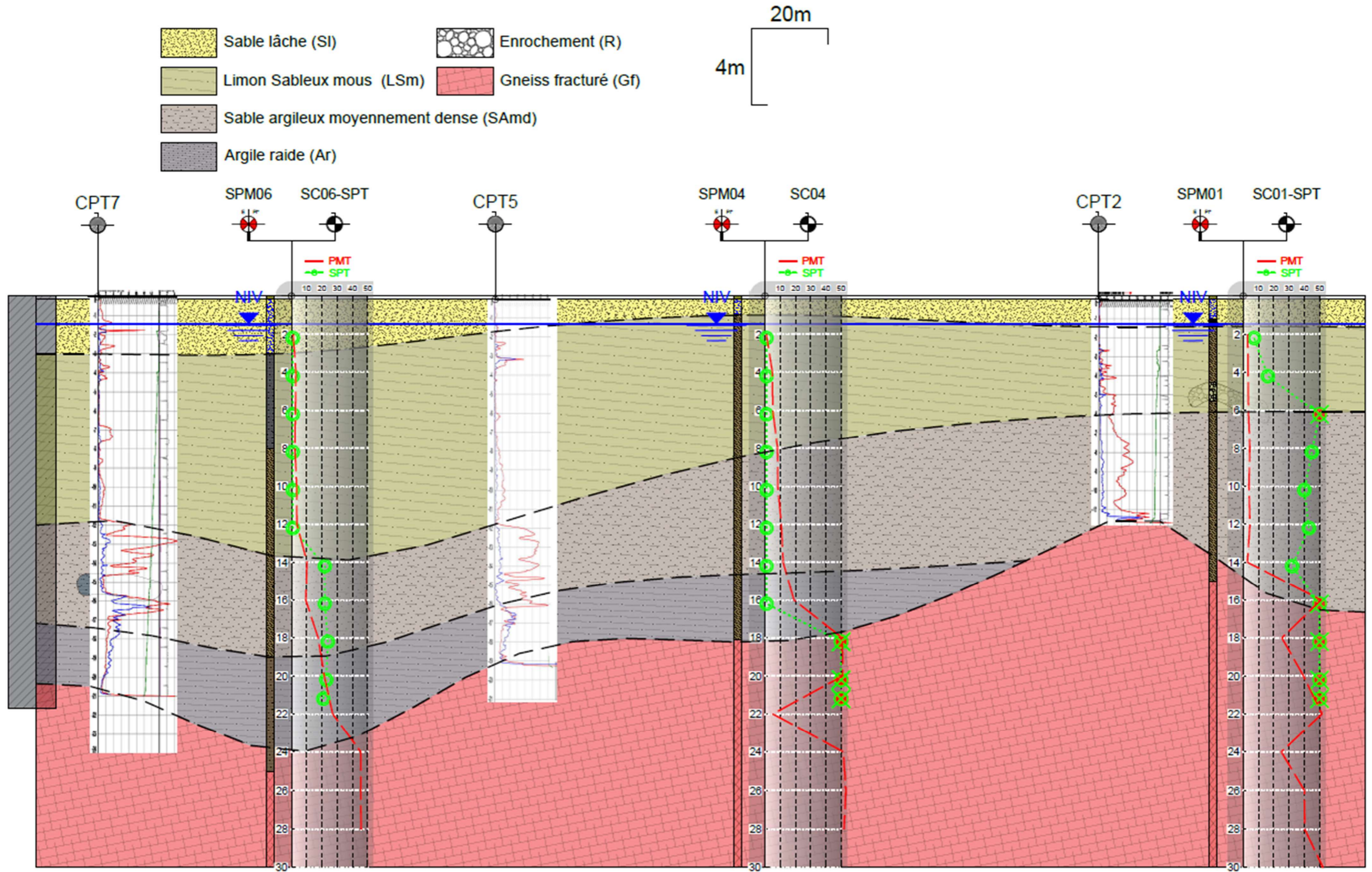


Figure 42. Coupe lithologique en terre.

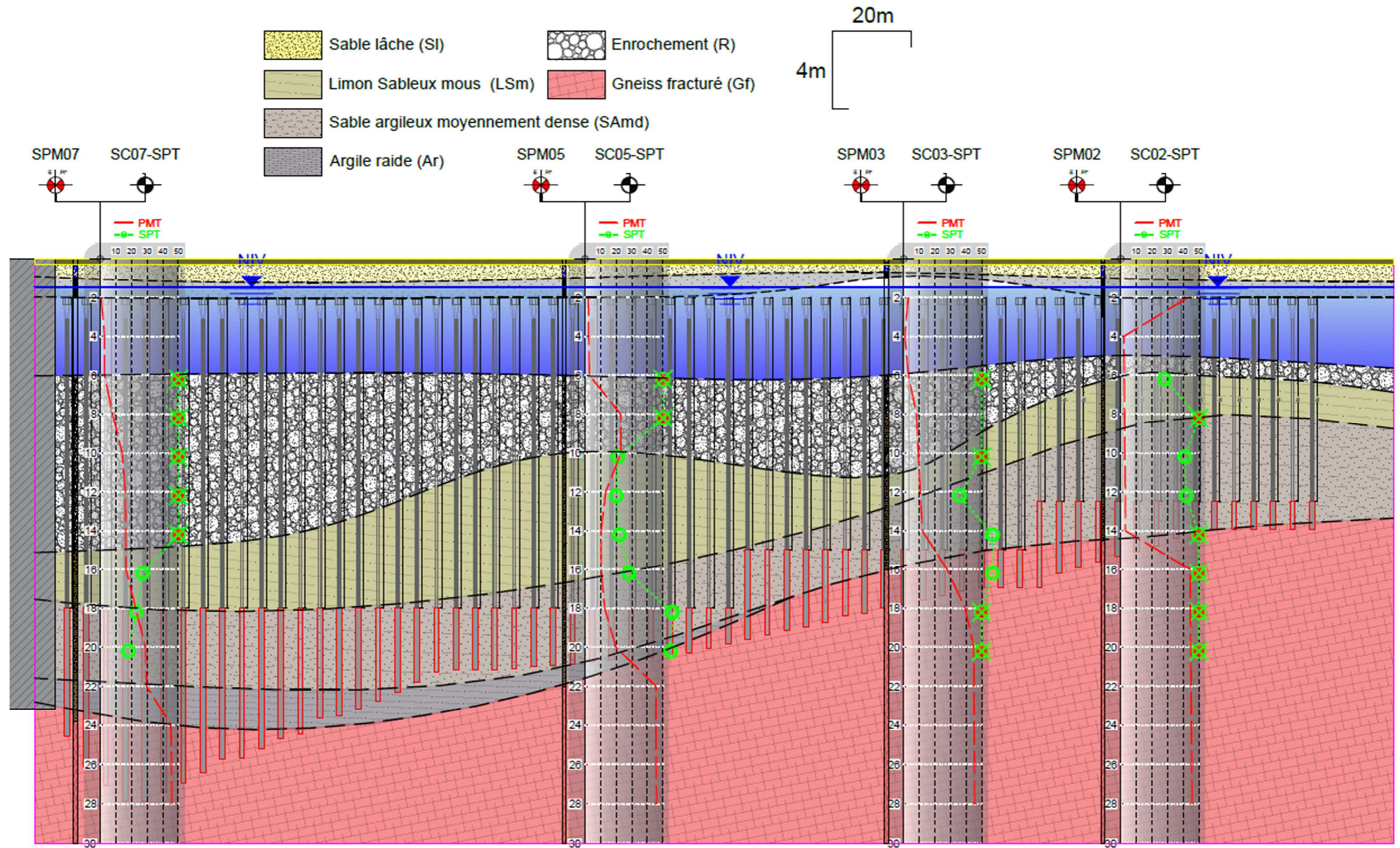


Figure 43.Coupe lithologique en mer.

Coupe C-C

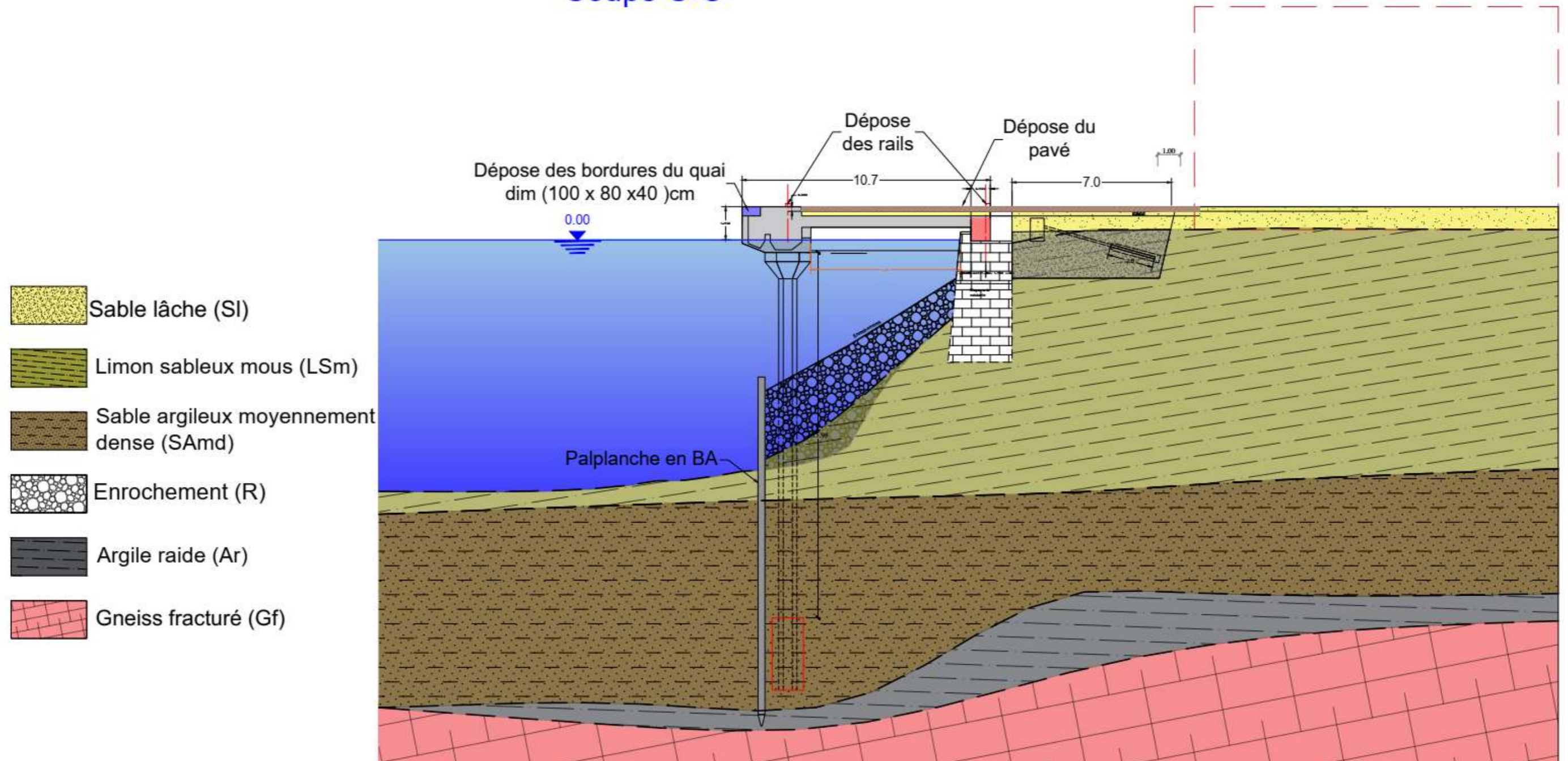


Figure 44.Coupe C-C.

Coupe D-D

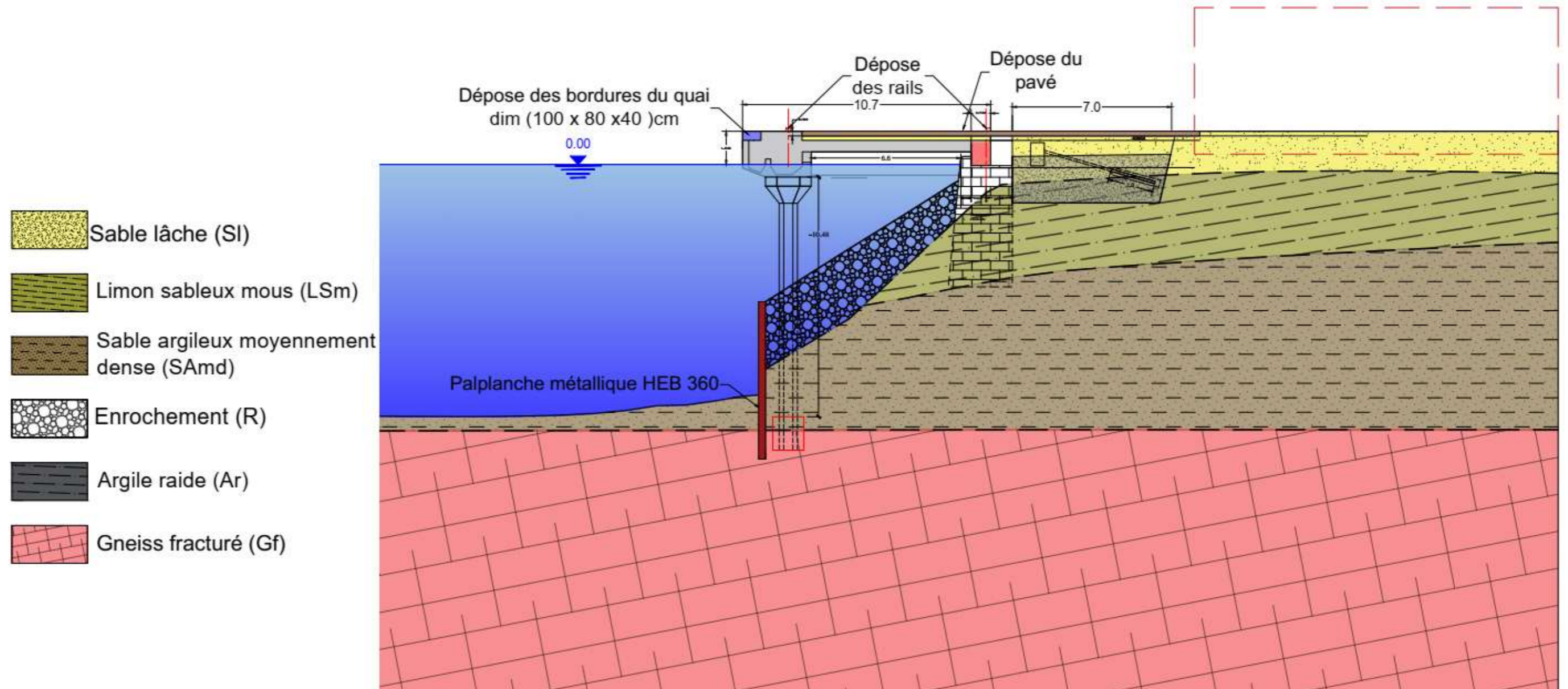


Figure 45.Coupe D-D.

VI.5 Résultats des essais au laboratoire

VI.5.1 Essais d'identification

Les résultats des essais d'identification sont rapportés dans les tableaux suivants :

Tableau 3. Essai d'identification physique.

Sond	Prof (m)	Sol	<2 mm	<80 µm	ES	VBS	wp%	wL%
SC01	3.4 - 3.8	LSm	99.56	95.28	-	-	30	54
	5.5 - 5.9	LSm	86.04	33.54	-	-	21	36
	12.5 - 13	SAMD	-	-	53.5	-	-	-
SC02	6.45 - 7	SAMD	100	15	70	0.66	-	-
	12.45 - 13	SAMD	100	17.5	63	-	-	-
SC03	12 - 12.45	SAMD	92.6	6.5	69	0.83	-	-
	15 - 15.5	SAMD	99.57	25.77	75	-	-	-
SC04	1.6 - 2	LSm	97.72	60.92	-	-	-	-
	4.6 - 5	LSm	95.48	17.6	-	-	-	-
	10 - 10.45	SAMD	-	-	34.3	-	-	-
SC05	12 - 12.45	SAMD	99.27	11.17	69	0.66	-	-
	18 - 18.5	SAMD	100	10.2	68	-	-	-
	21.4 - 21.7	Ar	99.9	80.5	-	-	-	-
SC06	3.4 - 3.7	LSm	99.3	45.85	-	-	15	27
	5.5 - 5.9	LSm	84.44	36.04	-	-	17	32
	11.45 - 12	LSm	94.77	58.37	11.8	-	17	29
	19.5 - 20	Ar	99.96	55.64	-	-	14	21
	23.5 - 24	Ar	99.65	79.9	-	-	23	45
SC07	16 - 13.45	SAMD	-	-	-	-	-	-
	22.3 - 23	Ar	99.98	99.58	-	-	27	55

Tableau 4.Essai d'identification physique.

Sond	Prof (m)	Sol	IP	Ic	w%	Sr%	ρ_d (t/m ³)	ρ_h (t/m ³)
SC01	3.4 - 3.8	LSm	24	0,9	32.7	88	1.35	1.78
	5.5 - 5.9	LSm	15	0,5	28.4	100	1.54	1.98
	12.5 - 13	SAMD	-	-	24.9	-	-	-
SC02	6.45 - 7	SAMD	-	-	15	-	-	-
	12.45 - 13	SAMD	-	-	17.1	-	-	-
SC03	12 - 12.45	SAMD	-	-	24.7	-	-	-
	15 - 15.5	SAMD	-	-	-	-	-	-
SC04	1.6 - 2	LSm	-	-	32.3	100	1.48	1.96
	4.6 - 5	LSm	-	-	28	85	1.43	1.83
	10 - 10.45	SAMD	-	-	5.64	-	-	-
SC05	12 - 12.45	SAMD	-	-	21.6	-	-	-
	18 - 18.5	SAMD	-	-	21.3	-	-	-
	21.4 - 21.7	Ar	-	-	25.9	100	1.66	2.09
SC06	3.4 - 3.7	LSm	12	-	30	100	1.55	2.01
	5.5 - 5.9	LSm	15	-	47.2	100	1.19	1.75
	11.45 - 12	LSm	12	-	-	-	-	-
	19.5 - 20	Ar	7	0,8	15.1	100	1.97	2.27
	23.5 - 24	Ar	22	0,4	36	100	1.44	1.96
SC07	16 - 13.45	SAMD	-	-	22.1	-	-	-
	22.3 - 23	Ar	28	0,8	32.6	100	1.48	1.96

Tableau 5. Analyse chimique des sols.

Sond	Prof (m)	Sol	Analyses chimiques			
			Insoluble	CaCO ₃	CaSO ₄ , 2H ₂ O	NaCl/ SO ₄ ⁻²
SC01	3.4 - 3.8	L S m	66.77	27.41	TRACES	0.05
	5.5 - 5.9	L S m	87.27	5.91	TRACES	0.58
SC02	6.45 - 7	S A md	51.82	41.9	3.63	1.98
	12.45 - 13	S A md	55.25	38.09	1.4	1.93
SC03	12 - 12.45	S A md	1.98	20.15	TRACES	0.7
	15 - 15.5	S A md	1.93	16.84	TRACES	0.81
SC04	1.6 - 2	L S m	62.85	31.18	TRACES	0
SC05	12 - 12.45	S A md	87.4	11.95	TRACES	0.93
	18 - 18.5	S A md	92.98	7.6	TRACES	1.05
	21.4 - 21.7	Ar	87.19	8.15	TRACES	0.52
SC06	3.4 - 3.7	L S m	66.24	26.08	TRACES	0.05
	5.5 - 5.9	L S m	72.56	23.91	TRACES	0.00
	11.45 - 12	L S m	75.09	19.56	TRACES	0.29
	19.5 - 20	Ar	91.79	6.52	TRACES	0.32
	23.5 - 24	Ar	91.31	5.43	TRACES	0.29
SC07	22.3 - 23	Ar	77.7	13.49	TRACES	0.46

La plupart des résultats des essais d'identification physiques menés sur les formations des Limons Sableux (L S m) et les Sables Argileux ont mis en évidence des sols fins argileux limoneux, moins dense ($\rho_d < 1,6 \text{ t/m}^3$), de faible plasticité ($I_p \sim 15$), un état hydrique humide ($\omega_{moy} \sim 25\%$), et se trouvant dans un état quasi-saturé ($S_r = 85$ à 100%).

Et pour l'argile, les résultats montrent des sols raides ($0,75 < I_c < 1$), qualifié plastique ($I_p \sim 15$), et se trouvant dans un état saturé ($S_r = 100\%$).

L'analyse chimique atteste la nature peu marneuse à marneuse des formations de surface (L S m et S A md).

VI.5.2 Essais mécaniques

Les résultats des essais mécaniques sont rappelés dans le tableau 6 ci-dessous :

Tableau 6. Essais mécanique.

Sond	Prof (m)	Sol	Cisaillement à la boîte		Essai de cisaillement triaxial		Œdomètre		
			Ø' (°)	c' (kPa)	Ø' (°)	c' (kPa)	Pc (kPa)	Cc (%)	Cg (%)
SC01	3.4 - 3.8	LSm	24	21.1	-	-	23.5	0.204	0.038
	5.5 - 5.9	LSm	26	70.8	-	-	135.5	0.146	0.009
	12.5 - 13	SAm d		-	-	-	-	-	-
SC04	1.6 - 2	LSm	10	43.3	-	-	-	-	-
SC05	21.4 - 21.7	Ar	29	30.9	-	-	-	-	-
SC06	3.4 - 3.7	LSm	32	21.4	-	-	38.5	0.178	0.03
	5.5 - 5.9	LSm	11	24.6	-	-	21.5	0.321	0.087
	11.45 - 12	LSm	-	-	-	-	-	-	-
	19.5 - 20	LSm	17	20.1	-	-	151.5	0.11	0.015
	22.5 - 23	Ar	-	-	16	21.3			
	23.5 - 24	Ar	11	51.2	-	-	109.5	0.217	0.062
SC07	22.3 - 23	Ar	16	98.4	12.5	34.4	149.5	0.214	0.042

Les résultats des essais œdométriques attestent des sols moyennement compressibles et sous-consolidés ($OCR < 1$), sauf pour la couche des limons sableux à 5 m de profondeur, le résultat atteste que le sol est sur-consolidé.

Quant aux essais de cisaillement, peu d'essai de cisaillement ont donné des résultats représentatifs, toutefois, autres résultats d'essai montrent des valeurs de cohésion notablement élevées, ce qui n'est pas représentatif de la résistance effective, ceci est peut-être dû à l'effet d'échelle et aux défauts inhérents des essais de cisaillement rectiligne. De ce fait, les valeurs caractéristiques des sols sont réajustées à la base des résultats des corrélations avec les paramètres de nature et des paramètres in-situ plus fiables et sur des résultats des formations similaires.

Tableau 7. Résultats des essais de compression simple.

Sond	Prof (m)	Sol	Rc (MPa)
SC01	28 - 28.4	Gf	14.5
	29.3 - 30	Gf	15.2
SC03	27.0 - 27.5	Gf	9.5
SC02	1.0 - 1.4	R	30.3
	1.6 - 2.0	R	29.3
	2.3 - 2.6	R	19.5
SC05	27.5 - 28.0	Gf	8.1
SC06	26.0 - 26.4	Gf	12.56
SC07	24.2 - 25	Gf	49.2

VI.5.3 Essais in-situ

VI.5.3.1 Essais pressiométriques

Les résultats des essais pressiométriques réalisés en terre et en mer sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 8. Résultats pressiomètres en terre.

SP01			SP04			SP06		
Prof. (m)	E (bar)	PL (bar)	Prof. (m)	E (bar)	PL (bar)	Prof. (m)	E (bar)	PL (bar)
-2	14,7	2,8	-2	3,2	0,9	-2	5,3	1,1
-4	14,7	3,0	-4	46,4	4,8	-4	15,3	2,8
-6	15,5	3,3	-6	25,1	5,1	-6	10,4	2,6
-8	16,5	4,2	-8	49,4	8,2	-8	9,2	2,2
-10	14,9	3,6	-10	61,0	8,4	-10	25,8	3,4
-12	17,5	4,3	-12	105,4	10,7	-12	34,6	3,5
-14	1,4	2,6	-14	107,5	11,9	-14	50,5	10,2
-16	281,0	51,0	-16	174,3	19,0	-16	71,6	9,3
-18	261,5	25,3	-18	275,9	50,8	-18	382,3	17,5
-20	172,7	39,5	-20	236,0	51,0	-20	474,3	21,5
-22	275,5	51,6	-22	263,4	5,1	-22	230,7	27,0
-24	117,3	24,9	-24	268,7	51,4	-24	433,0	45,5
-26	167,4	40,0	-26	958,4	53,2	-26	493,5	45,4
-28	269,0	40,3	-28	287,3	51,9	-28	521,4	45,7
-30	280,7	52,3						

Tableau 9. Résultats pressiomètres en mer.

SP02			SP03			SP05			SP07		
Prof. (m)	E (bar)	PL (bar)	Prof. (m)	E (bar)	PL (bar)	Prof. (m)	E (bar)	PL (bar)	Prof. (m)	E (bar)	PL (bar)
-2	368,85	43,08	-2	12,13	2,8	-2	19,91	2,03	-2	15,07	0,48
-4	10,92	1,88	-4	2,45	0,68	-4	4,82	2,23	-4	13,5	2,68
-6	11,83	2,18	-6	18,87	2,99	-6	6,41	2,78	-6	6,31	2,68
-8	5,26	2,38	-8	109,78	8,19	-8	389,55	22,86	-8	45,74	7,89
-10	6,88	2,48	-10	124,26	9,32	-10	338,05	23,06	-10	173,5	13,98
-12	14,19	2,78	-12	86,02	10,59	-12	149,58	13,25	-12	160,93	16,02
-14	5,28	2,88	-14	163,09	11,88	-14	121,55	10,26	-14	138,53	16,17
-16	451,85	44,48	-16	283,2	27,85	-16	103,34	10,34	-16	79,12	16,45
-18	495,68	44,53	-18	361,1	39,41	-18	87,04	12,6	-18	266,2	22,62
-20	404,08	44,88	-20	342,77	44,98	-20	163,5	19,77	-20	409,4	28,98
-22	395,72	45,08	-22	362,07	45,18	-22	394,31	45,48	-22	216,54	29,68
-24	372,15	45,28	-24	400,44	45,27	-24	399,57	45,51	-24	989,88	45,3
-26	383,16	45,48	-26	555,16	45,46	-26	533,26	45,68	-26	390,55	45,68
-28	358,32	45,68	-28	392,56	45,53	-28	545,05	45,87	-28	408,28	45,88

Une concordance perceptible entre les résultats pressiométriques avec les carottes des sondages, montrant des couches de faibles résistance (les Limons Sableux et les Sables Argileux) et des couches de résistance élevée (Argile raide) à très élevée (Gneiss).

VI.5.3.2 Essai de pénétration statique SPT

Les résultats des essais SPT sont rapportés dans les tableaux suivants :

Tableau 10. Résultats SPT en terre.

Profond. (m)	SC01	SC04	SC06
	N2+N3	N2+N3	N2+N3
-2,2	7	1	1
-4,2	16	1	1
-6,2	100	1	1
-8,2	45	1	1
-10,2	40	1	1
-12,2	43	1	1
-14,2	32	1	22
-16,2	100	1	22
-18,2	100	100	24
-20,2	100	100	23
-21,2	100	100	21
-24,2	100	100	41

Tableau 11. Résultats SPT en mer.

Profond. (m)	SC02	SC03	SC05	SC07
	N2+N3	N2+N3	N2+N3	N2+N.3
-6,2	28	100	100	100
-8,2	100	100	100	100
-10,2	41	100	21	100
-12,2	42	36	20	100
-14,2	100	57	22	100
-16,2	100	57	28	27
-18,2	100	100	56	23
-20,2	100	100	55	18

VI.6 Paramètres caractéristiques des sols

Les paramètres caractéristiques retenus pour les calculs sont présentés ci-dessous :

Tableau 12. Caractéristiques mécaniques des sols en place.

Sol	SI	LSm	SAMD	Ar	Gf	R
γ_h (kN/m ³)	19	19	20	21	24	23
ϕ' (°)	26	24	28	26	30	40
c' (kPa)	1	5	10	30	150	1
c_u (kPa)	-	-	-	100	-	-
PI^*_{moy} (kPa)	220	325	1000	2700	4500	200
E_{moy} (kPa)	2000	2000	25000	40000	100000	50000
α	1/3	1/2	1/3	1	1/3	1/3

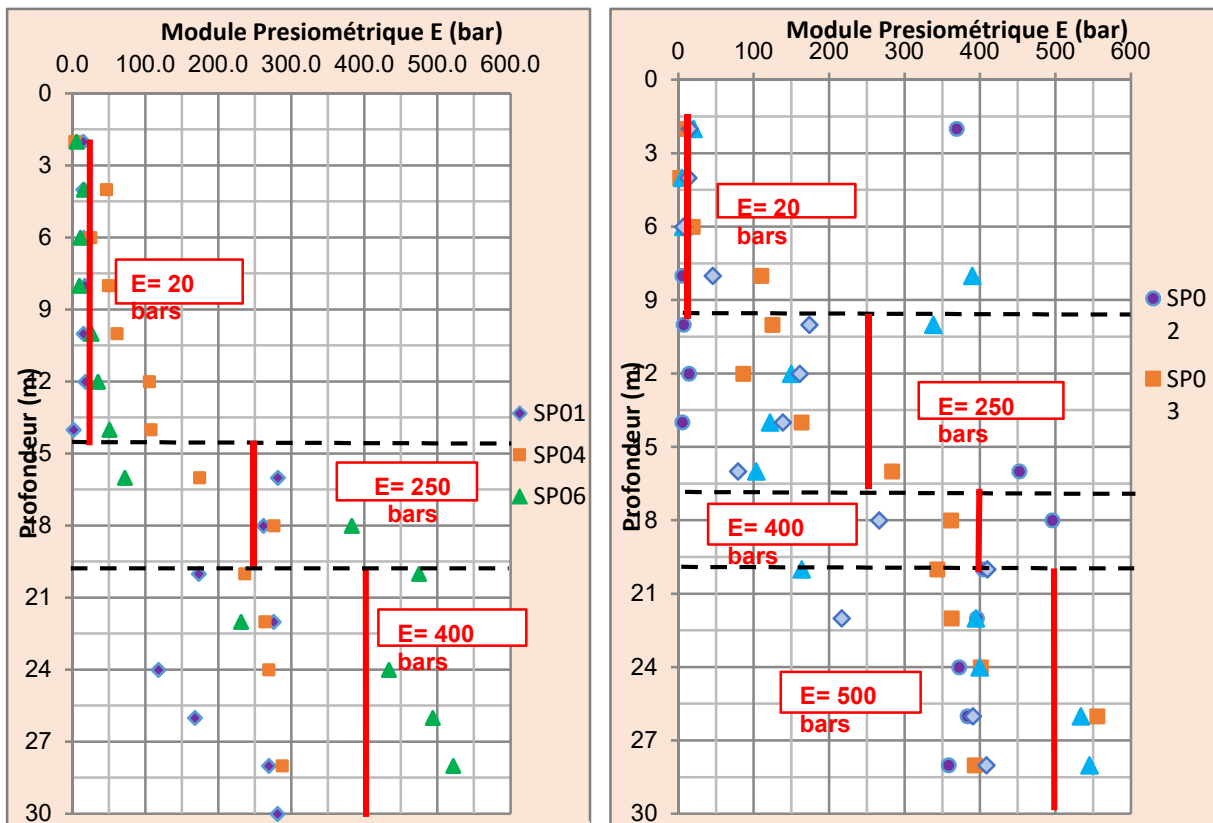


Figure 46. Valeurs moyennes des modules pressiométriques.

VI.7 Caractéristiques des matériaux

Le dimensionnement des éléments structuraux s'appuie principalement sur les caractéristiques des matériaux qui les constituent. Cette partie du chapitre présente les propriétés des matériaux retenus pour le projet.

VI.7.1 Béton

- **Résistance en compression**

Le béton est caractérisé par sa résistance à la compression mesurée à 28 jours, appelée résistance caractéristique spécifiée et notée f_{c28} .

La résistance caractéristique du béton à un âge donné j est exprimée par la relation suivante :

$$f_{cj} = \frac{j}{4.76 + 0,83 \times j} \times f_{c28} \text{ pour } f_{28} \leq 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cj} = \frac{j}{1.40 + 0,95 \times j} \times f_{c28} \text{ pour } f_{28} > 40 \text{ MPa}$$

- **Résistance à la traction**

La résistance à la traction du béton est liée à sa résistance à la compression par la relation suivante :

$$f_{tj} = 0.6 + 0,06 \times f_{cj} \text{ pour } f_{cj} \leq 60 \text{ Mpa}$$

- **Module d'élasticité du béton**

Sous des contraintes de longue durée d'application, on admet que le module de déformation longitudinale différée est égal à l'expression suivante :

$$E_{ij} = 3700 \times \sqrt[3]{f_{cj}}$$

Tableau 13. Caractéristiques du béton.

Caractéristique	Symbole	Valeur
Résistance en compression (MPa)	f_{c28}	35
Résistance à la traction (MPa)	f_{t28}	2,7
Module d'élasticité de béton à 7 jours (MPa)	E_{i7}	10551,61
Module d'élasticité de béton à 28 jours (MPa)	E_{i28}	12101,51
Densité (kg/m ³)	γ_b	25

VI.7.2 Armatures du béton armé

Les armatures utilisées sont des aciers à haute adhérence de nuance Fe E400. Leurs principales caractéristiques mécaniques sont les suivantes :

Limite d'élasticité : $f_e = 400 \text{ MPa}$

Module d'élasticité : $E_s = 200 \text{ GPa}$

Les diamètres commerciaux disponibles pour les barres HA indépendantes sont (en mm) :

8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32 et 40.

VI.7.3 Palplanche

Les palplanches utilisées en pieds de talus sont de section AZ 25-800, avec les propriétés suivantes :

Tableau 14. Propriétés des palplanches.

Propriété	Symbole	Valeur
Largeur	b (mm)	800
Hauteur	h (mm)	475
Épaisseur de l'âme	t_f (mm)	12,5
Épaisseur d'aile	t_w (mm)	10
Moment d'inertie	I_y (cm⁴/m)	59410
Module de flexion élastique	$W_{el,y}$ (cm³/m)	2500
Module de flexion plastique	$W_{pl,y}$ (cm³/m)	2890
Résistance limite élastique	f_y (MPa)	355
Résistance à la traction	f_u (MPa)	480

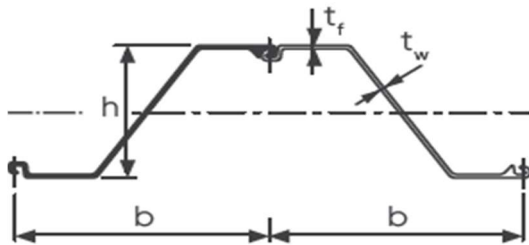


Figure 47. Notations de la géométrie

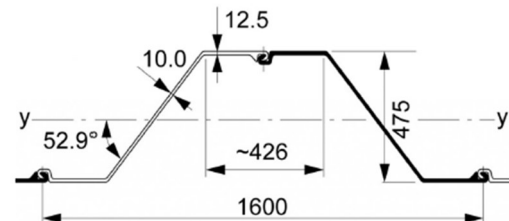


Figure 48. Section de la palplanche AZ 25-800

VI.7.4 Chemise métallique

Les propriétés des chemises métalliques des pieux sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 15. Caractéristiques des chemises métalliques.

Propriété	Symbole	Valeur
Diamètre intérieur	D_{int}(mm)	1196,2
Diamètre extérieur	D_{ext}(mm)	1219
Épaisseur	E_p(mm)	22.8
Aire	A(mm²)	43227,25
Module de flexion élastique	W_{el}(cm³/m)	12929,43
Module de flexion plastique	W_{pl}(cm³/m)	26101,38
Résistance limite élastique	f_y(MPa)	460
Résistance à la traction	f_u(MPa)	530

VI.7.5 Profilé métallique

La paroi composite est constituée de profilés métalliques de type HEB 220, avec les propriétés suivantes :

Tableau 16. Propriétés des profilées métalliques.

Propriété	Symbole	Valeur
Limite d'élasticité	f_y (MPa)	355
Poids linéique	G (kg/m)	71,5
Moment d'inertie selon y	I_y (cm ⁴)	8090
Module de flexion élastique selon y	$W_{el,y}$ (cm ³)	735,5
Module plastique selon y	$W_{pl,y}$ (cm ³)	827
Rayon de giration selon y	i_y (cm)	9,4
Aire de section	A_{v2} (cm ²)	27,92
Largeur de la semelle	b (mm)	220
Hauteur totale	h (mm)	220
Epaisseur de la semelle	t_f (mm)	16,0
Epaisseur de l'âme	t_w (mm)	9,5
Hauteur de l'âme	h_i (mm)	188
Hauteur de la portion droite de l'âme	d (mm)	152

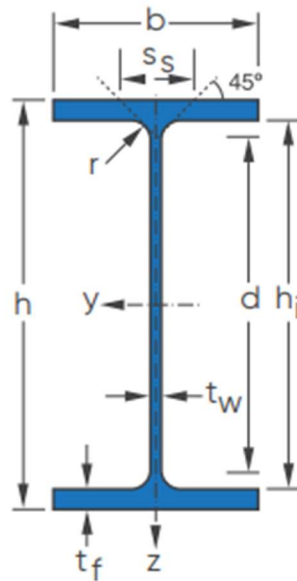


Figure 49. Notations de la géométrie des profilés métalliques.

VI.8 Situations du projet

Les situations du projet représentent l'ensemble des actions agissant sur l'ouvrage, en fonction des données géométriques et mécaniques de l'ouvrage et du sol, et pour lesquelles il ne faut pas atteindre l'état limite ultime ni l'état limite de service de l'ouvrage.

Ainsi, les situations du projet présentées par la suite sont définies relativement aux cas critiques, aussi bien durant l'exécution de l'ouvrage que pendant son exploitation.

VI.8.1 Situation durable SD

Cette situation est relative à l'exploitation normale du quai.

Les actions à considérer dans cette situation sont les suivantes :

- Actions permanentes (AG).
- Actions d'exploitation (Q).

VI.8.2 Situation transitoire ST1

Cette situation présente un cas critique vis-à-vis les palplanches, en présence des charges du chantier.

La géométrie de cette situation est présentée ci-dessous :

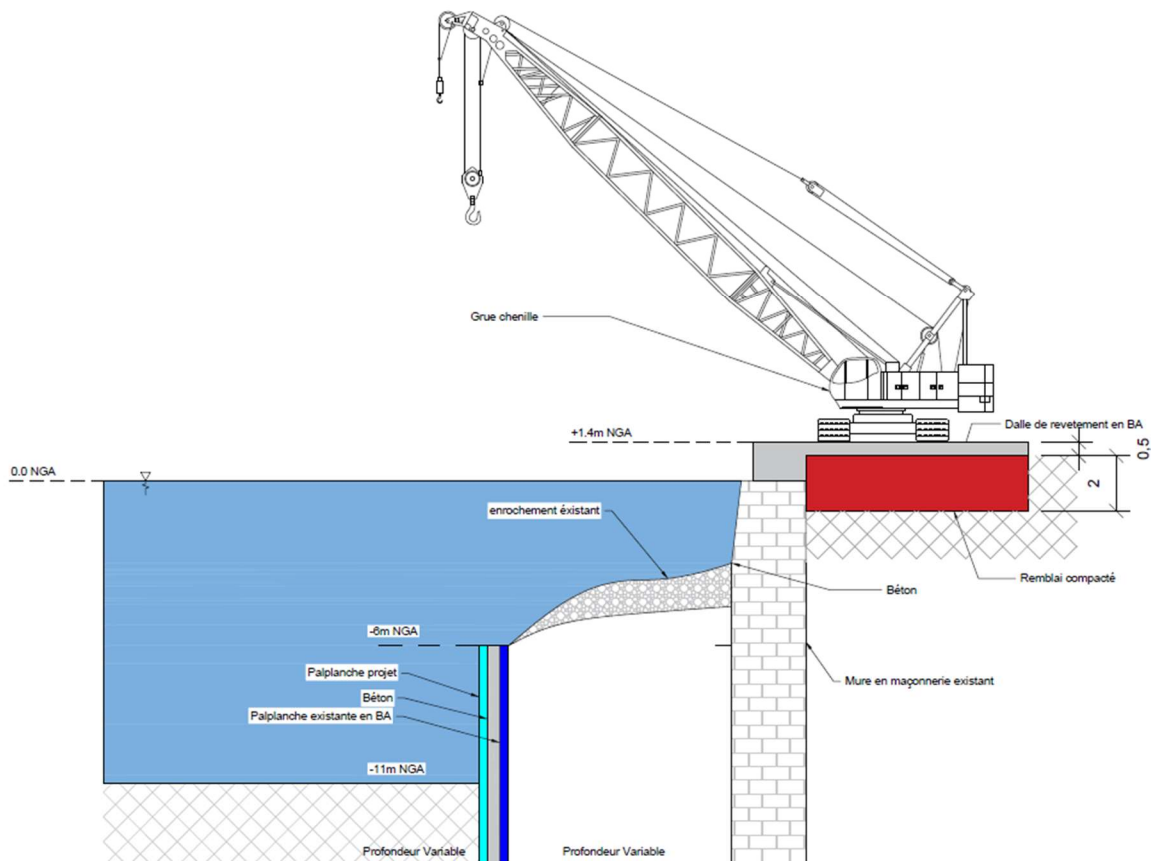


Figure 50. Géométrie de la situation transitoire 01.



Figure 51. Travaux et géométrie de la situation transitoire 01 sur site.

Les actions a considéré dans cette situation sont les suivantes :

- Actions permanentes (AG).
- Charges du chantier (CC).

VI.8.3 Situation transitoire ST2

Cette situation présente un cas critique vis-à-vis la paroi composite, en présence des charges du chantier.

La géométrie de cette situation est présentée ci-dessous :

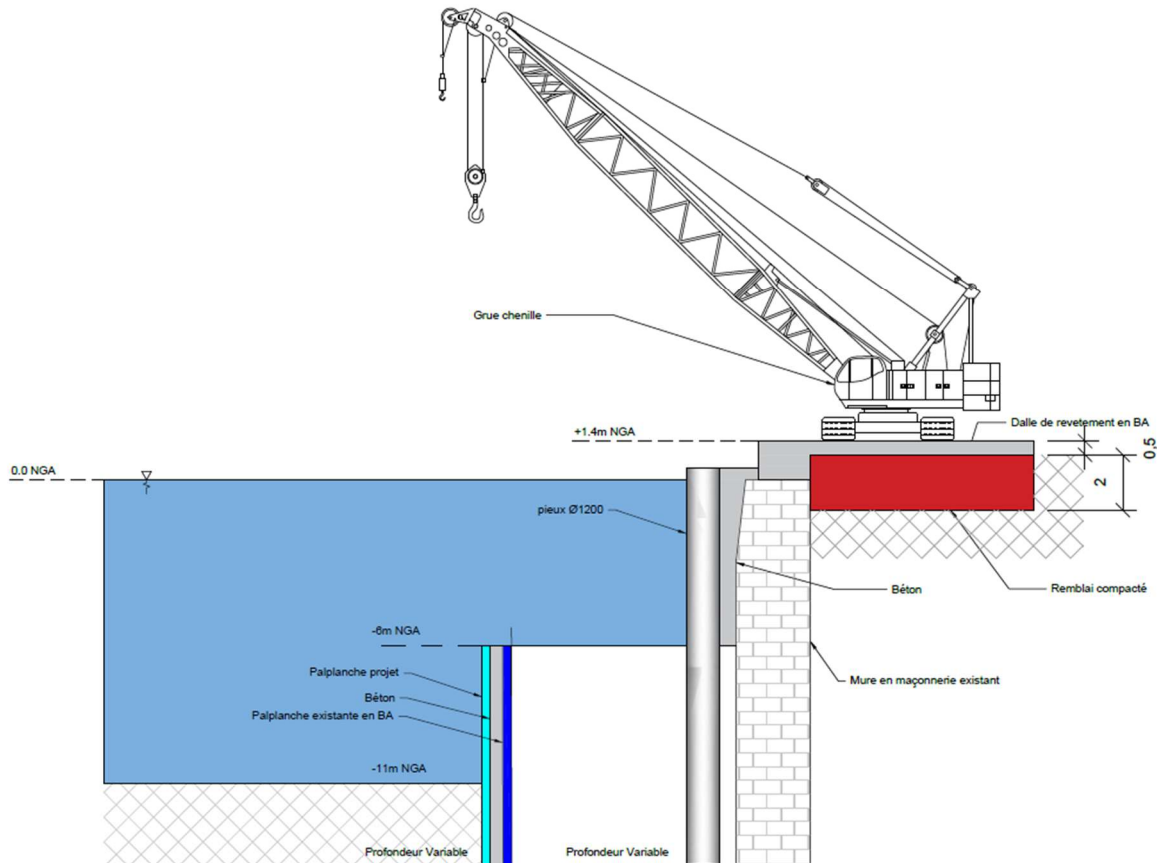


Figure 52. Géométrie de la situation transitoire 02.

Les actions à considérer dans cette situation sont les suivantes :

- Actions permanentes (AG).
- Charges du chantier (CC).

VI.8.4 Situation accidentelle SA

Cette situation est relative à l'occurrence d'un séisme.

Les actions à considérer dans cette situation sont les suivantes :

- Actions permanentes (AG).
- Actions sismiques (E).
- Actions d'exploitation (Q).
- Pression hydrodynamique (Pw).

VI.9 Valeurs caractéristiques des actions

VI.9.1 Actions permanentes

AG	PP : Poids propre. PBS : Poussée/butée du sol. Pression hydrostatatique.
----	--

Les efforts dus à la houle sont supposés négligeables, le quai étant situé dans un bassin fermé.

VI.9.2 Actions d'exploitation

Q	GM : Grue mobile. AM : Effort d'amarrage est égale à la résistance du bollard $R_b = 100 \text{ t}$. TP : Surcharge de stockages sur le terre-plein est égale à 4 t/m^2 . MR : Effet du marnage est égale à $0,3 \text{ m}$.
---	---

Les forces d'accostage ne sont pas considérées en raison de leur influence favorable sur le quai.

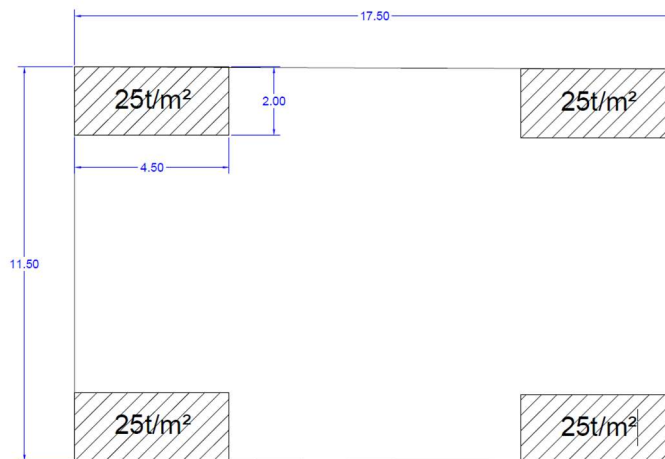


Figure 53. Croquis de la charge GM.

VI.9.3 Actions sismiques

D'après le RPOA 2008, Le site concerné par cette étude se situe en zone IIa. Ainsi, dans la situation durable l'ouvrage est considérés comme un ouvrage stratégique d'importance 1 ($A=0,25$).

Dans les situations transitoires l'ouvrage est classé de groupe d'importance 2 ($A=0,2$).

D'où les composantes de la force sismique E sont :

Et :

$$F_h = K_h \times W \quad \text{D'où} \quad K_h = A$$

$$F_v = K_v \times W \quad \text{D'où} \quad K_v = \pm 0,3 \times K_h$$

Situation transitoire	$K_h = 0,2$ $K_v = \pm 0,06$
-----------------------	---------------------------------

Situation durable	$K_h = 0,25$ $K_v = \pm 0,075$
-------------------	-----------------------------------

VI.9.4 Charges du chantier

Les charges du chantier, notée CC, présentent une grue mobile sur chenille, comme illustré dans la figure suivante :

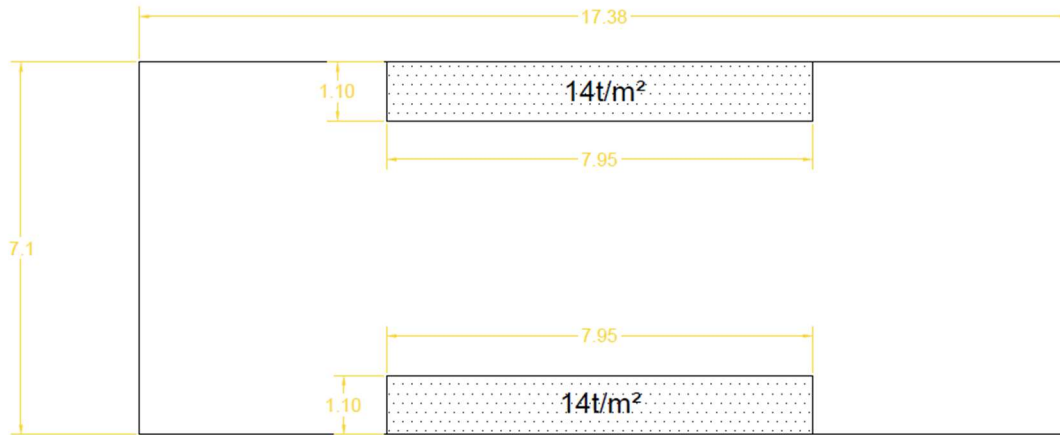


Figure 54. Croquis de la charge CC.

VI.10 Combinaisons d'actions

- **ELU**

Les combinaisons sont les suivantes :

$$\gamma_G \times AG + \gamma_{Q;1} \times AM + \gamma_{Q;2\psi_0} \times GM + \gamma_{Q;2\psi_1} \times TP$$

$$\gamma_G \times AG + \gamma_{Q;1} \times GM + \gamma_{Q;2\psi_0} \times AM + \gamma_{Q;2\psi_1} \times TP$$

Avec

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_G = 1,35 \\ \gamma_{Q;1} = 1,5 \\ \gamma_{Q;2\psi_0} = 1 \\ \gamma_{Q;2\psi_1} = 0,7 \end{array} \right.$$

- **ELS**

La combinaison est la suivante :

$$AG + AM + GM + TP$$

- **ELA**

La combinaison est la suivante :

$$AG + AM + GM + TP + E + Pw$$

VI.11 Modes de rupture possible

Tous les modes de rupture pouvant survenir doivent être vérifiés dans chaque situation de projet. Ainsi, L'ensemble des calculs et des vérifications correspondant aux différentes situations de projet est ensuite effectué pour le profil D-D, en considérant un ancrage des pieux jusqu'à la cote -15,00 m NGA et des palplanches jusqu'à -16,00 m NGA.

Les modes de rupture considérés sont les suivants :

VI.11.1 Instabilité générale du site

L'instabilité générale d'un site est un état limite ultime (ELU) qui présente un glissement de surface du sol englobant l'ensemble de l'ouvrage. Elle peut se produire dans plusieurs cas, comme pour des ouvrages de type écran de soutènement, des fondations profondes sur pente, etc.

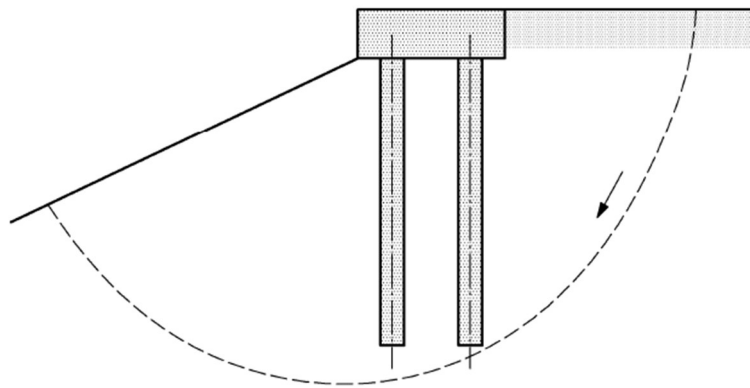


Figure 55. Instabilité par un glissement d'ensemble.

Il existe de nombreuses méthodes de calcul, les plus utilisées étant la méthode de Bishop et la méthode de Spencer.

Ces méthodes, dites d'équilibre limite, sont basées sur l'équilibre entre les moments moteurs et résistants, et s'appliquent aux surfaces de glissement circulaires. Elles consistent à diviser le massif glissant en plusieurs tranches verticales, généralement comprises entre 10 et 20, puis à déterminer le coefficient de sécurité de chaque tranche. Le coefficient de sécurité global du massif est ensuite pris égal à la valeur la plus faible obtenue parmi ces tranches.

Le coefficient de sécurité de chaque tranche selon la méthode de Bishop est calculé comme suit :

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{c_i \times b_i + (w_i + Q_i - U_i \times b_i) \times \tan \varphi_i}{m \alpha_i}}{\sum_{i=1}^n w_i \times \sin \alpha_i}$$

$$m \alpha_i = \cos \alpha_i \times \left(1 + \frac{\tan \varphi_i \times \tan \alpha_i}{F_s} \right)$$

D'où :

b_i : largeur de la tranche "i".

c_i : valeur de la cohésion du terrain au point milieu de la base de la tranche "i".

$\tan\varphi_i$: valeur de la tangente de l'angle de rotation interne du terrain au point milieu de la base de la tranche "i".

α_i : valeur de l'angle formé par la droite unissant le centre du cercle avec le point milieu de la base de la tranche "i" et la verticale.

w_i : somme des poids de toutes les couches de terrain présentes au-dessus du point milieu de la base de la tranche "i".

Q_i : résultante de la pression produite par les surcharges agissant dans le terrain au-dessus du point milieu de la base de la tranche "i".

U_i : valeur de la surpression des pores au point milieu de la base de la tranche "i".

Selon l'Eurocode, il existe deux approches pour ce calcul. La plus compatible avec la méthode des tranches est l'approche 3, qui consiste à appliquer plusieurs coefficients partiels de sécurité séparément, en réduisant les résistances de façon indirecte, en divisant les paramètres mécaniques du sol par un coefficient de sécurité, et en majorant les actions défavorables.

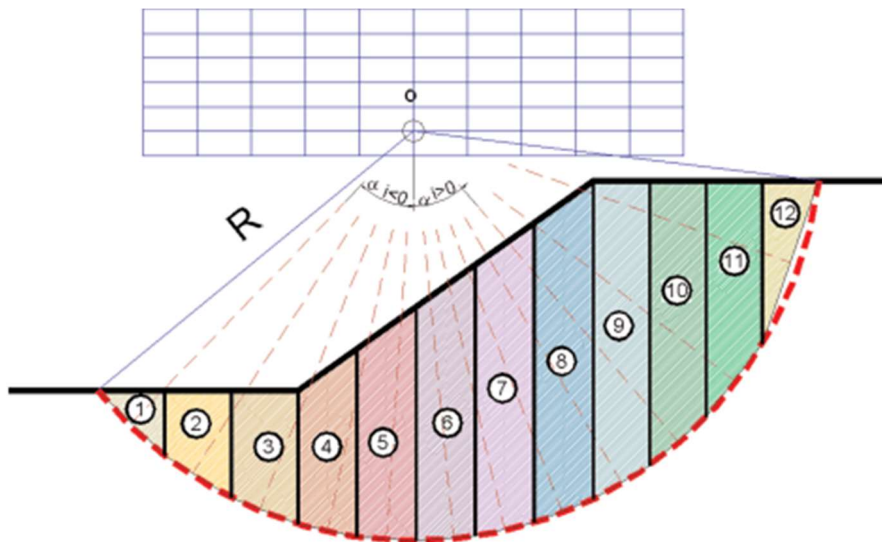


Figure 56. Massif glissant divisée en 12 tranches.

Voici le détail concernant les coefficients partiels :

Tableau 17.Coefficients de sécurité de l'approche 3.

Situation de calcul		Durable	Transitoire	Accidentelle
Actions permanentes	Favorable γ_G	1,00	1,00	1,00
	Défavorable γ_G	1,00	1,00	1,00
Actions variables	Favorable γ_Q	0,00	0,00	0,00
	Défavorable γ_Q	1,30	1,30	1,00
Poids volumique γ_γ		1,00	1,00	1,00
Angle de frottement effectif $\gamma_{\phi'}$		1,25	1,25	1,25
Cohésion effective γ_c		1,25	1,25	1,25
Cohésion non drainé γ_{c_u}		1,40	1,40	1,00
Résistance $\gamma_{R,d}$		1,00	1,00	1,00
Sur le modèle $\gamma_{R ; d}$		1,20	1,20	1,00

Nous utilisons le logiciel de calcul Slide pour calculer le coefficient de sécurité.

La procédure débute par le dessin des couches et des interfaces, en donnant par la suite à chaque couches leur caractéristiques (poids volumique humide, cohésion et l'angle de frottement...)

En choisissons l'approche de calcul 3, comme recommandé par l'eurocode, ainsi la méthode de Bishop pour le calcul de Fs.

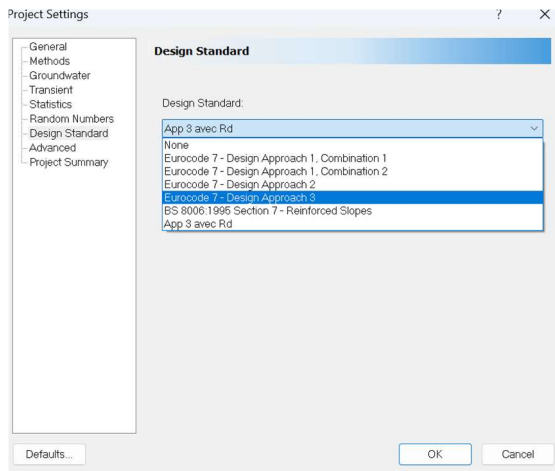


Figure 57.Sélection de l'approche de calcul.

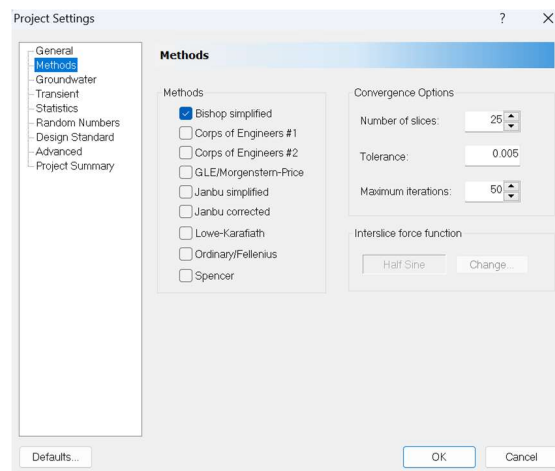


Figure 58.Sélection de la méthode de calcul.

VI.11.2 Défaut de butée

Le défaut de butée est un état limites qui se produit lorsque la fiche ou la butée sont insuffisantes, d'autres parts lorsque la butée mobilisée dépasse la butée mobilisable.

Pour les écrans autostables (sans ancrage), le mécanisme de rupture se produit par une rotation sous le fond de fouille.

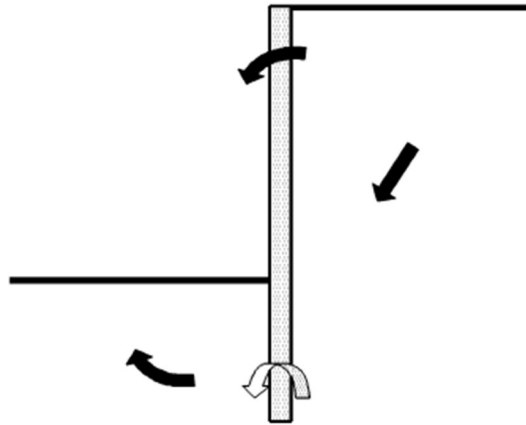


Figure 59. Renversement d'un écran autostable.

Le calcul se fait par la méthode d'équilibre limite, sur la base des équilibre des moments de poussée limite et la butée limite, en appliquant l'approche de calcul 2.

Egalement, l'approche de calcul 2 consiste à appliquer des coefficients partiels de sécurité sur les résistances de façon directe, ainsi qu'un coefficient de pondération sur les actions.

Voici le détail concernant les coefficients partiels :

Tableau 18. Coefficients de sécurité de l'approche 2.

Situation de calcul		Durable	Transitoire	Accidentelle
Actions permanentes	Favorable γ_G	1,00	1,00	1,00
	Défavorable γ_G	1,35	1,35	1,00
Actions variables	Favorable γ_Q	0,00	0,00	0,00
	Défavorable γ_Q	1,50	1,50	1,00
Poids volumique γ_γ		1,00	1,00	1,00
Angle de frottement effectif γ_ϕ'		1,00	1,00	1,00
Cohésion effective γ_c'		1,00	1,00	1,00
Cohésion non drainé γ_{c_u}		1,00	1,00	1,00
Résistance γ_a		1,00	1,00	1,00
Butée γ_R		1,40	1,10	1,00

Lorsque l'écran est autostable, la norme NF P94-282 impose l'utilisation d'un modèle en équilibre limite (MEL) pour les vérifications à l'ELU. La vérification est alors réalisée de la manière suivante :

$$f_b \geq 1.2 \times f_0$$

Où :

f_b : la fiche de l'écran sous le point de pression différentielle nulle.

f_0 : la fiche minimale sous le point de pression différentielle nulle nécessaire à l'équilibre des moments en pied de l'écran.

Les calculs sont réalisés à l'aide du logiciel K-réa. En revanche, les calculs manuels sont réalisés comme suit :

- Calcul de point de pression nul Z_0 par l'égalité :

$$\sigma_{a,d} = \gamma_a \times \sigma_{a,k} = \sigma_{p,d} = \frac{\sigma_{p,k}}{\gamma_R}$$

$\sigma_{a,d}$: valeur de pression active du sol majorée.

γ_a : coefficient de pondération.

$\sigma_{a,k}$: valeur de pression active du sol caractéristique.

$\sigma_{p,d}$: valeur de pression passive du sol majorée.

γ_R : coefficient de sécurité.

$\sigma_{p,k}$: valeur de pression passive du sol caractéristique.

- Calcul de point de moment nul f' par l'égalité :

$$M_{a,d} = \gamma_a \times M_{a,k} = M_{p,d} = \frac{M_{a,k}}{\gamma_R}$$

$M_{a,d}$: valeur de moment des pressions active du sol majorée.

γ_a : coefficient de pondération.

$M_{a,k}$: valeur de moment des pressions active du sol caractéristique.

$M_{p,d}$: valeur de moment des pressions passive du sol majorée.

$M_{a,k}$: valeur de moment des pressions passive du sol caractéristique.

γ_R : coefficient de sécurité.

- Calcul de la fiche minimale sous le point de pression différentielle nulle nécessaire à l'équilibre des moments en pied de l'écran par la formule :

$$f_0 = f' - Z_0$$

f' : point de moment nul.

Z_0 : point de pression nul.

- Calcul de la fiche de l'écran sous le point de pression différentielle nulle par la formule :

$$f_b \geq 1.2 \times (f' - Z_0)$$

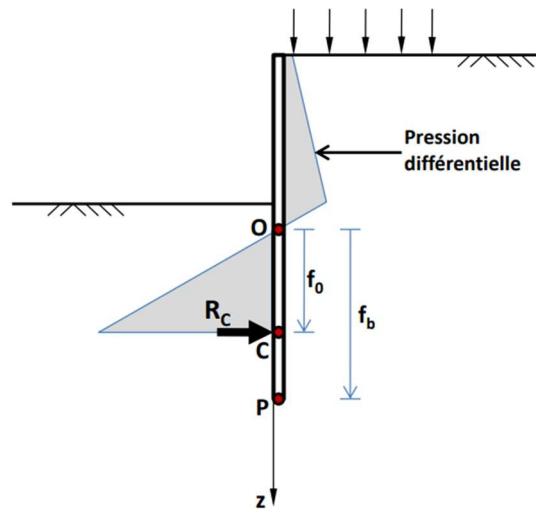


Figure 60. Notions de la fiche minimale et la fiche de l'écran.

La mobilisation du contre butée nécessaire est possible en s'assurant que l'inégalité suivante est satisfaite :

$$C_{t;d} \geq C_{m;d}$$

Où :

$C_{t;d}$: la valeur de calcul de la contre butée nécessaire à l'équilibre des forces horizontales.

$C_{m;d}$: la valeur de calcul de la composante horizontale de la contre butée de part et d'autre du point de transition.

VI.11.3 Etat limite de portance des pieux

Considérons un pieu ancré à une profondeur D dans le sol, Ce pieu, dont le poids propre est négligé, est soumis en tête à une charge axiale F_c . À l'état de rupture, cette charge F_c est équilibrée par les réactions limites du sol, réparties entre la résistance latérale le long du fût et la résistance en pointe à la base du pieu.

Les vérifications sont effectuées avec l'approche 2 comme recommander par l'eurocode.

Pour vérifie qu'un pieu supporte les charges en sécurité vis-à-vis l'état limite de portance l'inégalité suivante doit être satisfait :

$$F_{c;d} \leq R_{c;d}$$

D'où :

$F_{c;d}$: la valeur de calcul de la charge de compression axiale agissant sur le pieu.

$R_{c;d}$: la valeur de calcul de la portance du pieu.

La valeur de calcul de la portance du pieu se subdivise en deux termes :

$$R_{c;d} = R_{b;d} + R_{s;d}$$

D'où :

$R_{b;d}$: la valeur de calcul de résistance de pointe.

$R_{s;d}$: la valeur de calcul de résistance de frottement latéral du fût.

D'où :

$$R_{s;d} = \frac{q_s \times P \times D}{\frac{\gamma_{Rd1} \times \gamma_{Rd2} \times \gamma_S}{\beta_1}}$$

$$R_{b;d} = \frac{q_p \times A_p}{\frac{\gamma_{Rd} \times \gamma_{Rd2} \times \gamma_b}{\beta_2}}$$

q_p : résistance unitaire du sol sous la pointe.

A_p : section droite de la pointe.

q_s : frottement latérale unitaire limite.

P : périmètre du pieu.

D : l'ancrage du pieu.

$\gamma_{Rd1}, \gamma_{Rd}$: des Coefficients partiels du modèle dépendent de la méthode de calcul et la catégorie du pieu.

γ_b, γ_S : des facteurs partiels de résistance γ_b (pointe) γ_S (frottement).

β_1, β_2 : des coefficients dépendent de l'état limite calculer.

Calcul de q_p et q_s à partir des résultats pressiométriques PMT :

$$q_p = K_p \times P_{le}^*$$

D'où :

$$P_{le}^* = \frac{1}{b + 3a} \int_{D-b}^{D+3a} P_l^*(z) dz$$

$$a = \max\left(\frac{B}{2}; 0,5m\right)$$

$$b = \min(h, a)$$

B : diamètre du pieu.

h : la profondeur d'ancrage dans la couche porteuse.

Avec :

$$K_p = \min\left(1 + (K_{pmax} - 1) \times \frac{D_{ef}}{5 \times B}, K_{pmax}\right)$$

$$D_{ef} = \frac{1}{P_{le}^*} \times \int_{D-10B}^D P_l^*(z) dz$$

D_{ef} : la profondeur d'encastrement équivalente.

Et :

$$q_s = \min(q_{smax}, \alpha_{pieu-sol} \times f_{sol})$$

q_{smax} : frottement latéral maximal développée pour un type de sol et une catégorie de pieu.

$\alpha_{pieu-sol}$: paramètre adimensionnel dépend de type de pieu et du type du sol.

f_{sol} est en fonction de la résistance du sol, calculer en corrélation avec la pression limite.

Voici les tableaux représentant les valeurs de K_{pmax} , $\alpha_{pieu-sol}$ et q_{smax} :

Tableau 19.Valeurs de Kpmax.

Terrain	Argile %CaCo3<30%	Sol intermédiaires	Craie	Marne et calcaire marneux	Roche altérée et fragmentée
Classe du pieu	Limon sol intermédiaires	sable grave			
4	1,35	3,1	2,30	2,30	2,30

Tableau 20.Valeurs de α (pieu-sol).

Terrain	Argile %CaCo3<30%	Sol intermédiaires	Craie	Marne et calcaire marneux	Roche altérée et fragmentée
Classe du pieu	Limon sol intermédiaires	sable grave			
4	0,8	1,2	0,4	0,9	-

Tableau 21.Valeurs de q_{smax}.

Terrain	Argile %CaCo3<30%	Sol intermédiaires	Craie	Marne et calcaire marneux	Roche altérée et fragmentée
Classe du pieu	Limon sol intermédiaires	sable grave			
4	90	90	50	90	-

La courbe ci-dessous représente les valeurs de f_{sol} en fonction de la pression limite P_1 :

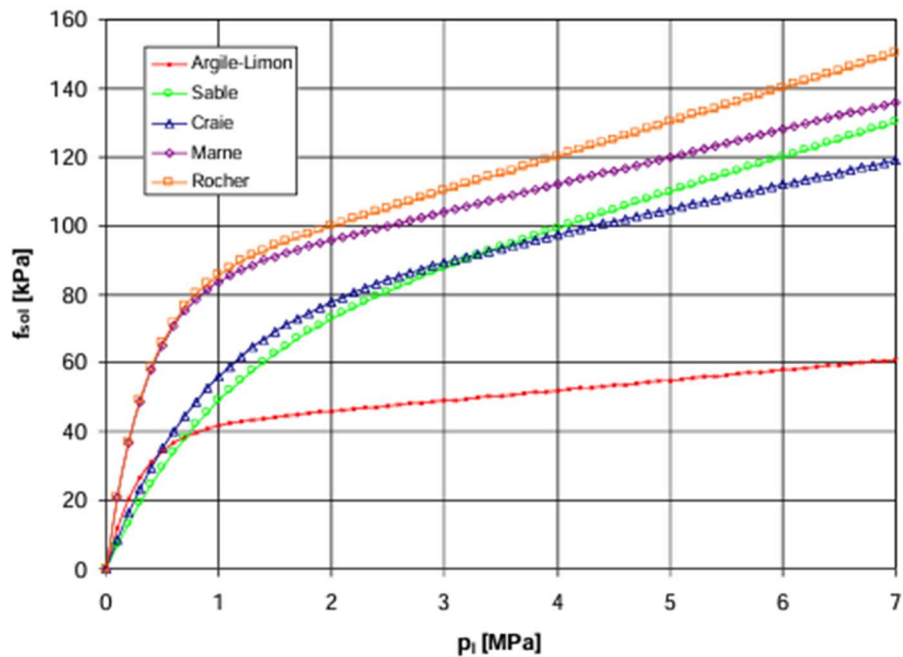


Figure 61.Courbe $f_{sol}(P_1)$.

Le tableau suivant représente les valeurs des coefficients partiels :

Tableau 22.Coefficients partiels.

Coefficient	γ_{Rd1}	γ_{Rd2}	$\beta_1 ; \beta_2$	
Valeur	1,4	1,1	ELU	ELS
			1	0,7

VI.11.4 Rupture par insuffisance de résistance interne

Cet état limite peut survenir lorsque les efforts internes dépassent la résistance maximale de la section ou de l'élément soumis à une sollicitation.

La vérification de cet état limite comprend deux étapes :

1. La détermination des efforts de calcul.
2. La vérification de leur admissibilité.

Ainsi, il y a lieu de vérifier les instabilités qui peuvent survenir dans le cas des éléments métalliques.

Les vérifications nécessaires sont les suivantes :

VI.11.4.1.1 Vérification de la résistance au cisaillement

Il convient de vérifier que la valeur de calcul de l'effort tranchant dans chaque section satisfait l'expression suivante :

$$v_{Ed} \leq v_{pl,Rd} \quad \text{Où} \quad v_{pl,Rd} = \frac{A_v \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} \quad \text{et} \quad A_v = t_w \times (h - t_f)$$

v_{Ed} : valeur de calcul de l'effort tranchant.

$v_{pl,Rd}$: valeur de calcul de la résistance plastique à l'effort tranchant pour chaque âme.

f_y : limite d'élasticité.

A_v : l'aire de cisaillement projetée pour chaque âme.

t_w : épaisseur d'aile.

γ_{M0} : coefficient de sécurité est égal à 1.

• **Vérification de la résistance au moment de flexion**

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

Où $M_{c,Rd} = \beta_B \times W_{pl} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$ si $v_{Ed} \leq 0.5 \times v_{pl,Rd}$

M_{Ed} : valeur de calcul du moment fléchissant.

$M_{c,Rd}$: valeur de calcul du moment fléchissant résistant de la section transversale.

β_B : paramètre de section de palplanche.

• **Vérification du voilement par cisaillement des ailes des palplanches**

Il convient de faire cette vérification si $\frac{c}{t_w} > 72 \times \varepsilon$

c : longueur de l'âme.

ε : paramètre de classe de section.

Si $\frac{c}{t_w} > 72 \times \varepsilon$

Il convient de déterminer la résistance au voilement par cisaillement à partir de l'expression :

$$V_{b,Rd} = \frac{(h - t_f) \times t_w \times \tau_{ba}}{\gamma_{M0}}$$

Où τ_{ba} est calculer en fonction de λ conformément au tableau suivant :

Tableau 23. Résistance au voilement par cisaillement.

λ	$\lambda \leq 0,8$	$0,8 \leq \lambda < 1,2$	$\lambda \geq 1,2$
τ_{ba}	$\frac{f_y}{\sqrt{3}}$	$[1 - 0,625(\lambda - 0,8)] \frac{f_y}{\sqrt{3}}$	$\frac{0,9 f_y}{\lambda \sqrt{3}}$

$$\lambda = 0,346 \times \frac{c}{t_w} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

τ_{ba} : résistance au voilement par cisaillement.

λ : élancement réduit de l'âme.

E : module d'élasticité d'acier.

- **Vérification du flambement lors du battage des chemises et des palplanches**

En compression la condition à vérifier est la suivante :

$$N_{Ed} < \frac{N_K}{\gamma_R}$$

N_{Ed} : la valeur de calcul de l'effort normal de compression.

N_K : résistance ultime de flambage.

γ_R : facteur de résistance est égal à 1,1.

$$N_K = K \times N_{pl}$$

K : coefficient de flambage est égal à 0,63 pour les chemises et 0,52 pour les palplanches.

N_{pl} : la valeur de calcul de la résistance plastique de la section transversale.

$$N_{pl} = A \times f_y$$

γ_R : coefficient de sécurité est égal à 1,1.

- **Vérification du flambement et du déversement des chemises métalliques en situation durable**

Le flambement et le déversement des chemises métalliques en situation durable ne sont pas vérifiés. La partie non enterrée étant non importante. De plus, le remplissage en béton armé confère à la chemise une résistance élevée vis-à-vis de ces modes d'instabilité, ce qui ne nécessite pas de justification complémentaire.

Remarque : Une perte d'épaisseur des éléments métalliques de 2,6 mm est prise en compte, due à la présence d'eau de la mer. Selon la norme d'eurocode 3 (Calcul des pieux et palplanches).

VI.12 Situation transitoire ST1

VI.12.1 Situation de calcul fondamental

VI.12.1.1 Vérification du défaut de butée

En raison de la complexité de la géométrie de la situation, les poussées limites agissant sur l'écran sont extraites à l'aide du logiciel Slide, puis appliquées manuellement dans le logiciel K-réa afin d'effectuer la vérification du défaut de butée.

La procédure de la méthode consiste à appliquer une charge triangulaire (selon la distribution sur l'écran), puis à lancer un calcul statistique permettant de déterminer cette charge à l'équilibre limite pour $F_s = 1$.

Voici le modèle de détermination de la poussée limite sur Slide :

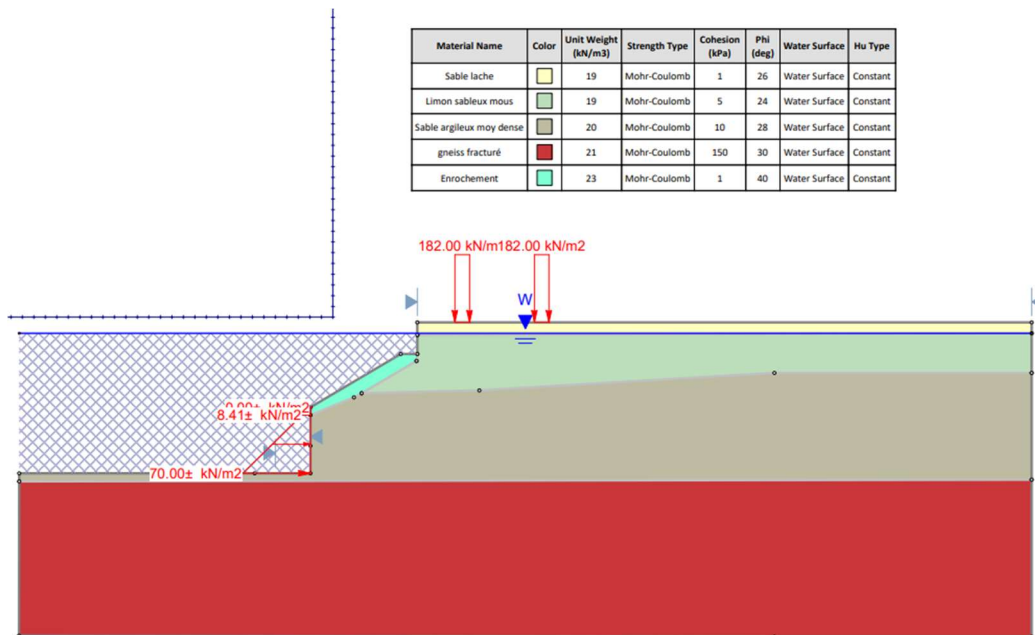


Figure 62. Modèle de détermination de la poussée limite en ST1 fondamental.

Voici la valeur de la charge correspondant à $F_s = 1$:

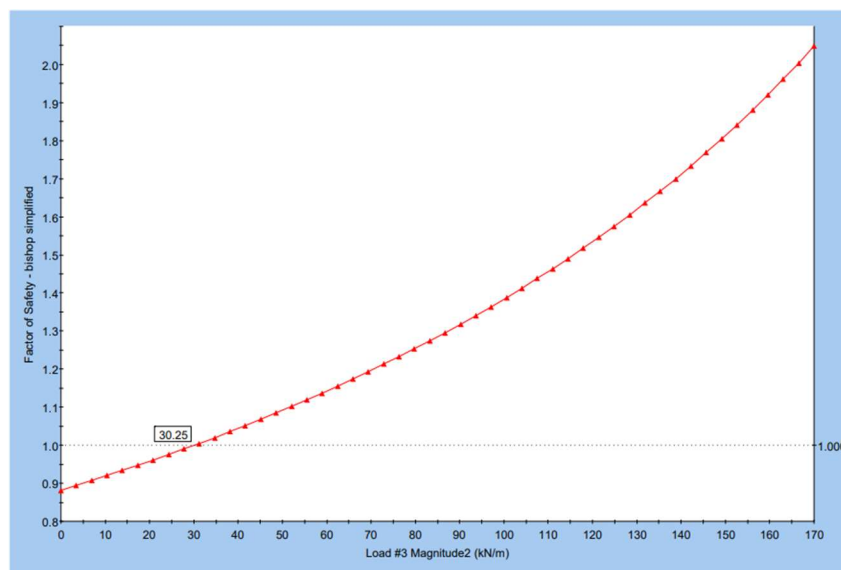


Figure 63. Courbe de F_s en fonction de l'amplitude de la charge.

Le diagramme des poussées est triangulaire, avec une amplitude de 30,25 Kn.

Le tableau suivant présente les résultats de logiciel, ainsi le détail de calcul est joint à l'annexe 01.

Tableau 24. Résultats de calcul du défaut de butée des palplanches en ST1 fondamental.

Situation	$\frac{f_b}{f_0}$	$C_{t,d}$ (Kn/m)	$C_{m,d}$ (Kn/m)	Vérification $\frac{f_b}{f_0} \geq 1.2$ $C_{t,d} \geq C_{m,d}$
ST1 fondamental	3,50	588,13	2866,51	Vérifie

Les palplanches sont sollicitées en flexion simple. Voici les résultats des efforts internes :

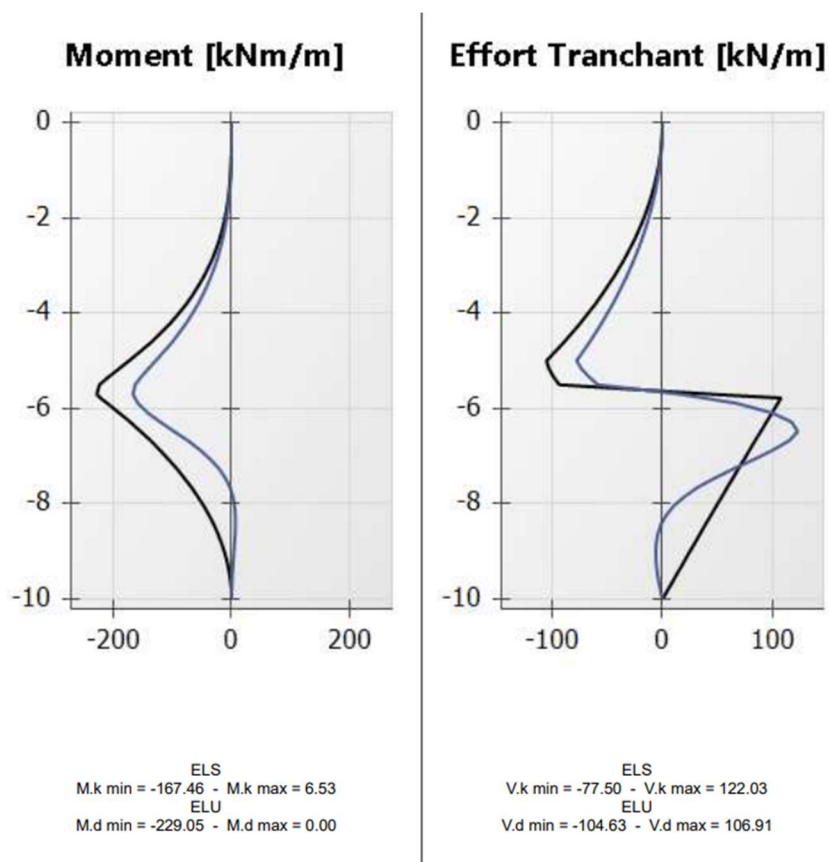


Figure 64. Diagrammes des efforts internes des palplanches en ST1 fondamental.

Voici le tableau récapitulatif des efforts internes des palplanches :

Tableau 25. Efforts interne maximaux des palplanches en ST1 fondamental.

Sollicitation à ELU	Valeur
Moment (Kn.m)	229,05
Effort tranchant (Kn)	106,91

VI.12.1.2 Vérification de la résistance interne des palplanches

- **Classification de la section**

Tableau 26. Paramètres de classification de la section.

Paramètre	Application numérique	Valeur
f_{yp}	-	355 MPa
ε	$\sqrt{\frac{235}{355}}$	0,813
$\frac{b/t_f}{\varepsilon}$	$\frac{426/12,5}{0,813}$	41,91

Donc, la section est de classe 2.

- **Vérification de la résistance au cisaillement**

Tableau 27. Paramètres de vérification de la résistance au cisaillement.

Paramètre	Application numérique	Valeur
A_v	$7,4 \times (472,4 - 9,9)$	3422,5 mm²
$v_{pl,Rd}$	$\frac{3422,5 \times 355}{\sqrt{3} \times 1}$	701 KN
v_{Ed}	-	106,91 KN

$$106,91 \text{ Kn} < 701 \text{ KN}$$

Donc, la résistance au cisaillement est vérifiée.

- **Vérification de la résistance au moment de flexion**

Tableau 28. Paramètres de vérification de la résistance au moment de flexion.

Paramètre	Application numérique	Valeur
v_{Ed}	-	106,91 Kn
$0,5 \times v_{pl,Rd}$	$0,5 \times 701$	350,5 Kn
$106,91 \text{ Kn} \leq 350,5 \text{ Kn}$		
$M_{c,Rd}$	$1 \times 2890 \times \frac{355}{1}$	1025,51 Kn.m
M_{Ed}	-	229,05 Kn.m

$$229,05 \leq 1025,51$$

La résistance au moment de flexion est vérifiée.

- **Vérification du voilement par cisaillement des ailes des palplanches**

Il convient de faire cette vérification si $\frac{c}{t_w} > 72 \times \varepsilon$

Tableau 29. Paramètres de vérification du voilement par cisaillement des ailes des palplanches.

Paramètre	Application numérique	Valeur
c	$\frac{472,4 - 9,9}{\sin(52,9)}$	579,87
$\frac{c}{t_w}$	$\frac{579,87}{7,4}$	78,36
$72 \times \varepsilon$	$72 \times 0,813$	58,53

$$78,36 > 58,53$$

Donc, il est nécessaire de faire la vérification.

Tableau 30. Paramètres de vérification du voilement par cisaillement des ailes des palplanches.

Paramètre	Application numérique	Valeur
λ	$0,346 \times \frac{579,87}{7,4} \times \sqrt{\frac{355}{200 \times 10^3}}$	1,14
τ_{ba}	$[1 - 0,625(1,14 - 0,8)] \frac{355}{\sqrt{3}}$	161,4 MPa
$V_{b,Rd}$	$\frac{(472,4 - 9,9) \times 7,4 \times 161,4}{1} \times 10^{-3}$	522,39 Kn

$$106,91 \text{ KN} < 522,39 \text{ Kn}$$

Donc, le voilement par cisaillement des ailes des palplanches est vérifié.

- **Vérification du flambement lors du battage des palplanches**

Tableau 31. Paramètres de vérification du flambement des palplanches.

Paramètre	Application numérique	Valeur
N_{Ed}	-	1500 Kn
K	-	0,52
N_{pl}	$13060 \times 355 \times 10^{-3}$	4636,3 Kn
N_K	$4636,3 \times 0,52$	2410,87 Kn
$\frac{N_K}{\gamma_R}$	$\frac{2410,87}{1,1}$	2191,7 Kn

$$2191,7 \text{ Kn} > 1500 \text{ Kn}$$

Donc, le non flambement des palplanches est vérifié.

VI.12.1.3 Vérifications de la stabilité générale du site

Le site est stable avec un coefficient de sécurité de 6,95, la stabilité générale dans cette situation est vérifiée.

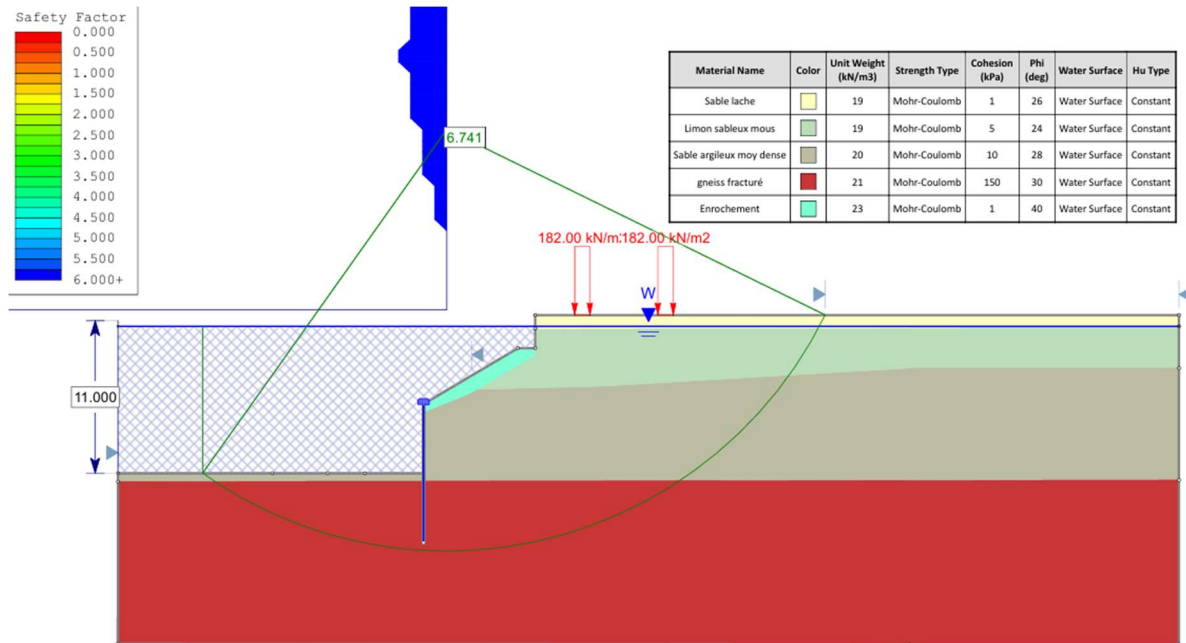


Figure 65. Résultats de la stabilité générale du site en ST1 fondamental.

Le calcul détaillé est joint dans l'annexe 02.

VI.12.2 Situation de calcul sismique

VI.12.2.1 Vérification du défaut de butée

En raison de la complexité de la géométrie de la situation, les poussées limites agissant sur l'écran sont extraites à l'aide du logiciel Slide, puis appliquées manuellement dans le logiciel K-réa afin d'effectuer la vérification du défaut de butée.

La procédure de la méthode consiste à appliquer une charge triangulaire (selon la distribution sur l'écran), puis à lancer un calcul statistique permettant de déterminer cette charge à l'équilibre limite pour $F_s = 1$.

Voici le modèle de détermination de la poussée limite sur slide :

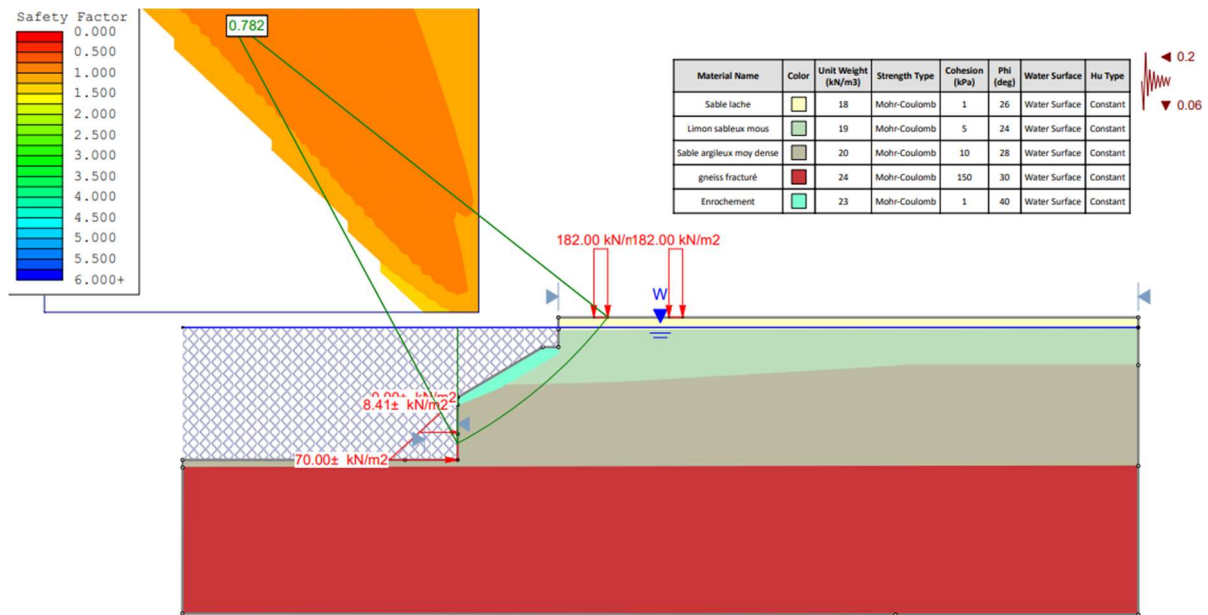


Figure 66. Modèle de détermination de la poussée limite en ST1 sismique.

Voici la valeur de la charge correspondant à $F_s = 1$:

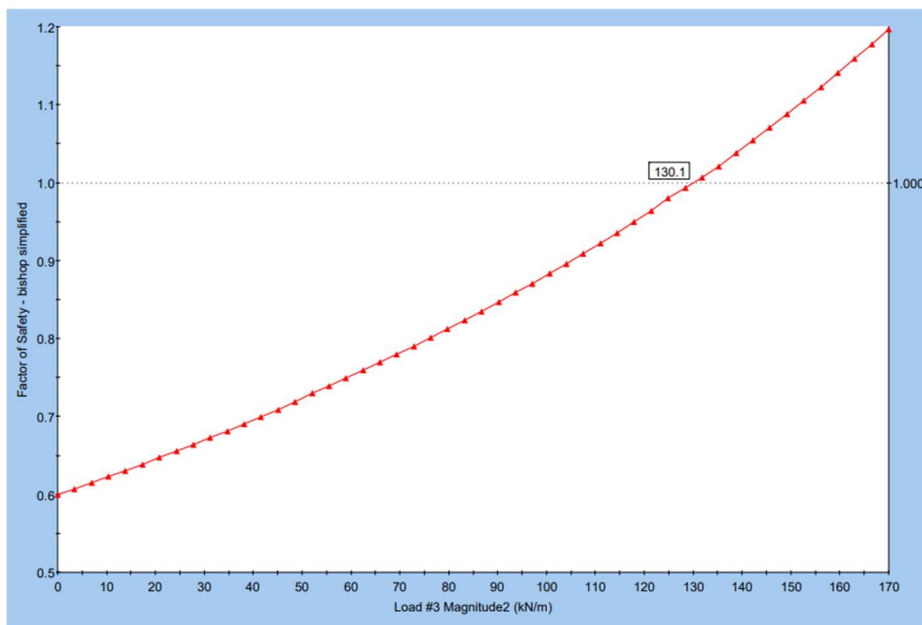


Figure 67. Courbe de F_s en fonction de l'amplitude de la charge.

Le diagramme des poussées est triangulaire, avec une amplitude de 130,1 Kn.

Les effets hydrodynamiques pouvant se développer dans les niveaux où la nappe est considérée comme « libre » sous séisme (en l'absence de terrain ou en terrain perméable) sont calculés à l'aide de la formule suivante :

$$P_w = \frac{7}{8} \times K_h \times \gamma_w \times \sqrt{H_w} \quad \text{D'où } H_w : \text{Profondeur du point du calcul sous la nappe phréatique.}$$

Le schéma ci-dessous illustre la mobilisation de la pression hydrodynamique agissant sur l'écran :

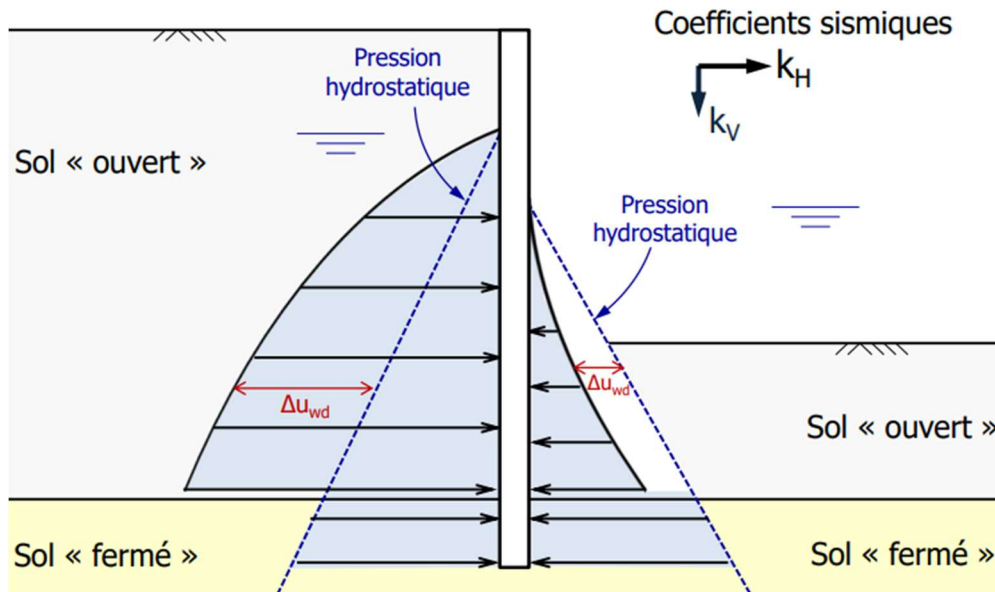


Figure 68.Schéma représentatif de la pression hydrodynamique.

D'où les valeurs de la pression hydrodynamique sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 32.Valeurs de la préssion hydrodynamique.

Profondeur (m)	Pression hydrodynamique (Kn/m)
-0	0
-1	4,37
-2	6,18
-3	7,57
-4	8,75
-5	9,78
-6	10,71
-7	11,57
-8	12,37
-9	13,12
-10	13,83
-11	14,51
-12	15,15

Alors, La pression agissant sur l'écran est triangulaire, avec une amplitude de 144,61 Kn/m.

Le tableau suivant présente les résultats issus du logiciel. Ainsi, le détail des calculs est joint en annexe 01.

Tableau 33. Résultats de calcul du défaut de butée des palplanches en ST1 sismique.

Situation	$\frac{f_b}{f_0}$	$C_{t;d}$ (Kn/m)	$C_{m;d}$ (Kn/m)	Vérification $\frac{f_b}{f_0} \geq 1,2$ $C_{t;d} \geq C_{m;d}$
ST1 sismique	1,67	1365,64	2039,87	Vérifie

Les palplanches sont sollicitées en flexion simple. Ainsi, les résultats des efforts internes sont présentés ci-dessous :

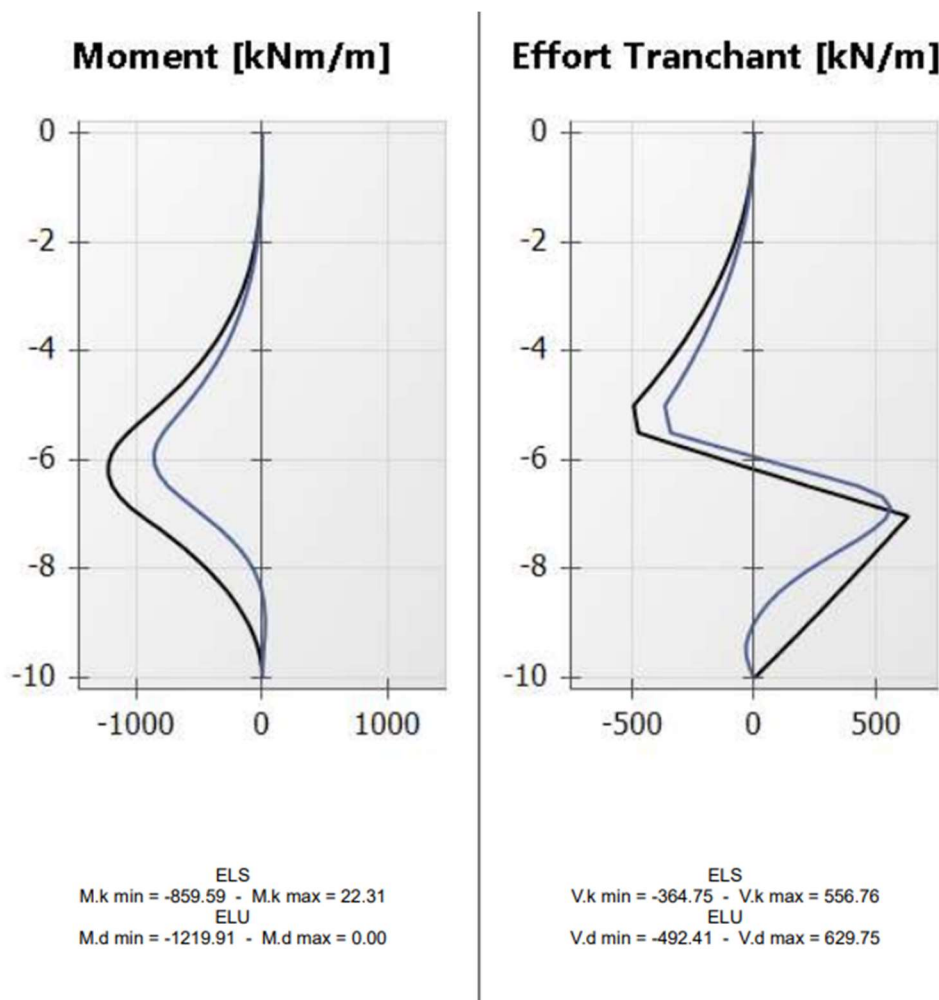


Figure 69. Diagrammes des efforts internes des palplanches en ST1 sismique.

Voici le tableau récapitulatif des efforts internes des palplanches :

Tableau 34. Efforts internes maximaux des palplanches en ST1 sismique.

Sollicitation à ELU	Valeur
Moment (Kn.m)	1219,91
Effort tranchant (Kn)	629,75

VI.12.2.2 Vérification de la résistance interne des palplanches

- Vérification de la résistance au cisaillement

Tableau 35. Paramètres de vérification de la résistance au cisaillement.

paramètre	Application numérique	Valeur
A_v	$7,4 \times (472,4 - 9,9)$	$3422,5 \text{ mm}^2$
$v_{pl,Rd}$	$\frac{3422,5 \times 480}{\sqrt{3} \times 1}$	948 Kn
V_{Ed}	-	629,75 Kn

$$629,75 \text{ Kn} < 948 \text{ Kn}$$

La résistance au cisaillement des palplanches est vérifiée.

- Vérification de la résistance au moment de flexion

Tableau 36. Paramètres de vérification de la résistance au moment de flexion.

Paramètre	Application numérique	Valeur
V_{Ed}	-	629,75 Kn
$0,5 \times v_{pl,Rd}$	$0,5 \times 948$	474 Kn
474 Kn < 629,75 Kn		
$M_{c,Rd}$	$1 \times 2890 \times \frac{480}{1}$	1387,2 Kn. m
M_{Ed}	-	1219,91 Kn. m

$$1219,91 \text{ Kn. m} < 1387,2 \text{ Kn. m}$$

Donc, la résistance au moment de flexion est vérifiée.

- Vérification du voilement par cisaillement des ailes des palplanches

Tableau 37. Paramètres de vérification du voilement par cisaillement des ailes des palplanches.

Paramètre	Application numérique	Valeur
λ	$0,346 \times \frac{579,87}{7,4} \times \sqrt{\frac{480}{200 \times 10^3}}$	1,33
τ_{ba}	$\frac{0,9}{1,33} \times \frac{480}{\sqrt{3}}$	188 MPa
$V_{b,Rd}$	$\frac{(472,4 - 9,9) \times 7,4 \times 188}{1} \times 10^{-3}$	643,43 Kn

$$643,43 \text{ Kn} > 629,75 \text{ Kn}$$

Donc, le non voilement par cisaillement des ailes des palplanches est vérifié.

VI.12.2.3 Vérification de la stabilité générale du site

Suite à l'introduction des coefficients sismiques K_h et K_v , l'analyse de la stabilité générale conduit à un coefficient de sécurité égal à 3,39. Le détail des calculs est joint en annexe 02.

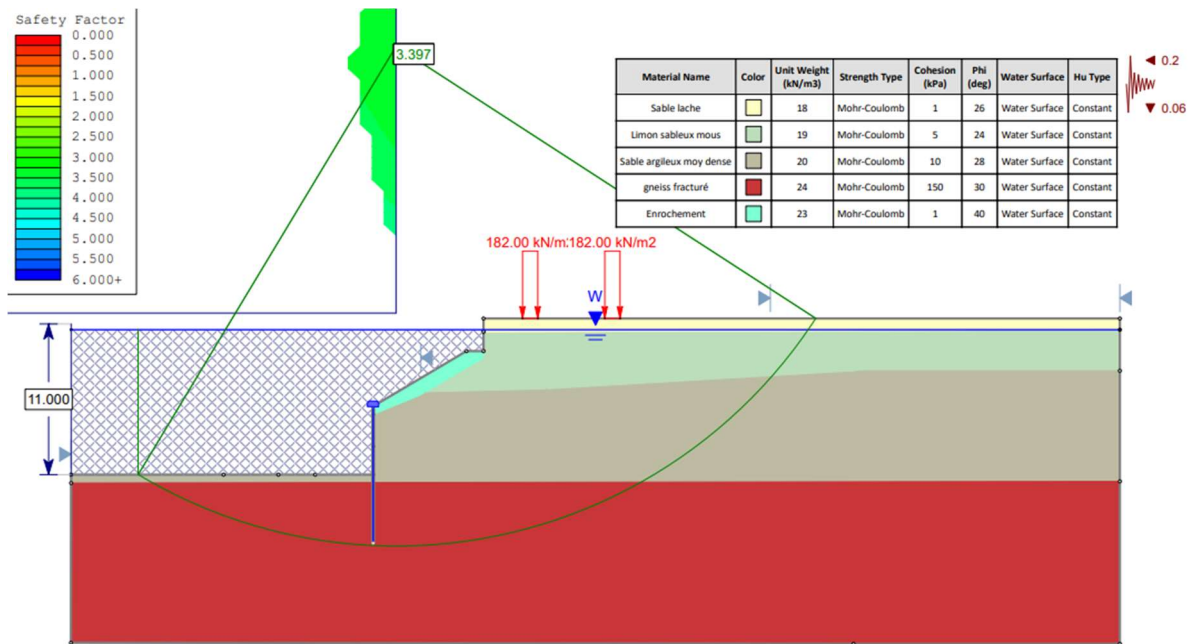


Figure 70. Résultats de la stabilité générale du site en ST1 sismique.

VI.13 Situation transitoire ST2

VI.13.1 Situation de calcul fondamental

VI.13.1.1 Vérification du défaut de butée

Les deux files des pieux sont encastrées au rocher à une profondeur de -15 m NGA .Ainsi la premier ligne de pieux est modélisée dans logiciel K-réa en mentionnant une inertie équivalente à celle de l'écran composite.

Vu que la géométrie de cette situation n'est pas compliquée, le logiciel K-réa peut la maîtriser. En affectant les charges de chantier sur la surface du terre-plein et en prenant en compte l'effet de marnage de 0,3 m majoré à une valeur de 0,45 m. Le détail des calculs est présenté dans l'annexe 01, Ainsi Le tableau suivant illustre les résultats obtenus :

Tableau 38. Résultats de calcul du défaut de butée de l'écran composite en ST2 fondamental.

Situation	$\frac{f_b}{f_0}$	$C_{t;d}$ (Kn/m)	$C_{m;d}$ (Kn/m)	Vérification $\frac{f_b}{f_0} \geq 1,2$ $C_{t;d} \geq C_{m;d}$
ST2 fondamental	1,51	518,13	2299,69	Vérifie

L'écran composite est sollicité en flexion simple. Voici les résultats des efforts internes :

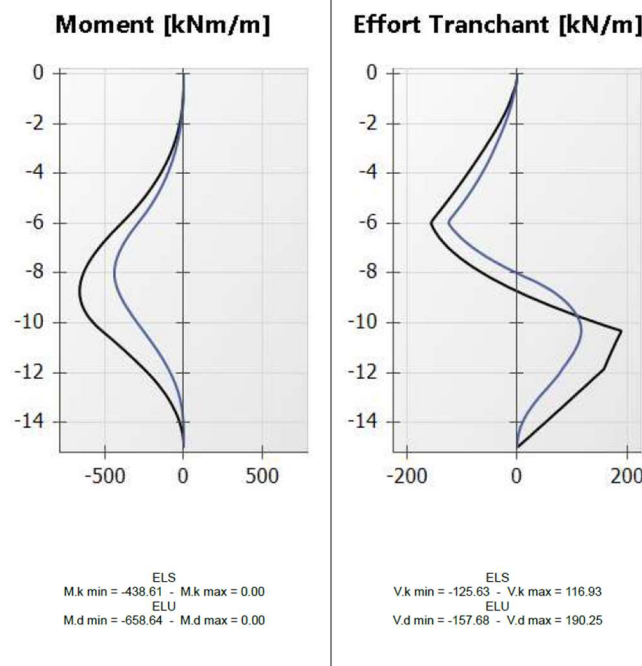


Figure 71. Diagrammes des efforts internes de l'écran composite en ST2 fondamental.

Voici le tableau récapitulatif des efforts internes de l'écran composite :

Tableau 39. Efforts internes maximaux de l'écran composite en ST2 fondamental.

Sollicitation à ELU	Valeur
Moment (Kn.m)	658,64
Effort tranchant (Kn)	190,25

VI.13.1.2 Vérification de la résistance interne des chemises

- **Vérification de la résistance au cisaillement**

Tableau 40. Paramètres de la vérification du cisaillement des chemises.

Paramètre	Application numérique	Valeur
A_v	$\pi \times 1219 \times 22,8$	87270 mm²
$V_{pl,Rd}$	$\frac{87270 \times 460}{\sqrt{3}}$	23177 Kn
V_{Ed}	-	190,25 Kn

$$190,25 \text{ Kn} < 23177 \text{ Kn}$$

Donc, la résistance au cisaillement est vérifiée.

- **Vérification de la résistance au moment de flexion**

Tableau 41. Paramètres de la vérification du moment de flexion des chemises.

Paramètre	Application numérique	Valeur
V_{Ed}	-	190,25 Kn
$0,5 \times v_{pl,Rd}$	$0,5 \times 23177$	11588,5 Kn
190,25 Kn < 11588,5 Kn		
$M_{c,Rd}$	$26101 \times \frac{480}{1} \times 10^{-3}$	12528 Kn.m
M_{Ed}	-	658,64 Kn.m

$$658,64 \text{ Kn.m} < 12528 \text{ Kn.m}$$

La résistance au moment de flexion est vérifiée.

- **Vérification du flambement lors du battage des chemises**

Tableau 42. Paramètres de la vérification du flambement des chemises.

Paramètre	Application numérique	Valeur
N_{Ed}	-	1500 Kn
K	-	0,63
N_{pl}	$43227 \times 460 \times 10^{-3}$	19884 Kn
N_K	$19884 \times 0,63$	12526,92 Kn
$\frac{N_K}{\gamma_R}$	$\frac{12526,92}{1,1}$	11388,1 Kn

$$1500 \text{ Kn} < 11388,1 \text{ Kn}$$

Le non flambement des chemises lors du battage est vérifié.

VI.13.1.3 Vérification de la stabilité générale du site

Le site est stable avec un coefficient de sécurité de 4,53, La stabilité générale du site dans cette situation est vérifiée.

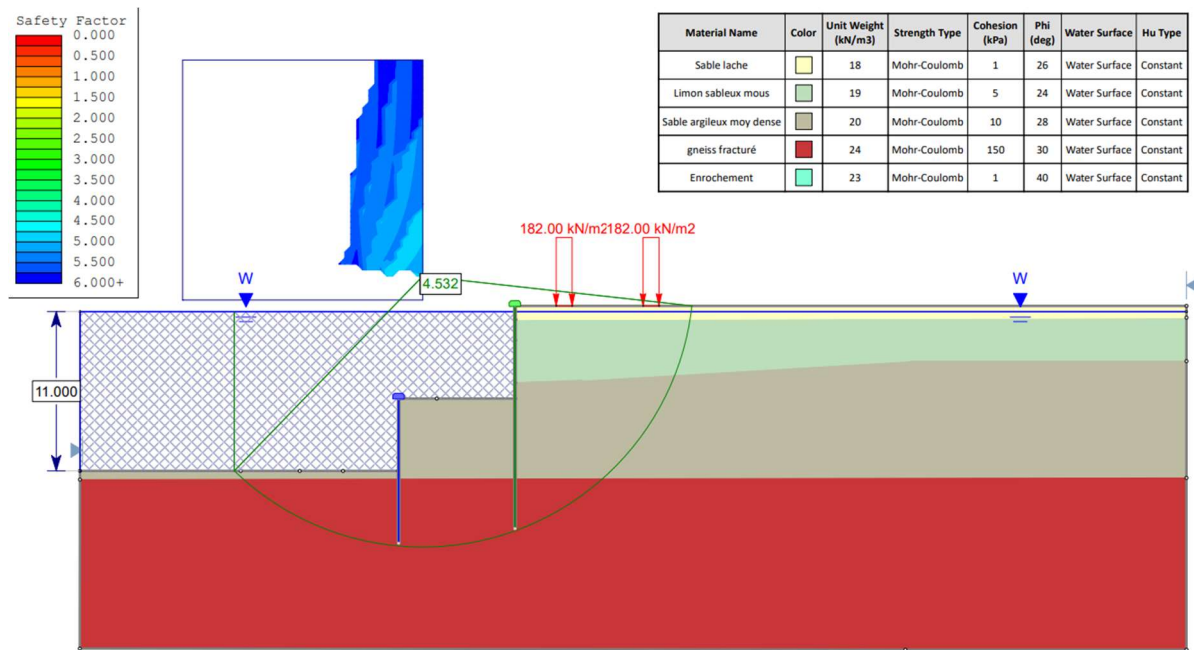


Figure 72. Résultats de la stabilité générale en ST2 fondamental.

Le calcul détaillé est joint dans l'annexe 02.

VI.13.2 Situation de calcul sismique

VI.13.2.1 Vérification du défaut de butée

Cette vérification est similaire à la précédente, en intégrant uniquement les coefficients K_h et K_v . La poussée hydrodynamique et les poussées actives dynamiques du sol sont calculées automatiquement avec le logiciel.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessus. Ainsi les détails de calcul sont présentés dans l'annexe 01.

Tableau 43. Résultats de calcul du défaut de butée de l'écran composite en ST2 sismique.

Situation	$\frac{f_b}{f_0}$	$C_{t;d}$ (Kn/m)	$C_{m;d}$ (Kn/m)	Vérification $\frac{f_b}{f_0} \geq 1,2$ $C_{t;d} \geq C_{m;d}$
ST2 fondamental	1,8	359,32	2400,31	Vérifie

L'écran composite est sollicité en flexion simple, ainsi, voici les résultats des efforts internes :

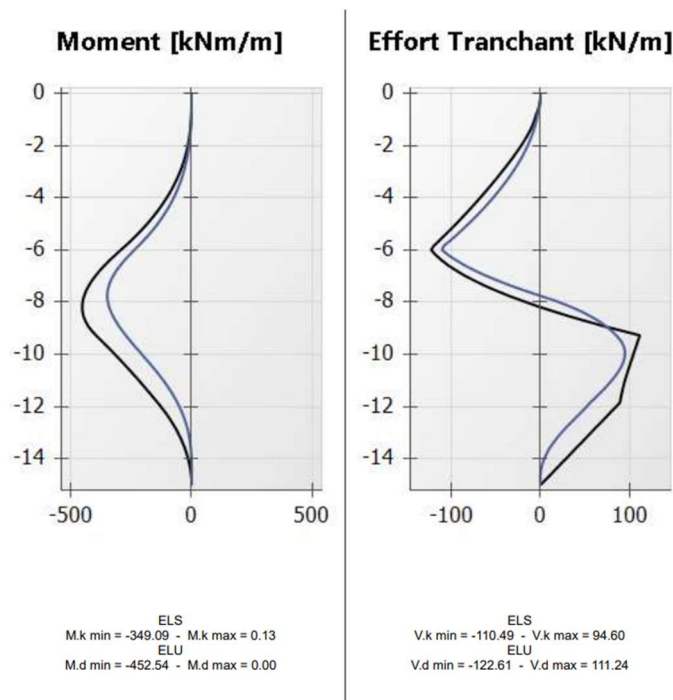


Figure 73. Résultats des efforts interne de l'écran composite en ST2 sismique.

Voici le tableau récapitulatif des efforts internes de l'écran composite :

Tableau 44. Efforts internes maximaux de l'écran composite en ST2 sismique.

Sollicitation à ELU	Valeur
Moment (Kn.m)	1219,91
Effort tranchant (Kn)	629,75

VI.13.2.2 Vérification de la résistance interne des chemises

- **Vérification de la résistance au cisaillement**

Tableau 45. Paramètres de vérification du cisaillement des chemises.

Paramètre	Application numérique	Valeur
A_v	$\pi \times 1219 \times 22,8$	87270 mm²
$V_{pl,Rd}$	$\frac{87270 \times 530}{\sqrt{3}} \times 10^{-3}$	26704 Kn
V_{Ed}	-	629,75 Kn

$$190,25 \text{ Kn} < 23177 \text{ Kn}$$

Donc, la résistance au cisaillement est vérifiée.

- **Vérification de la résistance au moment de flexion**

Tableau 46. Paramètres de vérification du moment de flexion des chemises.

Paramètre	Application numérique	Valeur
V_{Ed}	-	629,75 Kn
$0,5 \times V_{pl,Rd}$	$0,5 \times 26704$	13352 Kn
629,25 Kn < 11588,5 Kn		
$M_{c,Rd}$	$26101 \times \frac{530}{1} \times 10^{-3}$	13830 Kn. m
M_{Ed}	-	1219,91 Kn. m

$$1219,91 \text{ Kn. m} < 13830 \text{ Kn. m}$$

La résistance au moment de flexion est vérifiée.

VI.13.2.3 Vérification de la stabilité générale du site

Suite à l'introduction des coefficients sismiques K_h et K_v , l'analyse de la stabilité générale conduit à un coefficient de sécurité égal à 2,7. Le détail des calculs est joint en annexe 02.

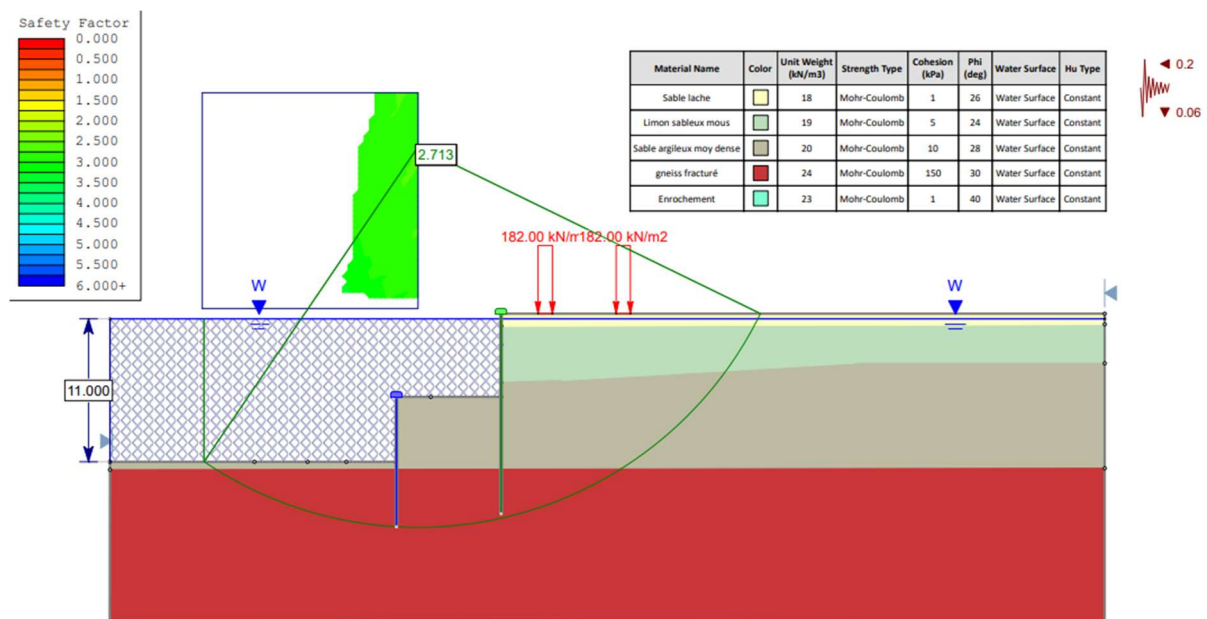


Figure 74. Résultats de la stabilité générale du site en ST2 sismique.

VI.14 Situation durable SD

VI.14.1 Vérification de la stabilité générale du site

VI.14.1.1 Situation de calcul fondamental

Dans cette phase l'ouvrage est achevé avec la présence de toutes les charges portuaires. Ainsi, Le site est stable avec un coefficient de sécurité de 4,86, donc la stabilité générale du site dans cette situation est vérifiée, d'où le détail de calcul est joint dans l'annexe 02.

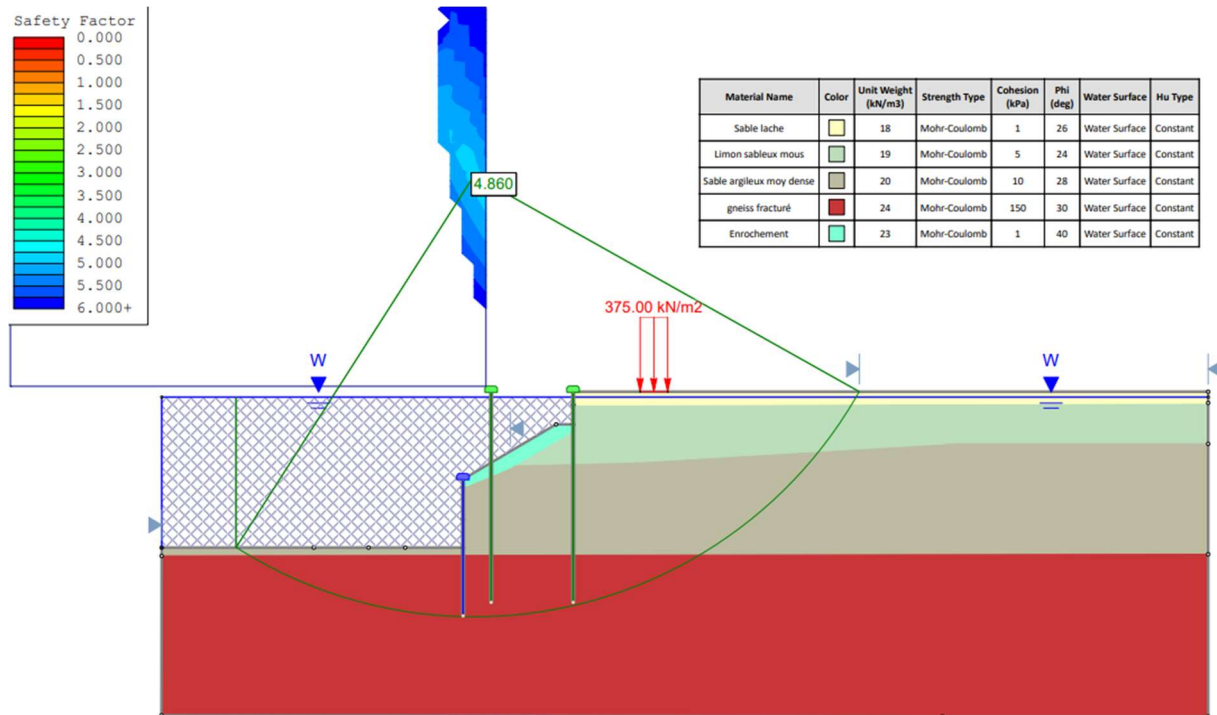


Figure 75. Résultats de la stabilité générale du site en SD fondamental.

VI.14.1.2 Situation de calcul sismique

Suite à l'introduction des coefficients sismiques K_h et K_v , l'analyse de la stabilité générale conduit à un coefficient de sécurité égal à 2,32. Le détail des calculs est joint en annexe 02.

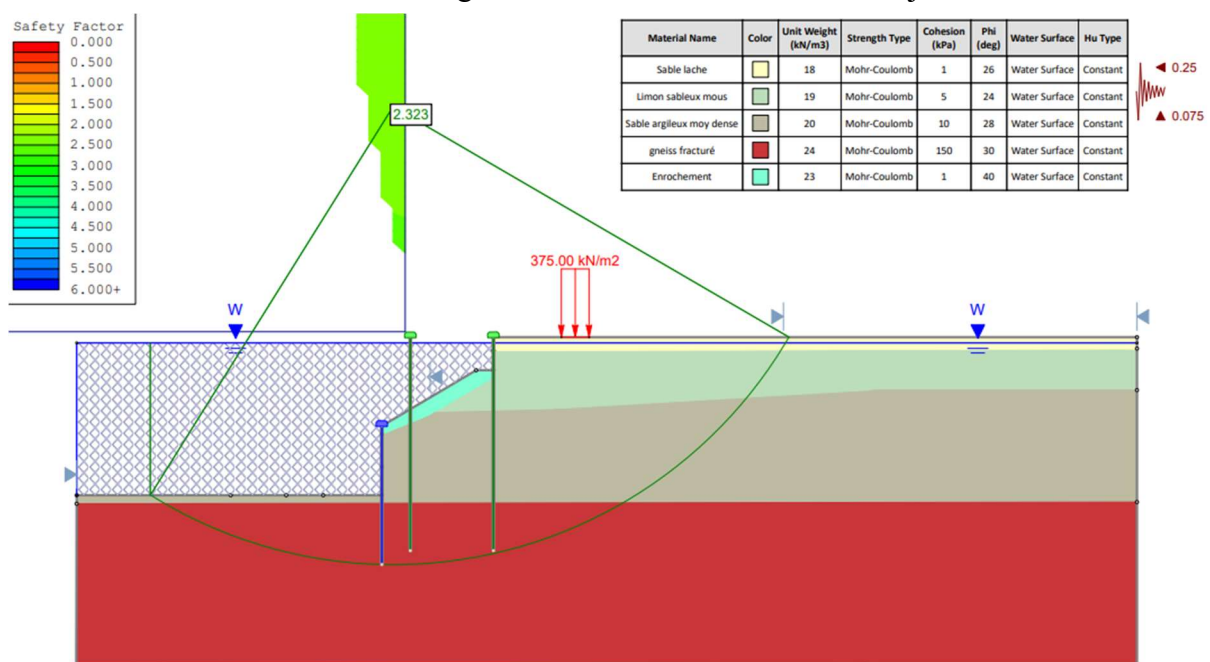


Figure 76. Résultats de la stabilité générale du site en SD sismique.

VI.14.2 Structure du quai

VI.14.2.1 Présentation de modèle du calcul

La structure du quai est constituée d'une dalle en béton armé de 1 m d'épaisseur et des pieux de diamètres 1,2 m, encastré au rocher a une profondeur de -15 m NGA. Cette structure est modélisée avec le logiciel Robot Structurel Analysis en utilisant l'élément coque.

Le but de cette modélisation est de déterminer les efforts internes des éléments structuraux sous les sollicitations dans la situation durable, afin de déduire le ferrailage. Également, de vérifier la stabilité de l'ouvrage vis-à-vis les charges horizontales (Amarrage, Poussée, Séisme).

Les pieux sont définis par un élément poteau, la dalle par un élément coque.

Les appuis des pieux sont modélisés comme des appuis simples rigides, due à leur encastrement sur la roche.

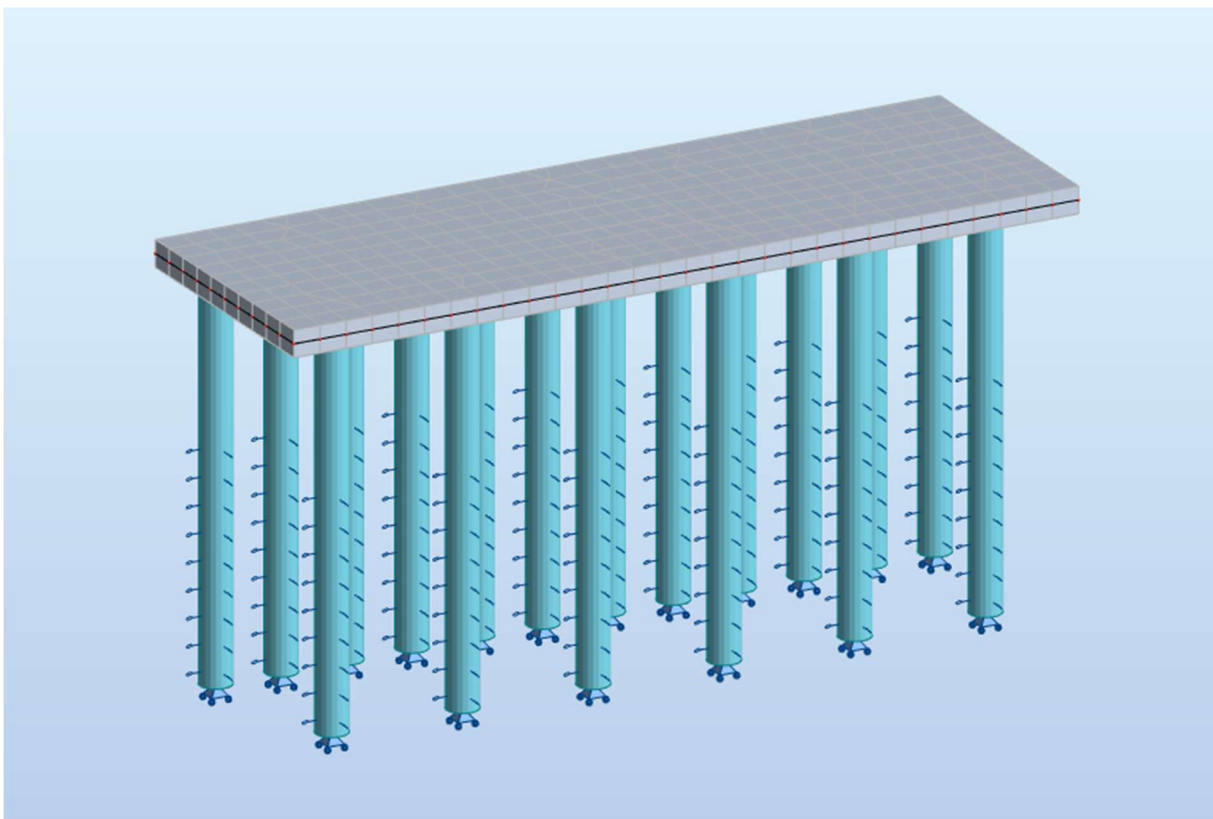


Figure 77. Modèle du quai.

VI.14.2.2 Interaction sol-structure

L'interaction sol-structure est simulée a des ressorts élastoplastiques parfaits, les coefficients de réactions K_h et K_f sont calculés distinctement pour chaque ligne de pieux due à la différence de loi de comportement.

- 1^{er} ligne : écran de soutènement (calcul établie selon la norme N-FP 94-282).
- 2^{ème} ligne : fondations profondes (calcul établie selon la norme N-FP 94-262).

Ces ressorts incluent une partie élastique linéaire et un plateau correspondant à l'effort de butée mobilisable P_b ou à la pression de fluage P_f , les courbes de réaction sont présentées ci-dessous :

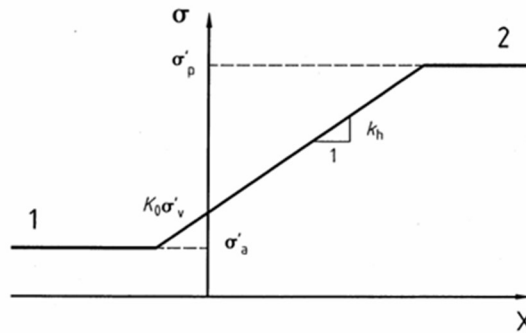


Figure 79. Courbe de la réaction d'un écran de soutènement.

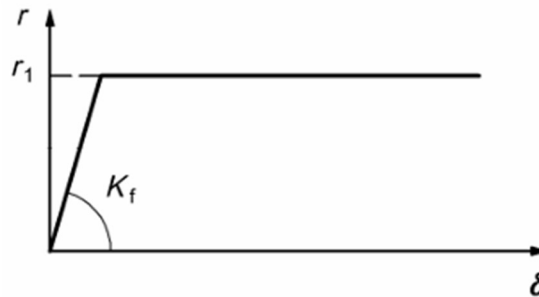


Figure 78. Courbe de réaction d'une fondation profonde.

Voici les expressions de calcul de K_h et K_f :

$$K_h = 2,1 \times \left(\frac{\left(\frac{E_M}{\alpha} \right)^{4/3}}{\left(\frac{E \times I}{e_h} \right)^{1/3}} \right) \quad \text{D'après la méthode de Schmitt.}$$

$$K_f = \frac{12 \times E_M}{\frac{4}{3} \times [2,65]^\alpha + \alpha}$$

$E \times I$: produit du module d'Young E par l'inertie I de l'écran.

E_M : module pressiométrique du sol.

α : coefficient rhéologique du sol.

e_h : l'espacement des pieux (2,5 m)

Voici le tableau qui représente les valeurs de K_h et K_f pour chaque sol :

Tableau 47.Valeurs de coefficient de réaction K_h .

Sol	E_M (KPa)	α	$E \times I / e_h$ (Kn.m ² /m)	K_h (Kn/m ² .m)
Samd	25000	0,333	814300,81	71223,3
Gf	100 000	0,333	814300,81	452 237,7

Tableau 48.Valeurs de coefficient de réaction K_f .

Sol	E_M (KPa)	α	K_f (Kn/m ² .m)
Samd	25000	0,333	60257,62
Gf	100000	0,333	241030,48

La butée mobilisable est calculée en prenant en compte un effet d'épanouissement est égale à $3 \times$ Diamètre et un coefficient de sécurité de $\gamma_R = 1,4$, comme recommandé par la norme NF-FP 94-282. Ainsi, Le coefficient de poussée passive K_p est calculé avec la formule de Rankine :

$$K_p = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{4}\right)$$

En raison de la poussée du sol au repos appliquée en aval de l'ouvrage, cela influence la valeur maximale de P_b . D'où, la valeur de K_0 est réduite de K_p .

Les valeurs de P_b sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 49.Valeurs de butée mobilisable.

Sol	γ'	φ'	K_p	Z (m)	P_b (Kn/m)	P_b (Kn)
Samd	10	28,0	2,3	-6	0	0
Samd	10	28,0	2,3	-8	45,39	116,73
Samd	10	28,0	2,3	-10	90,79	233,46
Samd	10	28,0	2,3	-12	136,18	350,20
Gf	11	30,0	2,5	-14	55	141,42
Gf	11	30,0	2,5	-15	82,5	212,14

Les valeurs de P_f sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 50.Valeurs de pression de fluage.

Sol	P_f (KPa)
Samd	666,67
Gf	3000

VI.14.2.3 Charges et surcharges

VI.14.2.3.1 Pression du sol

Due à l'espacement des pieux supérieurs à $1,3 \times$ Diamètre, l'écran n'est pas supposé continu. Due à ça, une correction sur la poussée est nécessaire pour chaque côté de l'écran.

Pour un élément isolé, nous avons une mobilisation de la poussée sur une largeur L_a supérieure ou égale au diamètre D de chaque élément.

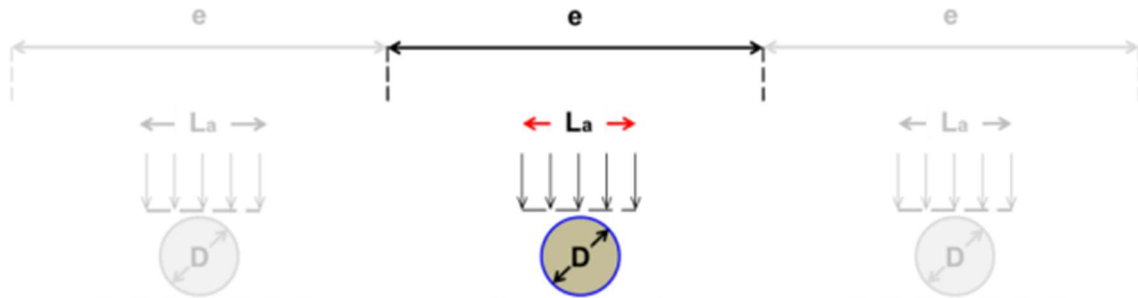


Figure 81. Ecran discontinue avec une poussée mobilisée sur L_a .

La valeur de poussée est la suivante :

$$P_{a,réduite} = \frac{L_a}{e} \times P_a$$

La norme NF P 94-282 recommande ce qui suit :

$L_a = 3 \times D$ pour un sol frottant et cohérent.

$$\text{D'où } 3 \times D = 3,6 \text{ m} \quad \text{et} \quad \frac{L_a}{e} = \frac{3,6}{2,5} = 1,44$$

La notion précédente est utilisée pour le calcul de la poussée du sol, les calculs sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau 51. Valeurs de poussée limite et réduite sur la 1ère ligne de pieux.

Sol	γ' (Kn/m ³)	φ (°)	k_0	Z (m)	Poussée limite (Kn/m)	Poussée réduite (Kn)
Sl	9	26	0,5	0	0	0
Sl	9	26	0,5	-1	4,5	6,48
Slm	9	24	0,5	-6	27	38,88
Samd	10	28	0,5	-12	57	82,08
Gf	11	30	0,5	-15	73,5	105,84

Calcul de poussée du sol au repos en aval de l'écran :

Tableau 52. Valeurs de poussée au repos en aval sur la 1ère ligne de pieux.

Sol	γ' (Kn/m ³)	K_0	Z (m)	Poussée limite (Kn/m)	Poussée réduite (Kn)
Samd	10	0,5	-6	0	0
Samd	10	0,5	-12	30	43,2
Gf	11	0,5	-15	46,5	66,96

La poussée du sol sur la deuxième ligne de pieux agit uniquement sur leur diamètre, voici le tableau des valeurs de poussée :

Tableau 53.Valeurs de poussée au repos sur la 2ème ligne de pieux.

Sol	γ' (Kn/m ³)	k0	Z (m)	Poussée limite (Kn/m)	Poussée limite (Kn)
Samd	10	0,5	-6	0	0
Samd	10	0,5	-12	30	36
Gf	11	0,5	-15	46,5	55,8

VI.14.2.3.2 Pression du sol due à la surcharge GM

Lorsqu'une pression uniforme q est exercée sur une bande de terrain de largeur B, située à une distance d d'un écran, on considère que la répartition des contraintes horizontales transmises à l'écran adopte une forme trapézoïdale ou triangulaire. Cette répartition s'étend sur la hauteur de l'écran comprise entre la cote Z₁, correspondant au pied du prisme d'éboulement d'inclinaison ϕ' , et la cote Z₄, correspondant au pied du prisme de rupture incliné selon $= \frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2}$.

La contrainte horizontale maximale appliquée sur l'écran s'exprime alors par la relation suivante :

$$\sigma_{aq,max} = K_{aq} \times q$$

Où

K_{aq} est le coefficient de poussée normale à l'écran, pour une charge uniforme.

q est la contrainte uniforme appliquée sur la surface du terrain.

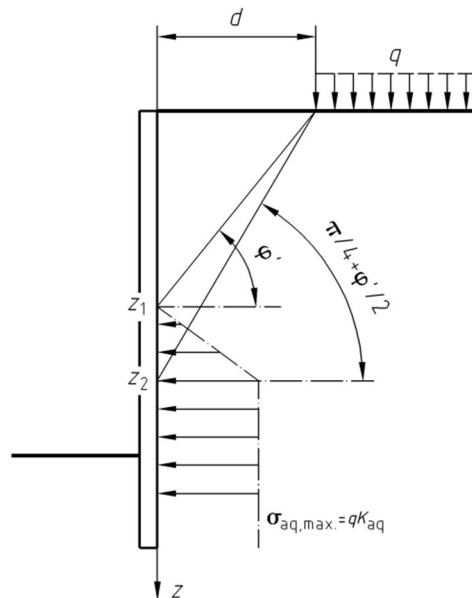


Figure 82.Charge uniforme d'une distance d d'un écran de soutènement.

La distribution est trapézoïdale lorsque Z_2 est inférieure à Z_3 et triangulaire dans le cas contraire, d'où :

$$Z_1 = d \times \tan(\varphi') \quad \text{D'où} \quad Z_1 = 2,18 \text{ m}$$

$$Z_2 = d \times \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2}\right) \quad \text{D'où} \quad Z_2 = 7,54 \text{ m}$$

$$Z_3 = (B + d) \times \tan(\varphi') \quad \text{D'où} \quad Z_3 = 3,07 \text{ m}$$

$$Z_4 = (B + d) \times \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2}\right) \quad \text{D'où} \quad Z_4 = 10,62 \text{ m}$$

d est la distance entre l'écran et le bord de la bande chargée.

B est largeur de la bande de terrain chargée.

φ' est l'angle de frottement interne du terrain.

Z_3 est inférieure à Z_2 donc la distribution est triangulaire, d'où :

$$\sigma_{max} = \frac{2 \times B \times q}{Z_4 - Z_1} \times \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2}\right) \times 1,44 \quad \text{d'où} \quad \sigma_{max} = 26,26 \text{ t}$$

Lorsque la contrainte horizontale maximale dépasse la valeur de $K_{aq} \times q$, il convient de la limiter à ce niveau. Par conséquent, la zone sur laquelle cette contrainte est appliquée doit être étendue depuis la cote Z_3 jusqu'à une nouvelle cote Z'_3 , de manière à conserver la même valeur constante de $K_{aq} \times q$ sur cette plage. D'où :

$$K_{aq} = 0,42 \quad \text{et} \quad \sigma_{aq,max} = K_{aq} \times q \times 1,44 \quad \text{D'où} \quad \sigma_{aq,max} = 15,18 \text{ t}$$

$$\sigma_{max} = 26,26 \text{ t} > \sigma_{aq,max} = 15,18 \text{ t} \quad \text{Donc} \quad \sigma_{max} = 15,18 \text{ t}$$

$$Z'_3 = \frac{2 \times B}{K_a} \times \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2}\right) + Z_1 + Z_2 - Z_4 \quad \text{D'où} \quad Z'_3 = 8,58 \text{ m}$$

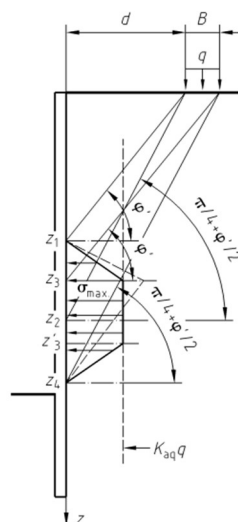


Figure 83. Distribution de la poussée dans le cas $z_2 > z_3$ et $\sigma_{max} > K_{aq}$.

VI.14.2.3.3 Pression de la surcharge TP

La charge TP est égale à 4 t/m², applique au terre-plein sur une largeur B est égale à 10 m, comme il est illustré dans la figure suivant :

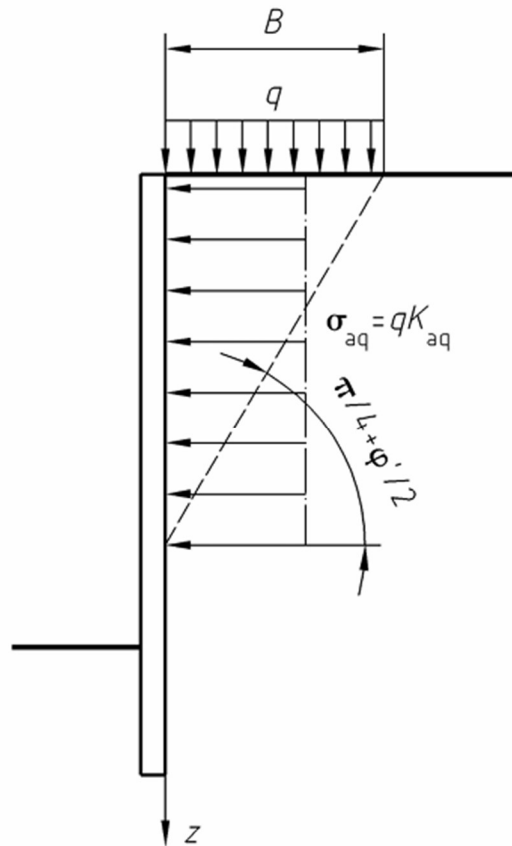


Figure 84. Charge uniforme q appliqué sur une bande B contiguë a l'écran.

La poussée due à la surcharge est répartie de manière uniforme jusqu'à la cote correspondant au pied du prisme de rupture, incliné selon $\theta = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2}$ (cote Z).

La valeur de poussée uniforme se calcule par la formule suivante :

$$\sigma_{a,q} = q \times K_{aq}$$

D'où $K_{aq} = 0,42$ et $Z = 15 m$

$$\sigma_{a,q} = 40 \times 0,42 \quad \text{D'ou} \quad \sigma_{a,q} = 16,8 \text{ Kn/m}$$

Voici le tableau qui représente les valeurs de poussée en prenant en compte la poussée réduite :

Tableau 54. Valeurs de $\sigma_{a,q}$ le long de l'écran.

Hauteur d'application de la pression	$\sigma_{a,q}$ (Kn)
De 0 à -6 m	24,2
De -6 m à -15 m	20,2

VI.14.2.3.4 Pression du sol active dynamique

Le calcul de la pression active dynamique des sols est établi selon le RP0A 2008. La résultante de la pression s'exerce à mi-hauteur de l'écran, en prenant en considération la poussée active statique et dynamique, d'où :

$$\text{Résultante de la pression active dynamique : } F_{ad} = \frac{1}{2} \times \gamma' \times (1 \pm K_v) \times H^2 \times K_{ad}$$

$$\text{Coefficient de poussée dynamique : } K_{ad} = \frac{\cos^2(\phi' - \theta)}{\cos^2(\theta)} \times \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi') \times \sin(\phi' - \theta)}{\cos(\beta + \theta) \times \cos(\beta)}}\right)^{-2}$$

$$\text{Angle } \theta : \theta = \tan^{-1} \left(\left(\frac{\gamma_d}{\gamma'} \right) \times \left(\frac{K_h}{1 \pm K_v} \right) \right)$$

Le tableau suivant présente les valeurs de poussée active dynamique :

Tableau 55. Valeur de pression active dynamique du sol.

Sol	ϕ (°)	γ_d (Kn/m ³)	γ' (Kn/m ³)	θ (°)	K_{ad}	z (m)	F_{ad} (Kn/m)	F_{ad} (Kn)
Sl	26	13,00	9	21,33	0,80	0	0	0
Sl	26	13,00	9	21,33	0,80	-1	3,33	4,79
SIm	24	14,50	9	23,53	1,06	-6	89,27	128,55
Samd	28	15,50	10	22,73	0,79	-12	141,84	170,20
Gf	30	20,00	11	26,17	0,87	-15	42,99	51,58

VI.14.2.3.5 Pression du sol active dynamique due aux surcharges

- Calcul de la poussée dynamique due à la surcharge du terre-plein

$$F_{ad,q} = \frac{q \times H}{2} \times (1 \pm K_v) \times K_{ad}$$

q prise égales à 90 KPa, d'où $F_{ad,q}$ s'exerce à mi-hauteur de l'écran.

Tableau 56. Valeurs de pression active dynamique du au surcharge.

Sol	ϕ (°)	γ' (Kn/m ³)	θ (°)	K_{ad}	Z(m)	$F_{ad,q}$ (Kn/m)	$F_{ad,q}$ (Kn)
SIm	24	9	23,53	1,06	0	0	0
SIm	24	9	23,53	1,06	-6	309,79	446,10
Samd	28	10	22,73	0,79	-12	714,16	857,00

VI.14.2.3.6 Butée limite dynamique

La force de butée développée par le ressort diminue en situation sismique, l'expression de calcul de la butée dans ce cas est la suivante :

$$\text{Butée limite dynamique : } P_{pd} = K_{pd} \times \gamma' \times Z$$

$$\text{Coefficient de butée dynamique : } K_{pd} = \frac{\cos^2(\phi' - \theta)}{\cos^2(\theta)} \times \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi') \times \sin(\phi' - \theta)}{\cos(\theta)}}\right)^{-2}$$

$$\text{Angle } \theta : \theta = \tan^{-1} \left(\left(\frac{\gamma}{\gamma'} \right) \times \left(\frac{K_h}{1 \pm K_v} \right) \right)$$

Tableau 57.Valeurs de butée mobilisable dynamique.

Sol	φ (°)	θ (°)	γ' (Kn/m ³)	K_{pd}	Z (m)	P_{pd} (Kn/m)	P_{pd} (Kn)
Samd	28,0	22,60	10	1,90	-6	0	0
Samd	28,0	22,60	10	1,90	-8	38,10	137,19
Samd	28,0	22,60	10	1,90	-10	76,21	274,38
Samd	28,0	22,60	10	1,90	-12	114,32	411,57
Gf	30,0	19,98	11	2,26	-14	49,89	179,62
Gf	30,0	19,98	11	2,26	-15	74,84	269,43

VI.14.2.3.7 Pression hydrodynamique

Les effets hydrodynamiques sont évalués à l'aide de la formule suivante :

$$P_w = \frac{7}{8} \times K_h \times \gamma_w \times \sqrt{H_w}$$

Tableau 58.Valeurs de pression hydrodynamique sur les pieux.

Profondeur (m)	Poussée hydrodynamique (Kn/m)	Pression hydrodynamique sur la 1ère ligne de pieux (Kn)	Pression hydrodynamique sur la 2ème ligne de pieux (Kn)
-0	0	0	0,00
-1	4,37	10,93	5,25
-2	6,18	15,46	7,42
-3	7,57	18,94	9,09
-4	8,75	21,87	10,50
-5	9,78	24,45	11,74
-6	10,71	26,79	12,86
-7	11,57	13,89	13,89
-8	12,37	14,84	14,85
-9	13,12	15,75	15,75
-10	13,83	16,60	16,60
-11	14,51	17,41	17,41
-12	15,15	18,18	18,19

VI.14.2.4 Combinaisons d'actions

Les combinaisons d'actions adoptées dans le calcul sont :

$$ELU : \begin{cases} 1,35 \times AG + 1,5 \times GM + AM + 0,7 \times TP \\ 1,35 \times AG + 1,5 \times AM + GM + 0,7 \times TP \end{cases}$$

$$ELS : AG + GM + AM + TP$$

$$ELA : AG + AM + GM + TP + E + P_w$$

La composante de la force sismique E :

$$F_h = K_h \times W$$

$$F_h = 0,25 \times 11315,1$$

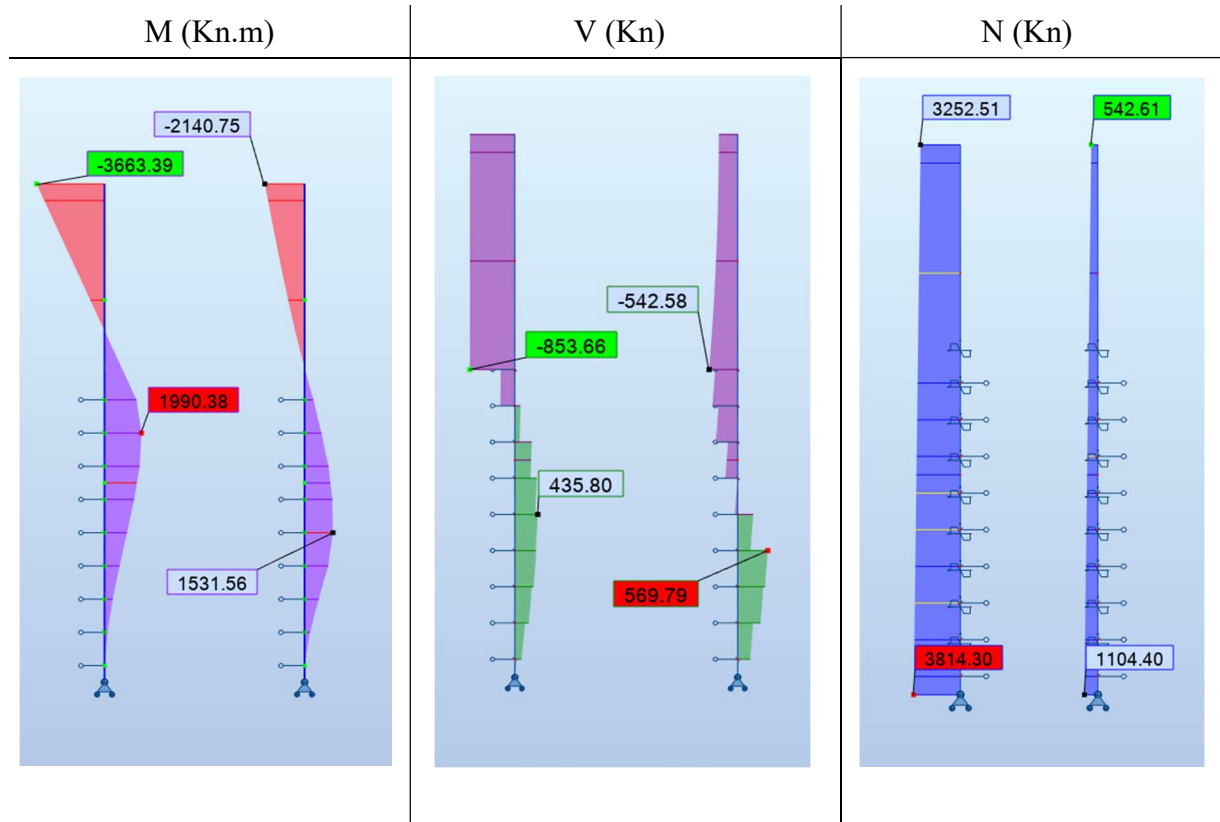
$$F_h = 2828,775 \text{ Kn}$$

Où W représente le poids de la structure, en ne considérant que la moitié du poids des pieux, ces derniers ne participant pas entièrement à la sollicitation sismique.

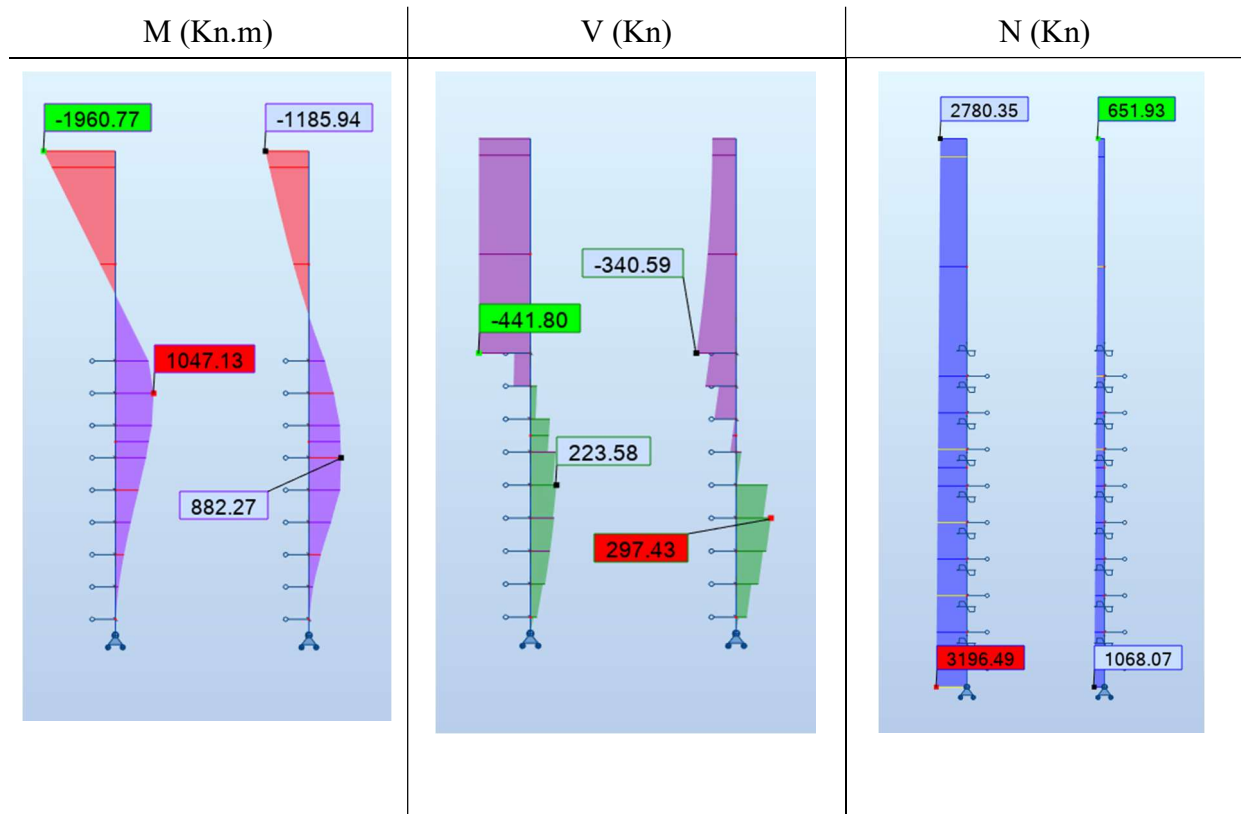
VI.14.2.5 Résultats des efforts internes des pieux

Voici les résultats des efforts maximaux de chaque état limite :

VI.14.2.5.1 ELU



VI.14.2.5.2 ELS



VI.14.2.5.3 ELA

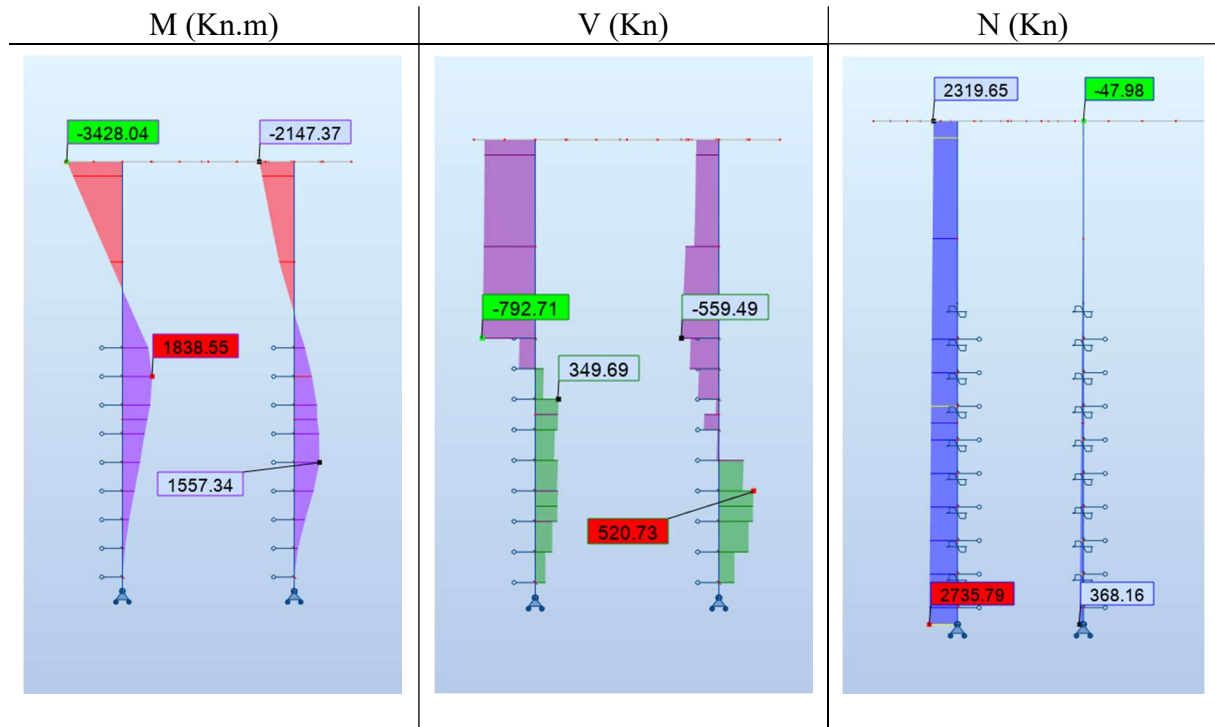


Tableau récapitulatif des efforts interne :

Tableau 59. Résultats des efforts internes des pieux en SD.

	Efforts	ELU	ELS	ELA
Pieu en amont	M (Kn.m)	2141	1186	2148
	V (Kn)	570	341	560
	N (Kn)	1105	1069	369
Pieu en aval	M (Kn.m)	3664	1961	3429
	V (Kn)	854	442	793
	N (Kn)	3815	3197	2736

VI.14.3 Vérification d'état limite de portance

Pour vérifier qu'un pieu supporte les charges en sécurité vis-à-vis l'état limite de portance l'inégalité suivante doit être satisfaite :

$$F_{c;d} \leq R_{c;d}$$

$$R_{c;d} = R_{b;d} + R_{s;d}$$

D'où :

$$R_{s;d} = \frac{q_s \times P \times D}{\gamma_{Rd1} \times \gamma_{Rd2} \times \gamma_S \beta_1}$$

$$R_{b;d} = \frac{q_p \times A_p}{\gamma_{Rd} \times \gamma_{Rd2} \times \gamma_b \beta_2}$$

$$q_p = K_p \times P_{le}^*$$

$$q_s = \min(q_{smax}, \alpha_{pieu-sol} \times f_{sol})$$

Tableau 60. Paramètres de vérification des états limites de portance du pieu.

Paramètre	Application numérique	Valeur
A_p	$\pi \times \frac{1,2^2}{4}$	$1,13 \text{ m}^2$
a	$\max\left(\frac{1,2}{2}; 0,5\text{m}\right)$	$0,6 \text{ m}$
b	$\min(3, 0,6)$	$0,6 \text{ m}$
P_{le}^*	$\frac{2}{0,416} \times 4,97$	$4,14 \text{ MPa}$
D_{ef}	$\frac{2}{4,14} \times (0,28 + 0,301 + 0,371 + 0,195 + 0,381 + 0,311)$	$0,88 \text{ m}$
K_p	$\min\left(1 + (2,3 - 1) \times \frac{0,88}{5 \times 1,2}, 2,3\right)$	$1,23$
P	$\pi \times 1,2^2$	$4,52 \text{ m}^2$
$\alpha_{pieu-sol}$	-	$1,2$
$P_{l,m}$	-	1 MPa
f_{sol}	-	50 KPa
q_{smax}	-	90 KPa
q_s	$\min(90, 60)$	60 KPa

Les valeurs de $R_{b;d}$ et $R_{s;d}$ sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 61. Valeurs de résistance de portance.

Résistance	ELU	ELS
$R_{b;d} \text{ (Kn)}$	3746	2622
$R_{s;d} \text{ (Kn)}$	1050	739
$R_{c;d} \text{ (Kn)}$	4796	3361

En comparant avec l'effort normal de compression agissant sur le pieu, on conclut :

$$4796 \text{ Kn} > 3814,3 \text{ Kn}$$

$$3361 \text{ Kn} > 2780,35 \text{ Kn}$$

La portance des pieux est vérifiée vis-à-vis l'ELU et l'ELS.

VI.14.4 Efforts repris par les chemises métalliques

D'après le tableau 40 et le tableau 41 on a constaté les résultats suivantes :

- **Résistance à la flexion**

Les valeurs de résistance à la flexion sont les suivantes :

$$\text{Situation fondamentale : } M_{c,Rd} = 5632,93 \text{ Kn. m}$$

$$\text{Situation sismique : } M_{c,Rd} = 32890 \text{ Kn. m}$$

- **Résistance au cisaillement**

La valeur de résistance au cisaillement est :

$$V_{pl,Rd} = 10250,36 \text{ Kn}$$

Par conséquent, tous les efforts (tableau 59) sont repris par les chemises métalliques. Ainsi, les pieux en béton armé sont ferrillés avec un ferrillage minimal, conformément au RPOA 2008.

VI.14.5 Ferrillage des pieux

Le ferrillage des pieux est établi conformément au RPOA 2008.

VI.14.5.1 Armature longitudinale

La section minimale des armatures longitudinales reportée à la section du pieu est 0,5% avec un diamètre minimal de 12 mm et un nombre des barres minimal de 6.

$$A_{s,min} = \frac{0,5}{100} \times \frac{\pi \times D^2}{4} = 56,52 \text{ cm}^2$$

On opte pour 20 HA20 d'où $A_s = 62,83 \text{ cm}^2$

VI.14.5.2 Armature transversale

Les armatures transversales minimales sont définies par un diamètre et un espacement minimal.

D'où

Un diamètre minimal des barres est égal à 10 mm.

Un espacement maximal nu à nu des cerces de 12 fois Φ_l .

Φ_l : diamètre des barres longitudinales

Espacement minimal :

$$12 \times \Phi_l = 12 \times 2 = 24 \text{ cm}$$

Le ferrillage adopté consiste en une cerce de HA12 avec un espacement $St = 10 \text{ cm}$.

VI.14.5.3 Enrobage

$$c \geq \max(a; \phi_l)$$

D'où

c : l'enrobage

Φ_l : diamètre des barres longitudinales

a : protection des armatures définie selon l'environnement dans le tableau suivant :

Tableau 62. Valeur de protection des armatures.

Des ouvrages a la mer ou exposée à une atmosphère agressif	5 cm
Paroi exposé aux intempéries ou au contact d'un liquide	3 cm
Parois situées dans des locaux clos et couverts	1 cm

D'où

$$c \geq \max(5; 2) \quad \text{alors} \quad c \geq 5 \text{ cm}$$

On opte pour un enrobage de 5 cm.

Voici une coupe qui représente le ferrailage des pieux :

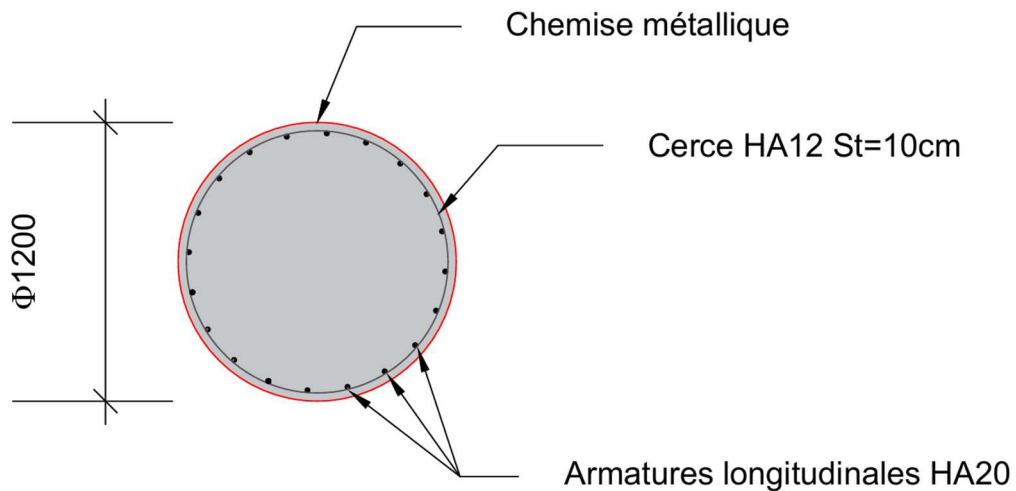


Figure 86. Ferrailage de la section droite du pieu.

VI.14.5.4 Justification des pieux vis-à-vis l'effort normal de compression

Le ferrailage vis-à-vis l'effort normal de compression (tableau 55) est :

$$A_s = 9,4 \text{ cm}^2 \quad \text{D'où} \quad A_{s, \text{pieu}} = 62,83 \text{ cm}^2 > 9,4 \text{ cm}^2$$

Donc, le pieu est justifié vis-à-vis l'effort normal de compression.

Le détail de calcul est joint dans l'annexe 03.

VI.14.6 Déplacement

Les déplacements calculés sous combinaison fréquente à l'ELS pour le quai sur pieux sont jugés acceptables.

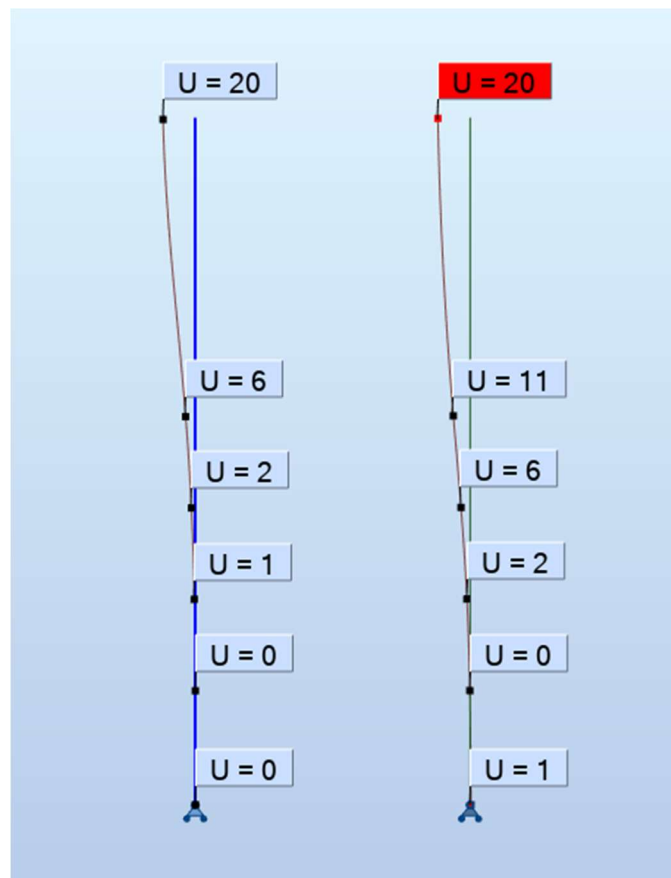
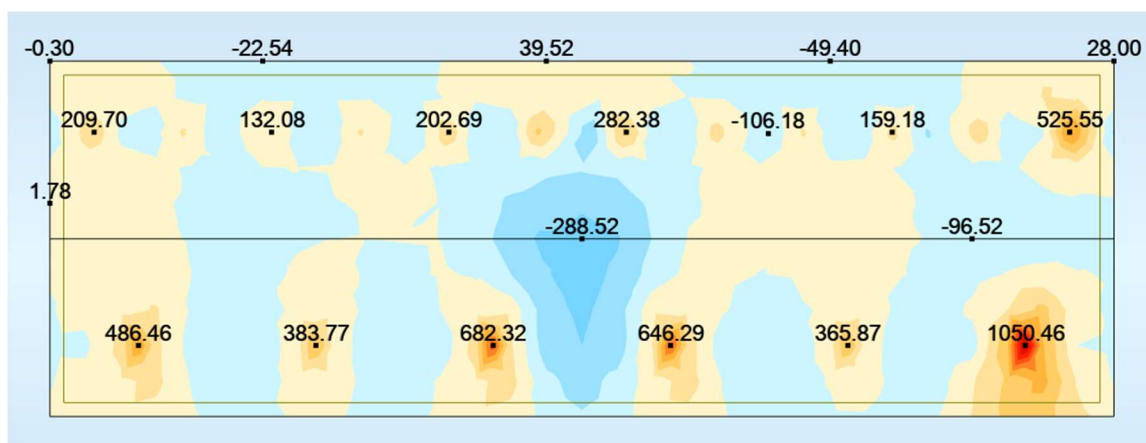
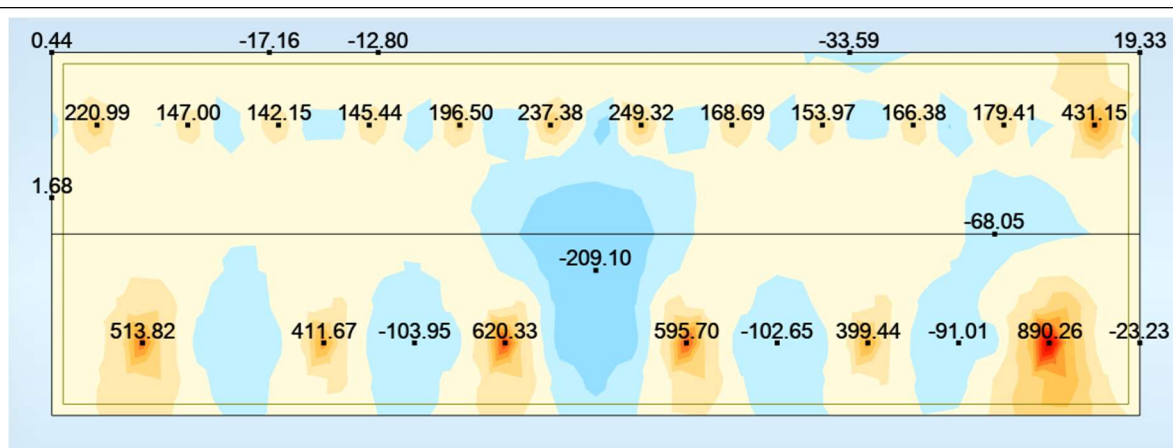


Figure 87. Déplacement des pieux.

M_{yy}
ELU



ELS



Les résultats du moment M_{xx} maximal sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 63. $M_{xx,max}$ de la dalle.

	ELU	ELS
$M_{xx} (+)$ (Kn.m)	890	649
$M_{xx} (-)$ (Kn.m)	799	694

Ferraillage de la dalle selon M_{xx} :

Tableau 64. Ferraillage de la dalle selon M_{xx} .

Section	Ferraillage théorique	Ferraillage adopté / ml
$A_{s,inf}$ (cm ²)	40,5	9 HA25
$A_{s,sup}$ (cm ²)	43,4	9 HA25

Le détail de calcul du ferraillage est joint dans l'annexe 03.

Les résultats du moment Myy maximal sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 65. Myy,max de la dalle.

	ELU	ELS
Myy (+) (Kn.m)	289	210
Myy (-) (Kn.m)	1051	891

Ferraillage de la dalle selon Myy :

Tableau 66. Ferraillage de la dalle selon Myy.

Section	Ferraillage théorique	Ferraillage adopté / ml
As,inf (cm²)	13,2	4 HA25
As,sup (cm²)	57,3	9 HA30

Le détail de calcul du ferraillage est joint dans l'annexe 03.

- **Armatures de peau**

D'après le BAEL, les poutres de grande hauteur ont une section au moins égale à 5 cm par mètre de longueur de parement.

Tableau 67. Armature de peau.

Section	Ferraillage théorique	Ferraillage adopté / ml
As, (cm²)	5	4 HA10

VI.14.7.1 Vérification de l'effort tranchant de la dalle

- à l'ELU :

$$\tau_u \leq 0,07 \times \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$$

D'où

τ_u : contrainte de cisaillement ultime due à l'effort tranchant.

γ_b : coefficient de sécurité de béton en situation fondamentale 1,5.

D'où

$$\tau_u = 1,34 \text{ MPa}$$

$$0,07 \times \frac{35}{1,5} = 1,63 \text{ MPa}$$

$$1,34 \text{ MPa} < 1,63 \text{ MPa}$$

L'effort tranchant est vérifié, il n'est pas nécessaire de prévoir des armatures transversales.

VI.14.7.2 Poinçonnement de la dalle sous charge localisée

Pas d'armatures transversales si :

$$Q_u \leq 0,045 \times U_c \times h \times \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$$

D'où :

Q_u : la résultante de la charge de calcul vis-à-vis de l'état limite ultime.

U_c : périmètre du rectangle d'impact au niveau du feuillet moyen de la dalle.

h : hauteur de la dalle.

$$U_c = (a + b) \times 2$$

D'où

a : dimensions parallèles à l_x .

b : dimensions parallèles à l_y .

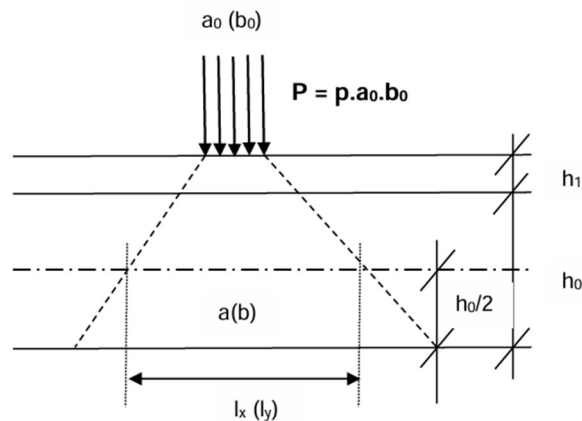


Figure 89. Rectangle d'impact d'une charge localisée.

L'angle de diffusion des charges dans le béton est 45° .

$$a = 2 + 2 \times 0,5 = 3 \text{ m}$$

$$b = 4,5 + 2 \times 0,5 = 5,5 \text{ m}$$

$$U_c = (3 + 5,5) \times 2 = 17 \text{ m}$$

$$Q_u = 250 \times 2 \times 4,5 \times 1,5 = 3375 \text{ Kn}$$

$$0,045 \times 17 \times 1 \times \frac{35}{1,5} = 17,85 \text{ Mn} = 17850 \text{ Kn}$$

$$3375 \text{ Kn} < 17850 \text{ Kn}$$

Le non poinçonnement de la dalle est vérifié.

VI.14.7.3 Coupe de ferrailage de la dalle

Les coupes de ferrailages de la dalle sont présentées ci-dessous :

Coupe A-A :

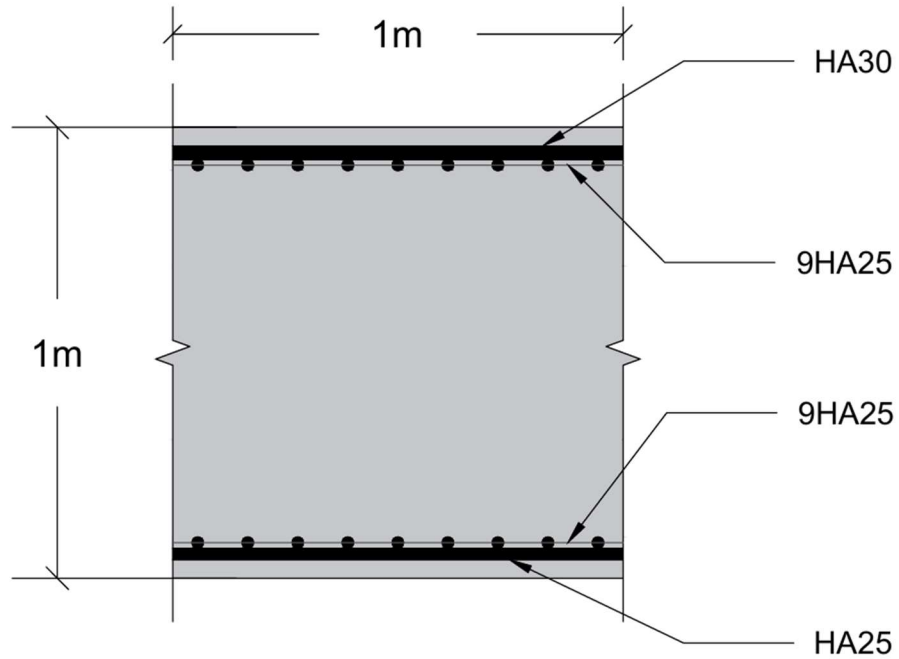


Figure 90. Ferrailage de la dalle coupe A-A.

Coupe B-B :

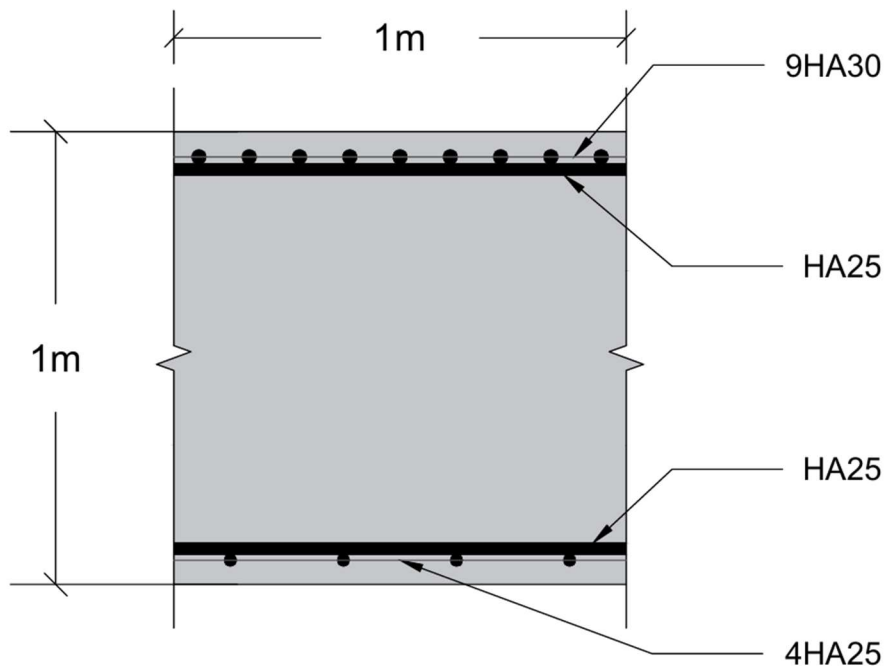


Figure 91. Ferrailage de la dalle coupe B-B.

Les armatures de peau sont posées sur tous les parements de la dalle, nous présentons le ferrailage d'un seul parement :

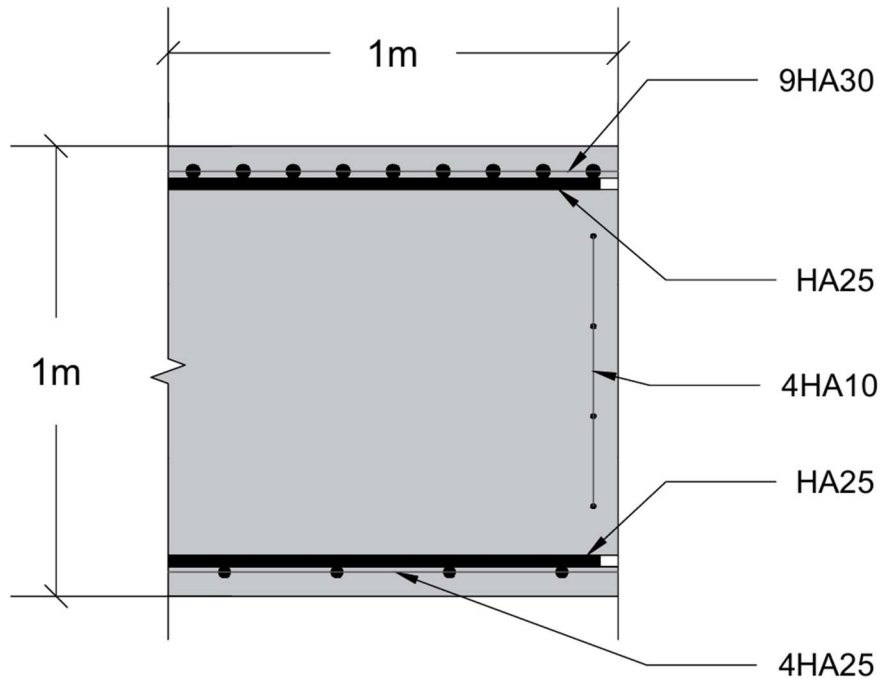


Figure 92. Ferrailage d'un parement.

VI.14.8 Dalle du terre-plein

La dalle du terre-plein est d'épaisseur de 0,5 m appui sur le mur en maçonnerie sur une largeur de 2 m, le reste de cette largeur est posée directement sur un remblai compacté.

La dalle est modélisée avec le logiciel Robot Structural Analysis par un élément coque.

L'interaction sol structure est définie suivant la norme N-FP 94-261 (Eurocode 7 : Application aux fondations superficielles), ou le sol est assimilée à un ressort parfaitement élastique.

Le coefficient de réaction verticale K_V est calculé avec la formule suivante :

$$\frac{1}{K_V} = \frac{\alpha \times B}{9 \times E_M} \times \lambda_c + \frac{2 \times B_0}{9 \times E_M} \times \left(\lambda_d \times \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$

λ_c , λ_d : coefficients de forme.

D'où :

$$\lambda_c = 1,34.$$

$$\lambda_d = 1,92.$$

B_0 : largeur de référence (0,6 m).

E_M : module pressiométrique du remblai (25000 KPa).

B : largeur de la dalle.

α : coefficient rhéologique moyen du sol.

D'où :

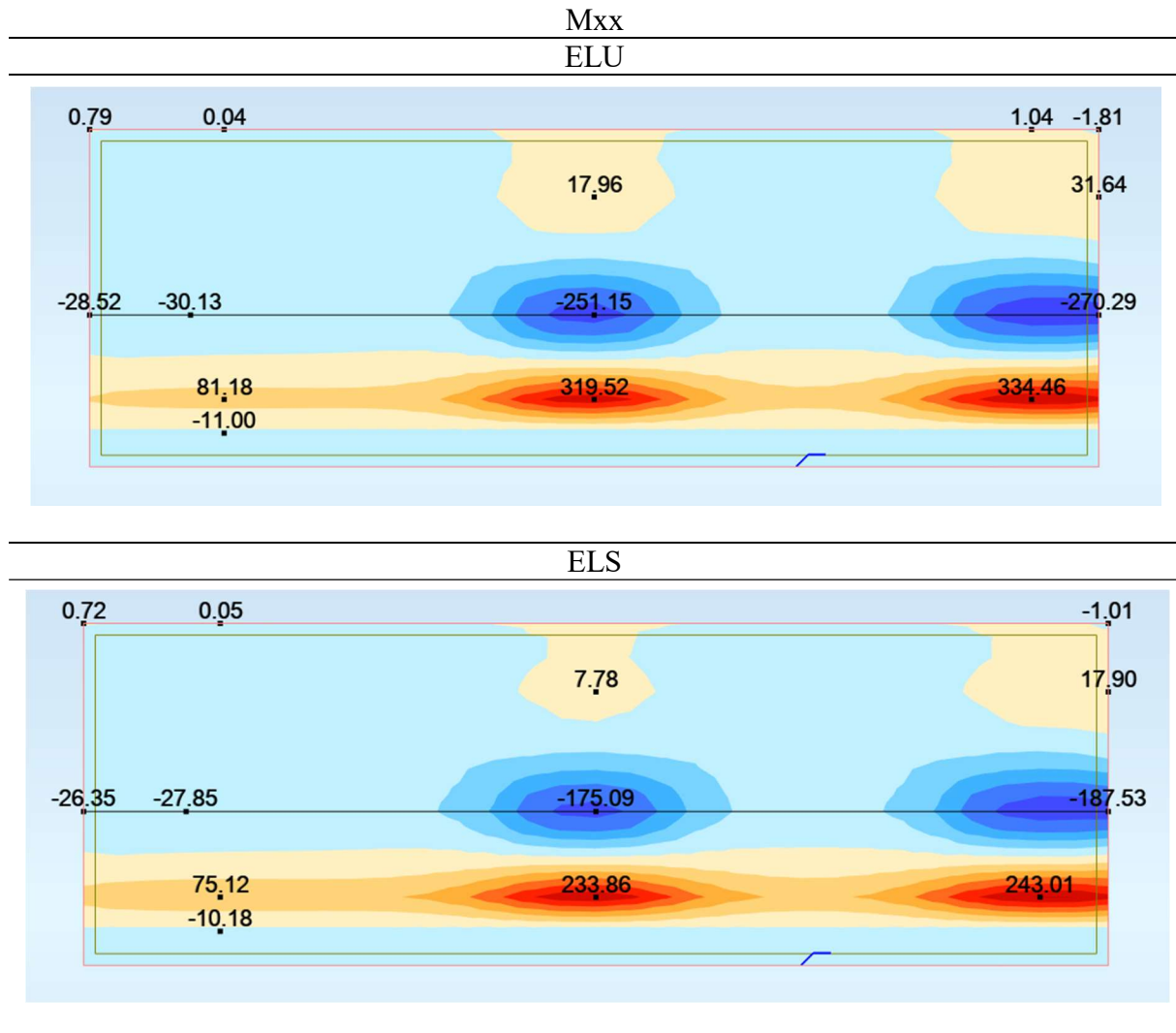
$$K_V = 63357 \text{ Kn/m}^2.m$$

Les combinaisons de charges appliquées sur la dalle de terre-plein sont les suivantes :

$$\text{ELU : } 1,35 \times AG + 1,5 \times GM + TP$$

$$\text{ELS : } AG + GM + TP$$

Les résultats des moments Mxx et Myy sont les suivants :



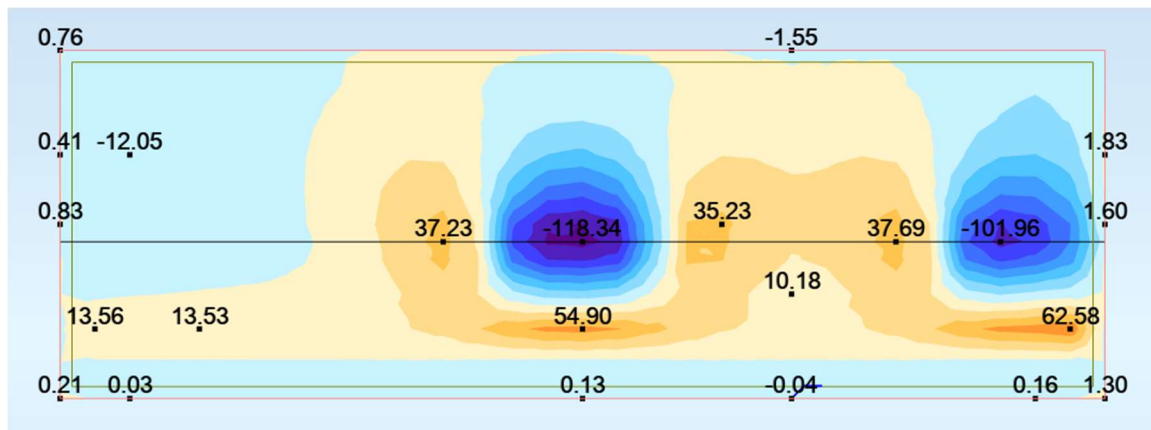
Ferraillage de la dalle selon Mxx :

Tableau 68.Ferraillage de la dalle du terre-plein selon Mxx.

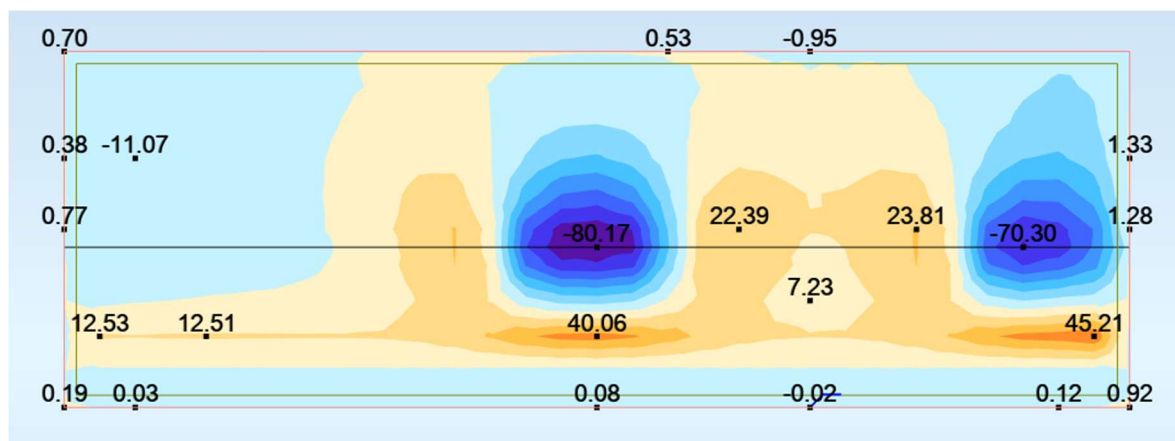
Section	Ferraillage théorique	Ferraillage adopté / ml
$A_{s,inf} \text{ (cm}^2\text{)}$	25,4	6 HA25
$A_{s,sup} \text{ (cm}^2\text{)}$	33,4	6 HA30

Le détail de calcul du ferraillage est joint dans l'annexe 03.

Myy
ELU



ELS



Ferraillage de la dalle selon Myy :

Tableau 69.Ferraillage de la dalle du terre-plein selon Myy.

Section	Ferraillage théorique	Ferraillage adopté / ml
$A_{s,inf}$ (cm ²)	10,7	4 HA20
$A_{s,sup}$ (cm ²)	6,9	4 HA16

Le détail de calcul du ferraillage est joint dans l'annexe 03.

VI.14.8.1 Vérification de l'effort tranchant de la dalle

- à l'ELU :

$$\tau_u \leq 0,07 \times \frac{f_{cj}}{\gamma_b}$$

D'où

τ_u : contrainte de cisaillement ultime due à l'effort tranchant.

γ_b : coefficient de sécurité de béton en situation fondamentale 1,5.

D'où

$$\tau_u = 1,06 \text{ MPa}$$

$$0,07 \times \frac{35}{1,5} = 1,63 \text{ MPa}$$

$$1,06 \text{ MPa} < 1,63 \text{ MPa}$$

L'effort tranchant est vérifié, il n'est pas nécessaire de prévoir des armatures transversales.

VI.14.8.2 Poinçonnement de la dalle sous charge localisée

$$Q_u \leq 0,045 \times U_c \times h \times \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$$

D'où :

Q_u : la charge de calcul vis-à-vis de l'état limite ultime.

U_c : périmètre du rectangle d'impact au niveau du feuillet moyen de la dalle.

h : hauteur de la dalle.

$$U_c = (a + b) \times 2$$

D'où

a : dimensions parallèles à l_x .

b : dimensions parallèles à l_y .

L'angle de diffusion des charges dans le béton est 45° .

$$a = 2 + 2 \times 0,25 = 2,5 \text{ m}$$

$$b = 4,5 + 2 \times 0,25 = 5 \text{ m}$$

$$U_c = (2,5 + 5) \times 2 = 15 \text{ m}$$

$$Q_u = 250 \times 2 \times 4,5 \times 1,5 = 3375 \text{ Kn}$$

$$0,045 \times 15 \times 0,5 \times \frac{35}{1,5} = 7,875 \text{ Mn} = 7875 \text{ Kn}$$

$3375 \text{ Kn} < 7875 \text{ Kn}$ D'où Le non-poinçonnement de la dalle est vérifié.

VI.14.8.3 Coupe de ferrailage de la dalle du terre-plein

Les coupes de ferrailages de la dalle sont présentées ci-dessous :

Coupe A-A :

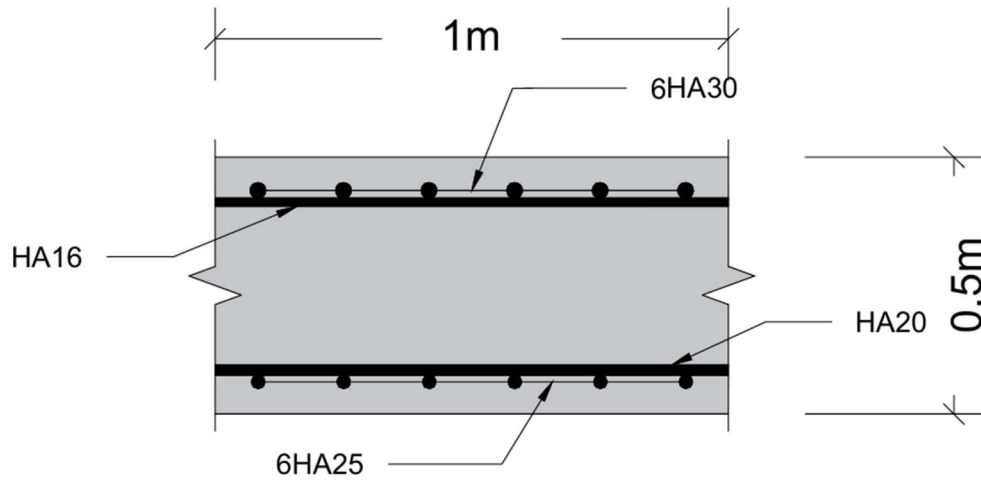


Figure 93.Ferrailage de la dalle du terre-plein coupe A-A.

Coupe B-B :

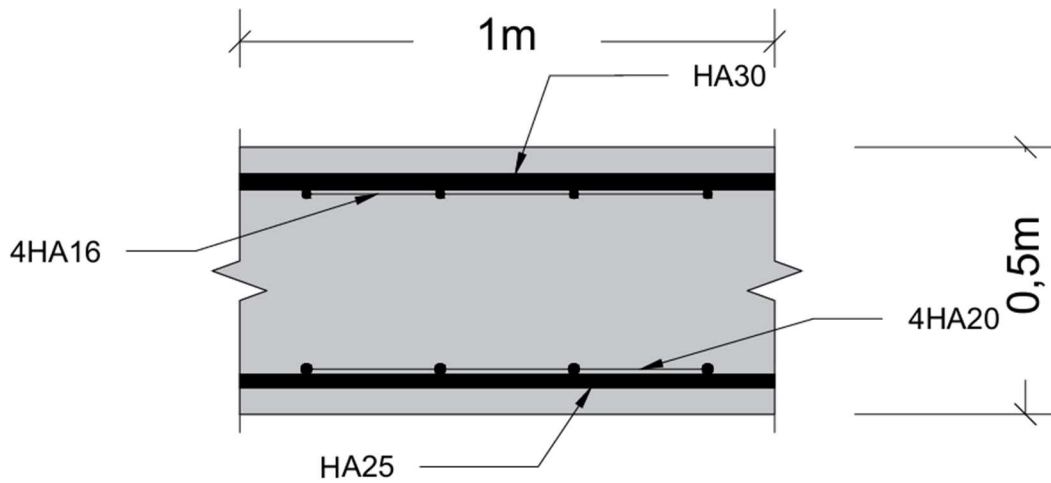


Figure 94.Ferrailage de la dalle du terre-plein coupe B-B.

VI.14.9 Ferrailage des éléments de blindage

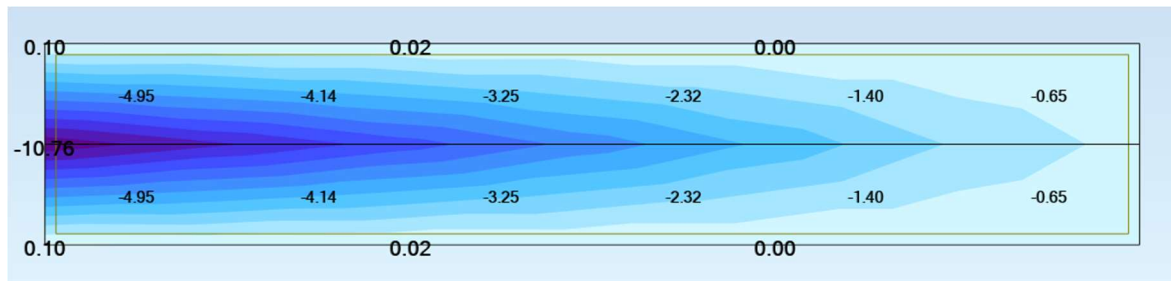
Les éléments de blindage sont des soutènements intermédiaires, s'appuyant linéairement sur les profilés métalliques HEB jusqu'à la profondeur de -6 m. Ils présentent une largeur de 1,1 m et une épaisseur de 20 cm.

La poussée appliquée sur ces éléments correspond à la poussée limite du sol, dont la distribution est triangulaire avec une valeur maximale de 27 Kn/m, majorée à l'ELU par un coefficient partiel de 1,35.

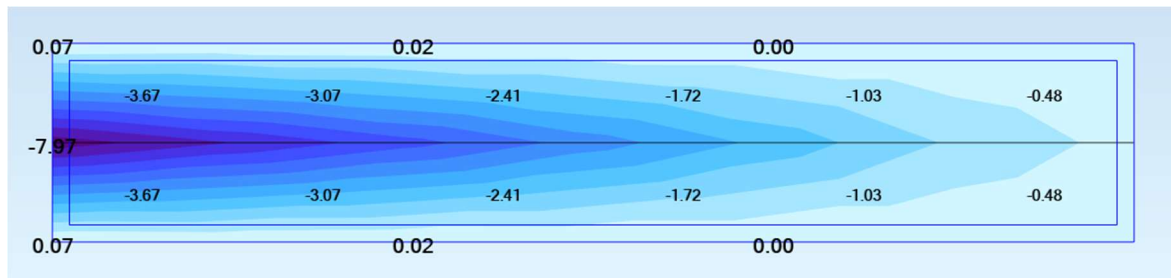
Le petit côté de ces éléments ne fléchit pas, car il présente une grande rigidité dans cette direction (suivant l'axe xx). La flexion se développe principalement selon le grand côté (suivant l'axe yy).

Les résultats du moment sont présentés ci-dessous :

ELU



ELS



Voici le tableau récapitulatif des moments maximal :

Tableau 70.Moment fléchissant des éléments de blindage.

Etat limite	ELU	ELS
Moment (Kn.m)	8	10,76

Le détail des calculs est joint en annexe 03. Ainsi le ferrailage adopté est présenté dans le tableau ci-dessous:

Tableau 71.Sections de ferrailage des éléments de blindage.

Section	Ferrailage théorique	Ferrailage adopté / ml
$A_{s,yy}$ (cm ²)	3,7	4 HA12
$A_{s,xx}$ (cm ²)	3,7	4 HA10

Les coupes des ferrailrages sont présentées ci-dessous :

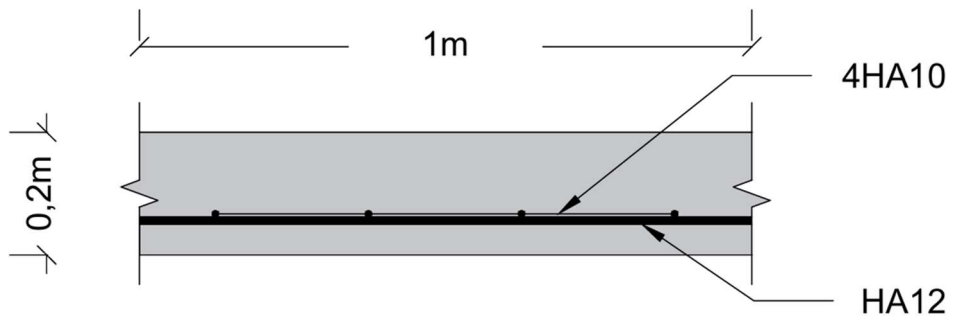


Figure 95.Ferrailage des éléments de blindage suivant Mxx.

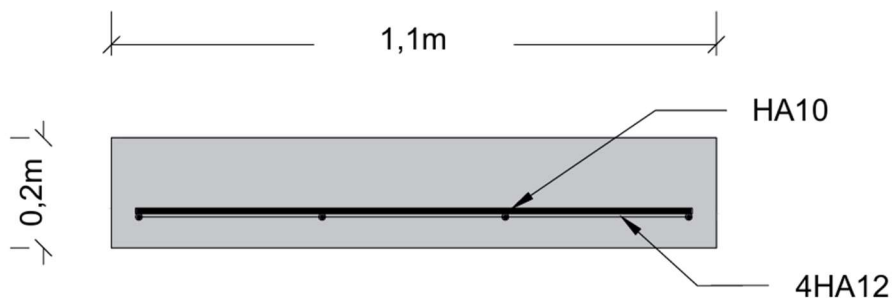


Figure 96.Ferrailage des éléments de blindage suivant Myy.

VI.14.10 Devis quantitatif et estimatif

Cette partie du chapitre vise à estimer le prix des matériaux, des matériels et de la main-d'œuvre nécessaires à la réalisation du projet, en utilisant des prix unitaires issus d'une entreprise spécialisée dans les travaux maritimes.

VI.14.10.1 Estimation du cout

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 72.Prix unitaire et montant globale des travaux du projet.

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (Da)	Montant (Da)
1	Installation de chantier et le repliement y compris équipements nécessaires au contrôle des matériaux	F	1	173 000 000	173 000 000
2	Etablissement d'un levé topographique avant le commencement des travaux Etablissement d'un levé bathymétrique avant le commencement des travaux	F	1	73 220 000	73 220 000
Pieux					
3	Démolition de la superstructure existante	M ³	6186	15 000	92 778 000
4	Fourniture et transport des chemises en acier	T	226	290 000	65 424 000
5	Guidage, battage des chemises en acier	ML	2 034	38 500	78 309 000
6	Fabrication, transport et mise en œuvre du béton pour les pieux	M ³	3833	29 500	113 073 500
7	Excavation jusqu'à la cote de -6m au droit du mur en maçonnerie	M ³	8 160	6 000	48 960 000
8	Fourniture, transport et mise en place des enrochements (1-15 Kg) pour le remblaiement derrière le mur	T	2 710	7 800	21 138 000
9	Fourniture, transport et mise en place des enrochements (50-200 Kg) pour la protection du talus	T	7 410	7 800	57 798 000
10	Fabrication, transport et mise en œuvre du béton pour la dalle de couronnement	M ³	3750	32 000	120 000 000

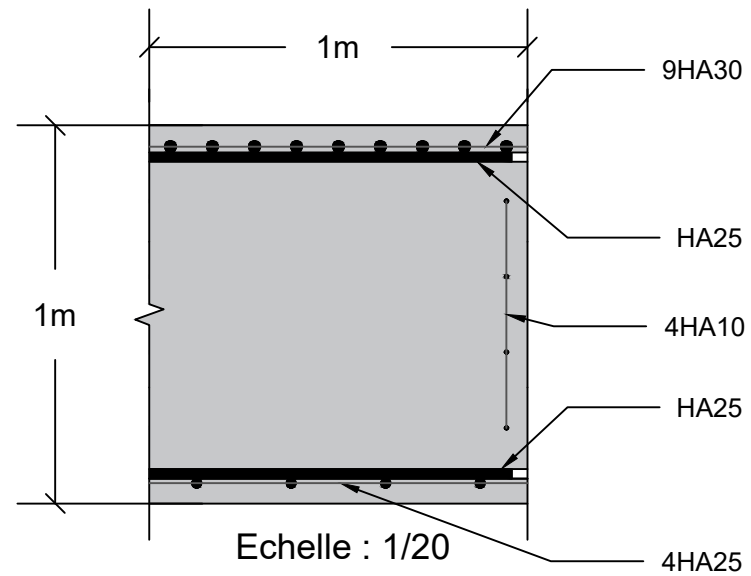
Pièces préfabriqués					
11	Fabrication et transport et mise en place des dalles préfabriqués	M3	197	32 000	6 293 760
12	Fourniture, transport et mise en place des bollards d'amarrage de 100T	U	11	1 500 000	16 500 000
13	Fourniture, transport et mise en place de défenses Tronconique type SCN 1050	U	21	10 500 000	220 500 000
Ferrailage					
14	Fourniture, transport et mise en place des aciers de haute adhérence FeE40 pour le ferrailage de tous les éléments du quai	T	2 031	190 000	385 890 000
Terre-plein					
15	Excavation du terre-plein	M³	6092	2 500	15 230 000
16	Le réglage et le compactage de la surface des terre-pleins	M²	3046	850	2 589 100
17	La fabrication, transport et mise en œuvre du béton de terre-plein	M³	2238	32 000	71 616 000
Palplanche					
18	Fourniture et transport des palplanches de type AZ25-800	T	484	370 000	179 080 000
19	Guidage, battage de la palplanche	ML	4700	45000	211 500 000
Dragage					
20	Dragage / ou nettoyage aux cotes indiquées sur plan du bassin	M³	3 600	11 500	41 400 000
Montant globale (hors taxes)					1 994 299 360

VI.15 Conclusion

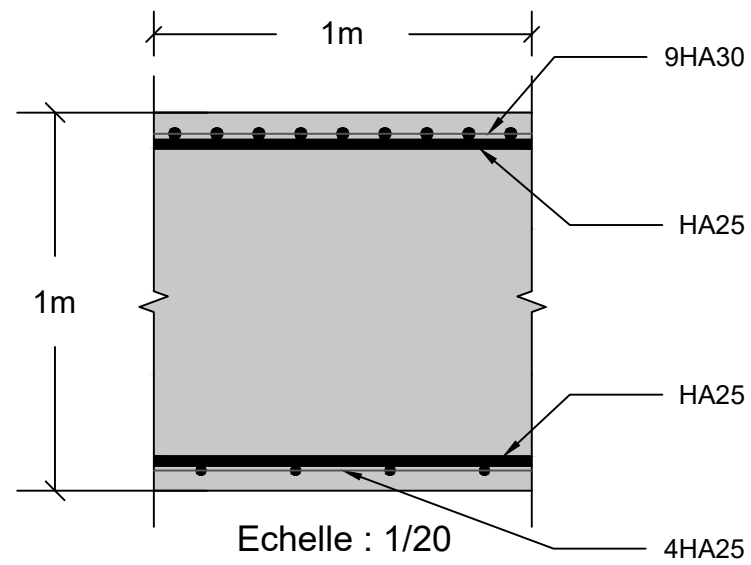
En conclusion, suite à l'analyse de la campagne géotechnique et de la lithologie du site, les pieux ont été encastrés à une profondeur de -15 m et les palplanches à -16 m, au sein de la couche de gneiss. Sur cette base, un ensemble de modes de rupture a été défini, notamment l'instabilité générale du site, le défaut de butée, le poinçonnement des pieux et la rupture par insuffisance de résistance interne. Ces modes de rupture ont été vérifiés pour chacune des situations de calcul, à savoir les situations fondamentales et sismiques, et ce pour chaque phase du projet.

Le dimensionnement détaillé des éléments structuraux de l'ouvrage (pieux, dalle de couronnement, dalle du terre-plein et éléments de blindage) a été réalisé en intégrant les différentes combinaisons d'actions et en prenant en compte les caractéristiques géotechniques du site. Par ailleurs, la stabilité générale de l'ouvrage vis-à-vis des sollicitations horizontales a été vérifiée à l'aide d'un modèle d'interaction sol-structure, garantissant ainsi la sécurité de l'ouvrage en situations d'exploitation.

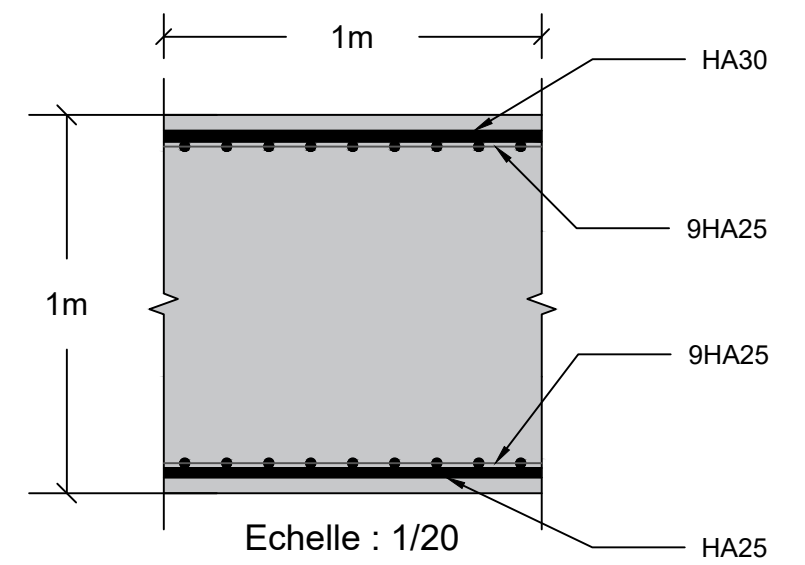
Ferrailage des parements de la dalle de couronnement



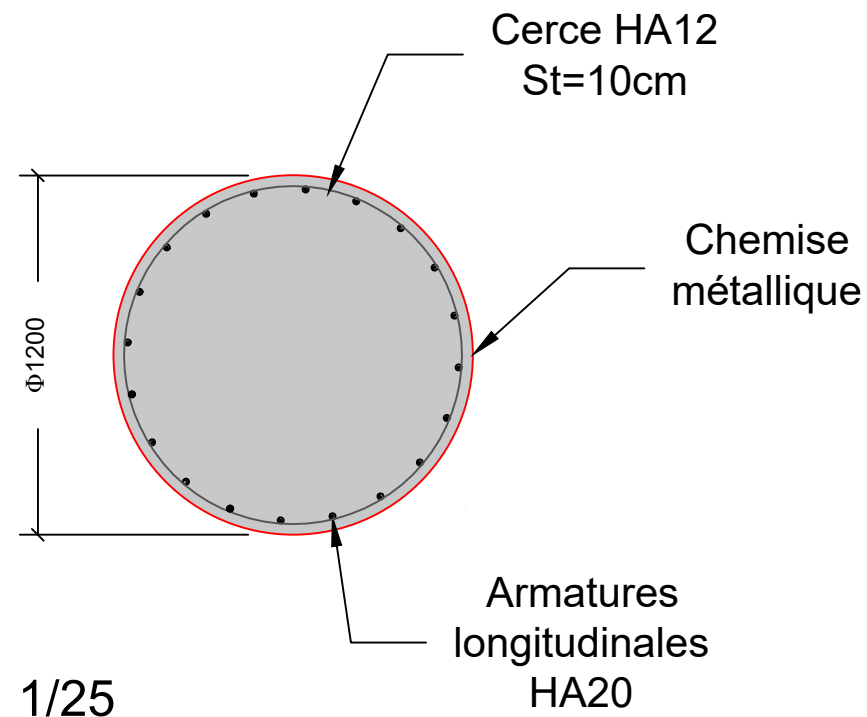
Ferrailage de la dalle de couronnement Coupe B-B



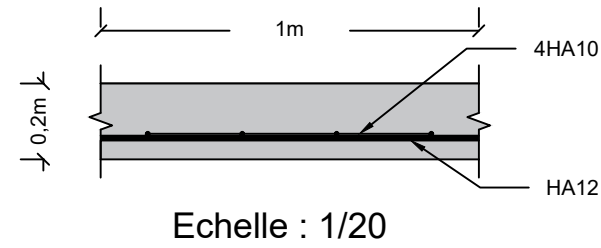
Ferrailage de la dalle de couronnement Coupe A-A



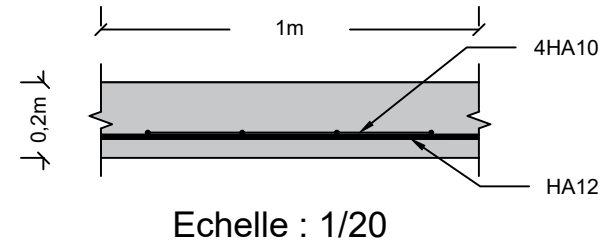
Ferrailage des pieux



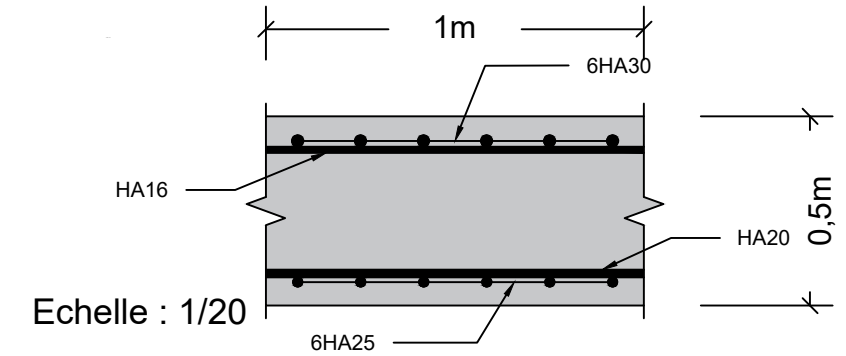
Ferrailage des éléments de blindage suivant xx



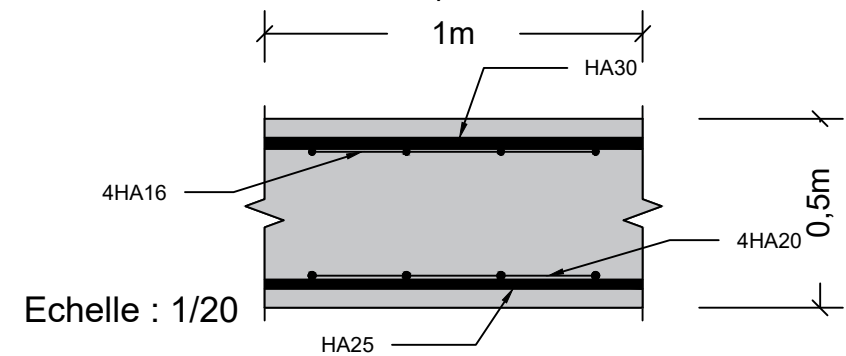
Ferrailage des éléments de blindage suivant yy



Ferrailage de la dalle du terre-plein Coupe A-A



Ferrailage de la dalle du terre-plein Coupe B-B



Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba-16051. Alger
 Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
 Fax : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Plan de ferrailage	Année universitaire
CONFORTEMENT DU QUAI N°2 (QUAI WARNIER-POSTE À QUAI N°3 ET N°4) AU PORT D'ANNABA	BOUGHENA Sabri	Mr. HAMADI Kamel Mr. SELLAM Mohamed	Echelle : 1/20 ; 1/25	2024 / 2025

CHAPITRE VI : CONCLUSION GÉNÉRALE

VII. Conclusion générale

Ce mémoire de fin d'études nous a permis de traiter la problématique du confortement d'un quai maritime existant. Nous avons commencé par la présentation de l'ouvrage et de son contexte, dans le but d'identifier les conceptions adoptées à l'époque de sa construction. Cette étape a été suivie par une expertise de l'ouvrage existant, visant à évaluer l'état actuel du quai et à justifier la nécessité des travaux de confortement.

Les résultats de la campagne d'investigations géotechniques ont ensuite été exploités. Cette phase a permis de déterminer les caractéristiques mécaniques des sols en place à travers l'analyse des sondages, des essais in situ et en laboratoire.

Après évaluation de l'état structurel du quai et justification de la nécessité de son confortement, la solution retenue consiste à démolir l'ouvrage existant, dont l'état de service est jugé critique, et à concevoir un nouvel ouvrage répondant aux besoins fonctionnels actuels et conforme aux critères établis par le maître d'ouvrage.

En application des normes, nous avons procédé au dimensionnement des différents éléments structurels constituant l'ouvrage et à la vérification de leur stabilité durant toutes les phases du projet. Ce dimensionnement a également permis d'établir un devis quantitatif et estimatif du projet.

Enfin, ce projet de fin d'études a constitué une étape essentielle dans notre parcours, en nous offrant l'opportunité de développer une méthodologie adaptée à ce type de problématique et d'acquérir des compétences techniques que nous pourrions valoriser dans le cadre de notre vie professionnelle.

Références bibliographiques

- [1] AMAR Samuel & JÉZÉQUEL Jean-François, *Propriétés mécaniques des sols déterminées en place*, 1998.
- [2] MAGNAN Jean-Pierre, *Résistance Au Cisaillement*, 1994.
- [3] MANFRED Hirt & ROLF Bez. *Construction Métallique, Volume 10*, Lausanne, Avril 1994.
- [4] SEBASTIEN Burlon, *Calcul Des Ouvrages Géotechniques Selon L'Eurocode 7*, 2017.
- [5] TERRASOL, *Manuels techniques du logiciel K-REA V5*, 2024.
- [6] TERRASOL, *Manuels techniques du logiciel TALREN*, 2024.

Annexes :

Annexe 01 : Détail de calcul du défaut de butée.

Annexe 02 : Détail de calcul de la stabilité générale du site.

Annexe 03 : Détail de calcul du ferrailage.

Annexe 01 : Détail de calcul du défaut de butée.

Situation transitoire 01 :
Situation de calcul fondamental

DONNEES

GENERALITES :

Système d'unités : Métrique, kN, kN/m² Niveau phréatique : -40,00 m
 Poids volumique de l'eau : 10,00 kN/m³ Nombre d'itérations par phase de calcul : 100
 Pas de calcul : 0,20 m Prise en compte moments 2 ordre : non
 Définition du projet : Cotes

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	dc [kN/m ² /m]	k0	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m ² /m]	dkh [kN/m ² /m/m]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [kN/m/m]
enrochement	0,00	23,00	23,00	40,00	1,00	0,000	0,357	0,217	7,396	0,357	0,357	0,933	7,251	167258	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
samd	-0,50	20,00	10,00	28,00	10,00	0,000	0,531	0,362	3,592	0,531	0,531	1,202	4,686	85001	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
gneiss	-5,50	21,00	11,00	30,00	150,00	0,000	0,500	0,333	3,939	0,500	0,500	1,155	4,998	539720	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00

Valeurs de calcul des paramètres de la loi de comportement

Couche	Comportement	MISS								MEL							
		φ,d [°]	c,d [kN/m ²]	dc,d [kN/m ² /m]	kay,d	kpy,d	kac,d	kpc,d	φ,d [°]	c,d [kN/m ²]	dc,d [kN/m ² /m]	kay,d	kpy,d	kac,d	kpc,d		
enrochement	Drainé	40,00	1,00	0,000	0,217	7,396	0,933	7,251	40,00	1,00	0,000	0,217	7,396	0,933	7,251		
samd	Drainé	28,00	10,00	0,000	0,362	3,592	1,202	4,686	28,00	10,00	0,000	0,362	3,592	1,202	4,686		
gneiss	Drainé	30,00	150,00	0,000	0,333	3,939	1,155	4,998	30,00	150,00	0,000	0,333	3,939	1,155	4,998		

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm ² /m]	W [kNm/m]
1	-10,00	124761	1,28

Cote de la tête de l'écran : z0 = 0,00 m

ASSISTANTS
Assistant K0 :

Action	Nom Couche	φ [°]	β [°]	Roc	K0
Sol initial	enrochement	40,00	0,00	1,000	0,357
Sol initial	samd	28,00	0,00	1,000	0,531
Sol initial	gneiss	30,00	0,00	1,000	0,500

Assistant Kerisel & Absi, milieu pesant :

Action	Nom Couche	Coefficient	λ [°]	φ [°]	δ/φ	β/φ	Valeur
Sol initial	enrochement	kay	0,00	40,00	0,000	0,000	0,217
Sol initial	enrochement	kpy	0,00	40,00	-0,333	0,000	7,396
Sol initial	samd	kay	0,00	28,00	0,000	0,000	0,362
Sol initial	samd	kpy	0,00	28,00	-0,333	0,000	3,592
Sol initial	gneiss	kay	0,00	30,00	0,000	0,000	0,333
Sol initial	gneiss	kpy	0,00	30,00	-0,333	0,000	3,839

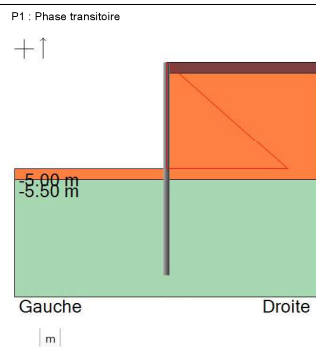
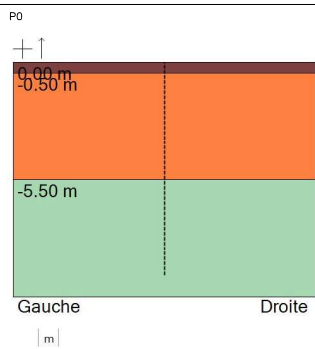
Assistant kac/kpc :

Action	Nom Couche	Coefficient	φ [°]	δ/φ	Valeur
Sol initial	enrochement	kac	40,00	0,000	0,933
Sol initial	enrochement	kpc	40,00	-0,333	7,251
Sol initial	samd	kac	28,00	0,000	1,202
Sol initial	samd	kpc	28,00	-0,333	4,686
Sol initial	gneiss	kac	30,00	0,000	1,155
Sol initial	gneiss	kpc	30,00	-0,333	4,998

Assistant Rideau de palplanche :

Action	Type	Section	EI [kNm ² /m]
Ecran initial	Standard Z	AZ 25-800	124761

SYNTHESE PHASAGE



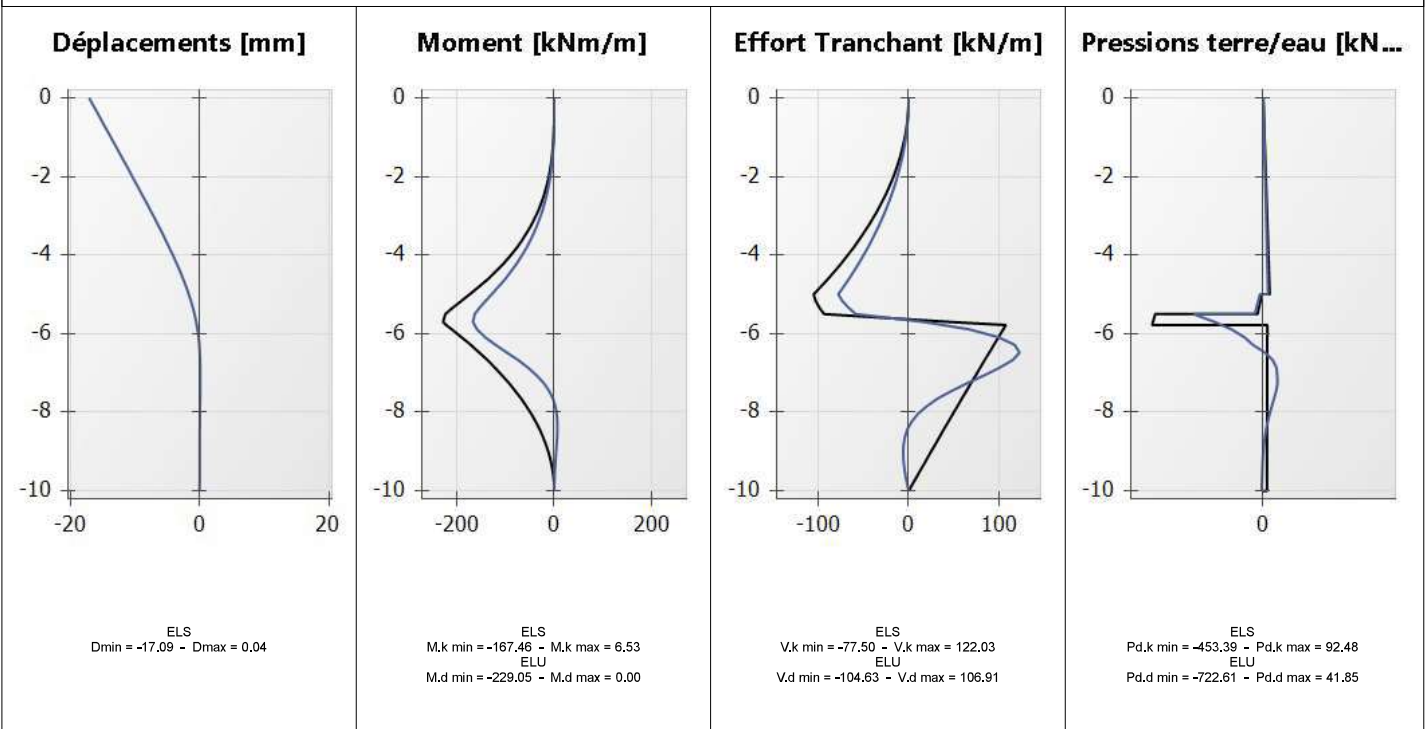
- Options MEL :
Surexcavation :
 $\Delta a_{\text{gauche}} [m] = 0,00$ $\Delta a_{\text{droite}} [m] = 0,00$
Méthode de calcul automatique.
Sélection automatique du côté de la butée
Correction automatique de l'inclinaison de contre butée.
Calculer sollicitations ELU (MSS) : non

- Diagramme de pressions imposé, (droite)
Pression au repos : $p_0 =$ Calcul automatique
Butée limite : $p_b =$ Calcul automatique
Poussée limite : $p_a [kN/m^2] =$ Diagramme imposé

$z[m] = 0,00$
 $z[m] = -5,00$

- Excavation (côté gauche) :
 $z_h [m] = -5,00$

RESULTATS ELU MEL - Phase P1



Légende des graphiques : --- Valeurs ELS --- Valeurs ELU --- Eau



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

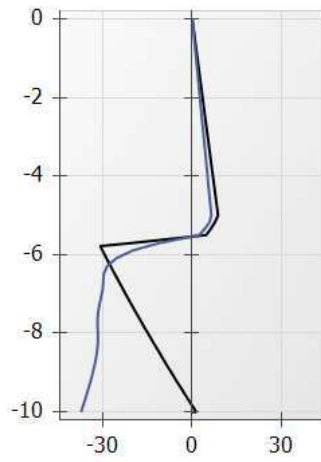
RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Rotation [x0.001 rad]



ELS
Rmin = -0,06885 - Rmax = 3,33187

Effort Normal [kN/m]



ELS
N.k min = -37,26 - N.k max = 6,40
ELU
N.d min = -30,84 - N.d max = 8,64

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE



v.5.0.12

AFFAIRE

ST1 RIDEAU PALPLANCHE

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Action(s) définie(s) dans cette phase :

- Diagramme de pressions imposé : (droite)

Pression au repos : p0 = Calcul automatique

Butée limite : pb = Calcul automatique

Poussée limite : pa [kN/m/m] = Diagramme imposé

- z[m] = 0,00 z[m] = -5,00

- Excavation (côté gauche) :

zh [m] = -5,00

Le calcul a convergé au bout de 5 itérations.

Niveau m	Rotation x0,001 rad	Déplacm. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
0,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,25	-	0,00
-0,17	-	-	-	-0,01	-	-0,12	-	-	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	3,83	0,00	1,40	0,00	35,60	-	1,40
-0,17	-	-	-	-0,01	-	-0,12	-	-	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	3,83	0,00	1,40	0,00	35,60	-	1,40
-0,33	-	-	-	-0,05	-	-0,47	-	-	0,00	2,79	0,00	0,00	0,00	7,67	0,00	2,79	0,00	63,95	-	2,79
-0,33	-	-	-	-0,05	-	-0,47	-	-	0,00	2,79	0,00	0,00	0,00	7,67	0,00	2,79	0,00	63,95	-	2,79
-0,50	-	-	-	-0,17	-	-1,05	-	-	0,00	4,19	0,00	0,00	0,00	11,50	0,00	4,19	0,00	92,31	-	4,19
-0,50	-	-	-	-0,17	-	-1,05	-	-	0,00	4,19	0,00	0,00	0,00	11,50	0,00	4,19	0,00	88,17	-	4,19
-0,70	-	-	-	-0,47	-	-2,03	-	-	0,00	5,82	0,00	0,00	0,00	15,41	0,00	5,82	0,00	102,22	-	5,82
-0,70	-	-	-	-0,47	-	-2,03	-	-	0,00	5,82	0,00	0,00	0,00	15,41	0,00	5,82	0,00	102,22	-	5,82
-0,89	-	-	-	-0,99	-	-3,32	-	-	0,00	7,46	0,00	0,00	0,00	19,33	0,00	7,46	0,00	116,28	-	7,46
-0,89	-	-	-	-0,99	-	-3,32	-	-	0,00	7,46	0,00	0,00	0,00	19,33	0,00	7,46	0,00	116,28	-	7,46
-1,09	-	-	-	-1,79	-	-4,94	-	-	0,00	9,10	0,00	0,00	0,00	23,24	0,00	9,10	0,00	130,33	-	9,10
-1,09	-	-	-	-1,79	-	-4,94	-	-	0,00	9,10	0,00	0,00	0,00	23,24	0,00	9,10	0,00	130,33	-	9,10
-1,28	-	-	-	-2,84	-	-6,88	-	-	0,00	10,74	0,00	0,00	0,00	27,15	0,00	10,74	0,00	144,39	-	10,74
-1,28	-	-	-	-2,84	-	-6,88	-	-	0,00	10,74	0,00	0,00	0,00	27,15	0,00	10,74	0,00	144,39	-	10,74
-1,48	-	-	-	-4,51	-	-9,15	-	-	0,00	12,37	0,00	0,00	0,00	31,07	0,00	12,37	0,00	158,45	-	12,37
-1,48	-	-	-	-4,51	-	-9,15	-	-	0,00	12,37	0,00	0,00	0,00	31,07	0,00	12,37	0,00	158,45	-	12,37
-1,67	-	-	-	-6,54	-	-11,73	-	-	0,00	14,01	0,00	0,00	0,00	34,98	0,00	14,01	0,00	172,50	-	14,01
-1,67	-	-	-	-6,54	-	-11,73	-	-	0,00	14,01	0,00	0,00	0,00	34,98	0,00	14,01	0,00	172,50	-	14,01
-1,87	-	-	-	-9,12	-	-14,63	-	-	0,00	15,65	0,00	0,00	0,00	38,89	0,00	15,65	0,00	186,56	-	15,65
-1,87	-	-	-	-9,12	-	-14,63	-	-	0,00	15,65	0,00	0,00	0,00	38,89	0,00	15,65	0,00	186,56	-	15,65
-2,07	-	-	-	-12,29	-	-17,85	-	-	0,00	17,29	0,00	0,00	0,00	42,80	0,00	17,29	0,00	200,61	-	17,29
-2,07	-	-	-	-12,29	-	-17,85	-	-	0,00	17,29	0,00	0,00	0,00	42,80	0,00	17,29	0,00	200,61	-	17,29
-2,26	-	-	-	-16,12	-	-21,39	-	-	0,00	18,92	0,00	0,00	0,00	46,72	0,00	18,92	0,00	214,67	-	18,92
-2,26	-	-	-	-16,12	-	-21,39	-	-	0,00	18,92	0,00	0,00	0,00	46,72	0,00	18,92	0,00	214,67	-	18,92
-2,46	-	-	-	-20,68	-	-25,25	-	-	0,00	20,56	0,00	0,00	0,00	50,63	0,00	20,56	0,00	228,72	-	20,56
-2,46	-	-	-	-20,68	-	-25,25	-	-	0,00	20,56	0,00	0,00	0,00	50,63	0,00	20,56	0,00	228,72	-	20,56
-2,65	-	-	-	-26,02	-	-29,44	-	-	0,00	22,20	0,00	0,00	0,00	54,54	0,00	22,20	0,00	242,78	-	22,20
-2,65	-	-	-	-26,02	-	-29,44	-	-	0,00	22,20	0,00	0,00	0,00	54,54	0,00	22,20	0,00	242,78	-	22,20
-2,85	-	-	-	-32,22	-	-33,94	-	-	0,00	23,84	0,00	0,00	0,00	58,46	0,00	23,84	0,00	256,84	-	23,84
-2,85	-	-	-	-32,22	-	-33,94	-	-	0,00	23,84	0,00	0,00	0,00	58,46	0,00	23,84	0,00	256,84	-	23,84
-3,04	-	-	-	-39,33	-	-38,76	-	-	0,00	25,47	0,00	0,00	0,00	62,37	0,00	25,47	0,00	270,89	-	25,47
-3,04	-	-	-	-39,33	-	-38,76	-	-	0,00	25,47	0,00	0,00	0,00	62,37	0,00	25,47	0,00	270,89	-	25,47



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-3.24	-	-	-	-47,41	-	-43,91	-	-	0,00	27,11	0,00	0,00	0,00	66,28	0,00	27,11	0,00	284,95	-	27,11
-3.24	-	-	-	-47,41	-	-43,91	-	-	0,00	27,11	0,00	0,00	0,00	66,28	0,00	27,11	0,00	284,95	-	27,11
-3.43	-	-	-	-56,53	-	-49,37	-	-	0,00	28,75	0,00	0,00	0,00	70,20	0,00	28,75	0,00	299,00	-	28,75
-3.43	-	-	-	-56,53	-	-49,37	-	-	0,00	28,75	0,00	0,00	0,00	70,20	0,00	28,75	0,00	299,00	-	28,75
-3.63	-	-	-	-66,75	-	-55,16	-	-	0,00	30,39	0,00	0,00	0,00	74,11	0,00	30,39	0,00	313,06	-	30,39
-3.63	-	-	-	-66,75	-	-55,16	-	-	0,00	30,39	0,00	0,00	0,00	74,11	0,00	30,39	0,00	313,06	-	30,39
-3.83	-	-	-	-78,13	-	-61,26	-	-	0,00	32,02	0,00	0,00	0,00	78,02	0,00	32,02	0,00	327,11	-	32,02
-3.83	-	-	-	-78,13	-	-61,26	-	-	0,00	32,02	0,00	0,00	0,00	78,02	0,00	32,02	0,00	327,11	-	32,02
-4.02	-	-	-	-90,74	-	-67,69	-	-	0,00	33,66	0,00	0,00	0,00	81,93	0,00	33,66	0,00	341,17	-	33,66
-4.02	-	-	-	-90,74	-	-67,69	-	-	0,00	33,66	0,00	0,00	0,00	81,93	0,00	33,66	0,00	341,17	-	33,66
-4.22	-	-	-	-104,64	-	-74,44	-	-	0,00	35,30	0,00	0,00	0,00	85,85	0,00	35,30	0,00	355,23	-	35,30
-4.22	-	-	-	-104,64	-	-74,44	-	-	0,00	35,30	0,00	0,00	0,00	85,85	0,00	35,30	0,00	355,23	-	35,30
-4.41	-	-	-	-119,89	-	-81,50	-	-	0,00	36,94	0,00	0,00	0,00	89,76	0,00	36,94	0,00	369,28	-	36,94
-4.41	-	-	-	-119,89	-	-81,50	-	-	0,00	36,94	0,00	0,00	0,00	89,76	0,00	36,94	0,00	369,28	-	36,94
-4.61	-	-	-	-136,56	-	-88,89	-	-	0,00	38,57	0,00	0,00	0,00	93,67	0,00	38,57	0,00	383,34	-	38,57
-4.61	-	-	-	-136,56	-	-88,89	-	-	0,00	38,57	0,00	0,00	0,00	93,67	0,00	38,57	0,00	383,34	-	38,57
-4.80	-	-	-	-154,70	-	-96,60	-	-	0,00	40,21	0,00	0,00	0,00	97,59	0,00	40,21	0,00	397,39	-	40,21
-4.80	-	-	-	-154,70	-	-96,60	-	-	0,00	40,21	0,00	0,00	0,00	97,59	0,00	40,21	0,00	397,39	-	40,21
-5.00	-	-	-	-174,38	-	-104,63	-	-	0,00	41,85	0,00	0,00	0,00	101,50	0,00	41,85	0,00	411,45	-	41,85
-5.00	-	-	-	-174,38	-	-104,63	-	-	42,60	33,38	0,00	0,00	0,00	101,50	0,00	33,38	46,86	411,45	-	-8,22
-5.00	-	-	-	-174,38	-	-104,63	-	-	42,60	33,38	0,00	0,00	0,00	101,50	0,00	33,38	46,86	411,45	-	-8,22
-5.00	-	-	-	-174,38	-	-104,63	-	-	42,60	33,38	0,00	0,00	0,00	101,50	0,00	33,38	46,86	411,45	-	-8,22
-5.17	-	-	-	-191,84	-	-102,32	-	-	53,48	35,01	0,00	0,00	3,33	104,83	0,45	35,01	58,83	423,42	-	-18,48
-5.17	-	-	-	-191,84	-	-102,32	-	-	53,48	35,01	0,00	0,00	3,33	104,83	0,45	35,01	58,83	423,42	-	-18,48
-5.33	-	-	-	-208,39	-	-98,47	-	-	64,37	36,63	0,00	0,00	6,67	108,17	0,90	36,63	70,81	435,39	-	-27,74
-5.33	-	-	-	-208,39	-	-98,47	-	-	64,37	36,63	0,00	0,00	6,67	108,17	0,90	36,63	70,81	435,39	-	-27,74
-5.50	-	-	-	-224,38	-	-93,07	-	-	75,25	38,26	0,00	0,00	10,00	111,50	1,35	38,26	82,78	447,37	-	-36,99
-5.50	-	-	-	-224,38	-	-93,07	-	-	717,35	15,05	0,00	0,00	10,00	111,50	1,35	15,05	789,09	1188,90	-	-702,30
-5.70	-	-	-	-229,05	-	45,72	-	-	732,07	15,61	0,00	0,00	14,11	115,61	1,90	15,61	805,27	1205,08	-	-716,46
-5.70	-	-	-	-229,05	-	45,72	-	-	732,07	15,61	0,00	0,00	14,11	115,61	1,90	15,61	805,27	1205,08	-	-716,46
-5.78	-	-	-	-222,57	-	106,91	-	-	738,46	15,85	0,00	0,00	15,89	117,39	2,15	15,85	812,31	1212,12	-	-722,61
-5.78	-	-	-	-222,57	-	106,91	-	-	2,15	28,49	0,00	0,00	15,89	117,39	2,15	15,85	812,31	1212,12	-	26,34
-5.89	-	-	-	-210,90	-	104,00	-	-	2,46	28,75	0,00	0,00	18,22	119,72	2,46	16,16	821,46	1221,27	-	26,29
-5.89	-	-	-	-210,90	-	104,00	-	-	2,46	28,75	0,00	0,00	18,22	119,72	2,46	16,16	821,46	1221,27	-	26,29
-6.09	-	-	-	-191,06	-	98,87	-	-	3,01	29,21	0,00	0,00	22,33	123,83	3,01	16,72	837,64	1237,45	-	26,20
-6.09	-	-	-	-191,06	-	98,87	-	-	3,01	29,21	0,00	0,00	22,33	123,83	3,01	16,72	837,64	1237,45	-	26,20
-6.28	-	-	-	-172,22	-	93,75	-	-	3,57	29,67	0,00	0,00	26,43	127,93	3,57	17,27	853,83	1253,64	-	26,10

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-6,28	-	-	-172,22	-	93,76	-	-	-	3,57	29,67	0,00	0,00	26,43	127,93	3,57	17,27	853,83	1253,64	-	26,10
-6,43	-	-	-159,06	-	90,02	-	-	-	3,97	30,01	0,00	0,00	29,44	130,94	3,97	17,68	865,67	1265,48	-	26,04
-6,43	-	-	-159,06	-	90,02	-	-	-	3,97	30,01	0,00	0,00	29,44	130,94	3,97	17,68	865,67	1265,48	-	26,04
-6,48	-	-	-154,37	-	88,65	-	-	-	4,12	30,13	0,00	0,00	30,54	132,04	4,12	17,83	870,01	1269,82	-	26,01
-6,48	-	-	-154,37	-	88,65	-	-	-	4,12	30,13	0,00	0,00	30,54	132,04	4,12	17,83	870,01	1269,82	-	26,01
-6,67	-	-	-137,52	-	83,57	-	-	-	4,68	30,60	0,00	0,00	34,65	136,15	4,68	18,38	886,19	1286,00	-	25,92
-6,67	-	-	-137,52	-	83,57	-	-	-	4,68	30,60	0,00	0,00	34,65	136,15	4,68	18,38	886,19	1286,00	-	25,92
-6,87	-	-	-121,67	-	78,51	-	-	-	5,23	31,06	0,00	0,00	38,76	140,26	5,23	18,94	902,38	1302,19	-	25,83
-6,87	-	-	-121,67	-	78,51	-	-	-	5,23	31,06	0,00	0,00	38,76	140,26	5,23	18,94	902,38	1302,19	-	25,83
-7,07	-	-	-106,80	-	73,47	-	-	-	5,79	31,52	0,00	0,00	42,87	144,37	5,79	19,49	918,56	1318,37	-	25,73
-7,07	-	-	-106,80	-	73,47	-	-	-	5,79	31,52	0,00	0,00	42,87	144,37	5,79	19,49	918,56	1318,37	-	25,73
-7,26	-	-	-92,92	-	68,44	-	-	-	6,34	31,98	0,00	0,00	46,98	148,48	6,34	20,04	934,75	1334,56	-	25,64
-7,26	-	-	-92,92	-	68,44	-	-	-	6,34	31,98	0,00	0,00	46,98	148,48	6,34	20,04	934,75	1334,56	-	25,64
-7,46	-	-	-80,02	-	63,43	-	-	-	6,90	32,44	0,00	0,00	51,09	152,59	6,90	20,60	950,93	1350,74	-	25,55
-7,46	-	-	-80,02	-	63,43	-	-	-	6,90	32,44	0,00	0,00	51,09	152,59	6,90	20,60	950,93	1350,74	-	25,55
-7,65	-	-	-68,10	-	58,45	-	-	-	7,45	32,90	0,00	0,00	55,20	156,70	7,45	21,15	967,12	1366,92	-	25,45
-7,65	-	-	-68,10	-	58,45	-	-	-	7,45	32,90	0,00	0,00	55,20	156,70	7,45	21,15	967,12	1366,92	-	25,45
-7,85	-	-	-57,15	-	53,47	-	-	-	8,01	33,37	0,00	0,00	59,30	160,80	8,01	21,71	983,30	1383,11	-	25,36
-7,85	-	-	-57,15	-	53,47	-	-	-	8,01	33,37	0,00	0,00	59,30	160,80	8,01	21,71	983,30	1383,11	-	25,36
-8,04	-	-	-47,17	-	48,52	-	-	-	8,56	33,83	0,00	0,00	63,41	164,91	8,56	22,26	999,48	1399,29	-	25,27
-8,04	-	-	-47,17	-	48,52	-	-	-	8,56	33,83	0,00	0,00	63,41	164,91	8,56	22,26	999,48	1399,29	-	25,27
-8,24	-	-	-38,16	-	43,59	-	-	-	9,12	34,29	0,00	0,00	67,52	169,02	9,12	22,82	1015,67	1415,48	-	25,17
-8,24	-	-	-38,16	-	43,59	-	-	-	9,12	34,29	0,00	0,00	67,52	169,02	9,12	22,82	1015,67	1415,48	-	25,17
-8,43	-	-	-30,11	-	38,67	-	-	-	9,67	34,75	0,00	0,00	71,63	173,13	9,67	23,37	1031,85	1431,66	-	25,08
-8,43	-	-	-30,11	-	38,67	-	-	-	9,67	34,75	0,00	0,00	71,63	173,13	9,67	23,37	1031,85	1431,66	-	25,08
-8,63	-	-	-23,03	-	33,77	-	-	-	10,22	35,21	0,00	0,00	75,74	177,24	10,22	23,93	1048,04	1447,84	-	24,99
-8,63	-	-	-23,03	-	33,77	-	-	-	10,22	35,21	0,00	0,00	75,74	177,24	10,22	23,93	1048,04	1447,84	-	24,99
-8,83	-	-	-16,90	-	28,89	-	-	-	10,78	35,67	0,00	0,00	79,85	181,35	10,78	24,48	1064,22	1464,03	-	24,89
-8,83	-	-	-16,90	-	28,89	-	-	-	10,78	35,67	0,00	0,00	79,85	181,35	10,78	24,48	1064,22	1464,03	-	24,89
-9,02	-	-	-11,72	-	24,03	-	-	-	11,33	36,13	0,00	0,00	83,96	185,46	11,33	25,04	1080,40	1480,21	-	24,80
-9,02	-	-	-11,72	-	24,03	-	-	-	11,33	36,13	0,00	0,00	83,96	185,46	11,33	25,04	1080,40	1480,21	-	24,80
-9,22	-	-	-7,49	-	19,19	-	-	-	11,89	36,60	0,00	0,00	88,07	189,57	11,89	25,59	1096,58	1496,40	-	24,71
-9,22	-	-	-7,49	-	19,19	-	-	-	11,89	36,60	0,00	0,00	88,07	189,57	11,89	25,59	1096,58	1496,40	-	24,71
-9,41	-	-	-4,21	-	14,37	-	-	-	12,44	37,06	0,00	0,00	92,17	193,67	12,44	26,15	1112,77	1512,58	-	24,61
-9,41	-	-	-4,21	-	14,37	-	-	-	12,44	37,06	0,00	0,00	92,17	193,67	12,44	26,15	1112,77	1512,58	-	24,61
-9,61	-	-	-1,87	-	9,56	-	-	-	13,00	37,52	0,00	0,00	96,28	197,78	13,00	26,70	1128,96	1528,77	-	24,52
-9,61	-	-	-1,87	-	9,56	-	-	-	13,00	37,52	0,00	0,00	96,28	197,78	13,00	26,70	1128,96	1528,77	-	24,52



v.5.0.12

AFFAIRE

ST1 RIDEAU PALPLANCHE

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-9,80	-	-	-	-0,47	-	4,77	-	-	13,55	37,98	0,00	0,00	100,39	201,89	13,55	27,26	1145,14	1544,95	-	24,43
-9,80	-	-	-	-0,47	-	4,77	-	-	13,55	37,98	0,00	0,00	100,39	201,89	13,55	27,26	1145,14	1544,95	-	24,43
-10,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	14,11	38,44	0,00	0,00	104,50	206,00	14,11	27,81	1161,33	1561,13	-	24,33
-10,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-10,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00

Butée mobilisable = 4420,84 kN/m Butée mobilisée = 375,38 kN/m Rapport (1) = 11,777



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE



v.5.0.12

AFFAIRE

ST1 RIDEAU PALPLANCHE

RESULTATS ELS et ELU (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
P1	MEL	-229.05	106.91	OK	1.32	-
Extrema	-	-229.05	106.91	-	-	-



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

Vérifications

COEFFICIENTS PARTIELS - Approche 2 (EC7 - NF P94-282)

Actions		
Sol - Eau - Ecran	MISS	MEL
poussée limite du sol (Ypa)	1,00	1,35
pression d'eau (Ypw)	1,00	1,35
pois propre de l'écran (Yw)	1,00	1,35

Actions		
Sucharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL
Sol - permanente (YG)	1,00	1,00
Sol - variable (YQ)	1,11	1,11
Ecran - permanente favorable (YG.inf)	1,00	1,00
Ecran - permanente défavorable (YG.sup)	1,00	1,35
Ecran - variable défavorable (YQ.sup)	1,11	1,50

Paramètre de résistance		
Paramètres du sol	MISS	MEL
Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00
Angle de frot. effectif (Yφ')	1,00	1,00
Cohesion non drainée (Ycu')	1,00	1,00

-		
	MISS	MEL
Butée limite - phase durable (Ypb.D)	1,40	1,40
Butée limite - phase transitoire (Ypb.T)	1,10	1,10
Résistance des appuis (Yanc)	1,00	-
Effort déstabilisant (Ykrz)	1,10	-

Efforts, sollicitations et butée mobilisée : YE = 1,35
Méthode de référence pour le recalcul de ka/kp : Kérisel

RESULTATS DES VERIFICATIONS

PHASE 1 - Transitoire

L'écran est considéré en console (autostable).
La méthode D a été utilisée pour cette phase.
La butée pour cette phase est considérée à gauche.

Vérification du défaut de butée :

Vérification de la hauteur de fiche :

Point de pression nulle : z0 = -5,00 m
Point de moment nul : zc = -6,43 m
Côte du pied de l'écran : zp = -10,00 m
f0 = z0 - zc = 1,43 m
fb = z0 - zp = 5,00 m

fb / f0 = 3.507 (≥ 1.2)

Vérification de la contre-butée :

Point de transition : zn = -5,78 m
Contre-butée nécessaire à l'équilibre des efforts horizontaux : Ct,d = 588,13 kN/m
Contre-butée mobilisable sous zn : Cm,d = 2866,51 kN/m
Facteur de mobilisation : α = 0,058
Cm,d ≥ Ct,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran : Pd = 17,28 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran : Pv,d = -15,96 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran : Tv,d = 0,00 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran : Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

Rv,d = 1,32 kN/m

**Charge verticale ELU de 1.32 kN/m à transmettre en pied de l'écran.
Equilibre vertical OK si portance en pointe garantie.**

Situation transitoire 01 :
Situation de calcul sismique

DONNEES

GENERALITES :

Système d'unités : Métrique, kN, kN/m² Niveau phréatique : 0,00 m
 Poids volumique de l'eau : 10,00 kN/m³ Nombre d'itérations par phase de calcul : 100
 Pas de calcul : 0,20 m Prise en compte moments 2 ordre : non
 Définition du projet : Cotes

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	dc [kN/m ² /m]	k0	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m ² /m]	dkh [kN/m ² /m/m]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [kN/m/m]
enrochement	0,00	23,00	23,00	40,00	1,00	0,000	0,357	0,217	7,396	0,357	0,357	0,933	7,251	167258	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
samd	-0,50	20,00	10,00	28,00	10,00	0,000	0,531	0,362	3,592	0,531	0,531	1,202	4,686	85001	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
gneiss	-5,50	21,00	11,00	30,00	150,00	0,000	0,500	0,333	3,939	0,500	0,500	1,155	4,998	539720	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00

Valeurs de calcul des paramètres de la loi de comportement

Couche	Comportement	MSS								MEL							
		φ,d [°]	c,d [kN/m ²]	dc,d [kN/m ² /m]	kay,d	kpy,d	kac,d	kpc,d	φ,d [°]	c,d [kN/m ²]	dc,d [kN/m ² /m]	kay,d	kpy,d	kac,d	kpc,d		
enrochement	Drainé	40,00	1,00	0,000	0,217	7,396	0,933	7,251	40,00	1,00	0,000	0,217	7,396	0,933	7,251		
samd	Drainé	28,00	10,00	0,000	0,362	3,592	1,202	4,686	28,00	10,00	0,000	0,362	3,592	1,202	4,686		
gneiss	Drainé	30,00	150,00	0,000	0,333	3,939	1,155	4,998	30,00	150,00	0,000	0,333	3,939	1,155	4,998		

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm ² /m]	W [kNm/m]
1	-10,00	124761	1,28

Cote de la tête de l'écran : z0 = 0,00 m

ASSISTANTS
Assistant K0 :

Action	Nom Couche	φ [°]	β [°]	Roc	K0
Sol initial	enrochement	40,00	0,00	1,000	0,357
Sol initial	samd	28,00	0,00	1,000	0,531
Sol initial	gneiss	30,00	0,00	1,000	0,500

Assistant Kerisel & Absi, milieu pesant :

Action	Nom Couche	Coefficient	λ [°]	φ [°]	δ/φ	β/φ	Valeur
Sol initial	enrochement	kay	0,00	40,00	0,000	0,000	0,217
Sol initial	enrochement	kpy	0,00	40,00	-0,333	0,000	7,396
Sol initial	samd	kay	0,00	28,00	0,000	0,000	0,362
Sol initial	samd	kpy	0,00	28,00	-0,333	0,000	3,592
Sol initial	gneiss	kay	0,00	30,00	0,000	0,000	0,333
Sol initial	gneiss	kpy	0,00	30,00	-0,333	0,000	3,939

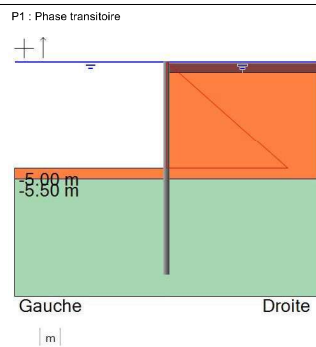
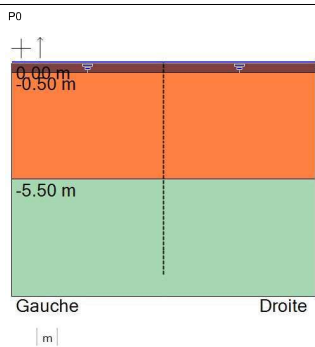
Assistant kac/kpc :

Action	Nom Couche	Coefficient	φ [°]	δ/φ	Valeur
Sol initial	enrochement	kac	40,00	0,000	0,933
Sol initial	enrochement	kpc	40,00	-0,333	7,251
Sol initial	samd	kac	28,00	0,000	1,202
Sol initial	samd	kpc	28,00	-0,333	4,686
Sol initial	gneiss	kac	30,00	0,000	1,155
Sol initial	gneiss	kpc	30,00	-0,333	4,998

Assistant Rideau de palplanche :

Action	Type	Section	EI [kNm ² /m]
Ecran initial	Standard Z	AZ 25-800	124761

SYNTHESE PHASAGE



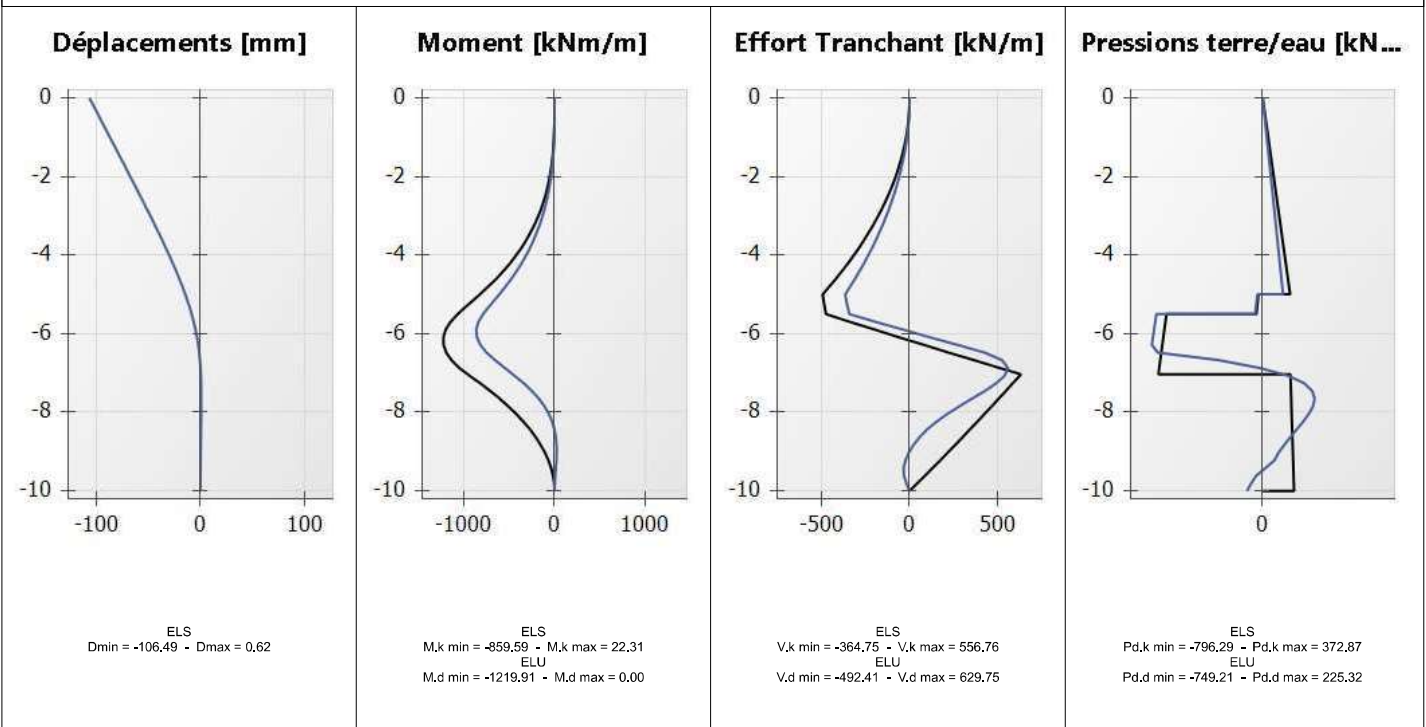
- Options MEL :
Surexcavation :
 $\Delta a_{\text{gauche}} [m] = 0,00$ $\Delta a_{\text{droite}} [m] = 0,00$
Méthode de calcul automatique.
Sélection automatique du côté de la butée
Correction automatique de l'inclinaison de contre butée.
Calculer sollicitations ELU (MSS) : non

- Excavation (côté gauche) :
 $z_h [m] = -5,00$

- Diagramme de pressions imposé : (droite)
Pression au repos : $p_0 =$ Calcul automatique
Butée limite : $p_b =$ Calcul automatique
Poussée limite : $p_a [kN/m^2] =$ Diagramme imposé

$z[m] = 0,00$
 $z[m] = -5,00$

RESULTATS ELU MEL - Phase P1



Légende des graphiques : --- Valeurs ELS --- Valeurs ELU --- Eau



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

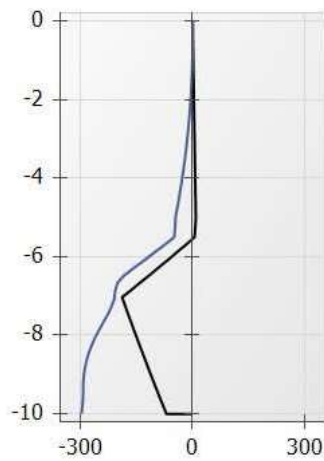
RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Rotation [x0.001 rad]



ELS
Rmin = -0,44487 - Rmax = 19,58659

Effort Normal [kN/m]



ELS
N.k min = -298,02 - N.k max = 0,14
ELU
N.d min = -188,87 - N.d max = 8,64

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE



v.5.0.12

AFFAIRE

ST1 RIDEAU PALPLANCHE

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Action(s) définie(s) dans cette phase :

- Excavation (côté gauche) : zh [m] = -5,00
 - Diagramme de pressions imposé : (droite) Pression au repos : p0 = Calcul automatique Butée limite : pb = Calcul automatique Poussee limite : pa [kN/m/m] = Diagramme imposé
 z[m] = 0,00 z[m] = -5,00

Le calcul a convergé au bout de 6 itérations.

Niveau m	Rotation x0,001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
0,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,25	-	0,00
-0,17	-	-	-	-0,03	-	-0,55	-	-	0,00	6,57	2,25	2,25	0,00	3,83	0,00	6,57	0,00	35,60	-	6,57
-0,17	-	-	-	-0,03	-	-0,55	-	-	0,00	6,57	2,25	2,25	0,00	3,83	0,00	6,57	0,00	35,60	-	6,57
-0,33	-	-	-	-0,24	-	-2,19	-	-	0,00	13,13	4,50	4,50	0,00	7,67	0,00	13,13	0,00	63,95	-	13,13
-0,33	-	-	-	-0,24	-	-2,19	-	-	0,00	13,13	4,50	4,50	0,00	7,67	0,00	13,13	0,00	63,95	-	13,13
-0,50	-	-	-	-0,82	-	-4,92	-	-	0,00	19,70	6,75	6,75	0,00	11,50	0,00	19,70	0,00	92,31	-	19,70
-0,50	-	-	-	-0,82	-	-4,92	-	-	0,00	19,70	6,75	6,75	0,00	11,50	0,00	19,70	0,00	92,31	-	19,70
-0,70	-	-	-	-2,21	-	-9,53	-	-	0,00	27,40	9,39	9,39	0,00	13,46	0,00	27,40	0,00	95,20	-	27,40
-0,70	-	-	-	-2,21	-	-9,53	-	-	0,00	27,40	9,39	9,39	0,00	13,46	0,00	27,40	0,00	95,20	-	27,40
-0,89	-	-	-	-4,65	-	-15,65	-	-	0,00	35,11	12,03	12,03	0,00	15,41	0,00	35,11	0,00	102,22	-	35,11
-0,89	-	-	-	-4,65	-	-15,65	-	-	0,00	35,11	12,03	12,03	0,00	15,41	0,00	35,11	0,00	102,22	-	35,11
-1,09	-	-	-	-8,43	-	-23,27	-	-	0,00	42,82	14,67	14,67	0,00	17,37	0,00	42,82	0,00	109,25	-	42,82
-1,09	-	-	-	-8,43	-	-23,27	-	-	0,00	42,82	14,67	14,67	0,00	17,37	0,00	42,82	0,00	109,25	-	42,82
-1,28	-	-	-	-13,85	-	-32,40	-	-	0,00	50,53	17,32	17,32	0,00	19,33	0,00	50,53	0,00	116,28	-	50,53
-1,28	-	-	-	-13,85	-	-32,40	-	-	0,00	50,53	17,32	17,32	0,00	19,33	0,00	50,53	0,00	116,28	-	50,53
-1,48	-	-	-	-21,21	-	-43,04	-	-	0,00	58,23	19,96	19,96	0,00	21,28	0,00	58,23	0,00	123,31	-	58,23
-1,48	-	-	-	-21,21	-	-43,04	-	-	0,00	58,23	19,96	19,96	0,00	21,28	0,00	58,23	0,00	123,31	-	58,23
-1,67	-	-	-	-30,79	-	-55,19	-	-	0,00	65,94	22,60	22,60	0,00	23,24	0,00	65,94	0,00	130,33	-	65,94
-1,67	-	-	-	-30,79	-	-55,19	-	-	0,00	65,94	22,60	22,60	0,00	23,24	0,00	65,94	0,00	130,33	-	65,94
-1,87	-	-	-	-42,90	-	-68,84	-	-	0,00	73,65	25,24	25,24	0,00	25,20	0,00	73,65	0,00	137,36	-	73,65
-1,87	-	-	-	-42,90	-	-68,84	-	-	0,00	73,65	25,24	25,24	0,00	25,20	0,00	73,65	0,00	137,36	-	73,65
-2,07	-	-	-	-57,83	-	-84,01	-	-	0,00	81,36	27,88	27,88	0,00	27,15	0,00	81,36	0,00	144,39	-	81,36
-2,07	-	-	-	-57,83	-	-84,01	-	-	0,00	81,36	27,88	27,88	0,00	27,15	0,00	81,36	0,00	144,39	-	81,36
-2,26	-	-	-	-75,87	-	-100,68	-	-	0,00	89,06	30,52	30,52	0,00	29,11	0,00	89,06	0,00	151,42	-	89,06
-2,26	-	-	-	-75,87	-	-100,68	-	-	0,00	89,06	30,52	30,52	0,00	29,11	0,00	89,06	0,00	151,42	-	89,06
-2,46	-	-	-	-97,33	-	-118,86	-	-	0,00	96,77	33,16	33,16	0,00	31,07	0,00	96,77	0,00	158,45	-	96,77
-2,46	-	-	-	-97,33	-	-118,86	-	-	0,00	96,77	33,16	33,16	0,00	31,07	0,00	96,77	0,00	158,45	-	96,77
-2,65	-	-	-	-122,48	-	-138,55	-	-	0,00	104,48	35,80	35,80	0,00	33,02	0,00	104,48	0,00	165,47	-	104,48
-2,65	-	-	-	-122,48	-	-138,55	-	-	0,00	104,48	35,80	35,80	0,00	33,02	0,00	104,48	0,00	165,47	-	104,48
-2,85	-	-	-	-151,64	-	-159,74	-	-	0,00	112,18	38,45	38,45	0,00	34,98	0,00	112,18	0,00	172,50	-	112,18
-2,85	-	-	-	-151,64	-	-159,74	-	-	0,00	112,18	38,45	38,45	0,00	34,98	0,00	112,18	0,00	172,50	-	112,18
-3,04	-	-	-	-185,09	-	-182,44	-	-	0,00	119,89	41,09	41,09	0,00	36,93	0,00	119,89	0,00	179,53	-	119,89
-3,04	-	-	-	-185,09	-	-182,44	-	-	0,00	119,89	41,09	41,09	0,00	36,93	0,00	119,89	0,00	179,53	-	119,89



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacm. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-3.24	-	-	-	-223.13	-	-206.66	-	-	0,00	127.60	43.73	43.73	0,00	38.89	0,00	127.60	0,00	196.56	-	127.60
-3.24	-	-	-	-223.13	-	-206.66	-	-	0,00	127.60	43.73	43.73	0,00	38.89	0,00	127.60	0,00	196.56	-	127.60
-3.43	-	-	-	-266.05	-	-232.37	-	-	0,00	135.31	46.37	46.37	0,00	40.85	0,00	135.31	0,00	193.59	-	135.31
-3.43	-	-	-	-266.05	-	-232.37	-	-	0,00	135.31	46.37	46.37	0,00	40.85	0,00	135.31	0,00	193.59	-	135.31
-3.63	-	-	-	-314.15	-	-259.60	-	-	0,00	143.01	49.01	49.01	0,00	42.80	0,00	143.01	0,00	200.61	-	143.01
-3.63	-	-	-	-314.15	-	-259.60	-	-	0,00	143.01	49.01	49.01	0,00	42.80	0,00	143.01	0,00	200.61	-	143.01
-3.83	-	-	-	-367.73	-	-288.34	-	-	0,00	150.72	51.65	51.65	0,00	44.76	0,00	150.72	0,00	207.64	-	150.72
-3.83	-	-	-	-367.73	-	-288.34	-	-	0,00	150.72	51.65	51.65	0,00	44.76	0,00	150.72	0,00	207.64	-	150.72
-4.02	-	-	-	-427.08	-	-318.58	-	-	0,00	158.43	54.29	54.29	0,00	46.72	0,00	158.43	0,00	214.67	-	158.43
-4.02	-	-	-	-427.08	-	-318.58	-	-	0,00	158.43	54.29	54.29	0,00	46.72	0,00	158.43	0,00	214.67	-	158.43
-4.22	-	-	-	-492.49	-	-350.33	-	-	0,00	166.14	56.93	56.93	0,00	48.67	0,00	166.14	0,00	221.70	-	166.14
-4.22	-	-	-	-492.49	-	-350.33	-	-	0,00	166.14	56.93	56.93	0,00	48.67	0,00	166.14	0,00	221.70	-	166.14
-4.41	-	-	-	-564.26	-	-383.59	-	-	0,00	173.84	59.58	59.58	0,00	50.63	0,00	173.84	0,00	228.72	-	173.84
-4.41	-	-	-	-564.26	-	-383.59	-	-	0,00	173.84	59.58	59.58	0,00	50.63	0,00	173.84	0,00	228.72	-	173.84
-4.61	-	-	-	-642.69	-	-418.36	-	-	0,00	181.55	62.22	62.22	0,00	52.59	0,00	181.55	0,00	235.75	-	181.55
-4.61	-	-	-	-642.69	-	-418.36	-	-	0,00	181.55	62.22	62.22	0,00	52.59	0,00	181.55	0,00	235.75	-	181.55
-4.80	-	-	-	-728.07	-	-454.63	-	-	0,00	189.26	64.86	64.86	0,00	54.54	0,00	189.26	0,00	242.78	-	189.26
-4.80	-	-	-	-728.07	-	-454.63	-	-	0,00	189.26	64.86	64.86	0,00	54.54	0,00	189.26	0,00	242.78	-	189.26
-5.00	-	-	-	-820.69	-	-492.41	-	-	0,00	196.97	67.50	67.50	0,00	56.50	0,00	196.97	0,00	249.81	-	196.97
-5.00	-	-	-	-820.69	-	-492.41	-	-	42.60	11.38	67.50	67.50	0,00	56.50	0,00	11.38	46.86	249.81	-	-31.22
-5.00	-	-	-	-820.69	-	-492.41	-	-	42.60	11.38	67.50	67.50	0,00	56.50	0,00	11.38	46.86	249.81	-	-31.22
-5.00	-	-	-	-820.69	-	-492.41	-	-	42.60	11.38	67.50	67.50	0,00	56.50	0,00	11.38	46.86	249.81	-	-31.22
-5.17	-	-	-	-902.30	-	-486.82	-	-	48.04	12.20	69.75	69.75	1.67	58.17	0.23	12.20	52.85	255.79	-	-35.84
-5.17	-	-	-	-902.30	-	-486.82	-	-	48.04	12.20	69.75	69.75	1.67	58.17	0.23	12.20	52.85	255.79	-	-35.84
-5.33	-	-	-	-982.92	-	-480.46	-	-	53.48	13.01	72.00	72.00	3.33	59.83	0.45	13.01	58.83	261.78	-	-40.47
-5.33	-	-	-	-982.92	-	-480.46	-	-	53.48	13.01	72.00	72.00	3.33	59.83	0.45	13.01	58.83	261.78	-	-40.47
-5.50	-	-	-	-1062.41	-	-473.33	-	-	58.93	13.83	74.25	74.25	5.00	61.50	0.68	13.83	64.82	267.77	-	-45.10
-5.50	-	-	-	-1062.41	-	-473.33	-	-	69.45	8.30	74.25	74.25	5.00	61.50	0.68	8.30	769.40	991.95	-	-691.15
-5.70	-	-	-	-1141.75	-	-337.38	-	-	707.16	8.59	76.89	76.89	7.15	63.65	0.97	8.59	777.87	1000.43	-	-698.56
-5.70	-	-	-	-1141.75	-	-337.38	-	-	707.16	8.59	76.89	76.89	7.15	63.65	0.97	8.59	777.87	1000.43	-	-698.56
-5.89	-	-	-	-1194.34	-	-199.98	-	-	714.86	8.88	79.53	79.53	9.30	65.80	1.26	8.88	786.35	1008.90	-	-705.98
-5.89	-	-	-	-1194.34	-	-199.98	-	-	714.86	8.88	79.53	79.53	9.30	65.80	1.26	8.88	786.35	1008.90	-	-705.98
-6.09	-	-	-	-1219.91	-	-61.13	-	-	722.57	9.17	82.17	82.17	11.46	67.96	1.55	9.17	794.83	1017.38	-	-713.40
-6.09	-	-	-	-1219.91	-	-61.13	-	-	722.57	9.17	82.17	82.17	11.46	67.96	1.55	9.17	794.83	1017.38	-	-713.40
-6.28	-	-	-	-1218.16	-	79.17	-	-	730.28	9.46	84.82	84.82	13.61	70.11	1.84	9.46	803.30	1025.86	-	-720.81
-6.28	-	-	-	-1218.16	-	79.17	-	-	730.28	9.46	84.82	84.82	13.61	70.11	1.84	9.46	803.30	1025.86	-	-720.81
-6.48	-	-	-	-1188.83	-	220.93	-	-	737.98	9.76	87.46	87.46	15.76	72.26	2.13	9.76	811.78	1034.34	-	-728.23

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-6.48	-	-	-	-1188.83	-	220.93	-	-	737.98	9.76	87.46	87.46	15.76	72.26	2.13	9.76	811.78	1034.34	-	-728.23
-6.67	-	-	-	-1131.62	-	364.13	-	-	745.69	10.05	90.10	90.10	17.91	74.41	2.42	10.05	820.26	1042.81	-	-735.64
-6.67	-	-	-	-1131.62	-	364.13	-	-	745.69	10.05	90.10	90.10	17.91	74.41	2.42	10.05	820.26	1042.81	-	-735.64
-6.87	-	-	-	-1046.25	-	508.79	-	-	753.40	10.34	92.74	92.74	20.07	76.57	2.71	10.34	828.74	1051.29	-	-743.06
-6.87	-	-	-	-1046.25	-	508.79	-	-	753.40	10.34	92.74	92.74	20.07	76.57	2.71	10.34	828.74	1051.29	-	-743.06
-7.03	-	-	-	-953.97	-	629.75	-	-	759.78	10.58	94.93	94.93	21.85	78.35	2.95	10.58	835.76	1058.31	-	-749.21
-7.03	-	-	-	-953.97	-	629.75	-	-	2.95	201.95	94.93	94.93	21.85	78.35	2.95	10.58	835.76	1058.31	-	199.00
-7.07	-	-	-	-932.97	-	623.07	-	-	3.00	202.29	95.38	95.38	22.22	78.72	3.00	10.63	837.21	1059.77	-	199.29
-7.07	-	-	-	-932.97	-	623.07	-	-	3.00	202.29	95.38	95.38	22.22	78.72	3.00	10.63	837.21	1059.77	-	199.29
-7.26	-	-	-	-814.89	-	583.91	-	-	3.29	204.32	98.02	98.02	24.37	80.87	3.29	10.92	845.69	1068.25	-	201.03
-7.26	-	-	-	-814.89	-	583.91	-	-	3.29	204.32	98.02	98.02	24.37	80.87	3.29	10.92	845.69	1068.25	-	201.03
-7.46	-	-	-	-704.50	-	544.41	-	-	3.58	206.35	100.66	100.66	26.52	83.02	3.58	11.21	854.17	1076.72	-	202.76
-7.46	-	-	-	-704.50	-	544.41	-	-	3.58	206.35	100.66	100.66	26.52	83.02	3.58	11.21	854.17	1076.72	-	202.76
-7.65	-	-	-	-601.88	-	504.57	-	-	3.87	208.37	103.30	103.30	28.67	85.17	3.87	11.50	862.65	1085.20	-	204.50
-7.65	-	-	-	-601.88	-	504.57	-	-	3.87	208.37	103.30	103.30	28.67	85.17	3.87	11.50	862.65	1085.20	-	204.50
-7.85	-	-	-	-507.09	-	464.39	-	-	4.16	210.40	105.95	105.95	30.83	87.33	4.16	11.79	871.12	1093.68	-	206.23
-7.85	-	-	-	-507.09	-	464.39	-	-	4.16	210.40	105.95	105.95	30.83	87.33	4.16	11.79	871.12	1093.68	-	206.23
-7.99	-	-	-	-442.87	-	434.84	-	-	4.37	211.87	107.87	107.87	32.40	88.90	4.37	12.00	877.31	1099.87	-	207.50
-7.99	-	-	-	-442.87	-	434.84	-	-	4.37	211.87	107.87	107.87	32.40	88.90	4.37	12.00	877.31	1099.87	-	207.50
-8.04	-	-	-	-420.19	-	423.87	-	-	4.45	212.42	108.59	108.59	32.98	89.48	4.45	12.08	879.60	1102.15	-	207.97
-8.04	-	-	-	-420.19	-	423.87	-	-	4.45	212.42	108.59	108.59	32.98	89.48	4.45	12.08	879.60	1102.15	-	207.97
-8.24	-	-	-	-341.25	-	383.01	-	-	4.74	214.45	111.23	111.23	35.13	91.63	4.74	12.37	888.08	1110.63	-	209.70
-8.24	-	-	-	-341.25	-	383.01	-	-	4.74	214.45	111.23	111.23	35.13	91.63	4.74	12.37	888.08	1110.63	-	209.70
-8.43	-	-	-	-270.34	-	341.81	-	-	5.03	216.47	113.87	113.87	37.28	93.78	5.03	12.66	896.56	1119.11	-	211.44
-8.43	-	-	-	-270.34	-	341.81	-	-	5.03	216.47	113.87	113.87	37.28	93.78	5.03	12.66	896.56	1119.11	-	211.44
-8.63	-	-	-	-207.52	-	300.27	-	-	5.32	218.50	116.51	116.51	39.43	95.93	5.32	12.95	905.03	1127.59	-	213.17
-8.63	-	-	-	-207.52	-	300.27	-	-	5.32	218.50	116.51	116.51	39.43	95.93	5.32	12.95	905.03	1127.59	-	213.17
-8.83	-	-	-	-152.86	-	258.39	-	-	5.61	220.52	119.15	119.15	41.59	98.09	5.61	13.24	913.51	1136.06	-	214.91
-8.83	-	-	-	-152.86	-	258.39	-	-	5.61	220.52	119.15	119.15	41.59	98.09	5.61	13.24	913.51	1136.06	-	214.91
-9.02	-	-	-	-106.43	-	216.18	-	-	5.90	222.55	121.79	121.79	43.74	100.24	5.90	13.53	921.99	1144.54	-	216.64
-9.02	-	-	-	-106.43	-	216.18	-	-	5.90	222.55	121.79	121.79	43.74	100.24	5.90	13.53	921.99	1144.54	-	216.64
-9.22	-	-	-	-88.29	-	173.62	-	-	6.20	224.57	124.43	124.43	45.89	102.39	6.20	13.82	930.47	1153.02	-	218.38
-9.22	-	-	-	-88.29	-	173.62	-	-	6.20	224.57	124.43	124.43	45.89	102.39	6.20	13.82	930.47	1153.02	-	218.38
-9.41	-	-	-	-38.51	-	130.72	-	-	6.49	226.60	127.08	127.08	48.04	104.54	6.49	14.11	938.94	1161.50	-	220.11
-9.41	-	-	-	-38.51	-	130.72	-	-	6.49	226.60	127.08	127.08	48.04	104.54	6.49	14.11	938.94	1161.50	-	220.11
-9.61	-	-	-	-17.16	-	87.49	-	-	6.78	228.62	129.72	129.72	50.20	106.70	6.78	14.40	947.42	1169.97	-	221.85
-9.61	-	-	-	-17.16	-	87.49	-	-	6.78	228.62	129.72	129.72	50.20	106.70	6.78	14.40	947.42	1169.97	-	221.85

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacm. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-9,80	-	-	-	-4,30	-	43,91	-	-	7,07	230,65	132,36	132,36	52,35	108,85	7,07	14,69	955,90	1178,45	-	223,58
-9,80	-	-	-	-4,30	-	43,91	-	-	7,07	230,65	132,36	132,36	52,35	108,85	7,07	14,69	955,90	1178,45	-	223,58
-10,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	7,36	232,67	135,00	135,00	54,50	111,00	7,36	14,99	964,38	1186,93	-	225,32
-10,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-10,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00

Butée mobilisable = 3928,90 kN/m Butée mobilisée = 990,07 kN/m Rapport (1) = 3,968



K-Réa

v.5.0.12

AFFAIRE

ST1 RIDEAU PALPLANCHE

RESULTATS ELS et ELU (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
P1	MEL	-1219.91	629.75	OK	-70.12	-
Extrema	-	-1219.91	629.75	-	-	-



terrasol

setec

Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

Vérifications
COEFFICIENTS PARTIELS - Approche 2 (EC7 - NF P94-282)

Actions		
Sol - Eau - Ecran	MISS	MEL
poussée limite du sol (Ypa)	1,00	1,35
pression d'eau (Ypw)	1,00	1,35
pooids propre de l'écran (YW)	1,00	1,35

Actions		
Sucharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL
Sol - permanente (YG)	1,00	1,00
Sol - variable (YQ)	1,11	1,11
Ecran - permanente favorable (YG.inf)	1,00	1,00
Ecran - permanente défavorable (YG.sup)	1,00	1,35
Ecran - variable défavorable (YQ.sup)	1,11	1,50

Paramètre de résistance		
Paramètres du sol	MISS	MEL
Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00
Angle de frot. effectif (Yq')	1,00	1,00
Cohesion non drainée (Ycu')	1,00	1,00

-		
	MISS	MEL
Butée limite - phase durable (Ypb.D)	1,40	1,40
Butée limite - phase transitoire (Ypb.T)	1,10	1,10
Résistance des appuis (Yanc)	1,00	-
Effort déstabilisant (Ykrz)	1,10	-

Efforts, sollicitations et butée mobilisée : YE = 1,35

Méthode de référence pour le recalcul de ka/kp : Kérisel

RESULTATS DES VERIFICATIONS
PHASE 1 - Transitoire

L'écran est considéré en console (autostable).
 La méthode D a été utilisée pour cette phase.
 La butée pour cette phase est considérée à gauche.

Vérification du défaut de butée :
Vérification de la hauteur de fiche :

Point de pression nulle : $z0 = -5,00$ m
 Point de moment nul : $zc = -7,99$ m
 Côte du pied de l'écran : $zp = -10,00$ m
 $f0 = z0 - zc = 2,99$ m
 $f0 = z0 - zp = 5,00$ m

 $f0 / f0 = 1.672$ (≥ 1.2)
Vérification de la contre-butée :

Point de transition : $zn = -7,03$ m
 Contre-butée nécessaire à l'équilibre des efforts horizontaux : $Ct,d = 1365,64$ kN/m
 Contre-butée mobilisable sous zn : $Cm,d = 2039,87$ kN/m
 Facteur de mobilisation : $\alpha = 0,489$
 $Cm,d \geq Ct,d$

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.
Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran :
 $Pd = 17,28$ kN/m
 Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :
 $Pv,d = -87,40$ kN/m
 Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
 $Tv,d = 0,00$ kN/m
 Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran :
 $Fv,d = 0,00$ kN/m $Yq =$ valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

 $Rv,d = -70,12$ kN/m

Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 70.12 kN/m vers le haut.

Situation transitoire 02 :
Situation de calcul fondamental

DONNEES

GENERALITES :

Système d'unités : Métrique, kN, kN/m² Niveau phréatique : -50,00 m
 Poids volumique de l'eau : 10,00 kN/m³ Nombre d'itérations par phase de calcul : 100
 Pas de calcul : 0,20 m Prise en compte moments 2 ordre : non
 Définition du projet : Cotes

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [m]	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	dc [kN/m²/m]	k0	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [kN/m/m]
sabel lache	0,00	19,00	9,00	26,00	1,00	0,000	0,562	0,391	3,243	0,562	0,562	1,250	4,404	2930	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
limon sableux mou	-0,85	19,00	9,00	24,00	5,00	0,000	0,593	0,423	2,931	0,593	0,593	1,299	4,150	1704	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Sand	-5,85	20,00	10,00	28,00	10,00	0,000	0,531	0,362	3,592	0,531	0,531	1,202	4,686	85001	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
graisse	-11,85	21,00	11,00	30,00	150,00	0,000	0,500	0,333	3,939	0,500	0,500	1,155	4,998	539720	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00

Valeurs de calcul des paramètres de la loi de comportement

Couche	Comportement	MISS								MEL							
		φ,d [°]	c,d [kN/m²]	dc,d [kN/m²/m]	kay,d	kpy,d	kac,d	kpc,d	φ,d [°]	c,d [kN/m²]	dc,d [kN/m²/m]	kay,d	kpy,d	kac,d	kpc,d		
sabel lache	Drainé	26,00	1,00	0,000	0,391	3,243	1,250	4,404	26,00	1,00	0,000	0,391	3,243	1,250	4,404		
limon sableux mou	Drainé	24,00	5,00	0,000	0,423	2,931	1,299	4,150	24,00	5,00	0,000	0,423	2,931	1,299	4,150		
Sand	Drainé	28,00	10,00	0,000	0,362	3,592	1,202	4,686	28,00	10,00	0,000	0,362	3,592	1,202	4,686		
graisse	Drainé	30,00	150,00	0,000	0,333	3,939	1,155	4,998	30,00	150,00	0,000	0,333	3,939	1,155	4,998		

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z,base [m]	EI [kNm²/m]	W [kNm/m]
1	-15,00	1241451	0,00

Cote de la tête de l'écran : z0 = 0,00 m

DONNEES

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	Côté	z [m]	x [m]	L [m]	α	q [kN/m/m]	Nature
1	P1	Droite	0,00	2,85	1,10	1,260	140,00	Variable
2	P1	Droite	0,00	8,85	1,10	1,102	140,00	Variable

ASSISTANTS
Assistant K0 :

Action	Nom Couche	φ [°]	β [°]	Roc	K0
SoI initial	sabel lache	26,00	0,00	1,000	0,562
SoI initial	limon sableux mou	24,00	0,00	1,000	0,593
SoI initial	Samd	28,00	0,00	1,000	0,531
SoI initial	gneiss	30,00	0,00	1,000	0,500

Assistant Kerisel & Absi, milieu pesant :


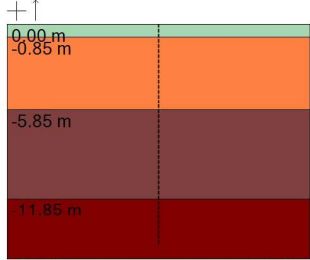
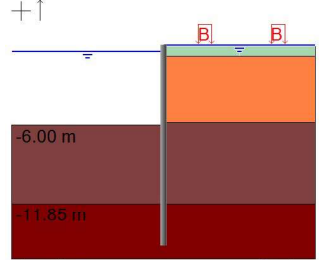

Action	Nom Couche	Coefficient	λ [°]	φ [°]	δ/φ	β/φ	Valeur
SoI initial	sabel lache	kay	0,00	26,00	0,000	0,000	0,391
SoI initial	sabel lache	kpy	0,00	26,00	-0,333	0,000	3,243
SoI initial	limon sableux mou	kay	0,00	24,00	0,000	0,000	0,423
SoI initial	limon sableux mou	kpy	0,00	24,00	-0,333	0,000	2,931
SoI initial	Samd	kay	0,00	28,00	0,000	0,000	0,362
SoI initial	Samd	kpy	0,00	28,00	-0,333	0,000	3,592
SoI initial	gneiss	kay	0,00	30,00	0,000	0,000	0,333
SoI initial	gneiss	kpy	0,00	30,00	-0,333	0,000	3,939

Assistant kac/kpc :

Action	Nom Couche	Coefficient	φ [°]	δ/φ	Valeur
SoI initial	sabel lache	kac	26,00	0,000	1,250
SoI initial	sabel lache	kpc	26,00	-0,333	4,404
SoI initial	limon sableux mou	kac	24,00	0,000	1,299
SoI initial	limon sableux mou	kpc	24,00	-0,333	4,150
SoI initial	Samd	kac	28,00	0,000	1,202
SoI initial	Samd	kpc	28,00	-0,333	4,696
SoI initial	gneiss	kac	30,00	0,000	1,155
SoI initial	gneiss	kpc	30,00	-0,333	4,998

Assistant paroi composite, Pieux circulaire :

Action	[1],E [kN/m ²]	[1],eh [m]	[1],d [mm]	[2],E [kN/m ²]	[2],e [mm]	EI [kNm ² /m]
Ecran initial	3E+007	2,50	1200,00	3E+007	200,00	1241451

 K-Réa v.5.0.12	AFFAIRE PAROI COMPOSITE ST2		
SYNTHESE PHASAGE			
<p>P0</p>  <p>Gauche Droite</p> <p> m </p>	<p>P1 : Phase transitoire</p>  <p>Gauche Droite</p> <p> m </p>		
	<ul style="list-style-type: none"> - Options MEL : Surexcavation : Δa gauche [m] = 0,00 Δa droite [m] = 0,00 Méthode de calcul automatique, Sélection automatique du côté de la butée Correction automatique de l'inclinaison de contre butée, Calculer sollicitations ELU (MSS) : non - Excavation (côté gauche) : zh [m] = -6,00 - Surcharge de Boussinesq (côté droit) : n°1 z [m] = 0,00 x [m] = 2,85 L [m] = 1,10 q [kN/m/m] = 140,00 αe = 1,260 Nature: Variable - Surcharge de Boussinesq (côté droit) : n°2 z [m] = 0,00 x [m] = 8,85 L [m] = 1,10 q [kN/m/m] = 140,00 αe = 1,102 Nature: Variable 	<ul style="list-style-type: none"> - Action hydraulique : (gauche) zw [m] = -0,45 	
	Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE		

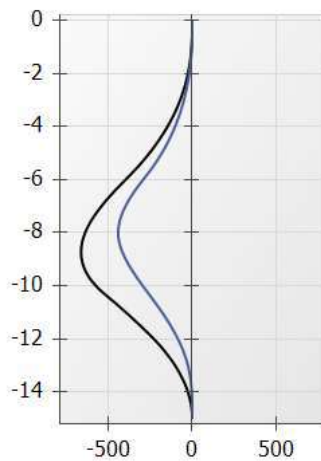
RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Déplacements [mm]



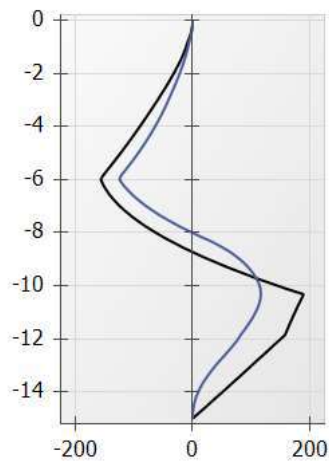
ELS
Dmin = -15.32 - Dmax = 0.01

Moment [kNm/m]



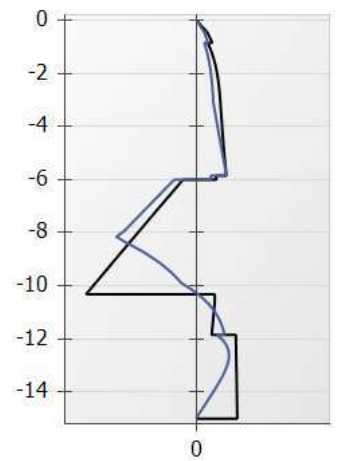
ELS
M.k min = -438.61 - M.k max = 0.00
ELU
M.d min = -658.64 - M.d max = 0.00

Effort Tranchant [kN/m]



ELS
V.k min = -125.63 - V.k max = 116.93
ELU
V.d min = -157.68 - V.d max = 190.25

Pressions terre/eau [kN...]



ELS
Pd.k min = -103.56 - Pd.k max = 40.65
ELU
Pd.d min = -142.29 - Pd.d max = 51.23

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

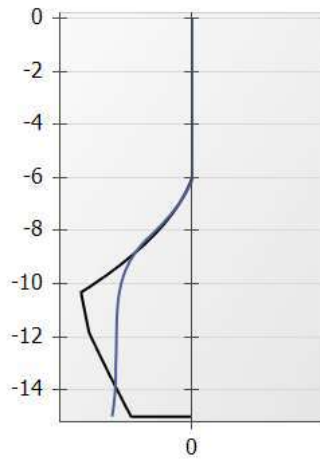
RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Rotation [x0.001 rad]



ELS
Rmin = -0.02014 - Rmax = 1.95764

Effort Normal [kN/m]



ELS
N.k min = -57,84 - N.k max = 0.00
ELU
N.d min = -80,24 - N.d max = 0.00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



terrasol

setec

Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE



v.5.0.12

AFFAIRE

PAROI COMPOSITE ST2

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Action(s) définie(s) dans cette phase :

- Excavation (côté gauche) : zh [m] = -6,00
 - Surcharge de Boussinesq (côté droit) : n°1 z [m] = 0,00 x [m] = 2,85 L [m] = 1,10 q [kN/m/m] = 140,00 oe = 1,260 Nature: Variable
 - Surcharge de Boussinesq (côté droit) : n°2 z [m] = 0,00 x [m] = 8,85 L [m] = 1,10 q [kN/m/m] = 140,00 oe = 1,102 Nature: Variable
 - Action hydraulique : (droite) zw [m] = 0,00
 - Action hydraulique : (gauche) zw [m] = -0,45

Le calcul a convergé au bout de 5 itérations.

Niveau m	Rotation x0,001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
0,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	-	0,00
-0,15	-	-	-	-0,01	-	-0,24	-	-	0,00	1,16	0,00	2,03	0,00	5,40	0,00	1,16	0,00	21,91	-	3,19
-0,15	-	-	-	-0,01	-	-0,24	-	-	0,00	1,16	0,00	2,03	0,00	5,40	0,00	1,16	0,00	21,91	-	3,19
-0,30	-	-	-	-0,10	-	-1,08	-	-	0,00	3,96	0,00	4,05	0,00	10,70	0,00	3,96	0,00	39,12	-	8,01
-0,30	-	-	-	-0,10	-	-1,08	-	-	0,00	3,96	0,00	4,05	0,00	10,70	0,00	3,96	0,00	39,12	-	8,01
-0,45	-	-	-	-0,37	-	-2,64	-	-	0,00	6,67	0,00	6,08	0,00	15,84	0,00	6,67	0,00	55,76	-	12,75
-0,45	-	-	-	-0,37	-	-2,64	-	-	0,00	6,67	0,00	6,07	0,00	15,84	0,00	6,67	0,00	55,76	-	12,75
-0,65	-	-	-	-1,18	-	-5,53	-	-	0,00	10,07	2,70	8,77	0,00	22,28	0,00	10,07	0,00	76,65	-	16,15
-0,65	-	-	-	-1,18	-	-5,53	-	-	0,00	10,07	2,70	8,77	0,00	22,28	0,00	10,07	0,00	76,65	-	16,15
-0,85	-	-	-	-2,62	-	-9,06	-	-	0,00	13,17	5,40	11,47	0,00	28,14	0,00	13,17	0,00	95,66	-	19,24
-0,85	-	-	-	-2,62	-	-9,06	-	-	0,00	7,30	5,40	11,47	0,00	28,14	0,00	7,30	0,00	103,23	-	13,38
-1,05	-	-	-	-4,72	-	-12,04	-	-	0,00	10,27	8,10	14,18	0,00	33,34	0,00	10,27	0,00	118,47	-	16,35
-1,05	-	-	-	-4,72	-	-12,04	-	-	0,00	10,27	8,10	14,18	0,00	33,34	0,00	10,27	0,00	118,47	-	16,35
-1,25	-	-	-	-7,48	-	-15,56	-	-	0,00	12,85	10,80	16,88	0,00	37,85	0,00	12,85	0,00	131,69	-	18,92
-1,25	-	-	-	-7,48	-	-15,56	-	-	0,00	12,85	10,80	16,88	0,00	37,85	0,00	12,85	0,00	131,69	-	18,92
-1,45	-	-	-	-10,98	-	-19,57	-	-	0,00	15,03	13,50	19,58	0,00	41,68	0,00	15,03	0,00	142,92	-	21,11
-1,45	-	-	-	-10,98	-	-19,57	-	-	0,00	15,03	13,50	19,58	0,00	41,68	0,00	15,03	0,00	142,92	-	21,11
-1,65	-	-	-	-15,33	-	-23,97	-	-	0,00	16,86	16,20	22,27	0,00	44,89	0,00	16,86	0,00	152,32	-	22,94
-1,65	-	-	-	-15,33	-	-23,97	-	-	0,00	16,86	16,20	22,27	0,00	44,89	0,00	16,86	0,00	152,32	-	22,94
-1,85	-	-	-	-20,59	-	-28,71	-	-	0,00	18,38	18,90	24,98	0,00	47,54	0,00	18,38	0,00	160,08	-	24,45
-1,85	-	-	-	-20,59	-	-28,71	-	-	0,00	18,38	18,90	24,98	0,00	47,54	0,00	18,38	0,00	160,08	-	24,45
-2,05	-	-	-	-26,83	-	-33,72	-	-	0,00	19,62	21,60	27,67	0,00	49,71	0,00	19,62	0,00	166,46	-	25,70
-2,05	-	-	-	-26,83	-	-33,72	-	-	0,00	19,62	21,60	27,67	0,00	49,71	0,00	19,62	0,00	166,46	-	25,70
-2,25	-	-	-	-34,10	-	-38,97	-	-	0,00	20,64	24,30	30,38	0,00	51,50	0,00	20,64	0,00	171,71	-	26,72
-2,25	-	-	-	-34,10	-	-38,97	-	-	0,00	20,64	24,30	30,38	0,00	51,50	0,00	20,64	0,00	171,71	-	26,72
-2,45	-	-	-	-42,43	-	-44,39	-	-	0,00	21,49	27,00	33,08	0,00	52,99	0,00	21,49	0,00	176,06	-	27,57
-2,45	-	-	-	-42,43	-	-44,39	-	-	0,00	21,49	27,00	33,08	0,00	52,99	0,00	21,49	0,00	176,06	-	27,57
-2,65	-	-	-	-51,87	-	-49,98	-	-	0,00	22,21	29,70	35,78	0,00	54,24	0,00	22,21	0,00	179,73	-	28,28
-2,65	-	-	-	-51,87	-	-49,98	-	-	0,00	22,21	29,70	35,78	0,00	54,24	0,00	22,21	0,00	179,73	-	28,28
-2,85	-	-	-	-62,43	-	-55,70	-	-	0,00	22,82	32,40	38,48	0,00	55,32	0,00	22,82	0,00	182,90	-	28,90
-2,85	-	-	-	-62,43	-	-55,70	-	-	0,00	22,82	32,40	38,48	0,00	55,32	0,00	22,82	0,00	182,90	-	28,90



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacm. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-3,05	-	-	-	-74,15	-	-61,53	-	-	0,00	23,37	35,10	41,18	0,00	56,29	0,00	23,37	0,00	185,73	-	29,45
-3,05	-	-	-	-74,15	-	-61,53	-	-	0,00	23,37	35,10	41,18	0,00	56,29	0,00	23,37	0,00	185,73	-	29,45
-3,25	-	-	-	-87,05	-	-67,47	-	-	0,00	23,88	37,80	43,88	0,00	57,18	0,00	23,88	0,00	188,34	-	29,96
-3,25	-	-	-	-87,05	-	-67,47	-	-	0,00	23,88	37,80	43,88	0,00	57,18	0,00	23,88	0,00	188,34	-	29,96
-3,45	-	-	-	-101,15	-	-73,51	-	-	0,00	24,37	40,50	46,58	0,00	58,03	0,00	24,37	0,00	190,83	-	30,44
-3,45	-	-	-	-101,15	-	-73,51	-	-	0,00	24,37	40,50	46,58	0,00	58,03	0,00	24,37	0,00	190,83	-	30,44
-3,65	-	-	-	-116,46	-	-79,65	-	-	0,00	24,84	43,20	49,28	0,00	58,86	0,00	24,84	0,00	193,27	-	30,92
-3,65	-	-	-	-116,46	-	-79,65	-	-	0,00	24,84	43,20	49,28	0,00	58,86	0,00	24,84	0,00	193,27	-	30,92
-3,85	-	-	-	-133,01	-	-85,88	-	-	0,00	25,32	45,90	51,98	0,00	59,70	0,00	25,32	0,00	195,72	-	31,40
-3,85	-	-	-	-133,01	-	-85,88	-	-	0,00	25,32	45,90	51,98	0,00	59,70	0,00	25,32	0,00	195,72	-	31,40
-4,05	-	-	-	-150,82	-	-92,21	-	-	0,00	25,81	48,60	54,68	0,00	60,55	0,00	25,81	0,00	198,21	-	31,88
-4,05	-	-	-	-150,82	-	-92,21	-	-	0,00	25,81	48,60	54,68	0,00	60,55	0,00	25,81	0,00	198,21	-	31,88
-4,25	-	-	-	-169,90	-	-98,63	-	-	0,00	26,31	51,30	57,38	0,00	61,42	0,00	26,31	0,00	200,78	-	32,38
-4,25	-	-	-	-169,90	-	-98,63	-	-	0,00	26,31	51,30	57,38	0,00	61,42	0,00	26,31	0,00	200,78	-	32,38
-4,45	-	-	-	-190,28	-	-105,16	-	-	0,00	26,83	54,00	60,08	0,00	62,33	0,00	26,83	0,00	203,44	-	32,90
-4,45	-	-	-	-190,28	-	-105,16	-	-	0,00	26,83	54,00	60,08	0,00	62,33	0,00	26,83	0,00	203,44	-	32,90
-4,65	-	-	-	-211,98	-	-111,80	-	-	0,00	27,36	56,70	62,78	0,00	63,27	0,00	27,36	0,00	206,20	-	33,44
-4,65	-	-	-	-211,98	-	-111,80	-	-	0,00	27,36	56,70	62,78	0,00	63,27	0,00	27,36	0,00	206,20	-	33,44
-4,85	-	-	-	-235,01	-	-118,54	-	-	0,00	27,92	59,40	65,48	0,00	64,25	0,00	27,92	0,00	209,07	-	34,00
-4,85	-	-	-	-235,01	-	-118,54	-	-	0,00	27,92	59,40	65,48	0,00	64,25	0,00	27,92	0,00	209,07	-	34,00
-5,05	-	-	-	-259,40	-	-125,40	-	-	0,00	28,50	62,10	68,18	0,00	65,27	0,00	28,50	0,00	212,05	-	34,58
-5,05	-	-	-	-259,40	-	-125,40	-	-	0,00	28,50	62,10	68,18	0,00	65,27	0,00	28,50	0,00	212,05	-	34,58
-5,25	-	-	-	-285,18	-	-132,37	-	-	0,00	29,10	64,80	70,88	0,00	66,32	0,00	29,10	0,00	215,14	-	35,18
-5,25	-	-	-	-285,18	-	-132,37	-	-	0,00	29,10	64,80	70,88	0,00	66,32	0,00	29,10	0,00	215,14	-	35,18
-5,45	-	-	-	-312,36	-	-139,47	-	-	0,00	29,73	67,50	73,58	0,00	67,41	0,00	29,73	0,00	218,33	-	35,80
-5,45	-	-	-	-312,36	-	-139,47	-	-	0,00	29,73	67,50	73,58	0,00	67,41	0,00	29,73	0,00	218,33	-	35,80
-5,65	-	-	-	-340,97	-	-146,70	-	-	0,00	30,37	70,20	76,28	0,00	68,53	0,00	30,37	0,00	221,62	-	36,44
-5,65	-	-	-	-340,97	-	-146,70	-	-	0,00	30,37	70,20	76,28	0,00	68,53	0,00	30,37	0,00	221,62	-	36,44
-5,85	-	-	-	-371,05	-	-154,05	-	-	0,00	31,03	72,90	78,98	0,00	69,69	0,00	31,03	0,00	225,01	-	37,10
-5,85	-	-	-	-371,05	-	-154,05	-	-	0,00	31,03	72,90	78,98	0,00	69,69	0,00	31,03	0,00	225,01	-	37,10
-6,00	-	-	-	-394,42	-	-157,68	-	-	0,00	18,34	74,93	81,00	0,00	70,73	0,00	18,34	0,00	300,92	-	24,41
-6,00	-	-	-	-394,42	-	-157,68	-	-	42,60	18,34	74,93	81,00	0,00	70,73	0,00	18,34	46,86	300,92	-	-18,19
-6,00	-	-	-	-394,42	-	-157,68	-	-	42,60	18,34	74,93	81,00	0,00	70,73	0,00	18,34	46,86	300,92	-	-18,19
-6,20	-	-	-	-424,79	-	-153,57	-	-	48,97	19,01	77,56	83,63	1,95	72,10	0,26	19,01	53,86	305,85	-	-23,88
-6,20	-	-	-	-424,79	-	-153,57	-	-	48,97	19,01	77,56	83,63	1,95	72,10	0,26	19,01	53,86	305,85	-	-23,88
-6,39	-	-	-	-454,25	-	-148,36	-	-	56,34	19,69	80,19	86,27	3,90	73,50	0,53	19,69	60,87	310,88	-	-29,57

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.		
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m	
-6,39	-	-	-454,25	-	-148,36	-	-	-	-	55,34	19,69	80,19	86,27	3,90	73,50	0,53	19,69	60,87	310,88	-	-29,57
-6,59	-	-	-482,58	-	-142,04	-	-	-	-	61,70	20,39	82,82	88,90	5,85	74,93	0,79	20,39	67,87	316,00	-	-35,24
-6,59	-	-	-482,58	-	-142,04	-	-	-	-	61,70	20,39	82,82	88,90	5,85	74,93	0,79	20,39	67,87	316,00	-	-35,24
-6,78	-	-	-509,57	-	-134,62	-	-	-	-	68,07	21,10	85,46	91,53	7,80	76,37	1,05	21,10	74,88	321,20	-	-40,90
-6,78	-	-	-509,57	-	-134,62	-	-	-	-	68,07	21,10	85,46	91,53	7,80	76,37	1,05	21,10	74,88	321,20	-	-40,90
-6,98	-	-	-535,01	-	-126,09	-	-	-	-	74,44	21,82	88,09	94,16	9,75	77,84	1,32	21,82	81,88	326,48	-	-46,55
-6,98	-	-	-535,01	-	-126,09	-	-	-	-	74,44	21,82	88,09	94,16	9,75	77,84	1,32	21,82	81,88	326,48	-	-46,55
-7,17	-	-	-558,68	-	-116,47	-	-	-	-	80,81	22,54	90,72	96,80	11,70	79,33	1,58	22,54	88,89	331,83	-	-52,19
-7,17	-	-	-558,68	-	-116,47	-	-	-	-	80,81	22,54	90,72	96,80	11,70	79,33	1,58	22,54	88,89	331,83	-	-52,19
-7,37	-	-	-580,36	-	-105,74	-	-	-	-	87,17	23,28	93,35	99,43	13,65	80,84	1,84	23,28	95,89	337,25	-	-57,82
-7,37	-	-	-580,36	-	-105,74	-	-	-	-	87,17	23,28	93,35	99,43	13,65	80,84	1,84	23,28	95,89	337,25	-	-57,82
-7,56	-	-	-599,84	-	-93,92	-	-	-	-	93,54	24,03	95,99	102,06	15,60	82,37	2,11	24,03	102,90	342,74	-	-63,44
-7,56	-	-	-599,84	-	-93,92	-	-	-	-	93,54	24,03	95,99	102,06	15,60	82,37	2,11	24,03	102,90	342,74	-	-63,44
-7,76	-	-	-616,92	-	-81,00	-	-	-	-	99,91	24,78	98,62	104,69	17,55	83,92	2,37	24,78	109,90	348,29	-	-69,05
-7,76	-	-	-616,92	-	-81,00	-	-	-	-	99,91	24,78	98,62	104,69	17,55	83,92	2,37	24,78	109,90	348,29	-	-69,05
-7,95	-	-	-631,36	-	-66,99	-	-	-	-	106,28	25,55	101,25	107,33	19,50	85,48	2,63	25,55	116,90	353,89	-	-74,66
-7,95	-	-	-631,36	-	-66,99	-	-	-	-	106,28	25,55	101,25	107,33	19,50	85,48	2,63	25,55	116,90	353,89	-	-74,66
-8,15	-	-	-642,97	-	-51,89	-	-	-	-	112,64	26,32	103,88	109,96	21,45	87,05	2,90	26,32	123,91	359,55	-	-80,25
-8,15	-	-	-642,97	-	-51,89	-	-	-	-	112,64	26,32	103,88	109,96	21,45	87,05	2,90	26,32	123,91	359,55	-	-80,25
-8,34	-	-	-651,53	-	-35,69	-	-	-	-	119,01	27,09	106,52	112,59	23,40	88,64	3,16	27,09	130,91	365,27	-	-85,84
-8,34	-	-	-651,53	-	-35,69	-	-	-	-	119,01	27,09	106,52	112,59	23,40	88,64	3,16	27,09	130,91	365,27	-	-85,84
-8,54	-	-	-656,82	-	-18,41	-	-	-	-	125,38	27,88	109,15	115,22	25,35	90,25	3,42	27,88	137,92	371,03	-	-91,43
-8,54	-	-	-656,82	-	-18,41	-	-	-	-	125,38	27,88	109,15	115,22	25,35	90,25	3,42	27,88	137,92	371,03	-	-91,43
-8,73	-	-	-658,84	-	-0,04	-	-	-	-	131,75	28,67	111,78	117,86	27,30	91,86	3,69	28,67	144,92	376,83	-	-97,01
-8,73	-	-	-658,84	-	-0,04	-	-	-	-	131,75	28,67	111,78	117,86	27,30	91,86	3,69	28,67	144,92	376,83	-	-97,01
-8,93	-	-	-656,77	-	19,42	-	-	-	-	138,11	29,46	114,41	120,49	29,25	93,49	3,95	29,46	151,93	382,68	-	-102,58
-8,93	-	-	-656,77	-	19,42	-	-	-	-	138,11	29,46	114,41	120,49	29,25	93,49	3,95	29,46	151,93	382,68	-	-102,58
-9,12	-	-	-650,99	-	39,97	-	-	-	-	144,48	30,26	117,05	123,12	31,20	95,13	4,21	30,26	158,93	388,57	-	-108,14
-9,12	-	-	-650,99	-	39,97	-	-	-	-	144,48	30,26	117,05	123,12	31,20	95,13	4,21	30,26	158,93	388,57	-	-108,14
-9,32	-	-	-641,11	-	61,60	-	-	-	-	150,85	31,07	119,68	125,75	33,15	96,78	4,48	31,07	165,93	394,51	-	-113,70
-9,32	-	-	-641,11	-	61,60	-	-	-	-	150,85	31,07	119,68	125,75	33,15	96,78	4,48	31,07	165,93	394,51	-	-113,70
-9,51	-	-	-626,90	-	84,31	-	-	-	-	157,22	31,88	122,31	128,39	35,10	98,45	4,74	31,88	172,94	400,48	-	-119,26
-9,51	-	-	-626,90	-	84,31	-	-	-	-	157,22	31,88	122,31	128,39	35,10	98,45	4,74	31,88	172,94	400,48	-	-119,26
-9,71	-	-	-608,16	-	108,11	-	-	-	-	163,59	32,70	124,94	131,02	37,05	100,12	5,00	32,70	179,94	406,48	-	-124,81
-9,71	-	-	-608,16	-	108,11	-	-	-	-	163,59	32,70	124,94	131,02	37,05	100,12	5,00	32,70	179,94	406,48	-	-124,81
-9,90	-	-	-584,67	-	132,99	-	-	-	-	169,95	33,52	127,58	133,65	39,00	101,80	5,27	33,52	186,95	412,52	-	-130,36
-9,90	-	-	-584,67	-	132,99	-	-	-	-	169,95	33,52	127,58	133,65	39,00	101,80	5,27	33,52	186,95	412,52	-	-130,36

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-10,10	-	-	-556,22	-	158,95	-	-	176,32	34,35	130,21	136,28	40,95	103,49	5,53	34,35	193,95	418,60	-	-135,90	
-10,10	-	-	-556,22	-	158,95	-	-	176,32	34,35	130,21	136,28	40,95	103,49	5,53	34,35	193,95	418,60	-	-135,90	
-10,29	-	-	-522,61	-	185,99	-	-	182,69	35,18	132,84	138,92	42,90	105,19	5,79	35,18	200,96	424,70	-	-141,43	
-10,29	-	-	-522,61	-	185,99	-	-	182,69	35,18	132,84	138,92	42,90	105,19	5,79	35,18	200,96	424,70	-	-141,43	
-10,32	-	-	-516,96	-	190,25	-	-	183,67	35,31	133,25	139,32	43,20	105,45	5,83	35,31	202,04	425,65	-	-142,29	
-10,32	-	-	-516,96	-	190,25	-	-	183,67	35,31	133,25	139,32	43,20	105,45	5,83	35,31	202,04	425,65	-	-142,29	
-10,49	-	-	-485,88	-	186,55	-	-	6,05	22,40	135,47	141,55	44,85	106,90	6,05	36,01	207,96	430,84	-	22,42	
-10,49	-	-	-485,88	-	186,55	-	-	6,05	22,40	135,47	141,55	44,85	106,90	6,05	36,01	207,96	430,84	-	22,42	
-10,68	-	-	-449,92	-	182,21	-	-	6,64	22,73	138,11	144,18	46,80	108,62	6,64	36,85	214,97	437,01	-	22,16	
-10,68	-	-	-449,92	-	182,21	-	-	6,64	22,73	138,11	144,18	46,80	108,62	6,64	36,85	214,97	437,01	-	22,16	
-10,88	-	-	-414,81	-	177,95	-	-	7,60	23,06	140,74	146,81	48,75	110,34	7,60	37,70	221,97	443,20	-	21,54	
-10,88	-	-	-414,81	-	177,95	-	-	7,60	23,06	140,74	146,81	48,75	110,34	7,60	37,70	221,97	443,20	-	21,54	
-11,07	-	-	-380,52	-	173,81	-	-	8,55	23,39	143,37	149,45	50,70	112,07	8,55	38,54	228,97	449,43	-	20,92	
-11,07	-	-	-380,52	-	173,81	-	-	8,55	23,39	143,37	149,45	50,70	112,07	8,55	38,54	228,97	449,43	-	20,92	
-11,27	-	-	-347,02	-	169,79	-	-	9,50	23,73	146,00	152,08	52,65	113,81	9,50	39,39	235,98	455,68	-	20,30	
-11,27	-	-	-347,02	-	169,79	-	-	9,50	23,73	146,00	152,08	52,65	113,81	9,50	39,39	235,98	455,68	-	20,30	
-11,46	-	-	-314,29	-	165,89	-	-	10,46	24,06	148,64	154,71	54,60	115,56	10,46	40,25	242,98	461,95	-	19,68	
-11,46	-	-	-314,29	-	165,89	-	-	10,46	24,06	148,64	154,71	54,60	115,56	10,46	40,25	242,98	461,95	-	19,68	
-11,66	-	-	-282,31	-	162,11	-	-	11,41	24,40	151,27	157,34	56,55	117,31	11,41	41,10	249,99	468,25	-	19,07	
-11,66	-	-	-282,31	-	162,11	-	-	11,41	24,40	151,27	157,34	56,55	117,31	11,41	41,10	249,99	468,25	-	19,07	
-11,85	-	-	-251,06	-	158,45	-	-	12,36	24,74	153,90	159,98	58,50	119,07	12,36	41,96	256,99	474,57	-	18,45	
-11,85	-	-	-251,06	-	158,45	-	-	12,36	24,74	153,90	159,98	58,50	119,07	12,36	41,96	256,99	474,57	-	18,45	
-11,94	-	-	-237,23	-	154,08	-	-	8,03	51,42	155,09	161,17	59,47	119,96	8,03	16,19	983,97	1222,23	-	49,47	
-11,94	-	-	-237,23	-	154,08	-	-	8,03	51,42	155,09	161,17	59,47	119,96	8,03	16,19	983,97	1222,23	-	49,47	
-12,05	-	-	-220,82	-	148,71	-	-	8,19	51,64	156,56	162,63	60,67	121,05	8,19	16,34	988,66	1226,53	-	49,52	
-12,05	-	-	-220,82	-	148,71	-	-	8,19	51,64	156,56	162,63	60,67	121,05	8,19	16,34	988,66	1226,53	-	49,52	
-12,24	-	-	-192,51	-	138,95	-	-	8,48	52,04	159,22	165,29	62,83	123,04	8,48	16,61	997,19	1234,35	-	49,63	
-12,24	-	-	-192,51	-	138,95	-	-	8,48	52,04	159,22	165,29	62,83	123,04	8,48	16,61	997,19	1234,35	-	49,63	
-12,44	-	-	-166,11	-	129,17	-	-	8,77	52,44	161,87	167,95	65,00	125,03	8,77	16,88	1005,72	1242,20	-	49,74	
-12,44	-	-	-166,11	-	129,17	-	-	8,77	52,44	161,87	167,95	65,00	125,03	8,77	16,88	1005,72	1242,20	-	49,74	
-12,64	-	-	-141,65	-	119,37	-	-	9,07	52,84	164,53	170,61	67,16	127,03	9,07	17,15	1014,25	1250,07	-	49,85	
-12,64	-	-	-141,65	-	119,37	-	-	9,07	52,84	164,53	170,61	67,16	127,03	9,07	17,15	1014,25	1250,07	-	49,85	
-12,83	-	-	-119,11	-	109,54	-	-	9,36	53,24	167,19	173,26	68,33	129,03	9,36	17,42	1022,78	1257,96	-	49,96	
-12,83	-	-	-119,11	-	109,54	-	-	9,36	53,24	167,19	173,26	68,33	129,03	9,36	17,42	1022,78	1257,96	-	49,96	
-13,03	-	-	-98,51	-	99,70	-	-	9,65	53,64	169,85	175,92	71,49	131,04	9,65	17,69	1031,31	1265,88	-	50,07	
-13,03	-	-	-98,51	-	99,70	-	-	9,65	53,64	169,85	175,92	71,49	131,04	9,65	17,69	1031,31	1265,88	-	50,07	
-13,23	-	-	-79,86	-	89,83	-	-	9,94	54,05	172,50	178,58	73,66	133,06	9,94	17,96	1039,84	1273,81	-	50,18	

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-13,23	-	-	-	-79,96	-	89,83	-	-	9,94	54,05	172,50	178,58	73,66	133,06	9,94	17,96	1039,84	1273,81	-	50,18
-13,43	-	-	-	-63,15	-	79,94	-	-	10,24	54,45	175,16	181,24	75,83	135,08	10,24	18,24	1048,37	1281,76	-	50,29
-13,43	-	-	-	-63,15	-	79,94	-	-	10,24	54,45	175,16	181,24	75,83	135,08	10,24	18,24	1048,37	1281,76	-	50,29
-13,62	-	-	-	-48,38	-	70,03	-	-	10,53	54,86	177,82	183,90	77,99	137,10	10,53	18,51	1056,91	1289,74	-	50,41
-13,62	-	-	-	-48,38	-	70,03	-	-	10,53	54,86	177,82	183,90	77,99	137,10	10,53	18,51	1056,91	1289,74	-	50,41
-13,82	-	-	-	-35,57	-	60,09	-	-	10,82	55,27	180,48	186,55	80,16	139,13	10,82	18,78	1065,44	1297,73	-	50,52
-13,82	-	-	-	-35,57	-	60,09	-	-	10,82	55,27	180,48	186,55	80,16	139,13	10,82	18,78	1065,44	1297,73	-	50,52
-14,02	-	-	-	-24,72	-	50,13	-	-	11,11	55,68	183,14	189,21	82,32	141,16	11,11	19,06	1073,97	1305,73	-	50,64
-14,02	-	-	-	-24,72	-	50,13	-	-	11,11	55,68	183,14	189,21	82,32	141,16	11,11	19,06	1073,97	1305,73	-	50,64
-14,21	-	-	-	-15,84	-	40,15	-	-	11,41	56,08	185,79	191,87	84,49	143,20	11,41	19,33	1082,50	1313,76	-	50,75
-14,21	-	-	-	-15,84	-	40,15	-	-	11,41	56,08	185,79	191,87	84,49	143,20	11,41	19,33	1082,50	1313,76	-	50,75
-14,41	-	-	-	-8,91	-	30,15	-	-	11,70	56,49	188,45	194,53	86,65	145,24	11,70	19,61	1091,03	1321,80	-	50,87
-14,41	-	-	-	-8,91	-	30,15	-	-	11,70	56,49	188,45	194,53	86,65	145,24	11,70	19,61	1091,03	1321,80	-	50,87
-14,61	-	-	-	-3,96	-	20,12	-	-	11,99	56,90	191,11	197,18	88,82	147,29	11,99	19,88	1099,56	1329,86	-	50,99
-14,61	-	-	-	-3,96	-	20,12	-	-	11,99	56,90	191,11	197,18	88,82	147,29	11,99	19,88	1099,56	1329,86	-	50,99
-14,80	-	-	-	-0,99	-	10,07	-	-	12,28	57,32	193,77	199,84	90,98	149,33	12,28	20,16	1108,09	1337,93	-	51,11
-14,80	-	-	-	-0,99	-	10,07	-	-	12,28	57,32	193,77	199,84	90,98	149,33	12,28	20,16	1108,09	1337,93	-	51,11
-15,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	12,58	57,73	196,43	202,50	93,15	151,39	12,58	20,44	1116,62	1346,02	-	51,23
-15,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-15,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00

Butée mobilisable = 4191,15 kN/m Butée mobilisée = 540,65 kN/m Rapport (1) = 7,752



K-Réa

v.5.0.12

AFFAIRE

PAROI COMPOSITE ST2

RESULTATS ELS et ELU (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
P1	MEL	-658,64	190,25	OK	-44,14	-
Extrema	-	-658,64	190,25	-	-	-



terrasol

setec

Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

Vérifications

COEFFICIENTS PARTIELS - Approche 2 (EC7 - NF P94-282)

Actions		
Sol - Eau - Ecran	MISS	MEL
poussée limite du sol (Ypa)	1,00	1,35
pression d'eau (Ypw)	1,00	1,35
pooids propre de l'écran (Yw)	1,00	1,35

Actions		
Sucharges appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL
Sol - permanente (YG)	1,00	1,00
Sol - variable (YQ)	1,11	1,11
Ecran - permanente favorable (YG.inf)	1,00	1,00
Ecran - permanente défavorable (YG.sup)	1,00	1,35
Ecran - variable défavorable (YQ.sup)	1,11	1,50

Paramètre de résistance		
Paramètres du sol	MISS	MEL
Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00
Angle de frot. effectif (Yφ')	1,00	1,00
Cohesion non drainée (Ycu')	1,00	1,00

-		
	MISS	MEL
Butée limite - phase durable (Ypb.D)	1,40	1,40
Butée limite - phase transitoire (Ypb.T)	1,10	1,10
Résistance des appuis (Yanc)	1,00	-
Effort déstabilisant (Ykrz)	1,10	-

Efforts, sollicitations et butée mobilisée : YE = 1,35
Méthode de référence pour le recalcul de ka/kp : Kérisel

RESULTATS DES VERIFICATIONS

PHASE 1 - Transitoire

L'écran est considéré en console (autostable).
La méthode D a été utilisée pour cette phase.
La butée pour cette phase est considérée à gauche.

Vérification du défaut de butée :

Vérification de la hauteur de fiche :

Point de pression nulle : z0 = -6,00 m
Point de moment nul : zc = -11,94 m
Côte du pied de l'écran : zp = -15,00 m
f0 = z0 - zc = 5,94 m
fb = z0 - zp = 9,00 m

fb / f0 = 1.516 (≥ 1.2)

Vérification de la contre-butée :

Point de transition : zn = -10,32 m
Contre-butée nécessaire à l'équilibre des efforts horizontaux : Ct,d = 518,13 kN/m
Contre-butée mobilisable sous zn : Cm,d = 2299,69 kN/m
Facteur de mobilisation : α = 0,104
Cm,d ≥ Ct,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran : Pd = 0,00 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran : Pv,d = -44,14 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran : Tv,d = 0,00 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran : Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

Rv,d = -44,14 kN/m

Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 44.14 kN/m vers le haut.

Situation transitoire 02 :
Situation de calcul sismique

DONNEES

GENERALITES :

Système d'unités : Métrique, kN, kN/m² Niveau phréatique : -50,00 m
 Poids volumique de l'eau : 10,00 kN/m³ Nombre d'itérations par phase de calcul : 100
 Pas de calcul : 0,20 m Prise en compte moments 2 ordre : non
 Définition du projet : Cotes

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

Couche	z [m]	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	dc [kN/m²/m]	k0	kay	kpy	kd	kr	kac	kpc	kh [kN/m²/m]	dkh [kN/m²/m/m]	δa/φ	δp/φ	kay,min	P,max [kN/m/m]
sabel lache	0,00	19,00	9,00	26,00	1,00	0,000	0,562	0,391	3,243	0,562	0,562	1,250	4,404	2930	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
limon sableux mou	-0,85	19,00	9,00	24,00	5,00	0,000	0,593	0,423	2,931	0,593	0,593	1,299	4,150	1704	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
Sand	-5,85	20,00	10,00	28,00	10,00	0,000	0,531	0,362	3,592	0,531	0,531	1,202	4,686	85001	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00
graisse	-11,85	21,00	11,00	30,00	150,00	0,000	0,500	0,333	3,939	0,500	0,500	1,155	4,998	539720	0	0,000	-0,333	0,100	10000,00

Valeurs de calcul des paramètres de la loi de comportement

Couche	Comportement	MISS								MEL							
		φ,d [°]	c,d [kN/m²]	dc,d [kN/m²/m]	kay,d	kpy,d	kac,d	kpc,d	φ,d [°]	c,d [kN/m²]	dc,d [kN/m²/m]	kay,d	kpy,d	kac,d	kpc,d		
sabel lache	Drainé	26,00	1,00	0,000	0,391	3,243	1,250	4,404	26,00	1,00	0,000	0,391	3,243	1,250	4,404		
limon sableux mou	Drainé	24,00	5,00	0,000	0,423	2,931	1,299	4,150	24,00	5,00	0,000	0,423	2,931	1,299	4,150		
Sand	Drainé	28,00	10,00	0,000	0,362	3,592	1,202	4,686	28,00	10,00	0,000	0,362	3,592	1,202	4,686		
graisse	Drainé	30,00	150,00	0,000	0,333	3,939	1,155	4,998	30,00	150,00	0,000	0,333	3,939	1,155	4,998		

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

Section	z_base [m]	EI [kNm²/m]	W [kNm/m]
1	-15,00	1241451	0,00

Cote de la tête de l'écran : z0 = 0,00 m

DONNEES

SURCHARGE BOUSSINESQ	Phase	Côté	z [m]	x [m]	L [m]	α	q [kN/m/m]	Nature
1	P1	Droite	0,00	2,85	1,10	1,260	140,00	Variable
2	P1	Droite	0,00	8,85	1,10	1,102	140,00	Variable

ASSISTANTS
Assistant K0 :

Action	Nom Couche	φ [°]	β [°]	Roc	K0
SoI initial	sabel lache	26,00	0,00	1,000	0,562
SoI initial	limon sableux mou	24,00	0,00	1,000	0,593
SoI initial	Samd	28,00	0,00	1,000	0,531
SoI initial	gneiss	30,00	0,00	1,000	0,500

Assistant Kerisel & Absi, milieu pesant :

Action	Nom Couche	Coefficient	λ [°]	φ [°]	δ/φ	β/φ	Valeur
SoI initial	sabel lache	kay	0,00	26,00	0,000	0,000	0,391
SoI initial	sabel lache	kpy	0,00	26,00	-0,333	0,000	3,243
SoI initial	limon sableux mou	kay	0,00	24,00	0,000	0,000	0,423
SoI initial	limon sableux mou	kpy	0,00	24,00	-0,333	0,000	2,931
SoI initial	Samd	kay	0,00	28,00	0,000	0,000	0,362
SoI initial	Samd	kpy	0,00	28,00	-0,333	0,000	3,592
SoI initial	gneiss	kay	0,00	30,00	0,000	0,000	0,333
SoI initial	gneiss	kpy	0,00	30,00	-0,333	0,000	3,939

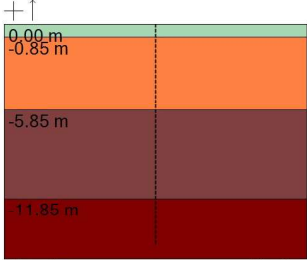
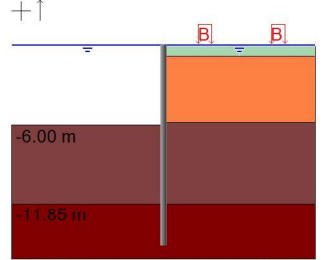
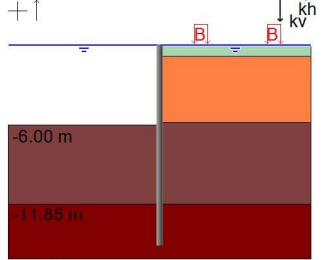

Assistant kac/kpc :



Action	Nom Couche	Coefficient	φ [°]	δ/φ	Valeur
SoI initial	sabel lache	kac	26,00	0,000	1,250
SoI initial	sabel lache	kpc	26,00	-0,333	4,404
SoI initial	limon sableux mou	kac	24,00	0,000	1,299
SoI initial	limon sableux mou	kpc	24,00	-0,333	4,150
SoI initial	Samd	kac	28,00	0,000	1,202
SoI initial	Samd	kpc	28,00	-0,333	4,696
SoI initial	gneiss	kac	30,00	0,000	1,155
SoI initial	gneiss	kpc	30,00	-0,333	4,998

Assistant paroi composite, Pieux circulaire :

Action	[1],E [kN/m ²]	[1],eh [m]	[1],d [mm]	[2],E [kN/m ²]	[2],e [mm]	EI [kNm ² /m]
Ecran initial	3E+007	2,50	1200,00	3E+007	200,00	1241451

SYNTHESE PHASAGE

<p>P0</p>  <p>Gauche Droite</p> <p> m </p>	<p>P1 : Phase transitoire</p>  <p>Gauche Droite</p> <p> m </p>		<p>P2 : Phase transitoire</p>  <p>Gauche Droite</p> <p> m </p>
	<p>- Options MEL : Surexcavation : Δa gauche [m] = 0,00 Δa droite [m] = 0,00 Méthode de calcul automatique. Sélection automatique du côté de la butée Correction automatique de l'inclinaison de contre butée. Calculer sollicitations ELU (MSS) : non</p> <p>- Excavation (côté gauche) : zh [m] = -6,00</p> <p>- Surcharge de Boussinesq (côté droit) : n°1 z [m] = 0,00 x [m] = 2,85 L [m] = 1,10 q [kN/m/m] = 140,00 oe = 1,260 Nature: Variable</p> <p>- Surcharge de Boussinesq (côté droit) : n°2 z [m] = 0,00 x [m] = 8,85 L [m] = 1,10 q [kN/m/m] = 140,00 oe = 1,102 Nature: Variable</p>	<p>- Action hydraulique : (gauche) zw [m] = 0,00</p>	<p>- Séisme : kv = 0,06 kh = 0,20 XP = 1,00 sablé/lâche y [kN/m²] = 19,00 yd [kN/m²] = 13,00 Cp Hyd Gauche : Ouvert Cp Hyd Droite : Ouvert limon sableux mou y [kN/m²] = 19,00 yd [kN/m²] = 14,50 Cp Hyd Gauche : Ouvert Cp Hyd Droite : Ouvert Sands y [kN/m²] = 20,00 yd [kN/m²] = 15,50 Cp Hyd Gauche : Ouvert Cp Hyd Droite : Ouvert gneiss y [kN/m²] = 21,00 yd [kN/m²] = 20,00 Cp Hyd Gauche : Ouvert Cp Hyd Droite : Ouvert</p>
	<p>Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE</p>		

 K-Réa <small>v.5.0.12</small>	AFFAIRE		
PAROI COMPOSITE ST2			
SYNTHESE PHASAGE			
- Options MEL : Surencaissement : Δa_{gauche} [m] = 0,00 Δa_{droite} [m] = 0,00 Méthode de calcul automatique. Sélection automatique du côté de la butée. Correction automatique de l'inclinaison de contre butée. Calculer sollicitations ELU (MISS) : non			
	Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE		

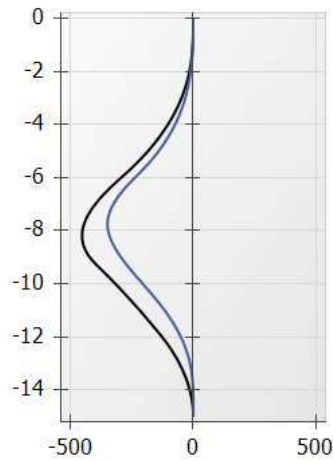
RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Déplacements [mm]



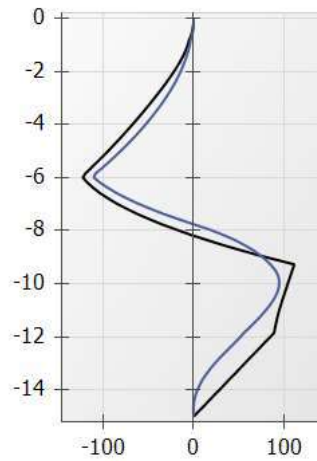
ELS
Dmin = -11.38 - Dmax = 0.00

Moment [kNm/m]



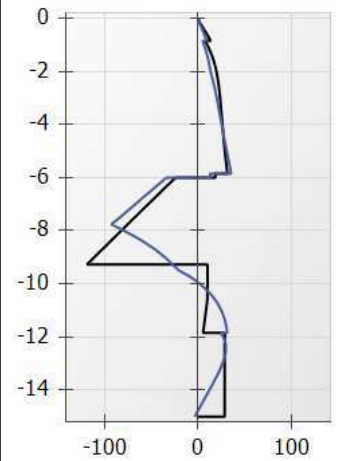
ELS
M.k min = -349.09 - M.k max = 0.13
ELU
M.d min = -452.54 - M.d max = 0.00

Effort Tranchant [kN/m]



ELS
V.k min = -110.49 - V.k max = 94.60
ELU
V.d min = -122.61 - V.d max = 111.24

Pressions terre/eau [kN...]



ELS
Pd.k min = -92.52 - Pd.k max = 35.07
ELU
Pd.d min = -118.45 - Pd.d max = 31.03

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

— Valeurs ELU

--- Eau



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

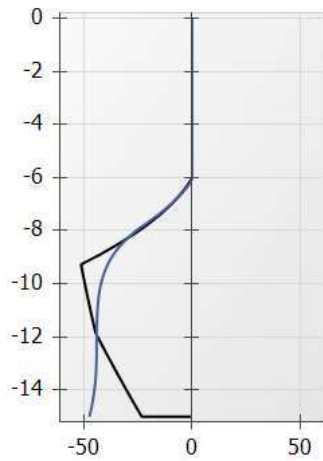
RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Rotation [x0.001 rad]



ELS
Rmin = -0.01414 - Rmax = 1.47437

Effort Normal [kN/m]



ELS
N.k min = -47.61 - N.k max = 0.00
ELU
N.d min = -51.49 - N.d max = 0.00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



terrasol

setec

Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Action(s) définie(s) dans cette phase :

- Excavation (côté gauche) : zh [m] = -6,00
- Surcharge de Boussinesq (côté droit) : n°1 z [m] = 0,00 x [m] = 2,85 L [m] = 1,10 q [kN/m/m] = 140,00 ce = 1,260 Nature: Variable
- Surcharge de Boussinesq (côté droit) : n°2 z [m] = 0,00 x [m] = 8,85 L [m] = 1,10 q [kN/m/m] = 140,00 ce = 1,102 Nature: Variable
- Action hydraulique : (droite) zw [m] = 0,00
- Action hydraulique : (gauche) zw [m] = 0,00

Le calcul a convergé au bout de 6 itérations.

Niveau m	Rotation x0,001 rad	Déplacm. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.		
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m
0,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	-	0,00
0,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	-	0,00
0,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	-	0,00
-0,14	-	-	-	-0,01	-	-0,10	-	-	0,00	1,23	1,84	1,84	0,00	4,89	0,00	1,23	0,00	20,26	-	1,23	
-0,14	-	-	-	-0,01	-	-0,10	-	-	0,00	1,23	1,84	1,84	0,00	4,89	0,00	1,23	0,00	20,26	-	1,23	
-0,17	-	-	-	-0,01	-	-0,13	-	-	0,00	1,54	2,29	2,29	0,00	6,11	0,00	1,54	0,00	24,23	-	1,54	
-0,17	-	-	-	-0,01	-	-0,13	-	-	0,00	1,54	2,29	2,29	0,00	6,11	0,00	1,54	0,00	24,23	-	1,54	
-0,17	-	-	-	-0,01	-	-0,13	-	-	0,00	1,54	2,30	2,30	0,00	6,11	0,00	1,54	0,00	24,23	-	1,54	
-0,17	-	-	-	-0,01	-	-0,13	-	-	0,00	1,54	2,30	2,30	0,00	6,11	0,00	1,54	0,00	24,23	-	1,54	
-0,20	-	-	-	-0,02	-	-0,24	-	-	0,00	2,17	2,75	2,75	0,00	7,31	0,00	2,17	0,00	28,10	-	2,17	
-0,20	-	-	-	-0,02	-	-0,24	-	-	0,00	2,17	2,75	2,75	0,00	7,31	0,00	2,17	0,00	28,10	-	2,17	
-0,34	-	-	-	-0,07	-	-0,66	-	-	0,00	4,70	4,59	4,59	0,00	12,09	0,00	4,70	0,00	43,62	-	4,70	
-0,34	-	-	-	-0,07	-	-0,66	-	-	0,00	4,70	4,59	4,59	0,00	12,09	0,00	4,70	0,00	43,62	-	4,70	
-0,51	-	-	-	-0,26	-	-1,72	-	-	0,00	7,72	6,89	6,89	0,00	17,82	0,00	7,72	0,00	62,20	-	7,72	
-0,51	-	-	-	-0,26	-	-1,72	-	-	0,00	7,72	6,89	6,89	0,00	17,82	0,00	7,72	0,00	62,20	-	7,72	
-0,68	-	-	-	-0,68	-	-3,27	-	-	0,00	10,56	9,18	9,18	0,00	23,20	0,00	10,56	0,00	79,63	-	10,56	
-0,68	-	-	-	-0,68	-	-3,27	-	-	0,00	10,56	9,18	9,18	0,00	23,20	0,00	10,56	0,00	79,63	-	10,56	
-0,85	-	-	-	-1,40	-	-5,29	-	-	0,00	13,17	11,47	11,47	0,00	28,14	0,00	13,17	0,00	96,66	-	13,17	
-0,85	-	-	-	-1,40	-	-5,29	-	-	0,00	13,17	11,47	11,47	0,00	28,14	0,00	13,17	0,00	96,66	-	13,17	
-1,05	-	-	-	-2,62	-	-7,04	-	-	0,00	10,27	14,18	14,18	0,00	33,34	0,00	10,27	0,00	118,47	-	10,27	
-1,05	-	-	-	-2,62	-	-7,04	-	-	0,00	10,27	14,18	14,18	0,00	33,34	0,00	10,27	0,00	118,47	-	10,27	
-1,25	-	-	-	-4,25	-	-9,35	-	-	0,00	12,85	16,88	16,88	0,00	37,85	0,00	12,85	0,00	131,69	-	12,85	
-1,25	-	-	-	-4,25	-	-9,35	-	-	0,00	12,85	16,88	16,88	0,00	37,85	0,00	12,85	0,00	131,69	-	12,85	
-1,45	-	-	-	-6,40	-	-12,14	-	-	0,00	15,03	19,58	19,58	0,00	41,68	0,00	15,03	0,00	142,92	-	15,03	
-1,45	-	-	-	-6,40	-	-12,14	-	-	0,00	15,03	19,58	19,58	0,00	41,68	0,00	15,03	0,00	142,92	-	15,03	
-1,65	-	-	-	-8,14	-	-15,33	-	-	0,00	16,86	22,27	22,27	0,00	44,89	0,00	16,86	0,00	152,32	-	16,86	
-1,65	-	-	-	-8,14	-	-15,33	-	-	0,00	16,86	22,27	22,27	0,00	44,89	0,00	16,86	0,00	152,32	-	16,86	
-1,85	-	-	-	-12,55	-	-18,86	-	-	0,00	18,38	24,98	24,98	0,00	47,54	0,00	18,38	0,00	160,08	-	18,38	
-1,85	-	-	-	-12,55	-	-18,86	-	-	0,00	18,38	24,98	24,98	0,00	47,54	0,00	18,38	0,00	160,08	-	18,38	
-2,05	-	-	-	-16,70	-	-22,66	-	-	0,00	19,62	27,67	27,67	0,00	49,71	0,00	19,62	0,00	166,46	-	19,62	
-2,05	-	-	-	-16,70	-	-22,66	-	-	0,00	19,62	27,67	27,67	0,00	49,71	0,00	19,62	0,00	166,46	-	19,62	

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-2,25	-	-	-	-21,63	-	-26,68	-	-	0,00	20,64	30,38	30,38	0,00	51,50	0,00	20,64	0,00	171,71	-	20,64
-2,25	-	-	-	-21,63	-	-26,68	-	-	0,00	20,64	30,38	30,38	0,00	51,50	0,00	20,64	0,00	171,71	-	20,64
-2,45	-	-	-	-27,38	-	-30,90	-	-	0,00	21,49	33,08	33,08	0,00	52,99	0,00	21,49	0,00	176,06	-	21,49
-2,45	-	-	-	-27,38	-	-30,90	-	-	0,00	21,49	33,08	33,08	0,00	52,99	0,00	21,49	0,00	176,06	-	21,49
-2,65	-	-	-	-34,00	-	-35,27	-	-	0,00	22,21	35,78	35,78	0,00	54,24	0,00	22,21	0,00	179,73	-	22,21
-2,65	-	-	-	-34,00	-	-35,27	-	-	0,00	22,21	35,78	35,78	0,00	54,24	0,00	22,21	0,00	179,73	-	22,21
-2,85	-	-	-	-41,50	-	-39,77	-	-	0,00	22,82	38,48	38,48	0,00	55,32	0,00	22,82	0,00	182,90	-	22,82
-2,85	-	-	-	-41,50	-	-39,77	-	-	0,00	22,82	38,48	38,48	0,00	55,32	0,00	22,82	0,00	182,90	-	22,82
-3,05	-	-	-	-49,91	-	-44,39	-	-	0,00	23,37	41,18	41,18	0,00	56,29	0,00	23,37	0,00	185,73	-	23,37
-3,05	-	-	-	-49,91	-	-44,39	-	-	0,00	23,37	41,18	41,18	0,00	56,29	0,00	23,37	0,00	185,73	-	23,37
-3,25	-	-	-	-59,26	-	-49,11	-	-	0,00	23,88	43,88	43,88	0,00	57,18	0,00	23,88	0,00	188,34	-	23,88
-3,25	-	-	-	-59,26	-	-49,11	-	-	0,00	23,88	43,88	43,88	0,00	57,18	0,00	23,88	0,00	188,34	-	23,88
-3,45	-	-	-	-69,57	-	-53,94	-	-	0,00	24,37	46,58	46,58	0,00	58,03	0,00	24,37	0,00	190,83	-	24,37
-3,45	-	-	-	-69,57	-	-53,94	-	-	0,00	24,37	46,58	46,58	0,00	58,03	0,00	24,37	0,00	190,83	-	24,37
-3,65	-	-	-	-80,85	-	-58,86	-	-	0,00	24,84	49,28	49,28	0,00	58,86	0,00	24,84	0,00	193,27	-	24,84
-3,65	-	-	-	-80,85	-	-58,86	-	-	0,00	24,84	49,28	49,28	0,00	58,86	0,00	24,84	0,00	193,27	-	24,84
-3,85	-	-	-	-93,12	-	-63,88	-	-	0,00	25,32	51,98	51,98	0,00	59,70	0,00	25,32	0,00	195,72	-	25,32
-3,85	-	-	-	-93,12	-	-63,88	-	-	0,00	25,32	51,98	51,98	0,00	59,70	0,00	25,32	0,00	195,72	-	25,32
-4,05	-	-	-	-106,40	-	-68,99	-	-	0,00	25,81	54,68	54,68	0,00	60,55	0,00	25,81	0,00	198,21	-	25,81
-4,05	-	-	-	-106,40	-	-68,99	-	-	0,00	25,81	54,68	54,68	0,00	60,55	0,00	25,81	0,00	198,21	-	25,81
-4,25	-	-	-	-120,72	-	-74,20	-	-	0,00	26,31	57,38	57,38	0,00	61,42	0,00	26,31	0,00	200,78	-	26,31
-4,25	-	-	-	-120,72	-	-74,20	-	-	0,00	26,31	57,38	57,38	0,00	61,42	0,00	26,31	0,00	200,78	-	26,31
-4,45	-	-	-	-136,09	-	-79,52	-	-	0,00	26,83	60,08	60,08	0,00	62,33	0,00	26,83	0,00	203,44	-	26,83
-4,45	-	-	-	-136,09	-	-79,52	-	-	0,00	26,83	60,08	60,08	0,00	62,33	0,00	26,83	0,00	203,44	-	26,83
-4,65	-	-	-	-152,53	-	-84,93	-	-	0,00	27,36	62,78	62,78	0,00	63,27	0,00	27,36	0,00	206,20	-	27,36
-4,65	-	-	-	-152,53	-	-84,93	-	-	0,00	27,36	62,78	62,78	0,00	63,27	0,00	27,36	0,00	206,20	-	27,36
-4,85	-	-	-	-170,07	-	-90,46	-	-	0,00	27,92	65,48	65,48	0,00	64,25	0,00	27,92	0,00	209,07	-	27,92
-4,85	-	-	-	-170,07	-	-90,46	-	-	0,00	27,92	65,48	65,48	0,00	64,25	0,00	27,92	0,00	209,07	-	27,92
-5,05	-	-	-	-188,73	-	-96,11	-	-	0,00	28,50	68,18	68,18	0,00	65,27	0,00	28,50	0,00	212,05	-	28,50
-5,05	-	-	-	-188,73	-	-96,11	-	-	0,00	28,50	68,18	68,18	0,00	65,27	0,00	28,50	0,00	212,05	-	28,50
-5,25	-	-	-	-208,52	-	-101,87	-	-	0,00	29,10	70,88	70,88	0,00	66,32	0,00	29,10	0,00	215,14	-	29,10
-5,25	-	-	-	-208,52	-	-101,87	-	-	0,00	29,10	70,88	70,88	0,00	66,32	0,00	29,10	0,00	215,14	-	29,10
-5,45	-	-	-	-229,48	-	-107,75	-	-	0,00	29,73	73,58	73,58	0,00	67,41	0,00	29,73	0,00	218,33	-	29,73
-5,45	-	-	-	-229,48	-	-107,75	-	-	0,00	29,73	73,58	73,58	0,00	67,41	0,00	29,73	0,00	218,33	-	29,73
-5,65	-	-	-	-251,63	-	-113,76	-	-	0,00	30,37	76,28	76,28	0,00	68,53	0,00	30,37	0,00	221,62	-	30,37
-5,65	-	-	-	-251,63	-	-113,76	-	-	0,00	30,37	76,28	76,28	0,00	68,53	0,00	30,37	0,00	221,62	-	30,37
-5,85	-	-	-	-274,99	-	-119,90	-	-	0,00	31,03	78,98	78,98	0,00	69,69	0,00	31,03	0,00	225,01	-	31,03

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-5,85	-	-	-	-274,98	-	-119,90	-	-	0,00	17,83	78,98	78,98	0,00	69,69	0,00	17,83	0,00	297,19	-	17,83
-6,00	-	-	-	-293,18	-	-122,61	-	-	0,00	18,34	81,00	81,00	0,00	70,73	0,00	18,34	0,00	300,92	-	18,34
-6,00	-	-	-	-293,18	-	-122,61	-	-	42,60	18,34	81,00	81,00	0,00	70,73	0,00	18,34	46,86	300,92	-	-24,26
-6,00	-	-	-	-293,18	-	-122,61	-	-	42,60	18,34	81,00	81,00	0,00	70,73	0,00	18,34	46,86	300,92	-	-24,26
-6,00	-	-	-	-293,18	-	-122,61	-	-	42,60	18,34	81,00	81,00	0,00	70,73	0,00	18,34	46,86	300,92	-	-24,26
-6,20	-	-	-	-316,59	-	-117,32	-	-	48,97	19,01	83,63	83,63	1,95	72,10	0,26	19,01	53,86	305,85	-	-29,96
-6,20	-	-	-	-316,59	-	-117,32	-	-	48,97	19,01	83,63	83,63	1,95	72,10	0,26	19,01	53,86	305,85	-	-29,96
-6,39	-	-	-	-338,86	-	-110,93	-	-	55,34	19,69	86,27	86,27	3,90	73,50	0,53	19,69	60,87	310,88	-	-35,64
-6,39	-	-	-	-338,86	-	-110,93	-	-	55,34	19,69	86,27	86,27	3,90	73,50	0,53	19,69	60,87	310,88	-	-35,64
-6,59	-	-	-	-359,78	-	-103,43	-	-	61,70	20,39	88,90	88,90	5,85	74,93	0,79	20,39	67,87	316,00	-	-41,31
-6,59	-	-	-	-359,78	-	-103,43	-	-	61,70	20,39	88,90	88,90	5,85	74,93	0,79	20,39	67,87	316,00	-	-41,31
-6,78	-	-	-	-379,13	-	-94,82	-	-	68,07	21,10	91,53	91,53	7,80	76,37	1,05	21,10	74,88	321,20	-	-46,97
-6,78	-	-	-	-379,13	-	-94,82	-	-	68,07	21,10	91,53	91,53	7,80	76,37	1,05	21,10	74,88	321,20	-	-46,97
-6,98	-	-	-	-396,69	-	-85,11	-	-	74,44	21,82	94,16	94,16	9,75	77,84	1,32	21,82	81,88	326,48	-	-52,62
-6,98	-	-	-	-396,69	-	-85,11	-	-	74,44	21,82	94,16	94,16	9,75	77,84	1,32	21,82	81,88	326,48	-	-52,62
-7,17	-	-	-	-412,25	-	-74,30	-	-	80,81	22,54	96,80	96,80	11,70	79,33	1,58	22,54	88,89	331,83	-	-58,26
-7,17	-	-	-	-412,25	-	-74,30	-	-	80,81	22,54	96,80	96,80	11,70	79,33	1,58	22,54	88,89	331,83	-	-58,26
-7,37	-	-	-	-425,59	-	-62,39	-	-	87,17	23,28	99,43	99,43	13,65	80,84	1,84	23,28	95,89	337,25	-	-63,89
-7,37	-	-	-	-425,59	-	-62,39	-	-	87,17	23,28	99,43	99,43	13,65	80,84	1,84	23,28	95,89	337,25	-	-63,89
-7,56	-	-	-	-436,51	-	-49,38	-	-	93,54	24,03	102,06	102,06	15,60	82,37	2,11	24,03	102,90	342,74	-	-69,51
-7,56	-	-	-	-436,51	-	-49,38	-	-	93,54	24,03	102,06	102,06	15,60	82,37	2,11	24,03	102,90	342,74	-	-69,51
-7,76	-	-	-	-444,78	-	-35,28	-	-	99,91	24,78	104,69	104,69	17,55	83,92	2,37	24,78	109,90	348,29	-	-75,13
-7,76	-	-	-	-444,78	-	-35,28	-	-	99,91	24,78	104,69	104,69	17,55	83,92	2,37	24,78	109,90	348,29	-	-75,13
-7,95	-	-	-	-450,20	-	-20,08	-	-	106,28	25,55	107,33	107,33	19,50	85,48	2,63	25,55	116,90	353,89	-	-80,73
-7,95	-	-	-	-450,20	-	-20,08	-	-	106,28	25,55	107,33	107,33	19,50	85,48	2,63	25,55	116,90	353,89	-	-80,73
-8,15	-	-	-	-452,54	-	-3,79	-	-	112,64	26,32	109,96	109,96	21,45	87,05	2,90	26,32	123,91	359,55	-	-86,33
-8,15	-	-	-	-452,54	-	-3,79	-	-	112,64	26,32	109,96	109,96	21,45	87,05	2,90	26,32	123,91	359,55	-	-86,33
-8,34	-	-	-	-451,60	-	13,59	-	-	119,01	27,09	112,59	112,59	23,40	88,64	3,16	27,09	130,91	365,27	-	-91,92
-8,34	-	-	-	-451,60	-	13,59	-	-	119,01	27,09	112,59	112,59	23,40	88,64	3,16	27,09	130,91	365,27	-	-91,92
-8,54	-	-	-	-447,17	-	32,06	-	-	125,38	27,88	115,22	115,22	25,35	90,25	3,42	27,88	137,92	371,03	-	-97,50
-8,54	-	-	-	-447,17	-	32,06	-	-	125,38	27,88	115,22	115,22	25,35	90,25	3,42	27,88	137,92	371,03	-	-97,50
-8,73	-	-	-	-439,03	-	51,61	-	-	131,75	28,67	117,86	117,86	27,30	91,86	3,69	28,67	144,92	376,83	-	-103,08
-8,73	-	-	-	-439,03	-	51,61	-	-	131,75	28,67	117,86	117,86	27,30	91,86	3,69	28,67	144,92	376,83	-	-103,08
-8,93	-	-	-	-426,97	-	72,26	-	-	138,11	29,46	120,49	120,49	29,25	93,49	3,95	29,46	151,93	382,68	-	-108,65
-8,93	-	-	-	-426,97	-	72,26	-	-	138,11	29,46	120,49	120,49	29,25	93,49	3,95	29,46	151,93	382,68	-	-108,65
-9,12	-	-	-	-410,78	-	93,99	-	-	144,48	30,26	123,12	123,12	31,20	95,13	4,21	30,26	158,93	388,57	-	-114,22
-9,12	-	-	-	-410,78	-	93,99	-	-	144,48	30,26	123,12	123,12	31,20	95,13	4,21	30,26	158,93	388,57	-	-114,22

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.		
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m	
-9,27	-	-	-395,57	-	111,24	-	-	-	-	149,32	30,88	125,12	125,12	32,68	96,39	4,41	30,88	164,26	393,08	-	-118,45
-9,27	-	-	-395,57	-	111,24	-	-	-	-	4,41	14,38	125,12	125,12	32,68	96,39	4,41	30,88	164,26	393,08	-	9,97
-9,32	-	-	-390,39	-	110,77	-	-	-	-	4,48	14,44	125,75	125,75	33,15	96,78	4,48	31,07	165,93	394,51	-	9,96
-9,32	-	-	-390,39	-	110,77	-	-	-	-	4,48	14,44	125,75	125,75	33,15	96,78	4,48	31,07	165,93	394,51	-	9,96
-9,51	-	-	-368,98	-	108,83	-	-	-	-	4,74	14,66	128,39	128,39	35,10	98,45	4,74	31,88	172,94	400,48	-	9,93
-9,51	-	-	-368,98	-	108,83	-	-	-	-	4,74	14,66	128,39	128,39	35,10	98,45	4,74	31,88	172,94	400,48	-	9,93
-9,71	-	-	-347,94	-	106,90	-	-	-	-	5,00	14,89	131,02	131,02	37,05	100,12	5,00	32,70	179,94	406,48	-	9,89
-9,71	-	-	-347,94	-	106,90	-	-	-	-	5,00	14,89	131,02	131,02	37,05	100,12	5,00	32,70	179,94	406,48	-	9,89
-9,90	-	-	-327,28	-	104,97	-	-	-	-	5,27	15,12	133,65	133,65	39,00	101,80	5,27	33,52	186,95	412,52	-	9,85
-9,90	-	-	-327,28	-	104,97	-	-	-	-	5,27	15,12	133,65	133,65	39,00	101,80	5,27	33,52	186,95	412,52	-	9,85
-10,10	-	-	-307,00	-	103,06	-	-	-	-	5,53	15,35	136,28	136,28	40,95	103,49	5,53	34,35	193,95	418,60	-	9,82
-10,10	-	-	-307,00	-	103,06	-	-	-	-	5,53	15,35	136,28	136,28	40,95	103,49	5,53	34,35	193,95	418,60	-	9,82
-10,29	-	-	-287,09	-	101,14	-	-	-	-	5,79	15,58	138,92	138,92	42,90	105,19	5,79	35,18	200,96	424,70	-	9,79
-10,29	-	-	-287,09	-	101,14	-	-	-	-	5,79	15,58	138,92	138,92	42,90	105,19	5,79	35,18	200,96	424,70	-	9,79
-10,49	-	-	-267,55	-	99,24	-	-	-	-	6,05	15,81	141,55	141,55	44,85	106,90	6,05	36,01	207,96	430,84	-	9,76
-10,49	-	-	-267,55	-	99,24	-	-	-	-	6,05	15,81	141,55	141,55	44,85	106,90	6,05	36,01	207,96	430,84	-	9,76
-10,68	-	-	-248,39	-	97,37	-	-	-	-	6,64	16,05	144,18	144,18	46,80	108,62	6,64	36,85	214,97	437,01	-	9,40
-10,68	-	-	-248,39	-	97,37	-	-	-	-	6,64	16,05	144,18	144,18	46,80	108,62	6,64	36,85	214,97	437,01	-	9,40
-10,88	-	-	-229,57	-	95,61	-	-	-	-	7,60	16,28	146,81	146,81	48,75	110,34	7,60	37,70	221,97	443,20	-	8,68
-10,88	-	-	-229,57	-	95,61	-	-	-	-	7,60	16,28	146,81	146,81	48,75	110,34	7,60	37,70	221,97	443,20	-	8,68
-11,00	-	-	-217,50	-	94,53	-	-	-	-	8,22	16,43	148,53	148,53	50,02	111,47	8,22	38,25	226,53	447,26	-	8,22
-11,00	-	-	-217,50	-	94,53	-	-	-	-	8,22	16,43	148,53	148,53	50,02	111,47	8,22	38,25	226,53	447,26	-	8,22
-11,07	-	-	-211,09	-	93,98	-	-	-	-	8,55	16,52	149,45	149,45	50,70	112,07	8,55	38,54	228,97	449,43	-	7,97
-11,07	-	-	-211,09	-	93,98	-	-	-	-	8,55	16,52	149,45	149,45	50,70	112,07	8,55	38,54	228,97	449,43	-	7,97
-11,27	-	-	-192,91	-	92,50	-	-	-	-	9,50	16,75	152,08	152,08	52,65	113,81	9,50	39,39	235,98	455,68	-	7,25
-11,27	-	-	-192,91	-	92,50	-	-	-	-	9,50	16,75	152,08	152,08	52,65	113,81	9,50	39,39	235,98	455,68	-	7,25
-11,46	-	-	-175,01	-	91,16	-	-	-	-	10,46	16,99	154,71	154,71	54,60	115,56	10,46	40,25	242,98	461,95	-	6,53
-11,46	-	-	-175,01	-	91,16	-	-	-	-	10,46	16,99	154,71	154,71	54,60	115,56	10,46	40,25	242,98	461,95	-	6,53
-11,66	-	-	-157,35	-	89,95	-	-	-	-	11,41	17,23	157,34	157,34	56,55	117,31	11,41	41,10	249,99	468,25	-	5,82
-11,66	-	-	-157,35	-	89,95	-	-	-	-	11,41	17,23	157,34	157,34	56,55	117,31	11,41	41,10	249,99	468,25	-	5,82
-11,85	-	-	-139,92	-	88,89	-	-	-	-	12,36	17,47	159,98	159,98	58,50	119,07	12,36	41,96	256,99	474,57	-	5,11
-11,85	-	-	-139,92	-	88,89	-	-	-	-	7,90	38,18	159,98	159,98	58,50	119,07	7,90	16,07	980,13	1218,73	-	28,28
-12,05	-	-	-122,96	-	83,32	-	-	-	-	8,19	38,46	162,63	162,63	60,67	121,05	8,19	16,34	988,66	1226,53	-	28,27
-12,05	-	-	-122,96	-	83,32	-	-	-	-	8,19	38,46	162,63	162,63	60,67	121,05	8,19	16,34	988,66	1226,53	-	28,27
-12,24	-	-	-107,11	-	77,76	-	-	-	-	8,48	38,74	165,29	165,29	62,83	123,04	8,48	16,61	997,19	1234,35	-	28,26
-12,24	-	-	-107,11	-	77,76	-	-	-	-	8,48	38,74	165,29	165,29	62,83	123,04	8,48	16,61	997,19	1234,35	-	28,26
-12,44	-	-	-92,35	-	72,19	-	-	-	-	8,77	37,02	167,95	167,95	65,00	125,03	8,77	16,88	1005,72	1242,20	-	28,25

RESULTATS ELU MEL - Phase P1

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-12,44	-	-	-	-92,95	-	72,19	-	-	8,77	37,02	167,95	167,95	65,00	125,03	8,77	16,88	1005,72	1242,20	-	28,25
-12,64	-	-	-	-78,68	-	66,63	-	-	9,07	37,31	170,61	170,61	67,16	127,03	9,07	17,15	1014,25	1250,07	-	28,24
-12,83	-	-	-	-66,11	-	61,07	-	-	9,36	37,59	173,26	173,26	68,33	129,03	9,36	17,42	1022,78	1257,96	-	28,23
-12,83	-	-	-	-66,11	-	61,07	-	-	9,36	37,59	173,26	173,26	68,33	129,03	9,36	17,42	1022,78	1257,96	-	28,23
-13,03	-	-	-	-54,64	-	55,52	-	-	9,65	37,88	175,92	175,92	71,49	131,04	9,65	17,69	1031,31	1265,88	-	28,22
-13,03	-	-	-	-54,64	-	55,52	-	-	9,65	37,88	175,92	175,92	71,49	131,04	9,65	17,69	1031,31	1265,88	-	28,22
-13,23	-	-	-	-44,25	-	49,96	-	-	9,94	38,16	178,58	178,58	73,66	133,06	9,94	17,96	1039,84	1273,81	-	28,22
-13,23	-	-	-	-44,25	-	49,96	-	-	9,94	38,16	178,58	178,58	73,66	133,06	9,94	17,96	1039,84	1273,81	-	28,22
-13,43	-	-	-	-34,96	-	44,41	-	-	10,24	38,45	181,24	181,24	75,83	135,08	10,24	18,24	1048,37	1281,76	-	28,21
-13,43	-	-	-	-34,96	-	44,41	-	-	10,24	38,45	181,24	181,24	75,83	135,08	10,24	18,24	1048,37	1281,76	-	28,21
-13,62	-	-	-	-26,77	-	38,85	-	-	10,53	38,73	183,90	183,90	77,99	137,10	10,53	18,51	1056,91	1289,74	-	28,21
-13,62	-	-	-	-26,77	-	38,85	-	-	10,53	38,73	183,90	183,90	77,99	137,10	10,53	18,51	1056,91	1289,74	-	28,21
-13,82	-	-	-	-19,67	-	33,30	-	-	10,82	39,02	186,55	186,55	80,16	139,13	10,82	18,78	1065,44	1297,73	-	28,20
-13,82	-	-	-	-19,67	-	33,30	-	-	10,82	39,02	186,55	186,55	80,16	139,13	10,82	18,78	1065,44	1297,73	-	28,20
-14,02	-	-	-	-13,66	-	27,75	-	-	11,11	39,31	189,21	189,21	82,32	141,16	11,11	19,06	1073,97	1305,73	-	28,20
-14,02	-	-	-	-13,66	-	27,75	-	-	11,11	39,31	189,21	189,21	82,32	141,16	11,11	19,06	1073,97	1305,73	-	28,20
-14,21	-	-	-	-8,74	-	22,20	-	-	11,41	39,60	191,87	191,87	84,49	143,20	11,41	19,33	1082,50	1313,76	-	28,19
-14,21	-	-	-	-8,74	-	22,20	-	-	11,41	39,60	191,87	191,87	84,49	143,20	11,41	19,33	1082,50	1313,76	-	28,19
-14,41	-	-	-	-4,92	-	16,65	-	-	11,70	39,89	194,53	194,53	86,65	145,24	11,70	19,61	1091,03	1321,80	-	28,19
-14,41	-	-	-	-4,92	-	16,65	-	-	11,70	39,89	194,53	194,53	86,65	145,24	11,70	19,61	1091,03	1321,80	-	28,19
-14,61	-	-	-	-2,18	-	11,10	-	-	11,99	40,18	197,18	197,18	88,82	147,29	11,99	19,88	1099,56	1329,86	-	28,19
-14,61	-	-	-	-2,18	-	11,10	-	-	11,99	40,18	197,18	197,18	88,82	147,29	11,99	19,88	1099,56	1329,86	-	28,19
-14,80	-	-	-	-0,55	-	5,55	-	-	12,28	40,47	199,84	199,84	90,98	149,33	12,28	20,16	1108,09	1337,93	-	28,18
-14,80	-	-	-	-0,55	-	5,55	-	-	12,28	40,47	199,84	199,84	90,98	149,33	12,28	20,16	1108,09	1337,93	-	28,18
-15,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	12,58	40,76	202,50	202,50	93,15	151,39	12,58	20,44	1116,62	1346,02	-	28,18
-15,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-15,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00

Butée mobilisable = 4191,15 kN/m Butée mobilisée = 489,64 kN/m Rapport (1) = 8,560

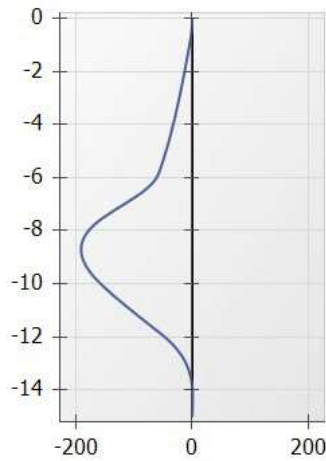
RESULTATS ELU MEL - Phase P2

Déplacements [mm]



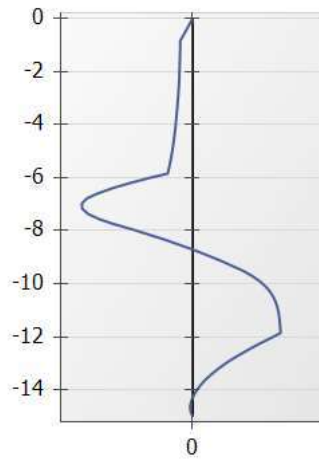
ELS
Dmin = -6.20 - Dmax = 0.08

Moment [kNm/m]



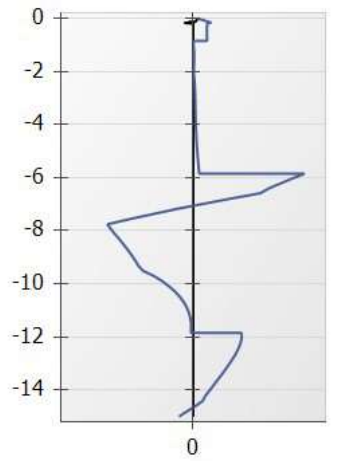
ELS
M.k min = -190.86 - M.k max = 0.80
ELU
M.d min = -0.04 - M.d max = 0.00

Effort Tranchant [kN/m]



ELS
V.k min = -73.31 - V.k max = 58.18
ELU
V.d min = -0.33 - V.d max = 0.00

Pressions terre/eau [kN...]



ELS
Pd.k min = -61.18 - Pd.k max = 79.27
ELU
Pd.d min = -6.51 - Pd.d max = 3.64

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

RESULTATS ELU MEL - Phase P2

Rotation [x0.001 rad]



ELS
Rmin = -0.02584 - Rmax = 0.76605

Effort Normal [kN/m]



ELS
N.k min = -52.58 - N.k max = 0.00
ELU
N.d min = -0.13 - N.d max = 0.00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



terrasol

setec

Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE



v.5.0.12

AFFAIRE

PAROI COMPOSITE ST2

RESULTATS ELU MEL - Phase P2

Action(s) définie(s) dans cette phase :

Imon sableux mou
 γ [kN/m³] = 19,00 yd [kN/m²] = 14,50 Cp Hyd Gauche : Ouvert Cp Hyd Droite : Ouvert
 Samd
 γ [kN/m³] = 20,00 yd [kN/m²] = 15,50 Cp Hyd Gauche : Ouvert Cp Hyd Droite : Ouvert
 gneiss
 γ [kN/m³] = 21,00 yd [kN/m²] = 20,00 Cp Hyd Gauche : Ouvert Cp Hyd Droite : Ouvert

Le calcul a convergé au bout de 4 itérations.

Niveau m	Rotation x0,001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
0,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	3,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	-	3,64
0,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	3,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	-	3,64
0,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	3,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	-	3,64
-0,14	-	-	-	-0,03	-	-0,33	-	-	0,00	7,25	4,85	-1,18	0,00	1,22	0,00	0,05	0,00	7,97	-	1,21
-0,14	-	-	-	-0,03	-	-0,33	-	-	6,51	3,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	-	-2,88
-0,17	-	-	-	-0,04	-	-0,22	-	-	6,51	4,54	1,21	-0,30	0,00	0,31	0,00	0,01	0,00	4,99	-	-3,48
-0,17	-	-	-	0,00	-	-0,22	-	-	6,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,01	0,00	4,99	-	-6,51
-0,17	-	-	-	0,00	-	-0,22	-	-	6,51	0,00	0,00	0,00	0,00	1,53	0,00	0,06	0,00	8,96	-	-6,51
-0,17	-	-	-	0,00	-	-0,22	-	-	6,51	0,00	0,00	0,00	0,00	1,53	0,00	0,00	0,00	8,10	-	-6,51
-0,20	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	6,51	0,00	0,00	0,00	0,00	1,84	0,00	0,00	0,00	9,10	-	-6,51
-0,20	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-0,34	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-0,34	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-0,51	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-0,51	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-0,68	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-0,68	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-0,85	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-0,85	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-1,05	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-1,05	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-1,25	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-1,25	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-1,45	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-1,45	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-1,65	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-1,65	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-1,85	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-1,85	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-2,05	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE



v.5.0.12

AFFAIRE

PAROI COMPOSITE ST2

RESULTATS ELU MEL - Phase P2

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacm. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	gauche kN/m/m	droite kN/m/m	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-2.05	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-2.25	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-2.25	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-2.45	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-2.45	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-2.65	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-2.65	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-2.85	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-2.85	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-3.05	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-3.05	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-3.25	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-3.25	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-3.45	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-3.45	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-3.65	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-3.65	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-3.85	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-3.85	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-4.05	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-4.05	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-4.25	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-4.25	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-4.45	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-4.45	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-4.65	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-4.65	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-4.85	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-4.85	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-5.05	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-5.05	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-5.25	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-5.25	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-5.45	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-5.45	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-5.65	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00
-5.65	-	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

RESULTATS ELU MEL - Phase P2

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacm. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-5,85	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-5,85	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,20	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,20	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,39	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,39	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,59	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,59	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,78	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,78	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,98	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-6,98	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-7,17	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-7,17	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-7,37	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-7,37	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-7,56	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-7,56	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-7,76	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-7,76	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-7,95	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-7,95	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-8,15	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-8,15	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-8,34	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-8,34	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-8,54	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-8,54	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-8,73	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-8,73	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-8,93	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-8,93	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-9,12	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00

RESULTATS ELU MEL - Phase P2

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacmt. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-9,12	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-9,27	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-9,27	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-9,32	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-9,32	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-9,51	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-9,51	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-9,71	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-9,71	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-9,90	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-9,90	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-10,10	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-10,10	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-10,29	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-10,29	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-10,49	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-10,49	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-10,68	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-10,68	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-10,88	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-10,88	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-11,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-11,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-11,07	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-11,07	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-11,27	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-11,27	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-11,46	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-11,46	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-11,66	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-11,66	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-11,85	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-11,85	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-12,05	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-12,05	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-12,24	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-12,24	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00

RESULTATS ELU MEL - Phase P2

Niveau m	Rotation x0.001 rad	Déplacm. mm	Moment		Tranchant		Etat du sol		Pression des terres		Pression d'eau		Pression verticale		Poussée mobilisable		Butée mobilisable		Pression diff.	
			M.k kNm/m	M.d kNm/m	V.k kN/m	V.d kN/m	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	P.k kN/m/m	P.d kN/m/m
-12,44	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-12,44	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-12,64	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-12,64	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-12,83	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-12,83	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-13,03	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-13,03	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-13,23	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-13,23	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-13,43	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-13,43	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-13,62	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-13,62	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-13,82	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-13,82	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-14,02	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-14,02	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-14,21	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-14,21	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-14,41	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-14,41	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-14,61	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-14,61	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-14,80	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-14,80	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
-15,00	-	-	-	0,00	-	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00

Butée mobilisable = 5812,43 kN/m Butée mobilisée = 784,44 kN/m Rapport (1) = 7,410



K-Réa

v.5.0.12

AFFAIRE

PAROI COMPOSITE ST2

RESULTATS ELS et ELU (Synthèse)

PHASE	Type Vérif.	M,d max kNm/m	V,d max kN/m	Vérif. Def. Butée	Vérif. Equ. Vert. kN/m	Vérif. Kranz
P1	MEL	-452.54	-122.61	OK	-23.41	-
P2	MEL	-0.04	-0.33	OK	-0.13	-
Extrema	-	-452.54	-122.61	-	-	-



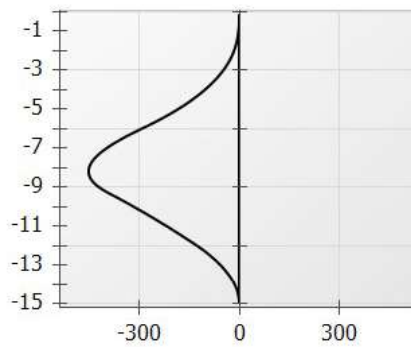
terrasol

setec

Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

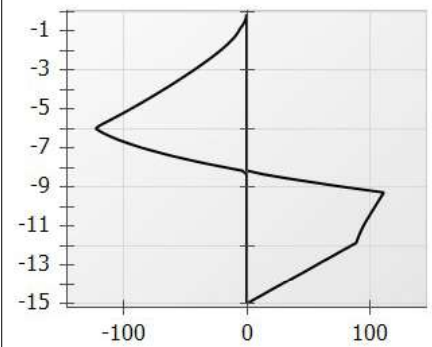
RESULTATS ELS et ELU (Enveloppe phases P1 à P2)

Moment [kNm/m]



Min = -452,54 - Max = 0,00

Effort Tranchant [kN/m]



Min = -122,61 - Max = 111,24

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



terrasol

setec

Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE



v.5.0.12

AFFAIRE

PAROI COMPOSITE ST2

RESULTATS ELS et ELU (Enveloppe phases P1 à P2)

Niveau m	Moment		M,d		Tranchant		V,d		Déplacement	
	min kNm/m	max kNm/m	min kNm/m	max kNm/m	min kN/m	max kN/m	min kN/m	max kN/m	min mm	max mm
-0,14	0,00	0,00	-0,03	0,00	0,00	0,00	-0,33	0,00	0,00	0,00
-0,17	0,00	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00	-0,22	0,00	0,00	0,00
-0,17	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,22	0,00	0,00	0,00
-0,20	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00	-0,24	0,00	0,00	0,00
-0,34	0,00	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00	-0,66	0,00	0,00	0,00
-0,51	0,00	0,00	-0,26	0,00	0,00	0,00	-1,72	0,00	0,00	0,00
-0,68	0,00	0,00	-0,68	0,00	0,00	0,00	-3,27	0,00	0,00	0,00
-0,85	0,00	0,00	-1,40	0,00	0,00	0,00	-6,29	0,00	0,00	0,00
-1,05	0,00	0,00	-2,62	0,00	0,00	0,00	-7,04	0,00	0,00	0,00
-1,25	0,00	0,00	-4,25	0,00	0,00	0,00	-8,35	0,00	0,00	0,00
-1,45	0,00	0,00	-6,40	0,00	0,00	0,00	-12,14	0,00	0,00	0,00
-1,65	0,00	0,00	-8,14	0,00	0,00	0,00	-15,33	0,00	0,00	0,00
-1,85	0,00	0,00	-12,55	0,00	0,00	0,00	-18,86	0,00	0,00	0,00
-2,05	0,00	0,00	-16,70	0,00	0,00	0,00	-22,66	0,00	0,00	0,00
-2,25	0,00	0,00	-21,63	0,00	0,00	0,00	-26,68	0,00	0,00	0,00
-2,45	0,00	0,00	-27,38	0,00	0,00	0,00	-30,90	0,00	0,00	0,00
-2,65	0,00	0,00	-34,00	0,00	0,00	0,00	-35,27	0,00	0,00	0,00
-2,85	0,00	0,00	-41,50	0,00	0,00	0,00	-39,77	0,00	0,00	0,00
-3,05	0,00	0,00	-49,91	0,00	0,00	0,00	-44,39	0,00	0,00	0,00
-3,25	0,00	0,00	-59,26	0,00	0,00	0,00	-49,11	0,00	0,00	0,00
-3,45	0,00	0,00	-69,57	0,00	0,00	0,00	-53,94	0,00	0,00	0,00
-3,65	0,00	0,00	-80,85	0,00	0,00	0,00	-58,86	0,00	0,00	0,00
-3,85	0,00	0,00	-93,12	0,00	0,00	0,00	-63,88	0,00	0,00	0,00
-4,05	0,00	0,00	-106,40	0,00	0,00	0,00	-68,99	0,00	0,00	0,00
-4,25	0,00	0,00	-120,72	0,00	0,00	0,00	-74,20	0,00	0,00	0,00
-4,45	0,00	0,00	-136,09	0,00	0,00	0,00	-79,52	0,00	0,00	0,00
-4,65	0,00	0,00	-152,53	0,00	0,00	0,00	-84,93	0,00	0,00	0,00
-4,85	0,00	0,00	-170,07	0,00	0,00	0,00	-90,46	0,00	0,00	0,00
-5,05	0,00	0,00	-188,73	0,00	0,00	0,00	-96,11	0,00	0,00	0,00
-5,25	0,00	0,00	-208,52	0,00	0,00	0,00	-101,87	0,00	0,00	0,00
-5,45	0,00	0,00	-229,48	0,00	0,00	0,00	-107,75	0,00	0,00	0,00
-5,65	0,00	0,00	-251,63	0,00	0,00	0,00	-113,76	0,00	0,00	0,00
-5,85	0,00	0,00	-274,99	0,00	0,00	0,00	-119,90	0,00	0,00	0,00
-6,00	0,00	0,00	-293,18	0,00	0,00	0,00	-122,61	0,00	0,00	0,00
-6,20	0,00	0,00	-316,59	0,00	0,00	0,00	-117,32	0,00	0,00	0,00
-6,39	0,00	0,00	-338,86	0,00	0,00	0,00	-110,93	0,00	0,00	0,00
-6,59	0,00	0,00	-359,78	0,00	0,00	0,00	-103,43	0,00	0,00	0,00
-6,78	0,00	0,00	-379,13	0,00	0,00	0,00	-94,82	0,00	0,00	0,00



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE



v.5.0.12

AFFAIRE

PAROI COMPOSITE ST2

RESULTATS ELS et ELU (Enveloppe phases P1 à P2)

Niveau m	Moment		M,d		Tranchant		V,d		Déplacement	
	min kNm/m	max kNm/m	min kNm/m	max kNm/m	min kNm	max kNm	min kNm	max kNm	min mm	max mm
-6,98	0,00	0,00	-396,69	0,00	0,00	0,00	-85,11	0,00	0,00	0,00
-7,17	0,00	0,00	-412,25	0,00	0,00	0,00	-74,30	0,00	0,00	0,00
-7,37	0,00	0,00	-425,59	0,00	0,00	0,00	-62,39	0,00	0,00	0,00
-7,56	0,00	0,00	-436,51	0,00	0,00	0,00	-49,38	0,00	0,00	0,00
-7,76	0,00	0,00	-444,78	0,00	0,00	0,00	-35,28	0,00	0,00	0,00
-7,95	0,00	0,00	-450,20	0,00	0,00	0,00	-20,08	0,00	0,00	0,00
-8,15	0,00	0,00	-452,54	0,00	0,00	0,00	-3,79	0,00	0,00	0,00
-8,34	0,00	0,00	-451,60	0,00	0,00	0,00	13,59	0,00	0,00	0,00
-8,54	0,00	0,00	-447,17	0,00	0,00	0,00	32,06	0,00	0,00	0,00
-8,73	0,00	0,00	-439,03	0,00	0,00	0,00	51,61	0,00	0,00	0,00
-8,93	0,00	0,00	-426,97	0,00	0,00	0,00	72,26	0,00	0,00	0,00
-9,12	0,00	0,00	-410,78	0,00	0,00	0,00	93,99	0,00	0,00	0,00
-9,27	0,00	0,00	-395,57	0,00	0,00	0,00	111,24	0,00	0,00	0,00
-9,32	0,00	0,00	-390,39	0,00	0,00	0,00	110,77	0,00	0,00	0,00
-9,51	0,00	0,00	-368,98	0,00	0,00	0,00	108,83	0,00	0,00	0,00
-9,71	0,00	0,00	-347,94	0,00	0,00	0,00	106,90	0,00	0,00	0,00
-9,90	0,00	0,00	-327,28	0,00	0,00	0,00	104,97	0,00	0,00	0,00
-10,10	0,00	0,00	-307,00	0,00	0,00	0,00	103,06	0,00	0,00	0,00
-10,29	0,00	0,00	-287,09	0,00	0,00	0,00	101,14	0,00	0,00	0,00
-10,49	0,00	0,00	-267,55	0,00	0,00	0,00	99,24	0,00	0,00	0,00
-10,68	0,00	0,00	-248,39	0,00	0,00	0,00	97,37	0,00	0,00	0,00
-10,88	0,00	0,00	-229,57	0,00	0,00	0,00	95,61	0,00	0,00	0,00
-11,00	0,00	0,00	-217,50	0,00	0,00	0,00	94,53	0,00	0,00	0,00
-11,07	0,00	0,00	-211,09	0,00	0,00	0,00	93,98	0,00	0,00	0,00
-11,27	0,00	0,00	-192,91	0,00	0,00	0,00	92,50	0,00	0,00	0,00
-11,46	0,00	0,00	-175,01	0,00	0,00	0,00	91,16	0,00	0,00	0,00
-11,66	0,00	0,00	-157,35	0,00	0,00	0,00	89,95	0,00	0,00	0,00
-11,85	0,00	0,00	-139,92	0,00	0,00	0,00	88,89	0,00	0,00	0,00
-12,05	0,00	0,00	-122,96	0,00	0,00	0,00	83,32	0,00	0,00	0,00
-12,24	0,00	0,00	-107,11	0,00	0,00	0,00	77,76	0,00	0,00	0,00
-12,44	0,00	0,00	-92,35	0,00	0,00	0,00	72,19	0,00	0,00	0,00
-12,64	0,00	0,00	-78,68	0,00	0,00	0,00	66,63	0,00	0,00	0,00
-12,83	0,00	0,00	-66,11	0,00	0,00	0,00	61,07	0,00	0,00	0,00
-13,03	0,00	0,00	-54,64	0,00	0,00	0,00	55,52	0,00	0,00	0,00
-13,23	0,00	0,00	-44,25	0,00	0,00	0,00	49,96	0,00	0,00	0,00
-13,43	0,00	0,00	-34,96	0,00	0,00	0,00	44,41	0,00	0,00	0,00
-13,62	0,00	0,00	-26,77	0,00	0,00	0,00	38,85	0,00	0,00	0,00
-13,82	0,00	0,00	-19,67	0,00	0,00	0,00	33,30	0,00	0,00	0,00



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE



v.5.0.12

AFFAIRE

PAROI COMPOSITE ST2

RESULTATS ELS et ELU (Enveloppe phases P1 à P2)

Niveau m	Moment		M _d		Tranchant		V _d		Déplacement	
	min kNm/m	max kNm/m	min kNm/m	max kNm/m	min kN/m	max kN/m	min kN/m	max kN/m	min mm	max mm
-14,02	0,00	0,00	-13,66	0,00	0,00	0,00	0,00	27,75	0,00	0,00
-14,21	0,00	0,00	-8,74	0,00	0,00	0,00	0,00	22,20	0,00	0,00
-14,41	0,00	0,00	-4,92	0,00	0,00	0,00	0,00	16,65	0,00	0,00
-14,61	0,00	0,00	-2,18	0,00	0,00	0,00	0,00	11,10	0,00	0,00
-14,80	0,00	0,00	-0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	5,55	0,00	0,00
-15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

Vérifications

COEFFICIENTS PARTIELS - Approche 2 (EC7 - NF P94-282)

Actions			Actions			Paramètre de résistance			-		
Sol - Eau - Ecran	MISS	MEL	Surcharge appliquée sur le sol et l'écran	MISS	MEL	Paramètres du sol	MISS	MEL	Butée limite - phase durable (Ypb.D)	MISS	MEL
poussée limite du sol (Ypa)	1,00	1,35	Sol - permanente (YG)	1,00	1,00	Cohésion effective (Yc')	1,00	1,00	Butée limite - phase transitoire (Ypb.T)	1,10	1,10
pression d'eau (Ypw)	1,00	1,35	Sol - variable (YQ)	1,11	1,11	Angle de frot. effectif (Yp')	1,00	1,00	Résistance des appuis (Yanc)	1,00	-
pooids propre de l'écran (Yw)	1,00	1,35	Ecran - permanente favorable (YG.inf)	1,00	1,00	Cohesion non drainée (Ycu')	1,00	1,00	Effort déstabilisant (Ykrz)	1,10	-
			Ecran - permanente défavorable (YG.sup)	1,00	1,35						
			Ecran - variable défavorable (YQ.sup)	1,11	1,50						

Efforts, sollicitations et butée mobilisée : YE = 1,35
Méthode de référence pour le recalcul de ka/kp : Kérisel

RESULTATS DES VERIFICATIONS

PHASE 1 - Transitoire

L'écran est considéré en console (autostable).
La méthode D a été utilisée pour cette phase.
La butée pour cette phase est considérée à gauche.

Vérification du défaut de butée :

Vérification de la hauteur de fiche :

Point de pression nulle : z0 = -6,00 m
Point de moment nul : zc = -11,00 m
Côte du pied de l'écran : zp = -15,00 m
f0 = z0 - zc = 5,00 m
fb = z0 - zp = 9,00 m

fb / f0 = 1.799 (≥ 1.2)

Vérification de la contre-butée :

Point de transition : zn = -9,27 m
Contre-butée nécessaire à l'équilibre des efforts horizontaux : Ct,d = 359,32 kN/m
Contre-butée mobilisable sous zn : Cm,d = 2400,31 kN/m
Facteur de mobilisation : α = 0,074

Cm,d ≥ Ct,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran : Pd = 0,00 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran : Pv,d = -23,41 kN/m
Résultante verticale Tv des efforts dus aux tirants connectés à l'écran : Tv,d = 0,00 kN/m
Résultante verticale Fv des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran : Fv,d = 0,00 kN/m Yq = valeur dépendant de la nature de chaque action.

Résultante ELU des efforts verticaux :

Rv,d = -23,41 kN/m

Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 23.41 kN/m vers le haut.

PHASE 2 - Transitoire

L'écran est considéré en console (autostable).
La méthode D a été utilisée pour cette phase.
La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée :

Vérification de la hauteur de fiche :

Point de pression nulle : z0 = 0,00 m
Point de moment nul : zc = -0,17 m
Côte du pied de l'écran : zp = -15,00 m
f0 = z0 - zc = 0,17 m
fb = z0 - zp = 15,00 m

fb / f0 = 88.235 (≥ 1.2)

Vérification de la contre-butée :

Point de transition : zn = -
Contre-butée nécessaire à l'équilibre des efforts horizontaux : Ct,d = 0,44 kN/m
Contre-butée mobilisable sous zn : Cm,d = 2504,03 kN/m
Facteur de mobilisation : α = -0,339

Cm,d ≥ Ct,d

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

Vérification de l'équilibre vertical :

Poids propre P de l'écran : Pd = 0,00 kN/m
Résultante verticale Pv des pressions des terres sur la hauteur de l'écran :



v.5.0.12

AFFAIRE

PAROI COMPOSITE ST2

Vérifications

$P_v,d = -0,13 \text{ kN/m}$
Résultante verticale T_v des efforts dus aux tirants connectés à l'écran :
 $T_v,d = 0,00 \text{ kN/m}$
Résultante verticale F_v des surcharges "linéiques" appliquées sur la hauteur de l'écran :
 $F_v,d = 0,00 \text{ kN/m}$ Y_q = valeur dépendant de la nature de chaque action.
Résultante ELU des efforts verticaux :
 $R_v,d = -0,13 \text{ kN/m}$
Attention, écran travaillant en arrachement, résultante verticale de 0.13 kN/m vers le haut.



terrasol

setec

Calcul réalisé par : IMSRN ALGERIE

Annexe 02 : Détail de calcul de la stabilité générale du site.

Situation transitoire 01 :
Situation de calcul fondamental

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Modèle stabilité générale SITUA 1 fondamental
Slide Modeler Version: 6.025
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 07/05/2025, 3:38:43 PM

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Spencer

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 10 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 16

Loading

2 Distributed Loads present






Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 182
Orientation: Normal to boundary

Distributed Load 2

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 182
Orientation: Normal to boundary

Material Properties

Property	Sable lache	Limon sableux mous	Sable argileux moy dense	gneiss fracturé	Enrochement
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	19	19	20	21	23
Cohesion [kPa]	1	5	10	150	1
Friction Angle [deg]	26	24	28	30	40
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1

Support Properties

rideaux de palplanches

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 1 m
Pile Shear Strength: 200 kN
Force Direction: Parallel to Surface

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 6.740820
Center: 23.718, 13.787
Radius: 30.402
Left Slip Surface Endpoint: 6.116, -11.000
Right Slip Surface Endpoint: 51.013, 0.398
Left Slope Intercept: 6.116 -0.415
Right Slope Intercept: 51.013 0.398
Resisting Moment=249636 kN-m
Driving Moment=37033.5 kN-m
Total Slice Area=580.61 m²

Method: spencer

FS: 6.734700
Center: 23.718, 13.787
Radius: 30.402
Left Slip Surface Endpoint: 6.116, -11.000

Right Slip Surface Endpoint: 51.013, 0.398
 Left Slope Intercept: 6.116 -0.415
 Right Slope Intercept: 51.013 0.398
 Resisting Moment=249410 kN-m
 Driving Moment=37033.5 kN-m
 Resisting Horizontal Force=7612.81 kN
 Driving Horizontal Force=1130.39 kN
 Total Slice Area=580.61 m²

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 629
 Number of Invalid Surfaces: 17862

Error Codes:

Error Code -101 reported for 68 surfaces
 Error Code -103 reported for 26 surfaces
 Error Code -115 reported for 1158 surfaces
 Error Code -1000 reported for 16610 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 626
 Number of Invalid Surfaces: 17865

Error Codes:

Error Code -101 reported for 68 surfaces
 Error Code -103 reported for 26 surfaces
 Error Code -108 reported for 3 surfaces
 Error Code -115 reported for 1158 surfaces
 Error Code -1000 reported for 16610 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 115 = Surface too shallow, below the minimum depth.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 6.74082

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.876833	98.0779	Sable argileux moy dense	10	28	1.81822	12.2563	113.099	108.855	4.24385
2	0.906232	112.269	gneiss fracturé	150	30	24.3592	164.201	139.324	114.727	24.5971
3	0.906232	122.788	gneiss fracturé	150	30	24.8023	167.188	150.024	120.253	29.7707
4	0.906232	132.505	gneiss fracturé	150	30	25.2064	169.912	159.847	125.359	34.4882

5	0.906232	141.466	gneiss fracturé	150	30	25.5736	172.387	168.842	130.066	38.7759
6	0.906232	149.708	gneiss fracturé	150	30	25.9059	174.627	177.051	134.397	42.6543
7	0.906232	157.266	gneiss fracturé	150	30	26.2047	176.641	184.512	138.368	46.1442
8	0.906232	164.168	gneiss fracturé	150	30	26.4716	178.44	191.254	141.994	49.2597
9	0.906232	170.44	gneiss fracturé	150	30	26.7077	180.031	197.305	145.288	52.0166
10	0.906232	176.101	gneiss fracturé	150	30	26.914	181.422	202.688	148.263	54.4251
11	0.906232	181.172	gneiss fracturé	150	30	27.0915	182.619	207.424	150.927	56.4972
12	0.906232	185.668	gneiss fracturé	150	30	27.2409	183.626	211.531	153.288	58.2426
13	0.906232	189.603	gneiss fracturé	150	30	27.3629	184.448	215.022	155.355	59.6668
14	0.906232	192.988	gneiss fracturé	150	30	27.4581	185.09	217.911	157.133	60.7782
15	0.906232	195.834	gneiss fracturé	150	30	27.5269	185.554	220.209	158.628	61.5809
16	0.906232	198.147	gneiss fracturé	150	30	27.5697	185.843	221.924	159.843	62.0808
17	0.906232	199.936	gneiss fracturé	150	30	27.5869	185.959	223.064	160.782	62.2816
18	0.906232	220.774	gneiss fracturé	150	30	29.4376	198.434	245.338	161.448	83.8898
19	0.906232	253.591	gneiss fracturé	150	30	32.4374	218.655	280.756	161.842	118.914
20	0.906232	259.132	gneiss fracturé	150	30	32.8676	221.555	285.902	161.965	123.937
21	0.906232	264.159	gneiss fracturé	150	30	33.2703	224.269	290.456	161.818	128.638
22	0.906232	268.562	gneiss fracturé	150	30	33.6351	226.728	294.297	161.401	132.896
23	0.906232	271.869	gneiss fracturé	150	30	33.9178	228.634	296.909	160.711	136.198
24	0.906232	274.437	gneiss fracturé	150	30	34.1525	230.216	298.686	159.748	138.938
25	0.906232	276.479	gneiss fracturé	150	30	34.3593	231.61	299.862	158.509	141.353
26	0.906232	275.503	gneiss fracturé	150	30	34.3065	231.254	297.725	156.99	140.735
27	0.906232	283.107	gneiss fracturé	150	30	35.0727	236.419	304.868	155.186	149.682
28	0.906232	291.251	gneiss fracturé	150	30	35.9071	242.043	312.517	153.094	159.423
29	0.906232	286.727	gneiss fracturé	150	30	35.5903	239.908	306.432	150.706	155.726
30	0.906232	281.628	gneiss fracturé	150	30	40.7605	274.759	364.104	148.015	216.089
31	0.906232	275.936	gneiss fracturé	150	30	47.7432	321.828	442.629	145.014	297.615
32	0.906232	269.634	gneiss fracturé	150	30	34.4648	232.321	284.275	141.69	142.585
33	0.906232	262.72	gneiss fracturé	150	30	34.0299	229.389	275.541	138.035	137.506
34	0.906232	255.155	gneiss fracturé	150	30	33.5625	226.239	266.083	134.033	132.05
35	0.906232	246.902	gneiss fracturé	150	30	33.0606	222.856	255.86	129.671	126.189
36	0.906232	237.928	gneiss fracturé	150	30	32.5223	219.227	244.834	124.929	119.905
37	0.906232	228.194	gneiss fracturé	150	30	42.9633	289.608	361.596	119.788	241.808
38	0.906232	217.653	gneiss fracturé	150	30	38.2942	258.134	301.516	114.223	187.293
39	0.877772	200.227	Sable argileux moy dense	10	28	10.3698	69.901	220.965	108.308	112.657
40	0.877772	189.244	Sable argileux moy dense	10	28	9.86405	66.4918	208.272	102.026	106.246
41	0.877772	177.399	Sable argileux moy dense	10	28	9.32278	62.8432	194.636	95.2527	99.3838
42	0.877772	164.615	Sable argileux moy dense	10	28	8.74315	58.936	179.98	87.9447	92.0352
43	0.877772	150.799	Sable argileux moy dense	10	28	8.1218	54.7476	164.207	80.0492	84.1578
44	0.877772	135.837	Sable argileux moy dense	10	28	7.4546	50.2501	147.2	71.5007	75.6997
45	0.877772	119.584	Sable argileux moy dense	10	28	6.73647	45.4093	128.812	62.2167	66.5952
46	0.877772	101.854	Sable argileux moy dense	10	28	5.96098	40.1819	108.855	52.0912	56.7639
47	0.877772	82.3994	Sable argileux moy dense	10	28	5.11993	34.5125	87.0846	40.9834	46.1012
48	1.06738	71.66	Limon sableux mous	5	24	3.07624	20.7364	62.5485	27.2041	35.3444
49	1.06738	36.7895	Limon sableux mous	5	24	2.1154	14.2596	30.807	10.0097	20.7973

50	0.455179	3.85112	Sable lache	1	26	0.666213	4.49082	7.15723	0	7.15723
----	----------	---------	-------------	---	----	----------	---------	---------	---	---------

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 6.7347

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.876833	98.0779	Sable argileux moy dense	10	28	2.44928	16.4951	121.071	108.855	12.2163
2	0.906232	112.269	gneiss fracturé	150	30	25.3523	170.74	150.649	114.727	35.9222
3	0.906232	122.788	gneiss fracturé	150	30	25.7869	173.667	161.245	120.253	40.992
4	0.906232	132.505	gneiss fracturé	150	30	26.174	176.274	170.867	125.359	45.5076
5	0.906232	141.466	gneiss fracturé	150	30	26.5172	178.585	179.577	130.066	49.5112
6	0.906232	149.708	gneiss fracturé	150	30	26.8195	180.621	187.435	134.397	53.0377
7	0.906232	157.266	gneiss fracturé	150	30	27.0836	182.4	194.485	138.368	56.1168
8	0.906232	164.168	gneiss fracturé	150	30	27.3115	183.935	200.771	141.994	58.7768
9	0.906232	170.44	gneiss fracturé	150	30	27.5053	185.24	206.325	145.288	61.037
10	0.906232	176.101	gneiss fracturé	150	30	27.6665	186.325	211.18	148.263	62.9172
11	0.906232	181.172	gneiss fracturé	150	30	27.7965	187.201	215.36	150.927	64.4334
12	0.906232	185.668	gneiss fracturé	150	30	27.8965	187.875	218.89	153.288	65.6017
13	0.906232	189.603	gneiss fracturé	150	30	27.9677	188.354	221.786	155.355	66.4309
14	0.906232	192.988	gneiss fracturé	150	30	28.0108	188.645	224.067	157.133	66.9344
15	0.906232	195.834	gneiss fracturé	150	30	28.0268	188.752	225.749	158.628	67.1206
16	0.906232	198.147	gneiss fracturé	150	30	28.0163	188.681	226.842	159.843	66.9986
17	0.906232	199.936	gneiss fracturé	150	30	27.9799	188.436	227.355	160.782	66.5728
18	0.906232	220.774	gneiss fracturé	150	30	33.3427	224.553	290.578	161.448	129.13
19	0.906232	253.591	gneiss fracturé	150	30	33.0098	222.311	287.088	161.842	125.246
20	0.906232	259.132	gneiss fracturé	150	30	33.3526	224.62	291.21	161.965	129.245
21	0.906232	264.159	gneiss fracturé	150	30	33.6662	226.732	294.721	161.818	132.903
22	0.906232	268.562	gneiss fracturé	150	30	33.9407	228.58	297.506	161.401	136.105
23	0.906232	271.869	gneiss fracturé	150	30	34.1321	229.87	299.049	160.711	138.338
24	0.906232	274.437	gneiss fracturé	150	30	34.275	230.832	299.754	159.748	140.006
25	0.906232	276.479	gneiss fracturé	150	30	34.3899	231.606	299.854	158.509	141.345
26	0.906232	275.503	gneiss fracturé	150	30	34.1954	230.296	296.066	156.99	139.076
27	0.906232	283.107	gneiss fracturé	150	30	34.98	235.58	303.414	155.186	148.228
28	0.906232	291.251	gneiss fracturé	150	30	35.6367	240.003	308.983	153.094	155.889
29	0.906232	286.727	gneiss fracturé	150	30	35.2562	237.44	302.157	150.706	151.451
30	0.906232	281.628	gneiss fracturé	150	30	40.2642	271.167	357.882	148.015	209.867
31	0.906232	275.936	gneiss fracturé	150	30	47.0177	316.65	433.66	145.014	288.646
32	0.906232	269.634	gneiss fracturé	150	30	33.9589	228.703	278.008	141.69	136.318
33	0.906232	262.72	gneiss fracturé	150	30	33.4743	225.439	268.699	138.035	130.664
34	0.906232	255.155	gneiss fracturé	150	30	32.9618	221.988	258.719	134.033	124.686
35	0.906232	246.902	gneiss fracturé	150	30	32.4197	218.337	248.034	129.671	118.363
36	0.906232	237.928	gneiss fracturé	150	30	31.8471	214.481	236.613	124.929	111.684
37	0.906232	228.194	gneiss fracturé	150	30	41.8206	281.649	347.81	119.788	228.022
38	0.906232	217.653	gneiss fracturé	150	30	37.2677	250.987	289.138	114.223	174.915
39	0.877772	200.227	Sable argileux moy dense	10	28	9.48497	63.8784	209.639	108.308	101.331
40	0.877772	189.244	Sable argileux moy dense	10	28	8.9675	60.3934	196.802	102.026	94.7761
41	0.877772	177.399	Sable argileux moy dense	10	28	8.42271	56.7244	183.128	95.2527	87.8756
42	0.877772	164.615	Sable argileux moy dense	10	28	7.8492	52.862	168.556	87.9447	80.6116
43	0.877772	150.799	Sable argileux moy dense	10	28	7.24542	48.7957	153.013	80.0492	72.964

44	0.877772	135.837	Sable argileux moy dense	10	28	6.60956	44.5134	136.411	71.5007	64.9102
45	0.877772	119.584	Sable argileux moy dense	10	28	5.93969	40.002	118.642	62.2167	56.4254
46	0.877772	101.854	Sable argileux moy dense	10	28	5.23367	35.2472	99.5741	52.0912	47.4829
47	0.877772	82.3994	Sable argileux moy dense	10	28	4.48933	30.2343	79.0383	40.9834	38.0549
48	1.06738	71.66	Limon sableux mous	5	24	2.64751	17.8302	56.021	27.2041	28.8169
49	1.06738	36.7895	Limon sableux mous	5	24	1.8794	12.6572	27.2081	10.0097	17.1984
50	0.455179	3.85112	Sable lache	1	26	0.599967	4.0406	6.23415	0	6.23415

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 6.74082

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	6.11572	-11.0003	560.271	0	0
2	6.99255	-11.6002	69.4432	0	0
3	7.89878	-12.1745	171.541	0	0
4	8.80501	-12.7055	273.673	0	0
5	9.71124	-13.1956	374.857	0	0
6	10.6175	-13.647	474.253	0	0
7	11.5237	-14.0617	571.145	0	0
8	12.4299	-14.4412	664.912	0	0
9	13.3362	-14.7869	755.023	0	0
10	14.2424	-15.1001	841.018	0	0
11	15.1486	-15.3818	922.501	0	0
12	16.0549	-15.6329	999.132	0	0
13	16.9611	-15.8542	1070.62	0	0
14	17.8673	-16.0463	1136.73	0	0
15	18.7736	-16.2098	1197.24	0	0
16	19.6798	-16.3452	1252	0	0
17	20.586	-16.4528	1300.87	0	0
18	21.4923	-16.533	1343.75	0	0
19	22.3985	-16.5859	1799.08	0	0
20	23.3047	-16.6118	1863.1	0	0
21	24.2109	-16.6106	1917.05	0	0
22	25.1172	-16.5824	1960.64	0	0
23	26.0234	-16.5271	1993.61	0	0
24	26.9296	-16.4445	2015.73	0	0
25	27.8359	-16.3345	2026.83	0	0
26	28.7421	-16.1966	2026.79	0	0
27	29.6483	-16.0306	2009.42	0	0
28	30.5546	-15.836	1994.16	0	0
29	31.4608	-15.6122	1956.74	0	0
30	32.367	-15.3584	1911.24	0	0
31	33.2733	-15.074	1844.63	0	0
32	34.1795	-14.758	1748.03	0	0
33	35.0857	-14.4094	1680.15	0	0
34	35.992	-14.0269	1605.59	0	0
35	36.8982	-13.6091	1524.84	0	0

36	37.8044	-13.1544	1438.45	0	0
37	38.7107	-12.6608	1347.07	0	0
38	39.6169	-12.1261	1192.68	0	0
39	40.5231	-11.5478	1053.01	0	0
40	41.4009	-10.9432	928.507	0	0
41	42.2787	-10.2914	801.415	0	0
42	43.1564	-9.58851	672.793	0	0
43	44.0342	-8.8298	543.914	0	0
44	44.912	-8.00941	416.329	0	0
45	45.7897	-7.12009	291.964	0	0
46	46.6675	-6.15262	173.255	0	0
47	47.5453	-5.09499	63.3587	0	0
48	48.4231	-3.93106	-33.5079	0	0
49	49.4904	-2.33912	-129.798	0	0
50	50.5578	-0.492188	-184.439	0	0
51	51.013	0.398408	0	0	0

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 6.7347

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	6.11572	-11.0003	560.271	0	0
2	6.99255	-11.6002	74.7806	6.61281	5.05349
3	7.89878	-12.1745	184.299	16.2975	5.0535
4	8.80501	-12.7055	293.298	25.9362	5.05349
5	9.71124	-13.1956	400.775	35.4404	5.0535
6	10.6175	-13.647	505.89	44.7356	5.05349
7	11.5237	-14.0617	607.932	53.7591	5.05349
8	12.4299	-14.4412	706.298	62.4575	5.05349
9	13.3362	-14.7869	800.477	70.7858	5.05349
10	14.2424	-15.1001	890.037	78.7055	5.05349
11	15.1486	-15.3818	974.611	86.1844	5.05349
12	16.0549	-15.6329	1053.89	93.1951	5.0535
13	16.9611	-15.8542	1127.62	99.715	5.0535
14	17.8673	-16.0463	1195.59	105.726	5.05352
15	18.7736	-16.2098	1257.63	111.212	5.05351
16	19.6798	-16.3452	1313.61	116.162	5.0535
17	20.586	-16.4528	1363.43	120.568	5.05352
18	21.4923	-16.533	1407.03	124.423	5.05349
19	22.3985	-16.5859	1868.31	165.214	5.0535
20	23.3047	-16.6118	1933.04	170.938	5.0535
21	24.2109	-16.6106	1987.45	175.749	5.05349
22	25.1172	-16.5824	2031.3	179.626	5.05347
23	26.0234	-16.5271	2064.38	182.552	5.05349
24	26.9296	-16.4445	2086.54	184.511	5.05347
25	27.8359	-16.3345	2097.66	185.495	5.05349
26	28.7421	-16.1966	2097.67	185.496	5.05349
27	29.6483	-16.0306	2080.5	183.977	5.05348
28	30.5546	-15.836	2065.45	182.647	5.0535
29	31.4608	-15.6122	2028.6	179.388	5.05349
30	32.367	-15.3584	1983.91	175.436	5.05349
31	33.2733	-15.074	1918.64	169.664	5.05348
32	34.1795	-14.758	1824.25	161.317	5.05348
33	35.0857	-14.4094	1758.12	155.47	5.0535
34	35.992	-14.0269	1685.7	149.065	5.05347

35	36.8982	-13.6091	1607.49	142.15	5.05351
36	37.8044	-13.1544	1524.1	134.775	5.05348
37	38.7107	-12.6608	1436.19	127.002	5.05351
38	39.6169	-12.1261	1288.16	113.911	5.05348
39	40.5231	-11.5478	1154.75	102.114	5.05349
40	41.4009	-10.9432	1036.32	91.641	5.05348
41	42.2787	-10.2914	915.919	80.9943	5.05349
42	43.1564	-9.58851	794.601	70.2662	5.05349
43	44.0342	-8.8298	673.609	59.5669	5.05349
44	44.912	-8.00941	554.443	49.0291	5.05349
45	45.7897	-7.12009	438.935	38.8148	5.05349
46	46.6675	-6.15262	329.37	29.126	5.05349
47	47.5453	-5.09499	228.654	20.2197	5.05348
48	48.4231	-3.93106	140.602	12.4333	5.05347
49	49.4904	-2.33912	54.2468	4.79702	5.05349
50	50.5578	-0.492188	6.00269	0.530815	5.05349
51	51.013	0.398408	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0.024014	-0.414685
76.5088	-0.414685

Line Load

X	Y
34.044	0.398408
32.944	0.398408

Line Load

X	Y
40.044	0.398408
38.944	0.398408

External Boundary

X	Y
76.5088	-23.3655
76.5088	-11.4917
76.5088	-3.41994
76.5088	-0.414685
76.5088	0.398408
30.0939	0.398408
30.0939	-0.55317
30.0939	-0.553304
30.0939	-1.9827
28.8439	-1.9827
22.0432	-6.00265
22.027	-6.603
22.027	-8.93743
22.027	-11.0003

17.814	-11.0003
15.134	-11.0003
11.1381	-11.0003
0.0243704	-11.0003
0.0234295	-11.611
0.00544347	-23.2862
57.083	-23.3655

Material Boundary

X	Y
0.0234295	-11.611
76.5088	-11.4917

Material Boundary

X	Y
22.027	-6.603
25.309	-5.263
25.891	-4.948
34.7874	-4.73587
57.083	-3.41994
76.5088	-3.41994

Material Boundary

X	Y
25.891	-4.948
30.0452	-2.50633

Material Boundary

X	Y
30.0939	-0.553304
76.5088	-0.414685

Material Boundary

X	Y
30.0452	-2.50633
30.0939	-1.9827

Situation transitoire 01 :
Situation de calcul sismique

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Modèle stabilité générale SITUA 1
Slide Modeler Version: 6.025
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 07/05/2025, 3:38:43 PM

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Spencer

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 10 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 16

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.2

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.06

2 Distributed Loads present

Distributed Load 1

Distribution: Constant

Magnitude [kPa]: 182

Orientation: Normal to boundary






Distributed Load 2

Distribution: Constant

Magnitude [kPa]: 182

Orientation: Normal to boundary

Material Properties

Property	Sable lache	Limon sableux mous	Sable argileux moy dense	gneiss fracturé	Enrochement
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	19	19	20	21	23
Cohesion [kPa]	1	5	10	150	1
Friction Angle [deg]	26	24	28	30	40
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1

Support Properties

rideaux de palplanches

Support Type: Micro-Pile

Force Application: Active

Out-of-Plane Spacing: 1 m

Pile Shear Strength: 200 kN

Force Direction: Parallel to Surface

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 3.384730

Center: 23.718, 20.282

Radius: 36.506

Left Slip Surface Endpoint: 4.901, -11.000

Right Slip Surface Endpoint: 54.334, 0.398

Left Slope Intercept: 4.901 -0.415

Right Slope Intercept: 54.334 0.398

Resisting Moment=321974 kN-m

Driving Moment=95125.3 kN-m

Total Slice Area=618.881 m²

Method: spencer

FS: 3.392210

Center: 23.718, 20.282

Radius: 36.506
 Left Slip Surface Endpoint: 4.901, -11.000
 Right Slip Surface Endpoint: 54.334, 0.398
 Left Slope Intercept: 4.901 -0.415
 Right Slope Intercept: 54.334 0.398
 Resisting Moment=322685 kN-m
 Driving Moment=95125.3 kN-m
 Resisting Horizontal Force=8359.44 kN
 Driving Horizontal Force=2464.31 kN
 Total Slice Area=618.881 m2

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 629
 Number of Invalid Surfaces: 17862

Error Codes:

Error Code -101 reported for 68 surfaces
 Error Code -103 reported for 26 surfaces
 Error Code -115 reported for 1158 surfaces
 Error Code -1000 reported for 16610 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 629
 Number of Invalid Surfaces: 17862

Error Codes:

Error Code -101 reported for 68 surfaces
 Error Code -103 reported for 26 surfaces
 Error Code -115 reported for 1158 surfaces
 Error Code -1000 reported for 16610 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 115 = Surface too shallow, below the minimum depth.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 3.38473

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.03826	116.152	Sable argileux moy dense	10	28	3.83243	12.9718	114.452	108.863	5.58935
2	1.01881	125.958	gneiss fracturé	150	30	50.6807	171.541	151.916	114.607	37.3089
3	1.01881	137.232	gneiss fracturé	150	30	51.5087	174.343	162.039	119.876	42.1632
4	1.01881	147.657	gneiss fracturé	150	30	52.2521	176.859	171.269	124.748	46.5208
5	1.01881	157.271	gneiss fracturé	150	30	52.915	179.103	179.648	129.241	50.407

6	1.01881	166.106	gneiss fracturé	150	30	53.5009	181.086	187.212	133.369	53.8428
7	1.01881	174.189	gneiss fracturé	150	30	54.0131	182.82	193.992	137.147	56.8448
8	1.01881	181.546	gneiss fracturé	150	30	54.4541	184.313	200.015	140.584	59.4313
9	1.01881	188.197	gneiss fracturé	150	30	54.8265	185.573	205.307	143.692	61.6146
10	1.01881	194.162	gneiss fracturé	150	30	55.1322	186.608	209.885	146.48	63.4054
11	1.01881	199.456	gneiss fracturé	150	30	55.3731	187.423	213.772	148.953	64.8186
12	1.01881	204.094	gneiss fracturé	150	30	55.5508	188.024	216.98	151.12	65.8603
13	1.01881	208.087	gneiss fracturé	150	30	55.6667	188.417	219.526	152.986	66.5396
14	1.01881	211.445	gneiss fracturé	150	30	55.7218	188.603	221.417	154.555	66.8624
15	1.01881	214.177	gneiss fracturé	150	30	55.7173	188.588	222.667	155.831	66.836
16	1.01881	216.289	gneiss fracturé	150	30	55.654	188.374	223.282	156.817	66.465
17	1.01881	228.857	gneiss fracturé	150	30	57.6243	195.043	235.532	157.516	78.0156
18	1.01881	276.047	gneiss fracturé	150	30	66.139	223.863	285.863	157.929	127.934
19	1.01881	283.028	gneiss fracturé	150	30	67.1025	227.124	291.64	158.057	133.583
20	1.01881	289.401	gneiss fracturé	150	30	67.9976	230.153	296.731	157.901	138.83
21	1.01881	294.899	gneiss fracturé	150	30	68.7778	232.794	300.864	157.46	143.404
22	1.01881	299.03	gneiss fracturé	150	30	69.3583	234.759	303.54	156.733	146.807
23	1.01881	302.422	gneiss fracturé	150	30	69.8502	236.424	305.41	155.719	149.691
24	1.01881	304.125	gneiss fracturé	150	30	70.0818	237.208	305.463	154.415	151.048
25	1.01881	307.446	gneiss fracturé	150	30	70.6355	239.082	307.111	152.817	154.294
26	1.01881	322.782	gneiss fracturé	150	30	73.3474	248.261	321.115	150.922	170.193
27	1.01881	318.109	gneiss fracturé	150	30	72.5502	245.563	314.246	148.726	165.52
28	1.01881	312.778	gneiss fracturé	150	30	86.3555	292.29	392.676	146.222	246.454
29	1.01881	306.775	gneiss fracturé	150	30	88.1107	298.231	400.146	143.403	256.743
30	1.01881	300.092	gneiss fracturé	150	30	69.79	236.22	289.601	140.264	149.337
31	1.01881	292.728	gneiss fracturé	150	30	68.7468	232.689	280.015	136.793	143.222
32	1.01881	284.637	gneiss fracturé	150	30	67.6367	228.932	269.696	132.982	136.714
33	1.01881	275.792	gneiss fracturé	150	30	66.4569	224.939	258.616	128.818	129.798
34	1.01881	266.165	gneiss fracturé	150	30	82.5874	279.536	348.653	124.289	224.364
35	1.01881	255.723	gneiss fracturé	150	30	77.4797	262.248	313.799	119.379	194.42
36	1.01881	244.428	gneiss fracturé	150	30	62.4729	211.454	220.512	114.071	106.441
37	0.958508	219.124	Sable argileux moy dense	10	28	21.9655	74.3472	229.546	108.526	121.02
38	0.958508	208.102	Sable argileux moy dense	10	28	20.9168	70.7978	217.093	102.748	114.345
39	0.958508	196.289	Sable argileux moy dense	10	28	19.8079	67.0444	203.842	96.5577	107.285
40	0.958508	183.636	Sable argileux moy dense	10	28	18.6358	63.0772	189.752	89.9287	99.8235
41	0.958508	170.084	Sable argileux moy dense	10	28	17.3973	58.8853	174.771	82.831	91.9402
42	0.958508	155.565	Sable argileux moy dense	10	28	16.0887	54.456	158.838	75.2292	83.6093
43	0.958508	139.999	Sable argileux moy dense	10	28	14.7057	49.7747	141.887	67.0813	74.8054
44	0.958508	123.29	Sable argileux moy dense	10	28	13.2432	44.8246	123.832	58.3367	65.4954
45	0.958508	105.319	Sable argileux moy dense	10	28	11.6954	39.5858	104.577	48.934	55.6426
46	0.958508	85.9418	Sable argileux moy dense	10	28	10.0555	34.0353	84.0016	38.7975	45.2041
47	0.853723	59.3834	Limon sableux mous	5	24	6.42819	21.7577	66.1172	28.4787	37.6385
48	0.853723	42.3328	Limon sableux mous	5	24	5.16035	17.4664	45.967	17.967	28
49	0.853723	23.8881	Limon sableux mous	5	24	3.81551	12.9145	24.3722	6.59597	17.7762
50	0.590591	4.94341	Sable lache	1	26	1.29547	4.38483	6.93992	0	6.93992

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 3.39221

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.03826	116.152	Sable argileux moy dense	10	28	6.9504	23.5772	134.398	108.863	25.5353
2	1.01881	125.958	gneiss fracturé	150	30	56.8435	192.825	188.783	114.607	74.1756
3	1.01881	137.232	gneiss fracturé	150	30	57.4304	194.816	197.5	119.876	77.6237
4	1.01881	147.657	gneiss fracturé	150	30	57.9086	196.438	205.18	124.748	80.4324
5	1.01881	157.271	gneiss fracturé	150	30	58.2879	197.725	211.902	129.241	82.6614
6	1.01881	166.106	gneiss fracturé	150	30	58.5767	198.704	217.728	133.369	84.359
7	1.01881	174.189	gneiss fracturé	150	30	58.7819	199.4	222.71	137.147	85.563
8	1.01881	181.546	gneiss fracturé	150	30	58.9093	199.833	226.897	140.584	86.3131
9	1.01881	188.197	gneiss fracturé	150	30	58.9641	200.019	230.328	143.692	86.6359
10	1.01881	194.162	gneiss fracturé	150	30	58.9507	199.973	233.036	146.48	86.5555
11	1.01881	199.456	gneiss fracturé	150	30	58.8728	199.709	235.052	148.953	86.0989
12	1.01881	204.094	gneiss fracturé	150	30	58.7338	199.237	236.402	151.12	85.2818
13	1.01881	208.087	gneiss fracturé	150	30	58.5365	198.568	237.109	152.986	84.1225
14	1.01881	211.445	gneiss fracturé	150	30	58.2836	197.71	237.191	154.555	82.636
15	1.01881	214.177	gneiss fracturé	150	30	57.9772	196.671	236.667	155.831	80.8361
16	1.01881	216.289	gneiss fracturé	150	30	57.6196	195.458	235.552	156.817	78.7346
17	1.01881	228.857	gneiss fracturé	150	30	75.0496	254.584	338.661	157.516	181.145
18	1.01881	276.047	gneiss fracturé	150	30	68.3297	231.789	299.591	157.929	141.662
19	1.01881	283.028	gneiss fracturé	150	30	68.7609	233.251	302.253	158.057	144.196
20	1.01881	289.401	gneiss fracturé	150	30	69.126	234.49	304.242	157.901	146.341
21	1.01881	294.899	gneiss fracturé	150	30	69.3809	235.355	305.298	157.46	147.838
22	1.01881	299.03	gneiss fracturé	150	30	69.4449	235.572	304.948	156.733	148.215
23	1.01881	302.422	gneiss fracturé	150	30	69.4294	235.519	303.842	155.719	148.123
24	1.01881	304.125	gneiss fracturé	150	30	69.0193	234.128	300.128	154.415	145.713
25	1.01881	307.446	gneiss fracturé	150	30	69.4713	235.661	301.187	152.817	148.37
26	1.01881	322.782	gneiss fracturé	150	30	71.251	241.698	309.748	150.922	158.826
27	1.01881	318.109	gneiss fracturé	150	30	70.2005	238.135	301.38	148.726	152.654
28	1.01881	312.778	gneiss fracturé	150	30	83.473	283.158	376.857	146.222	230.635
29	1.01881	306.775	gneiss fracturé	150	30	84.8606	287.865	382.193	143.403	238.79
30	1.01881	300.092	gneiss fracturé	150	30	66.8205	226.669	273.058	140.264	132.794
31	1.01881	292.728	gneiss fracturé	150	30	65.6216	222.602	262.544	136.793	125.751
32	1.01881	284.637	gneiss fracturé	150	30	64.384	218.404	251.461	132.982	118.479
33	1.01881	275.792	gneiss fracturé	150	30	63.1071	214.073	239.795	128.818	110.977
34	1.01881	266.165	gneiss fracturé	150	30	78.1726	265.178	323.784	124.289	199.495
35	1.01881	255.723	gneiss fracturé	150	30	73.1658	248.194	289.456	119.379	170.077
36	1.01881	244.428	gneiss fracturé	150	30	59.0381	200.27	201.14	114.071	87.0691
37	0.958508	219.124	Sable argileux moy dense	10	28	17.3954	59.009	200.698	108.526	92.1724
38	0.958508	208.102	Sable argileux moy dense	10	28	16.3919	55.6047	188.518	102.748	85.7704
39	0.958508	196.289	Sable argileux moy dense	10	28	15.3631	52.115	175.764	96.5577	79.2067
40	0.958508	183.636	Sable argileux moy dense	10	28	14.3099	48.5423	162.416	89.9287	72.4878
41	0.958508	170.084	Sable argileux moy dense	10	28	13.2332	44.8899	148.449	82.831	65.6182
42	0.958508	155.565	Sable argileux moy dense	10	28	12.1343	41.1621	133.837	75.2292	58.6074
43	0.958508	139.999	Sable argileux moy dense	10	28	11.0149	37.3647	118.546	67.0813	51.4652

44	0.958508	123.29	Sable argileux moy dense	10	28	9.87728	33.5058	102.545	58.3367	44.2079
45	0.958508	105.319	Sable argileux moy dense	10	28	8.72484	29.5965	85.7899	48.934	36.8559
46	0.958508	85.9418	Sable argileux moy dense	10	28	7.56215	25.6524	68.2354	38.7975	29.4379
47	0.853723	59.3834	Limon sableux mous	5	24	4.65101	15.7772	52.6845	28.4787	24.2058
48	0.853723	42.3328	Limon sableux mous	5	24	3.87491	13.1445	36.2599	17.967	18.2929
49	0.853723	23.8881	Limon sableux mous	5	24	3.11265	10.5588	19.0811	6.59597	12.4852
50	0.590591	4.94341	Sable lache	1	26	1.11406	3.77912	5.69805	0	5.69805

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 3.38473

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	4.90058	-11.0003	560.271	0	0
2	5.93884	-11.6018	71.5791	0	0
3	6.95765	-12.149	202.71	0	0
4	7.97645	-12.6555	331.392	0	0
5	8.99526	-13.1234	456.79	0	0
6	10.0141	-13.5541	578.19	0	0
7	11.0329	-13.9491	694.99	0	0
8	12.0517	-14.3096	806.681	0	0
9	13.0705	-14.6366	912.834	0	0
10	14.0893	-14.9312	1013.09	0	0
11	15.1081	-15.1941	1107.17	0	0
12	16.1269	-15.426	1194.83	0	0
13	17.1457	-15.6275	1275.89	0	0
14	18.1645	-15.7991	1350.23	0	0
15	19.1833	-15.9412	1417.75	0	0
16	20.2021	-16.0543	1478.42	0	0
17	21.2209	-16.1385	1532.23	0	0
18	22.2398	-16.194	1988.25	0	0
19	23.2586	-16.2211	2049.83	0	0
20	24.2774	-16.2197	2098.01	0	0
21	25.2962	-16.1899	2132.51	0	0
22	26.315	-16.1315	2153.16	0	0
23	27.3338	-16.0445	2159.86	0	0
24	28.3526	-15.9286	2152.55	0	0
25	29.3714	-15.7836	2127.14	0	0
26	30.3902	-15.6091	2098.58	0	0
27	31.409	-15.4047	2043.1	0	0
28	32.4278	-15.1698	1979.58	0	0
29	33.4466	-14.9039	1900.57	0	0
30	34.4654	-14.6062	1809.86	0	0
31	35.4843	-14.2759	1725.29	0	0
32	36.5031	-13.9121	1634.91	0	0
33	37.5219	-13.5137	1539.43	0	0
34	38.5407	-13.0794	1439.67	0	0
35	39.5595	-12.6078	1306.16	0	0
36	40.5783	-12.0974	1173.77	0	0
37	41.5971	-11.5462	1066.98	0	0
38	42.5556	-10.9884	916.18	0	0

39	43.5141	-10.3906	764.826	0	0
40	44.4726	-9.75032	614.037	0	0
41	45.4311	-9.0648	465.093	0	0
42	46.3896	-8.33078	319.466	0	0
43	47.3481	-7.54444	178.872	0	0
44	48.3067	-6.70119	45.3209	0	0
45	49.2652	-5.79552	-78.7956	0	0
46	50.2237	-4.82066	-190.597	0	0
47	51.1822	-3.76822	-286.554	0	0
48	52.0359	-2.75689	-359.81	0	0
49	52.8896	-1.66589	-414.021	0	0
50	53.7433	-0.482675	-444.379	0	0
51	54.3339	0.398408	0	0	0

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 3.39221

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	4.90058	-11.0003	560.271	0	0
2	5.93884	-11.6018	86.8123	18.8488	12.25
3	6.95765	-12.149	244.372	53.0584	12.25
4	7.97645	-12.6555	397.03	86.2038	12.25
5	8.99526	-13.1234	544.035	118.122	12.25
6	10.0141	-13.5541	684.78	148.68	12.25
7	11.0329	-13.9491	818.784	177.776	12.25
8	12.0517	-14.3096	945.665	205.324	12.25
9	13.0705	-14.6366	1065.13	231.262	12.25
10	14.0893	-14.9312	1176.95	255.542	12.2501
11	15.1081	-15.1941	1280.98	278.129	12.25
12	16.1269	-15.426	1377.12	299.003	12.25
13	17.1457	-15.6275	1465.32	318.152	12.25
14	18.1645	-15.7991	1545.58	335.578	12.25
15	19.1833	-15.9412	1617.93	351.287	12.25
16	20.2021	-16.0543	1682.46	365.299	12.25
17	21.2209	-16.1385	1739.29	377.637	12.25
18	22.2398	-16.194	2218.77	481.741	12.25
19	23.2586	-16.2211	2282.92	495.672	12.25
20	24.2774	-16.2197	2332.75	506.489	12.25
21	25.2962	-16.1899	2368.15	514.177	12.25
22	26.315	-16.1315	2389.13	518.731	12.25
23	27.3338	-16.0445	2395.77	520.173	12.25
24	28.3526	-15.9286	2388.19	518.528	12.25
25	29.3714	-15.7836	2362.45	512.938	12.25
26	30.3902	-15.6091	2333.71	506.698	12.25
27	31.409	-15.4047	2278.39	494.687	12.25
28	32.4278	-15.1698	2215.47	481.026	12.25
29	33.4466	-14.9039	2137.71	464.142	12.25
30	34.4654	-14.6062	2049	444.881	12.25
31	35.4843	-14.2759	1966.84	427.043	12.25
32	36.5031	-13.9121	1879.61	408.103	12.25
33	37.5219	-13.5137	1788.06	388.226	12.25
34	38.5407	-13.0794	1693.03	367.594	12.25
35	39.5595	-12.6078	1566.73	340.171	12.25
36	40.5783	-12.0974	1442.35	313.164	12.25
37	41.5971	-11.5462	1342.71	291.532	12.25

38	42.5556	-10.9884	1203.62	261.331	12.25
39	43.5141	-10.3906	1065	231.234	12.25
40	44.4726	-9.75032	927.924	201.472	12.25
41	45.4311	-9.0648	793.568	172.301	12.25
42	46.3896	-8.33078	663.266	144.009	12.25
43	47.3481	-7.54444	538.538	116.928	12.25
44	48.3067	-6.70119	421.127	91.4357	12.25
45	49.2652	-5.79552	313.061	67.9722	12.25
46	50.2237	-4.82066	216.724	47.0554	12.25
47	51.1822	-3.76822	134.967	29.3042	12.25
48	52.0359	-2.75689	73.7779	16.0188	12.25
49	52.8896	-1.66589	29.0587	6.30927	12.25
50	53.7433	-0.482675	4.36028	0.94671	12.25
51	54.3339	0.398408	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0.024014	-0.414685
76.5088	-0.414685

Line Load

X	Y
34.044	0.398408
32.944	0.398408

Line Load

X	Y
40.044	0.398408
38.944	0.398408

External Boundary

X	Y
76.5088	-23.3655
76.5088	-11.4917
76.5088	-3.41994
76.5088	-0.414685
76.5088	0.398408
30.0939	0.398408
30.0939	-0.55317
30.0939	-0.553304
30.0939	-1.9827
28.8439	-1.9827
22.0432	-6.00265
22.027	-6.603
22.027	-8.93743
22.027	-11.0003
17.814	-11.0003
15.134	-11.0003
11.1381	-11.0003

0.0243704	-11.0003
0.0234295	-11.611
0.00544347	-23.2862
57.083	-23.3655

Material Boundary

X	Y
0.0234295	-11.611
76.5088	-11.4917

Material Boundary

X	Y
22.027	-6.603
25.309	-5.263
25.891	-4.948
34.7874	-4.73587
57.083	-3.41994
76.5088	-3.41994

Material Boundary

X	Y
25.891	-4.948
30.0452	-2.50633

Material Boundary

X	Y
30.0939	-0.553304
76.5088	-0.414685

Material Boundary

X	Y
30.0452	-2.50633
30.0939	-1.9827

Situation transitoire 02 :
Situation de calcul fondamental

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Modèle stabilité générale ST2 fondamental
Slide Modeler Version: 6.025
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 07/05/2025, 3:38:43 PM

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: App 3 avec Rd

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.3125
Coefficient of shearing resistance	1.3125
Undrained strength	1.47
Weight density	1.05
Shear strength (other models)	1.3125
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 15

Loading

2 Distributed Loads present





Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 182
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Distributed Load 2

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 182
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Material Properties

Property	Sable lache	Limon sableux mous	Sable argileux moy dense	gneiss fracturé
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	19	19	20	21
Cohesion [kPa]	1	5	10	150
Friction Angle [deg]	26	24	28	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1

Support Properties

rideaux de palplanches

Support Type: Micro-Pile

Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 1 m
Pile Shear Strength: 200 kN
Force Direction: Parallel to Surface

ligne de pieux

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 2.5 m
Pile Shear Strength: 200 kN
Force Direction: Parallel to Surface

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 4.406490
Center: 23.718, 2.457
Radius: 18.735
Left Slip Surface Endpoint: 10.684, -11.000
Right Slip Surface Endpoint: 42.340, 0.398
Left Slope Intercept: 10.684 0.000
Right Slope Intercept: 42.340 0.398
Resisting Moment=87603.2 kN-m
Driving Moment=19880.5 kN-m
Total Slice Area=424.574 m2

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 938
Number of Invalid Surfaces: 17553

Error Codes:

Error Code -103 reported for 14 surfaces
Error Code -105 reported for 1 surface
Error Code -106 reported for 401 surfaces
Error Code -112 reported for 261 surfaces
Error Code -115 reported for 16876 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
-105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
-106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
-112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1+\tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
-115 = Surface too shallow, below the minimum depth.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 4.40649

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.641689	72.8712	Sable argileux moy dense	7.61905	22.0534	2.16488	9.53951	115.563	110.822	4.74086
2	1.37942	179.692	gneiss fracturé	114.286	23.744	29.3967	129.536	153.823	119.154	34.6685
3	1.37942	207.526	gneiss fracturé	114.286	23.744	30.0554	132.439	170.317	129.05	41.2666
4	1.37942	230.462	gneiss fracturé	114.286	23.744	30.5776	134.74	183.702	137.204	46.4984
5	1.37942	249.221	gneiss fracturé	114.286	23.744	30.9751	136.491	194.354	143.874	50.4795
6	1.37942	264.291	gneiss fracturé	114.286	23.744	31.2571	137.734	202.537	149.232	53.3051
7	1.37942	276.009	gneiss fracturé	114.286	23.744	31.4304	138.498	208.438	153.397	55.0414
8	1.37942	284.609	gneiss fracturé	114.286	23.744	31.4996	138.803	212.189	156.454	55.7348
9	1.37942	305.521	gneiss fracturé	114.286	23.744	32.5854	143.587	225.069	158.458	66.6111
10	1.37942	356.705	gneiss fracturé	114.286	23.744	35.9614	158.464	259.873	159.444	100.429
11	1.37942	356.663	gneiss fracturé	114.286	23.744	35.6963	157.296	257.202	159.428	97.7744
12	1.37942	353.804	gneiss fracturé	114.286	23.744	35.3302	155.682	252.517	158.41	94.1068
13	1.37942	348.078	gneiss fracturé	114.286	23.744	34.8592	153.607	245.762	156.374	89.3879
14	1.37942	339.388	gneiss fracturé	114.286	23.744	34.2775	151.044	236.844	153.283	83.5613
15	1.37942	359.087	gneiss fracturé	114.286	23.744	35.78	157.664	247.693	149.08	98.613
16	1.37942	392.451	gneiss fracturé	114.286	23.744	38.2932	168.739	267.471	143.683	123.788
17	1.37942	373.637	gneiss fracturé	114.286	23.744	44.606	196.556	323.994	136.97	187.024
18	1.37942	350.627	gneiss fracturé	114.286	23.744	46.4641	204.744	334.403	128.764	205.639
19	1.37942	322.712	gneiss fracturé	114.286	23.744	34.6417	152.649	206.017	118.807	87.2101
20	1.25361	264.84	Sable argileux moy dense	7.61905	22.0534	10.3537	45.6234	201.169	107.357	93.8123
21	1.25361	232.547	Sable argileux moy dense	7.61905	22.0534	9.13785	40.2659	174.641	94.054	80.5872
22	1.25361	192.345	Sable argileux moy dense	7.61905	22.0534	22.4667	98.9994	303.07	77.5012	225.568
23	1.25361	138.906	Sable argileux moy dense	7.61905	22.0534	7.59081	33.4489	119.27	55.5105	63.7597
24	1.04643	53.7112	Limon sableux mou	3.80952	18.7381	2.31916	10.2193	42.814	23.9182	18.8958
25	0.124143	1.0283	Sable lache	0.761905	20.3854	0.507037	2.23426	4.54433	0.582193	3.96213

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 4.40649

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	10.6837	-11.0003	593.532	0	0
2	11.3254	-11.5934	69.9347	0	0
3	12.7048	-12.6989	280.526	0	0
4	14.0842	-13.611	477.336	0	0
5	15.4636	-14.3613	657.348	0	0
6	16.843	-14.9708	818.513	0	0
7	18.2225	-15.4536	959.428	0	0
8	19.6019	-15.82	1079.15	0	0
9	20.9813	-16.0769	1177.09	0	0
10	22.3607	-16.2286	1672.98	0	0
11	23.7402	-16.2778	1735.38	0	0
12	25.1196	-16.2254	1771.12	0	0
13	26.499	-16.0703	1780.7	0	0

14	27.8784	-15.8101	1764.83	0	0
15	29.2578	-15.4402	1724.49	0	0
16	30.6373	-14.9534	1830.01	0	0
17	32.0167	-14.3398	1718.7	0	0
18	33.3961	-13.5847	1535.58	0	0
19	34.7755	-12.6669	1292.77	0	0
20	36.1549	-11.5547	1111.4	0	0
21	37.4086	-10.3326	878.539	0	0
22	38.6622	-8.84252	629.761	0	0
23	39.9158	-6.95794	86.7649	0	0
24	41.1694	-4.35919	-213.673	0	0
25	42.2158	-0.517102	-375.741	0	0
26	42.34	0.398408	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0.0243704	-11.0003
0.024	0
76.509	0

Line Load

X	Y
34.044	0.398408
32.944	0.398408

Line Load

X	Y
40.044	0.398408
38.944	0.398408

External Boundary

X	Y
76.5088	-23.3655
76.5088	-11.4917
76.5088	-3.41994
76.5088	-0.414685
76.5088	0.398408
30.0939	0.398408
30.0939	-0.55317
30.0939	-0.553304
30.0939	-1.9827
30.0939	-4.89965
30.0939	-6.00265
24.6854	-6.00265
22.0432	-6.00265
22.027	-8.93743
22.0207	-10.0828
22.0207	-11.0003
18.203	-11.0003

15.216	-11.0003
11.1381	-11.0003
0.0243704	-11.0003
0.0234295	-11.611
0.00544347	-23.2862
57.083	-23.3655

Material Boundary

X	Y
0.0234295	-11.611
76.5088	-11.4917

Material Boundary

X	Y
30.0939	-0.553304
76.5088	-0.414685

Material Boundary

X	Y
30.0939	-4.89965
34.7874	-4.73587
57.083	-3.41994
76.5088	-3.41994

Situation transitoire 02 :
Situation de calcul sismique

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Modèle stabilité générale ST2 sismique
Slide Modeler Version: 6.025
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 07/05/2025, 3:38:43 PM

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: App 3 avec Rd

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.3125
Coefficient of shearing resistance	1.3125
Undrained strength	1.47
Weight density	1.05
Shear strength (other models)	1.3125
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 15

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.2
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.06
2 Distributed Loads present





Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 182
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Distributed Load 2

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 182
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Material Properties

Property	Sable lache	Limon sableux mous	Sable argileux moy dense	gneiss fracturé
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	18	19	20	24
Cohesion [kPa]	1	5	10	150
Friction Angle [deg]	26	24	28	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1

Support Properties

rideaux de palplanches

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 1 m
Pile Shear Strength: 200 kN
Force Direction: Parallel to Surface

ligne de pieux

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 2.5 m
Pile Shear Strength: 200 kN
Force Direction: Parallel to Surface

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 2.712750
Center: 23.718, 13.245
Radius: 29.309
Left Slip Surface Endpoint: 7.251, -11.000
Right Slip Surface Endpoint: 50.062, 0.398
Left Slope Intercept: 7.251 0.000
Right Slope Intercept: 50.062 0.398
Resisting Moment=171269 kN-m
Driving Moment=63134.7 kN-m
Total Slice Area=545.092 m²

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1068
Number of Invalid Surfaces: 17423

Error Codes:

Error Code -103 reported for 14 surfaces
Error Code -105 reported for 1 surface
Error Code -106 reported for 401 surfaces
Error Code -112 reported for 131 surfaces
Error Code -115 reported for 16876 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
- 106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1+\tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 115 = Surface too shallow, below the minimum depth.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.71275

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.916949	104.173	Sable argileux moy dense	7.61905	22.0534	3.62527	9.83444	116.315	110.846	5.46855
2	1.83404	240.99	gneiss fracturé	114.286	23.744	48.9512	132.792	161.039	118.968	42.0711
3	1.83404	281.857	gneiss fracturé	114.286	23.744	50.6427	137.381	181.029	128.527	52.5017
4	1.83404	316.072	gneiss fracturé	114.286	23.744	51.9639	140.965	197.179	136.529	60.65
5	1.83404	344.223	gneiss fracturé	114.286	23.744	52.95	143.64	209.843	143.112	66.7309
6	1.83404	366.743	gneiss fracturé	114.286	23.744	53.6267	145.476	219.281	148.377	70.9043
7	1.83404	383.948	gneiss fracturé	114.286	23.744	54.0129	146.524	225.685	152.399	73.2858
8	1.83404	396.066	gneiss fracturé	114.286	23.744	54.1226	146.821	229.192	155.23	73.9625
9	1.83404	440.643	gneiss fracturé	114.286	23.744	57.7184	156.576	253.042	156.905	96.1374
10	1.83404	490.245	gneiss fracturé	114.286	23.744	61.9578	168.076	279.727	157.446	122.281
11	1.83404	487.752	gneiss fracturé	114.286	23.744	61.1971	166.012	274.448	156.857	117.591
12	1.83404	480.405	gneiss fracturé	114.286	23.744	60.179	163.251	266.446	155.134	111.312
13	1.83404	472.808	gneiss fracturé	114.286	23.744	59.3508	161.004	258.457	152.253	106.204
14	1.83404	555.497	gneiss fracturé	114.286	23.744	67.3221	182.628	303.544	148.18	155.364
15	1.83404	532.908	gneiss fracturé	114.286	23.744	83.2672	225.883	396.555	142.861	253.694
16	1.83404	504.681	gneiss fracturé	114.286	23.744	67.0907	182	290.156	136.22	153.936
17	1.83404	470.427	gneiss fracturé	114.286	23.744	60.6248	164.46	242.217	128.156	114.061
18	1.83404	429.502	gneiss fracturé	114.286	23.744	65.4166	177.459	262.139	118.527	143.612
19	1.61557	341.995	Sable argileux moy dense	7.61905	22.0534	32.1996	87.3496	304.742	107.931	196.811
20	1.61557	305.847	Sable argileux moy dense	7.61905	22.0534	16.4626	44.6589	187.79	96.3583	91.4313
21	1.61557	264.024	Sable argileux moy dense	7.61905	22.0534	14.3456	38.9162	160.232	82.9764	77.2554
22	1.61557	215.355	Sable argileux moy dense	7.61905	22.0534	11.954	32.4282	128.652	67.4121	61.24
23	1.61557	158.021	Sable argileux moy dense	7.61905	22.0534	9.23176	25.0435	92.0969	49.0854	43.0115
24	2.18288	102.452	Limon sableux mous	3.80952	18.7381	4.06141	11.0176	43.248	21.9992	21.2488
25	0.454773	3.48266	Sable lache	0.761905	20.3854	1.04634	2.83847	6.062	0.47392	5.58808

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.71275

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	7.25073	-11.0003	593.532	0	0
2	8.16768	-11.5983	71.8444	0	0
3	10.0017	-12.6561	323.347	0	0
4	11.8358	-13.5471	560.729	0	0
5	13.6698	-14.2875	778.387	0	0
6	15.5038	-14.8892	972.494	0	0
7	17.3379	-15.361	1140.52	0	0
8	19.1719	-15.7091	1280.95	0	0
9	21.0059	-15.9381	1393.05	0	0
10	22.84	-16.0507	1887.71	0	0
11	24.674	-16.0483	1924.21	0	0
12	26.508	-15.9308	1928.24	0	0

13	28.3421	-15.6968	1901.79	0	0
14	30.1761	-15.3436	2022.14	0	0
15	32.0102	-14.8665	1889.68	0	0
16	33.8442	-14.2591	1694.96	0	0
17	35.6782	-13.5126	1500.46	0	0
18	37.5123	-12.6149	1300.12	0	0
19	39.3463	-11.5497	1054.95	0	0
20	40.9619	-10.4546	704.843	0	0
21	42.5774	-9.19033	432.856	0	0
22	44.193	-7.72636	168.652	0	0
23	45.8086	-6.01719	-74.9965	0	0
24	47.4241	-3.99002	-278.383	0	0
25	49.607	-0.495028	-441.16	0	0
26	50.0618	0.398408	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0.0243704	-11.0003
0.024	0
76.509	0

Line Load

X	Y
34.044	0.398408
32.944	0.398408

Line Load

X	Y
40.044	0.398408
38.944	0.398408

External Boundary

X	Y
76.5088	-23.3655
76.5088	-11.4917
76.5088	-3.41994
76.5088	-0.414685
76.5088	0.398408
30.0939	0.398408
30.0939	-0.55317
30.0939	-0.553304
30.0939	-1.9827
30.0939	-4.89965
30.0939	-6.00265
24.6854	-6.00265
22.0432	-6.00265
22.027	-8.93743
22.0207	-10.0828
22.0207	-11.0003

18.203	-11.0003
15.216	-11.0003
11.1381	-11.0003
0.0243704	-11.0003
0.0234295	-11.611
0.00544347	-23.2862
57.083	-23.3655

Material Boundary

X	Y
0.0234295	-11.611
76.5088	-11.4917

Material Boundary

X	Y
30.0939	-0.553304
76.5088	-0.414685

Material Boundary

X	Y
30.0939	-4.89965
34.7874	-4.73587
57.083	-3.41994
76.5088	-3.41994

Situation durable :
Situation de calcul fondamental

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Modèle stabilité générale SITUA durable1
Slide Modeler Version: 6.025
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 07/05/2025, 3:38:43 PM

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: App 3 avec Rd

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.375
Coefficient of shearing resistance	1.375
Undrained strength	1.54
Weight density	1.1
Shear strength (other models)	1.375
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 10 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 15






Loading

1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 375
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Material Properties

Property	Sable lache	Limon sableux mous	Sable argileux moy dense	gneiss fracturé	Enrochement
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	19	19	20	21	23
Cohesion [kPa]	1	5	10	150	1
Friction Angle [deg]	26	24	28	30	40
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1

Support Properties

rideaux de palplanches

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 1 m
Pile Shear Strength: 200 kN
Force Direction: Parallel to Surface

ligne de pieux

Support Type: Micro-Pile
 Force Application: Active
 Out-of-Plane Spacing: 2.5 m
 Pile Shear Strength: 200 kN
 Force Direction: Parallel to Surface

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 4.756460
 Center: 23.158, 15.365
 Radius: 31.621
 Left Slip Surface Endpoint: 5.700, -11.000
 Right Slip Surface Endpoint: 51.013, 0.398
 Left Slope Intercept: 5.700 0.000
 Right Slope Intercept: 51.013 0.398
 Resisting Moment=181375 kN-m
 Driving Moment=38132.3 kN-m
 Total Slice Area=581.755 m2

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 4491
 Number of Invalid Surfaces: 14000

Error Codes:

Error Code -101 reported for 333 surfaces
 Error Code -103 reported for 2720 surfaces
 Error Code -107 reported for 147 surfaces
 Error Code -108 reported for 18 surfaces
 Error Code -112 reported for 568 surfaces
 Error Code -115 reported for 3119 surfaces
 Error Code -1000 reported for 7095 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1+\tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 115 = Surface too shallow, below the minimum depth.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 4.75646

Slice	Width	Weight	Base	Base	Base Friction	Shear	Shear	Base Normal	Pore	Effective Normal
-------	-------	--------	------	------	---------------	-------	-------	-------------	------	------------------

Number	[m]	[kN]	Material	[kPa]	Angle [degrees]	[kPa]	[kPa]	Stress [kPa]	[kPa]	Stress [kPa]
1	0.942588	108.832	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	1.82312	8.6716	116.622	113.005	3.61689
2	0.919845	115.989	gneiss fracturé	109.091	22.7771	24.8811	118.346	140.759	118.718	22.0413
3	0.919845	125.155	gneiss fracturé	109.091	22.7771	25.2192	119.954	149.809	123.937	25.8716
4	0.919845	133.626	gneiss fracturé	109.091	22.7771	25.5268	121.417	158.116	128.76	29.3557
5	0.919845	141.436	gneiss fracturé	109.091	22.7771	25.8053	122.742	165.718	133.207	32.511
6	0.919845	148.616	gneiss fracturé	109.091	22.7771	26.0561	123.935	172.647	137.295	35.352
7	0.919845	155.193	gneiss fracturé	109.091	22.7771	26.2802	125.001	178.929	141.039	37.8905
8	0.919845	161.188	gneiss fracturé	109.091	22.7771	26.4786	125.944	184.59	144.453	40.1372
9	0.919845	166.623	gneiss fracturé	109.091	22.7771	26.652	126.769	189.649	147.547	42.1017
10	0.919845	171.513	gneiss fracturé	109.091	22.7771	26.8013	127.479	194.124	150.331	43.7932
11	0.919845	175.874	gneiss fracturé	109.091	22.7771	26.927	128.077	198.031	152.814	45.2168
12	0.919845	179.719	gneiss fracturé	109.091	22.7771	27.0297	128.566	201.383	155.003	46.3798
13	0.919845	183.059	gneiss fracturé	109.091	22.7771	27.1098	128.947	204.191	156.904	47.2874
14	0.919845	185.902	gneiss fracturé	109.091	22.7771	27.1678	129.222	206.466	158.522	47.9441
15	0.919845	188.257	gneiss fracturé	109.091	22.7771	27.2039	129.394	208.216	159.862	48.3538
16	0.919845	190.129	gneiss fracturé	109.091	22.7771	27.2184	129.463	209.446	160.928	48.5178
17	0.919845	191.524	gneiss fracturé	109.091	22.7771	27.2115	129.43	210.161	161.722	48.4387
18	0.919845	203.311	gneiss fracturé	109.091	22.7771	28.2299	134.274	222.222	162.246	59.976
19	0.919845	235.418	gneiss fracturé	109.091	22.7771	31.2196	148.495	256.345	162.501	93.8437
20	0.919845	239.912	gneiss fracturé	109.091	22.7771	31.5713	150.168	260.316	162.489	97.8274
21	0.919845	243.935	gneiss fracturé	109.091	22.7771	31.8997	151.73	263.756	162.209	101.547
22	0.919845	247.408	gneiss fracturé	109.091	22.7771	32.1972	153.144	266.577	161.661	104.916
23	0.919845	249.883	gneiss fracturé	109.091	22.7771	32.4212	154.21	268.297	160.842	107.455
24	0.919845	251.635	gneiss fracturé	109.091	22.7771	32.5985	155.053	269.215	159.751	109.464
25	0.919845	252.904	gneiss fracturé	109.091	22.7771	32.7522	155.784	269.589	158.386	111.203
26	0.919845	251.646	gneiss fracturé	109.091	22.7771	32.6894	155.486	267.235	156.742	110.493
27	0.919845	255.778	gneiss fracturé	109.091	22.7771	33.1573	157.711	270.608	154.815	115.793
28	0.919845	260.6	gneiss fracturé	109.091	22.7771	33.7105	160.343	274.658	152.599	122.059
29	0.919845	256.212	gneiss fracturé	109.091	22.7771	33.4219	158.97	268.879	150.089	118.79
30	0.919845	251.293	gneiss fracturé	109.091	22.7771	33.1088	157.481	262.521	147.277	115.244
31	0.919845	245.829	gneiss fracturé	109.091	22.7771	32.7706	155.872	255.566	144.154	111.412
32	0.919845	239.804	gneiss fracturé	109.091	22.7771	39.83	189.45	332.091	140.711	191.38
33	0.919845	233.216	gneiss fracturé	109.091	22.7771	73.4836	349.522	709.538	136.936	572.602
34	0.919845	226.027	gneiss fracturé	109.091	22.7771	72.7587	346.074	697.208	132.816	564.392
35	0.919845	218.206	gneiss fracturé	109.091	22.7771	31.1533	148.179	221.426	128.335	93.091
36	0.919845	209.721	gneiss fracturé	109.091	22.7771	30.6753	145.906	211.154	123.477	87.6773
37	0.919845	200.538	gneiss fracturé	109.091	22.7771	30.1644	143.476	200.11	118.221	81.8893
38	0.937961	194.516	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	8.78627	41.7915	201.749	112.483	89.2656
39	0.937961	183.892	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	8.36127	39.77	190.263	106.225	84.0381
40	0.937961	172.412	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	7.9057	37.6031	177.9	99.4656	78.4345
41	0.937961	160.004	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	7.41727	35.2799	164.589	92.1622	72.4266
42	0.937961	146.583	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	6.89335	32.7879	150.247	84.2648	65.9824
43	0.937961	132.044	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	6.3307	30.1117	134.773	75.7116	59.0617
44	0.937961	116.255	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	5.72536	27.2324	118.042	66.4261	51.6159
45	0.937961	99.0515	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	5.07239	24.1266	99.8946	56.3104	43.5842

46	0.937961	80.2144	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	4.36561	20.7648	80.1278	45.2371	34.8907
47	0.772235	50.9547	Limon sableux mous	3.63636	17.9421	2.68018	12.7481	62.3568	34.2168	28.14
48	0.772235	36.3571	Limon sableux mous	3.63636	17.9421	2.16685	10.3065	43.8724	23.273	20.5994
49	0.772235	20.3056	Limon sableux mous	3.63636	17.9421	1.61018	7.65874	23.6614	11.2391	12.4223
50	0.49726	3.82522	Sable lache	0.727273	19.5304	0.610089	2.90186	6.60006	0.46953	6.13053

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 4.75646

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	5.70037	-11.0003	605.028	0	0
2	6.64296	-11.6007	71.7445	0	0
3	7.56281	-12.1429	170.948	0	0
4	8.48265	-12.6445	269.276	0	0
5	9.4025	-13.1075	365.962	0	0
6	10.3223	-13.5339	460.347	0	0
7	11.2422	-13.9251	551.861	0	0
8	12.162	-14.2827	640.012	0	0
9	13.0819	-14.6078	724.374	0	0
10	14.0017	-14.9015	804.58	0	0
11	14.9216	-15.1647	880.312	0	0
12	15.8414	-15.3981	951.298	0	0
13	16.7613	-15.6025	1017.31	0	0
14	17.6811	-15.7783	1078.14	0	0
15	18.6009	-15.9261	1133.65	0	0
16	19.5208	-16.0464	1183.7	0	0
17	20.4406	-16.1393	1228.19	0	0
18	21.3605	-16.2051	1267.05	0	0
19	22.2803	-16.2441	1734.85	0	0
20	23.2002	-16.2562	1797.07	0	0
21	24.12	-16.2416	1849.75	0	0
22	25.0399	-16.2002	1892.65	0	0
23	25.9597	-16.1319	1925.57	0	0
24	26.8796	-16.0365	1948.36	0	0
25	27.7994	-15.9138	1960.92	0	0
26	28.7192	-15.7634	1963.16	0	0
27	29.6391	-15.585	1947.02	0	0
28	30.5589	-15.378	1941.16	0	0
29	31.4788	-15.1419	1907.31	0	0
30	32.3986	-14.876	1866.55	0	0
31	33.3185	-14.5794	1819.15	0	0
32	34.2383	-14.2514	1765.45	0	0
33	35.1582	-13.8908	1682.32	0	0
34	36.078	-13.4964	1470.04	0	0
35	36.9979	-13.0667	1237.4	0	0
36	37.9177	-12.6003	1162.76	0	0
37	38.8375	-12.0951	1084.3	0	0
38	39.7574	-11.549	1002.77	0	0
39	40.6953	-10.9475	889.645	0	0

40	41.6333	-10.2976	773.833	0	0
41	42.5713	-9.59555	656.358	0	0
42	43.5092	-8.83689	538.445	0	0
43	44.4472	-8.01606	421.582	0	0
44	45.3852	-7.12627	307.598	0	0
45	46.3231	-6.15895	198.783	0	0
46	47.2611	-5.10313	98.0684	0	0
47	48.199	-3.94429	9.30666	0	0
48	48.9713	-2.89908	-53.7999	0	0
49	49.7435	-1.75551	-102.298	0	0
50	50.5157	-0.492314	-130.944	0	0
51	51.013	0.398408	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0.0243704	-11.0003
0.024	0
76.509	0

Line Load

X	Y
36.994	0.398408
34.994	0.398408

External Boundary

X	Y
76.5088	-23.3655
76.5088	-11.4917
76.5088	-3.41994
76.5088	-0.414685
76.5088	0.398408
30.0939	0.398408
30.0939	-0.55317
30.0939	-0.553304
30.0939	-1.9827
28.8439	-1.9827
22.0432	-6.00265
22.027	-6.603
22.027	-8.93743
22.027	-11.0003
17.814	-11.0003
15.134	-11.0003
11.1381	-11.0003
0.0243704	-11.0003
0.0234295	-11.611
0.00544347	-23.2862
57.083	-23.3655

Material Boundary

--	--

X	Y
0.0234295	-11.611
76.5088	-11.4917

Material Boundary

X	Y
22.027	-6.603
25.309	-5.263
25.891	-4.948
34.7874	-4.73587
57.083	-3.41994
76.5088	-3.41994

Material Boundary

X	Y
25.891	-4.948
30.0452	-2.50633

Material Boundary

X	Y
30.0939	-0.553304
76.5088	-0.414685

Material Boundary

X	Y
30.0452	-2.50633
30.0939	-1.9827

Situation durable :
Situation de calcul sismique

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Modèle stabilité générale SITUA durable1 sismique
Slide Modeler Version: 6.025
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 07/05/2025, 3:38:43 PM

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: App 3 avec Rd

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.375
Coefficient of shearing resistance	1.375
Undrained strength	1.54
Weight density	1.1
Shear strength (other models)	1.375
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 10 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 15






Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.25
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.075
1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 375
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Material Properties

Property	Sable lache	Limon sableux mous	Sable argileux moy dense	gneiss fracturé	Enrochement
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	18	19	20	24	23
Cohesion [kPa]	1	5	10	150	1
Friction Angle [deg]	26	24	28	30	40
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1

Support Properties

rideaux de palplanches

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 1 m
Pile Shear Strength: 200 kN
Force Direction: Parallel to Surface

ligne de pieux

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 2.5 m
Pile Shear Strength: 200 kN
Force Direction: Parallel to Surface

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 2.323470
Center: 22.849, 17.034
Radius: 33.054
Left Slip Surface Endpoint: 5.338, -11.000
Right Slip Surface Endpoint: 51.412, 0.398
Left Slope Intercept: 5.338 0.000
Right Slope Intercept: 51.412 0.398
Resisting Moment=182832 kN-m
Driving Moment=78689.5 kN-m
Total Slice Area=581.539 m²

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 869
Number of Invalid Surfaces: 17622

Error Codes:

Error Code -101 reported for 68 surfaces
Error Code -103 reported for 26 surfaces
Error Code -115 reported for 918 surfaces
Error Code -1000 reported for 16610 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 115 = Surface too shallow, below the minimum depth.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.32347

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.00099	115.58	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	3.85637	8.96015	117.371	113.007	4.3642
2	0.94598	119.816	gneiss fracturé	109.091	22.7771	53.5455	124.411	155.124	118.637	36.4867
3	0.94598	130.249	gneiss fracturé	109.091	22.7771	54.1264	125.761	163.389	123.689	39.7005
4	0.94598	139.888	gneiss fracturé	109.091	22.7771	54.642	126.959	170.91	128.357	42.5534

5	0.94598	148.768	gneiss fracturé	109.091	22.7771	55.0952	128.012	177.719	132.657	45.0618
6	0.94598	156.923	gneiss fracturé	109.091	22.7771	55.4883	128.926	183.843	136.605	47.2375
7	0.94598	164.38	gneiss fracturé	109.091	22.7771	55.8236	129.705	189.308	140.216	49.0921
8	0.94598	171.162	gneiss fracturé	109.091	22.7771	56.1029	130.353	194.137	143.499	50.638
9	0.94598	177.291	gneiss fracturé	109.091	22.7771	56.3278	130.876	198.348	146.466	51.8822
10	0.94598	182.785	gneiss fracturé	109.091	22.7771	56.4997	131.275	201.959	149.126	52.8335
11	0.94598	187.661	gneiss fracturé	109.091	22.7771	56.6198	131.554	204.985	151.486	53.4985
12	0.94598	191.93	gneiss fracturé	109.091	22.7771	56.6894	131.716	207.435	153.552	53.8826
13	0.94598	195.606	gneiss fracturé	109.091	22.7771	56.7092	131.762	209.323	155.33	53.9933
14	0.94598	198.697	gneiss fracturé	109.091	22.7771	56.6801	131.694	210.657	156.825	53.8316
15	0.94598	201.211	gneiss fracturé	109.091	22.7771	56.6026	131.514	211.445	158.041	53.4036
16	0.94598	203.156	gneiss fracturé	109.091	22.7771	56.4773	131.223	211.69	158.981	52.7095
17	0.94598	204.536	gneiss fracturé	109.091	22.7771	56.3047	130.822	211.402	159.647	51.7548
18	0.94598	222.432	gneiss fracturé	109.091	22.7771	58.8289	136.687	225.763	160.041	65.7223
19	0.94598	250.118	gneiss fracturé	109.091	22.7771	62.9357	146.229	248.611	160.163	88.4477
20	0.94598	254.592	gneiss fracturé	109.091	22.7771	63.3493	147.19	250.751	160.015	90.7359
21	0.94598	258.505	gneiss fracturé	109.091	22.7771	63.7084	148.024	252.318	159.596	92.7224
22	0.94598	261.679	gneiss fracturé	109.091	22.7771	63.982	148.66	253.141	158.904	94.2366
23	0.94598	263.697	gneiss fracturé	109.091	22.7771	64.0986	148.931	252.82	157.938	94.8824
24	0.94598	265.015	gneiss fracturé	109.091	22.7771	64.1391	149.025	251.802	156.696	95.1062
25	0.94598	265.629	gneiss fracturé	109.091	22.7771	64.1048	148.945	250.09	155.174	94.9165
26	0.94598	261.814	gneiss fracturé	109.091	22.7771	63.4092	147.329	244.437	153.369	91.068
27	0.94598	271.99	gneiss fracturé	109.091	22.7771	64.9294	150.861	250.755	151.276	99.4787
28	0.94598	269.078	gneiss fracturé	109.091	22.7771	64.4703	149.795	245.827	148.888	96.9393
29	0.94598	263.557	gneiss fracturé	109.091	22.7771	63.6502	147.889	238.6	146.2	92.4002
30	0.94598	257.399	gneiss fracturé	109.091	22.7771	62.7762	145.859	230.767	143.203	87.564
31	0.94598	250.586	gneiss fracturé	109.091	22.7771	61.8465	143.699	222.309	139.889	82.4204
32	0.94598	243.109	gneiss fracturé	109.091	22.7771	119.097	276.718	535.464	136.247	399.217
33	0.94598	234.947	gneiss fracturé	109.091	22.7771	141.442	328.636	655.128	132.266	522.862
34	0.94598	226.057	gneiss fracturé	109.091	22.7771	91.5708	212.762	374.832	127.932	246.9
35	0.94598	216.406	gneiss fracturé	109.091	22.7771	57.5457	133.706	181.851	123.229	58.6219
36	0.94598	205.956	gneiss fracturé	109.091	22.7771	56.3082	130.83	169.913	118.139	51.7737
37	0.895408	185.441	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	14.7608	34.2963	182.683	112.8	69.8826
38	0.895408	176.386	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	14.0967	32.7533	173.103	107.21	65.8927
39	0.895408	166.663	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	13.3939	31.1204	162.88	101.21	61.6705
40	0.895408	156.227	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	12.6504	29.3928	151.975	94.772	57.2027
41	0.895408	145.024	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	11.8638	27.5651	140.339	87.8628	52.4766
42	0.895408	132.991	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	11.0314	25.6311	127.918	80.4436	47.4746
43	0.895408	120.05	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	10.15	23.5832	114.646	72.4673	42.179
44	0.895408	106.11	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	9.21597	21.413	100.444	63.877	36.5667
45	0.895408	91.0556	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	8.22478	19.11	85.2132	54.6019	30.6113
46	0.895408	74.7411	Sable argileux moy dense	7.27273	21.1414	7.17116	16.662	68.8335	44.553	24.2805
47	0.824033	53.5202	Limon sableux mous	3.63636	17.9421	4.40683	10.2391	54.4809	34.0895	20.3914
48	0.824033	37.9544	Limon sableux mous	3.63636	17.9421	3.58445	8.32837	37.6423	23.152	14.4903
49	0.824033	20.9162	Limon sableux mous	3.63636	17.9421	2.70551	6.28617	19.3635	11.18	8.18347
50	0.53707	3.90931	Sable lache	0.727273	19.5304	1.0137	2.35531	5.05389	0.464166	4.58972

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.32347

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	5.33843	-11.0003	605.028	0	0
2	6.33942	-11.6012	73.0245	0	0
3	7.2854	-12.1262	201.173	0	0
4	8.23138	-12.6117	325.155	0	0
5	9.17736	-13.0596	444.45	0	0
6	10.1233	-13.4717	558.625	0	0
7	11.0693	-13.8494	667.322	0	0
8	12.0153	-14.1938	770.251	0	0
9	12.9613	-14.5061	867.176	0	0
10	13.9073	-14.7872	957.913	0	0
11	14.8532	-15.038	1042.33	0	0
12	15.7992	-15.2591	1120.31	0	0
13	16.7452	-15.4512	1191.82	0	0
14	17.6912	-15.6148	1256.82	0	0
15	18.6372	-15.7503	1315.31	0	0
16	19.5831	-15.858	1367.34	0	0
17	20.5291	-15.9382	1412.98	0	0
18	21.4751	-15.9912	1452.32	0	0
19	22.4211	-16.017	1917.21	0	0
20	23.3671	-16.0157	1957.66	0	0
21	24.313	-15.9873	1986.13	0	0
22	25.259	-15.9318	2002.62	0	0
23	26.205	-15.849	2007.17	0	0
24	27.151	-15.7387	1999.95	0	0
25	28.097	-15.6006	1981.11	0	0
26	29.0429	-15.4343	1948.6	0	0
27	29.9889	-15.2395	1900.19	0	0
28	30.9349	-15.0156	1857.65	0	0
29	31.8809	-14.762	1789.02	0	0
30	32.8269	-14.4779	1715.57	0	0
31	33.7728	-14.1627	1637.84	0	0
32	34.7188	-13.8151	1556.45	0	0
33	35.6648	-13.4343	1404.41	0	0
34	36.6108	-13.0189	1207.33	0	0
35	37.5568	-12.5675	1068.22	0	0
36	38.5027	-12.0783	979.602	0	0
37	39.4487	-11.5495	891.526	0	0
38	40.3441	-11.0104	759.9	0	0
39	41.2395	-10.4316	628.227	0	0
40	42.1349	-9.81044	497.381	0	0
41	43.0304	-9.14396	368.364	0	0
42	43.9258	-8.4286	242.337	0	0
43	44.8212	-7.66011	120.663	0	0
44	45.7166	-6.83335	4.95351	0	0
45	46.612	-5.94204	-102.849	0	0
46	47.5074	-4.97834	-200.369	0	0
47	48.4028	-3.93226	-284.638	0	0

48	49.2268	-2.88564	-351.408	0	0
49	50.0509	-1.74477	-400.888	0	0
50	50.8749	-0.491241	-428.16	0	0
51	51.412	0.398408	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0.0243704	-11.0003
0.024	0
76.509	0

Line Load

X	Y
36.994	0.398408
34.994	0.398408

External Boundary

X	Y
76.5088	-23.3655
76.5088	-11.4917
76.5088	-3.41994
76.5088	-0.414685
76.5088	0.398408
30.0939	0.398408
30.0939	-0.55317
30.0939	-0.553304
30.0939	-1.9827
28.8439	-1.9827
22.0432	-6.00265
22.027	-6.603
22.027	-8.93743
22.027	-11.0003
17.814	-11.0003
15.134	-11.0003
11.1381	-11.0003
0.0243704	-11.0003
0.0234295	-11.611
0.00544347	-23.2862
57.083	-23.3655

Material Boundary

X	Y
0.0234295	-11.611
76.5088	-11.4917

Material Boundary

X	Y
22.027	-6.603

25.309	-5.263
25.891	-4.948
34.7874	-4.73587
57.083	-3.41994
76.5088	-3.41994

Material Boundary

X	Y
25.891	-4.948
30.0452	-2.50633

Material Boundary

X	Y
30.0939	-0.553304
76.5088	-0.414685

Material Boundary

X	Y
30.0452	-2.50633
30.0939	-1.9827

Annexe 03 : Détail de calcul du ferrailage.

Ferrailage des pieux vis-à-vis l'effort normal de compression :

Vérification d'une Section Comprimée

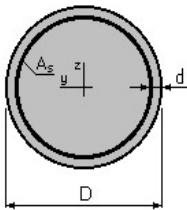
1. Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 35.0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400.0$ (MPa)

- Fissuration très préjudiciable
- Prise en compte de l'élançement
- Pas de prise en compte des dispositions sismiques
- Charges appliquées après 90 jours
- Calcul suivant BAEL 91 mod. 99

2. Section:



$D = 50.0$ (cm)

$d = 5.0$ (cm)

3. Armatures:

Section théorique	$A_s = 9.4$ (cm ²)
Section minimum	$A_{s \min} = 6.3$ (cm ²)
Section maximum	$A_{s \max} = 98.2$ (cm ²)
théorique	$\rho = 0.48$ (%)
minimum	$\rho_{\min} = 0.32$ (%)
maximum	$\rho_{\max} = 5.00$ (%)

4. Résultats:

Résistance des Matériaux:

Section brute	$B = 1963.5$ (cm ²)	Section réduite	$B_r = 1809.6$ (cm ²)
Long flambement	$l_{fy} = 3.0$ (m)	Long flambement	$l_{fz} = 3.0$ (m)
Inertie	$I_y = 306796.2$ (cm ⁴)	Inertie	$I_z = 306796.2$ (cm ⁴)
Rayon de giration	$i_y = 12.5$ (cm)	Rayon de giration	$i_z = 12.5$ (cm)
Elancement	$\lambda_y = 24.0$	Elancement	$\lambda_z = 24.0$
	$\alpha = 0.78$	N_u (béton seul)	$= 3644.95$ (kN)

Béton:

σ (ELS) = 21.0 (MPa)

$0,6 f_{cj} = 21.0$ (MPa)

Effort admissible:

	N (kN)
Etat Limite U ltime (f ondamental)	3898.98
Etat Limite de S ervice	4419.44
Etat Limite Ultime (A ccidentel)	5046.42

Ferraillage de la dalle (quai) suivant Mxx :

Calcul de Section en Flexion Simple

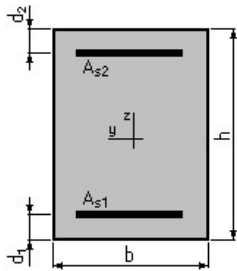
1. Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 35.0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400.0$ (MPa)

- Fissuration très préjudiciable
- Prise en compte des armatures comprimées
- Pas de prise en compte des dispositions sismiques
- Calcul suivant BAEL 91 mod. 99

2. Section:



$b = 100.0$ (cm)

$h = 100.0$ (cm)

$d_1 = 5.0$ (cm)

$d_2 = 5.0$ (cm)

3. Moments appliqués:

	M_{max} (kN*m)	M_{min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	890.00	-799.00
Etat Limite de Service	649.00	-694.00
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0.00	0.00

4. Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique	$A_{s1} = 40.5$ (cm ²)	Section théorique	$A_{s2} = 43.4$ (cm ²)
Section minimum	$A_{s\ min} = 13.2$ (cm ²)		
théorique	$\rho = 0.88$ (%)		
minimum	$\rho_{min} = 0.14$ (%)		

Analyse par Cas:

Cas ELU	$M_{max} = 890.00$	(kN*m)	$M_{min} = -799.00$	(kN*m)
Coefficient de sécurité:	1.45		Pivot: A	
Position de l'axe neutre:	$y = 7.9$	(cm)		
Bras de levier:	$Z = 91.9$	(cm)		
Déformation du béton:	$\epsilon_b = 0.90$	(‰)		
Déformation de l'acier:	$\epsilon_s = 10.00$	(‰)		
Contrainte de l'acier:				
tendue:	$\sigma_s = 347.8$	(MPa)		

comprimée: $\sigma_s' = 65.4$ (MPa)

Cas ELS $M_{\max} = 649.00$ (kN*m) $M_{\min} = -694.00$ (kN*m)

Coefficient de sécurité: 1.00

Position de l'axe neutre: $y = 25.6$ (cm)

Bras de levier: $Z = 86.5$ (cm)

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 4.5$ (MPa)

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 21.0$ (MPa)

Contrainte de l'acier:

tendue: $\sigma_s = 182.9$ (MPa)

comprimée: $\sigma_s' = 54.2$ (MPa)

Contrainte limite de l'acier:

$\sigma_{s \text{ lim}} = 182.9$ (MPa)

Cas ELA $M_{\max} = 850.00$ (kN*m) $M_{\min} = -832.00$ (kN*m)

Coefficient de sécurité: 1.75 Pivot:A

Position de l'axe neutre: $y = 7.3$ (cm)

Bras de levier: $Z = 92.1$ (cm)

Déformation du béton: $\varepsilon_b = 0.84$ (‰)

Déformation de l'acier: $\varepsilon_s = 10.00$ (‰)

Contrainte de l'acier:

tendue: $\sigma_s = 400.0$ (MPa)

comprimée: $\sigma_s' = 53.5$ (MPa)

Ferraillage de la dalle (quai) suivant Myy :

Calcul de Section en Flexion Simple

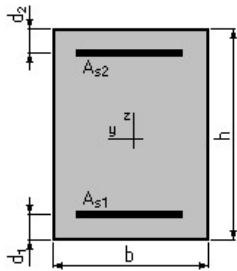
1. Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 35.0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400.0$ (MPa)

- Fissuration très préjudiciable
- Prise en compte des armatures comprimées
- Pas de prise en compte des dispositions sismiques
- Calcul suivant BAEL 91 mod. 99

2. Section:



$$b = 100.0 \text{ (cm)}$$

$$h = 100.0 \text{ (cm)}$$

$$d_1 = 5.0 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = 5.0 \text{ (cm)}$$

3. Moments appliqués:

	M_{\max} (kN*m)	M_{\min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	289.00	-1050.00
Etat Limite de Service	210.00	-891.00
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0.00	0.00

4. Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique	$A_{s1} = 13.2$ (cm ²)	Section théorique	$A_{s2} = 57.3$ (cm ²)
Section minimum	$A_{s \min} = 13.2$ (cm ²)		
théorique	$\rho = 0.74$ (%)		
minimum	$\rho_{\min} = 0.14$ (%)		

Analyse par Cas:

Cas ELU	$M_{\max} = 289.00$	(kN*m)	$M_{\min} = -1050.00$	(kN*m)
Coefficient de sécurité:	1.50		Pivot: A	
Position de l'axe neutre:	$y = 11.3$	(cm)		
Bras de levier:	$Z = 90.5$	(cm)		
Déformation du béton:	$\epsilon_b = 1.35$	(‰)		
Déformation de l'acier:	$\epsilon_s = 10.00$	(‰)		
Contrainte de l'acier:				
tendue:	$\sigma_s = 347.8$	(MPa)		

comprimée: $\sigma_s' = 150.8$ (MPa)

Cas ELS $M_{\max} = 210.00$ (kN*m) $M_{\min} = -891.00$ (kN*m)

Coefficient de sécurité: 1.00

Position de l'axe neutre: $y = 31.4$ (cm)

Bras de levier: $Z = 84.5$ (cm)

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 6.0$ (MPa)

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 21.0$ (MPa)

Contrainte de l'acier:

tendue: $\sigma_s = 182.9$ (MPa)

comprimée: $\sigma_s' = 76.0$ (MPa)

Contrainte limite de l'acier:

$\sigma_{s \text{ lim}} = 182.9$ (MPa)

Ferrailage de la dalle de terre-plein suivant Mxx :

Calcul de Section en Flexion Simple

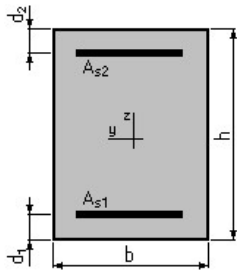
1. Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 35.0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400.0$ (MPa)

- Fissuration très préjudiciable
- Prise en compte des armatures comprimées
- Pas de prise en compte des dispositions sismiques
- Calcul suivant BAEL 91 mod. 99

2. Section:



$b = 100.0$ (cm)

$h = 50.0$ (cm)

$d_1 = 5.0$ (cm)

$d_2 = 5.0$ (cm)

3. Moments appliqués:

	M_{max} (kN*m)	M_{min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	271.00	-335.00
Etat Limite de Service	188.00	-244.00
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0.00	0.00

4. Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique	$A_{s1} = 25.4$ (cm ²)	Section théorique	$A_{s2} = 33.5$ (cm ²)
Section minimum	$A_{s\ min} = 6.9$ (cm ²)		
théorique	$\rho = 1.31$ (%)		
minimum	$\rho_{min} = 0.15$ (%)		

Analyse par Cas:

Cas ELU	$M_{max} = 271.00$	(kN*m)	$M_{min} = -335.00$	(kN*m)
Coefficient de sécurité:	1.39		Pivot: A	
Position de l'axe neutre:	$y = 6.3$	(cm)		
Bras de levier:	$Z = 42.5$	(cm)		
Déformation du béton:	$\epsilon_b = 1.62$	(‰)		
Déformation de l'acier:	$\epsilon_s = 10.00$	(‰)		
Contrainte de l'acier:				
tendue:	$\sigma_s = 347.8$	(MPa)		

comprimée: $\sigma_s' = 66.3$ (MPa)

Cas ELS $M_{\max} = 188.00$ (kN*m) $M_{\min} = -244.00$ (kN*m)

Coefficient de sécurité: 1.00

Position de l'axe neutre: $y = 15.0$ (cm)

Bras de levier: $Z = 40.0$ (cm)

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 6.1$ (MPa)

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 21.0$ (MPa)

Contrainte de l'acier:

tendue: $\sigma_s = 182.1$ (MPa)

comprimée: $\sigma_s' = 60.7$ (MPa)

Contrainte limite de l'acier:

$\sigma_{s \text{ lim}} = 182.9$ (MPa)

Ferrailage de la dalle de terre-plein suivant Myy :

Calcul de Section en Flexion Simple

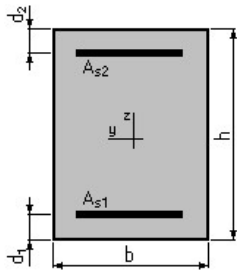
1. Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 35.0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400.0$ (MPa)

- Fissuration très préjudiciable
- Prise en compte des armatures comprimées
- Pas de prise en compte des dispositions sismiques
- Calcul suivant BAEL 91 mod. 99

2. Section:



$b = 100.0$ (cm)

$h = 50.0$ (cm)

$d_1 = 5.0$ (cm)

$d_2 = 5.0$ (cm)

3. Moments appliqués:

	M_{max} (kN*m)	M_{min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	119.00	-63.00
Etat Limite de Service	81.00	-46.00
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0.00	0.00

4. Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique	$A_{s1} = 10.7$ (cm ²)	Section théorique	$A_{s2} = 6.9$ (cm ²)
Section minimum	$A_{s\ min} = 6.9$ (cm ²)		
théorique	$\rho = 0.39$ (%)		
minimum	$\rho_{min} = 0.15$ (%)		

Analyse par Cas:

Cas ELU	$M_{max} = 119.00$	(kN*m)	$M_{min} = -63.00$	(kN*m)
Coefficient de sécurité:	1.39		Pivot: A	
Position de l'axe neutre:	$y = 2.8$	(cm)		
Bras de levier:	$Z = 43.9$	(cm)		
Déformation du béton:	$\epsilon_b = 0.66$	(‰)		
Déformation de l'acier:	$\epsilon_s = 10.00$	(‰)		
Contrainte de l'acier:				
tendue:	$\sigma_s = 347.8$	(MPa)		

Cas ELS $M_{\max} = 81.00$ (kN*m) $M_{\min} = -46.00$ (kN*m)

Coefficient de sécurité: 1.00

Position de l'axe neutre: $y = 10.1$ (cm)

Bras de levier: $Z = 41.6$ (cm)

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 1.0$ (MPa)

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 21.0$ (MPa)

Contrainte de l'acier:

tendue: $\sigma_s = 11.9$ (MPa)

comprimée: $\sigma_s' = 12.2$ (MPa)

Contrainte limite de l'acier:

$\sigma_{s \text{ lim}} = 182.9$ (MPa)

Ferrailage des éléments de blindage :

Calcul de Section en Flexion Simple

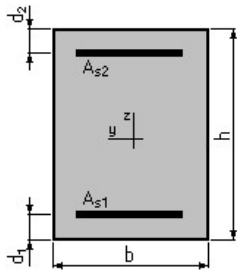
1. Hypothèses:

Béton: $f_{c28} = 35.0$ (MPa)

Acier: $f_e = 400.0$ (MPa)

- Fissuration très préjudiciable
- Prise en compte des armatures comprimées
- Pas de prise en compte des dispositions sismiques
- Calcul suivant BAEL 91 mod. 99

2. Section:



$b = 110.0$ (cm)

$h = 20.0$ (cm)

$d_1 = 5.0$ (cm)

$d_2 = 5.0$ (cm)

3. Moments appliqués:

	M_{max} (kN*m)	M_{min} (kN*m)
Etat Limite Ultime (fondamental)	11.00	0.00
Etat Limite de Service	8.00	0.00
Etat Limite Ultime (Accidentel)	0.00	0.00

4. Résultats:

Sections d'Acier:

Section théorique	$A_{s1} = 3.7$ (cm ²)	Section théorique	$A_{s2} = 0.0$ (cm ²)
Section minimum	$A_{s\ min} = 3.7$ (cm ²)		
théorique	$\rho = 0.22$ (%)		
minimum	$\rho_{min} = 0.22$ (%)		

Analyse par Cas:

Cas ELU $M_{max} = 11.00$ (kN*m) $M_{min} = 0.00$ (kN*m)

Coefficient de sécurité:	1.71	Pivot: A
Position de l'axe neutre:	$y = 0.7$ (cm)	
Bras de levier:	$Z = 14.7$ (cm)	
Déformation du béton:	$\epsilon_b = 0.51$ (‰)	
Déformation de l'acier:	$\epsilon_s = 10.00$ (‰)	
Contrainte de l'acier:		
tendue:	$\sigma_s = 347.8$ (MPa)	

Cas ELS $M_{\max} = 8.00 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ $M_{\min} = 0.00 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$

Coefficient de sécurité: 2.54

Position de l'axe neutre: $y = 3.4 \text{ (cm)}$

Bras de levier: $Z = 13.9 \text{ (cm)}$

Contrainte maxi du béton: $\sigma_b = 1.1 \text{ (MPa)}$

Contrainte limite: $0,6 f_{cj} = 21.0 \text{ (MPa)}$

Contrainte de l'acier:

tendue: $\sigma_s = 7.8 \text{ (MPa)}$

Contrainte limite de l'acier:

$\sigma_{s \text{ lim}} = 400.0 \text{ (MPa)}$