

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة سعيدة - د. مولاي الطاهر

UNIVERSITÉ DE SAÏDA - Dr. MOULAY TAHAR



Faculté de Technologie

Département de Génie Civil et d'Hydraulique

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **Diplôme de MASTER en Génie Civil**

Spécialité : **Géotechnique**

Par : **MEGHLI Imad Eddine Ameer**

BAHRAM Houdeifa Dhia-EL Hak

Etude de l'effet des paramètres géotechniques et géométriques sur la réponse sismique des ponts cadres

Soutenu le ... / / 2020, devant le jury composé de :

M. DERFOUF Mounir Feth-Ellah

MCA

Président

M. BELABED Zakaria

MCA

Encadreur

M. TOUIL Brahim

MCB

Co-encadreur

M. BELOUADI Larbi

MCA

Examineur

Dédicaces

**Je dédie ce modeste travail a mon encadreur Mr Belabed Z. et Mr
Touil B. pour la qualité de leur encadrement.**

**Ames parents grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands
sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la
poursuite de mes etudes**

À mon frère et mes sœurs

Oussama, Kawter et Khadija

À mon cher binome Bahram

À tous les gens qui m'aiment

**Hichem . Nouni .Manina .Wafaa .Asma.Sara .abdekader . Mohamed
.arab ect**

tous mes amis (es) et mes collegues sans exception

tous mes enseignants du departement de geniecivil

◀Meghli imad ▶

Dédicaces

Je remercie dieu de m'avoir donné la santé pour finir mon cursus universitaire.

Je dédie ce travail a :

A mes parents pour leurs soutiens et leurs conseils

A mes frères A mon ami et binôme Imad

A tous mes amis

A tous mes collègues de génie civil

A toute la promotion 2019/2020

« BahramHoudeifa »

Remerciements

On remercie Allah le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de « Mr. BELABED Zakaria », on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent à « Mr. TOUIL Brahim » pour son aide pratique et son soutien moral et ses encouragements. On lui présente donc nos sentiments de gratitude.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre mémoire en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos sincères remerciements à tous nos professeurs du département de Génie-Civil et Hydraulique de la faculté de sciences et technologie de l'université de Saida.

Enfin, nous adressons nos remerciements à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Résumé

La caractérisation de la poussée active sismique est essentielle pour la conception et la sécurité des ouvrages d'art en zones sismiques. Généralement, cette poussée est traitée réglementairement par la méthode de Mononobe-Okabe (M-O) qui présente une distribution linéaire des forces sismiques sur les parois externes de l'ouvrage. Cette méthode est considérée comme une approche pseudo-statique. Nous nous sommes basés sur la mécanique des structures et la géotechnique pour aboutir à un modèle simple pour étudier le comportement sismique des ouvrages d'art de type Pont Cadre. Dans le deuxième objectif, nous présentons une simulation numérique sur le logiciel commercial Robot avec l'étude de l'effet de certains paramètres (géotechniques et géométriques) pour évaluer et présenter leurs influences sur l'action sismique appliquée. L'ensemble des conclusions et recommandations peut enrichir le Règlement Parasismique des Ouvrages d'Art (RPOA) en vigueur.

Mots-clés : Pont Cadre, M.E.F, Mononobe–Okabe, Analyse Sismique, RPOA

Abstract

The characterization of active seismic earth pressure is essential for design and safety of buildings and civil engineering structures in seismic zones. Generally, this earth pressure is requirement lydealed via Mononobe-Okabe (M-O) method in which presents a linear distribution of seismic forces on external walls of the structure. This method is considered asa pseudo-static approach. We have based on structural mechanics and geotechnics to leadinto simple model to study the seismic behavior of buildings and civil engineering structuresof type Portal Frame Bridge. In the second aim, we present a numerical simulation via the commercial software Robot inwith the study of the effect of some parameters (geotechnical and geometrical) to evaluate and present their influences on applied seismic action. All the conclusions and recommendations can enrich the current seismic civil engineering structuresstandard(RPOA).

Keywords: Portal Frame Bridge, M.E.F , Mononobe–Okabe, Seismic Analysis,RPOA

ملخص

يعد توصيف الدفع الزلزالي النشط أمرًا ضروريًا لتصميم وسلامة الهياكل الهندسية في المناطق الزلزالية. بشكل عام ، يتم التعامل مع هذا الدفع وفقًا لطريقة (Mononobe-Okabe (M-O) ، والتي تقدم توزيعًا خطيًا للقوى الزلزالية على الجدران الخارجية للهيكل. تعتبر هذه الطريقة نهجًا زائفًا ثابتًا. لقد اعتمدنا على الميكانيكا الهيكلية والجيوتقنية للتوصل إلى نموذج بسيط لدراسة السلوك الزلزالي لهياكل نوع الجسر الإنشائي. في الهدف الثاني ، نقدم محاكاة عددية على برامج الروبوت التجارية مع دراسة تأثير بعض المعلمات (الجيوتقنية والهندسية) لتقييم وعرض تأثيراتها على الفعل الزلزالي المطبق. يمكن لجميع الاستنتاجات والتوصيات إثراء لوائح الزلازل للهياكل (RPOA) المعمول بها.

الكلمات الدالة: جسر الإطار ، M.E.F ، Mononobe–Okabe ، التحليل الزلزالي ، RPOA .

Sommaire

Résumé.....	v
Liste des tableaux	viii
Liste des figures	x
Liste des Symboles	xi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1	GENERALITES SUR LE PONT
I.1. DEFINITION	4
I.2. UN BREF HISTORIQUE DES PONTS	4
I .3. CLASSIFICATION	5
I.3.1 Selon la nature de la voie portée	5
I.3.2 Selon les matériaux de construction	5
I.3.3 Selon la mobilité du pont	5
I.3.4 Selon la vue en plan	5
I.3.5 Selon le schéma statique (RDM)	6
I.3.5.1.Pont isostatique	6
I.3.5.2.Pont hyperstatique	6
I.3.5.3.Pont cantilever	6
I.3.5.4.Pont en arc	6
I.3.5.5.Pont portique	6
I.3.5.6.Pont cadre	6
I.3.5.7.Ouvrage busé	6
I.3.5.8 Pont à béquilles	6
I.3.5.9 Pont Bow-string	6
I.3.5.10 Pont suspendu	7
I.3.5.11 Pont à haubans.....	7
I.3.6 Selon la constitution du tablier	7
I.3.6.1 Pont à poutres multiples	7
I.3.6.2 Pont à poutres latérales	7
I.3.6.3 Pont à poutres en caisson	7
I.3.6.4 Pont à poutres plissées.....	7

I.3.6.5 Pont dalles.....	7
I .4. TERMINOLOGIE DU PONT	7
I.5. LES PONTS CADRES	8
I.5.1.Les ponts-cadres et les portiques	8
I.5.2.Description du pont-cadre	10
I.5.3.Les types des ponts cadres	10
I.5.4.MORPHOLOGIE	15
I.5.5.DOMAINE D'EMPLOI.....	15
I.5.6. AVANTAGES ET INCONVENIENTS	16
Chapitre 2	Présentation de l'ouvrage Données et Hypothèses
II.1.présentation de l'ouvrage.....	33
II.2.Hypothèse de calcul	37
II.2.1. DONNEES ET HYPOTHESES.....	37
II.2.1.1 .Règlements de calcul et documents de référence	37
II.2.1.2 -Matériaux	37
II.2.1.3 .Contraintes réglementaires	37
II.2.1.4 . Densités des matériaux	38
II.2.1.5 . Remblais latéraux	38
II.2.1.6 . Sol de fondation	38
II.2.1.7 . Surcharges d'exploitation	39
II.2.1.8 – Détermination des densités de charges après diffusion	40
II.2.1.9 – Détermination des densités de charges en phase de construction	41
Chapitre 3	Programme de calculs et modélisation
III.1. CALCUL NUMERIQUE MODELISATION	44
III.1.1. Programme de calcul	44
III.1. 2 - Modélisation du cadre	44
III.1.3 -Modélisation du sol de fondation et des remblais latéraux	46
III.1.4. Modélisation	47
III.1.5.Poids des terres	48
III.2.CAS DE CHARGE ENVISAGES	49
III.2.1.Cas de charges élémentaires envisagées (Hors pondération)	49
III.2.2 .Modélisation des cas de charges élémentaires	50

III.3 .DESCRIPTIF DES COMBINAISONS :	60
III.4.CALCULS EFFECTUES	61
III.4.1. Résultats de calculs	61
III.4.2. EXPLOITATION DES RESULTATS	82
Chapitre 4	Exploitation des résultats
VI.1-Détermination des armatures à mettre en place (ELEMENT SUPERIEUR)	86
VI.1.1 .Principe de ferrailage et repérage des aciers ELEMENT SUPERIEUR...	88
VI.2 - Détermination des armatures à mettre en place (PIEDROIT LATERAL) .	88
VI.2.1 .Principe de ferrailage et repérage des aciers PIEDROIT LATERAL ...	90
VI.3 - Détermination des armatures à mettre en place (RADIER).....	91
VI.4 Vérification de la contrainte dans le sol de fondation.....	94
Chapitre 5	Etude sismique
V.1.Introduction	94
V.2.Données sismiques de l'ouvrage selon RPOA	94
V.3.Modélisation de la poussée complémentaire	96
V.3.1. Combinaison	97
V.3.2. RESULTATS	98
V.3.3. Aciers Adoptés.....	100
V.4.Conclusions	100
CONCLUSION GENERALE.....	102
Références bibliographique.....	103
Annexes	104

Liste des tableaux

Chapitre 3	Programme de calculs et modélisation
Tableau 1: Cas de charges élémentaires envisagées (Hors pondération)	50

Tableau 2: combinaisons a ELU.....	61
Tableau 3: Résultats des moments Mmax (positif) à ELU et à ELS(Ka=0.25)	78
Tableau 4: Résultats des moments Mmin (négatif) à ELU et à ELS (Ka=0.25)	79
Tableau 5: Résultats des moments Mmax (positif) à ELU et à ELS (Ka=0.50)	80
Tableau 6: Résultats des moments Mmin (négatif) à ELU et à ELS (Ka=0.50).....	81
Chapitre 4	Exploitation des résultats
Tableau 7:sections d'acier nécessaires	85
Chapitre 5	Etude sismique
Tableau 8:Aciers Adoptés	100

Liste des figures

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR LE PONT

Figure 1: Pont cadre à une alvéole.....	9
Figure 2: Portique à une alvéole	9
Figure 3 : Pont OPTI-CADRE fermés.....	11
Figure 4: Pont OPTI-CADRE ouverts.....	12
Figure 5 : Détails	13
Figure 6: Mur de tête	14
Figure 7: morphologie d'un pont cadre.....	15
Figure 8: Ouvrage sous remblais	16

Chapitre 2

Présentation de l'ouvrage

Figure 9: Vue en plan d'ensemble.....	34
Figure 10: coupe longitudinale	35
Figure 11: vue en plan	36
Figure 12: Coupe Transversale zone sous TRAMWAY	42

Chapitre 3

Programme de calculs et modélisation

Figure 13: le maillage de la structure (numérotation des nœuds)	45
Figure 14: le maillage de la structure (numérotation des nœuds)	46

Chapitre 4

Exploitation des résultats

Figure 15: coupe transversale de l'élément supérieur U	88
Figure 16: coupe transversale du pièdroit	90
Figure 17: coupe transversale du radier inférieur	92

Chapitre 5

Etude sismique

Figure 18: Modélisation de la poussée complémentaire	96
--	----

Liste des Symboles

f_{c28} : Résistance caractéristique à la compression à 28 jours.

f_{tj} : Résistance conventionnelle de la traction du béton à « j » jours.

f_e : Limite d'élasticité de l'acier

η : Coefficient de fissuration

σ : contraintes normales

τ : contraintes tangentielles

L_i : Largeur interne du cadre

H_i : Hauteur interne du cadre

e_d : épaisseur de la dalle supérieure

e_r : épaisseur du radier

e_m : épaisseur des montants verticaux

d_{min} : Diamètre minimal des armatures

$enrtetep$: Enrobage tête d'épingle

d : Enrobage à l'axe des aciers

γ_t : Poids vol. des terres

γ_b : Poids vol. du béton

α : coefficient de structure du sol

B : largeur de la semelle assimilée à la hauteur de l'ouvrage

B_0 : largeur de référence

λ_c, λ_d : paramètres géométriques fonction du rapport L/B

K_h : Facteur de portance (réaction Horizontale)

K_v : Facteur de portance (réaction Verticale)

Kp:coef. de butée

Ka:coef. de poussée

Ko:Coef. des terres au repos

Hc: Hauteur de diffusion à la construction

Hs: Hauteur de diffusion en service

δ :Coef. Dyamique

β : Angle de diffusion

M:coef de MARSTON

an: accélération normal

$\sigma_H \sigma_V$:Coefficient sismique

τ : Coefficient topographique

Kad: Formule de MononobeOkade

Kpd: coefficient de poussée dynamique active.

φ : l'angle de frottement interne du remblai sans cohésion,

δ l'angle de frottement sur le mur,

β angle de la surface du remblai sur l'horizontal.

INTRODUCTION

L'intérêt des ponts dans la vie de la cité et/ ou dans le réseau urbanisme n'est pas à démontrer. Cet intérêt que d'aucun ne peut ignorer est encore plus crucial pendant les catastrophes naturelles. Le comportement des grands ponts durant un séisme par exemple a des implications qui dépassent largement le coût économique du pont, de sa contenance, et de ses équipements.

Or il a été constaté dans les récents séismes que les pertes économiques dues à des tremblements de terre sont plus grandes que celles due à des endommagements structuraux. Ceci est particulièrement vrai dans les ponts urbains où les pertes du trafic, la perte des transports d'urgence et l'impact environnemental peuvent dépasser largement la perte dans les éléments structuraux. Pour continuer les opérations après un séisme, les ponts ont d'autant besoin de la fonctionnalité des systèmes critiques (eau, énergie) que de la stabilité des structures et même si les endommagements pouvant touchés ces structures (autres que les bâtiments), ils n'en demeurent pas moins que leur disfonctionnement peut entraver sérieusement les secours (feu, manque d'eau, disfonctionnement des services d'urgence,.....) ainsi que la vie quotidienne après la catastrophe.

Le séisme de Boumerdès (Mai 2003) a touché sérieusement les ouvrages d'art non prévus en zone sismique. Les autorités ont longuement hésité entre leur destruction totale ou leur renforcement, tellement les avis des experts étaient partagés. Leur fermeture totale dure depuis plus de deux années ; et les pertes économiques sèches s'élèvent à des milliards.

Dans l'état actuel de la réglementation parasismique Algérienne spécialement conçue pour les Ouvrages d'art (RPOA), on note une absence presque totale des prévisions et des recommandations des endommagements des équipements et des structures des ouvrages d'art.

Il est naturel que la réglementation Algérienne parasismique s'intéresse d'abord à limiter les dégâts en vies humaines en concentrant les efforts sur le comportement des ouvrages d'art .cette réglementation a connue depuis plusieurs réajustements et son développement normal devra toucher spécialement les ponts.

Et l'on peut aisément imaginer les graves conséquences économiques et écologiques si un violent séisme vient à frapper les régions de l'autoroute Est-Ouest, Arziw, Skikda, le barrage de Beni Haroune ...etc.

En résumé ; la bonne tenue des ponts pendant et après le séisme, la sauvegarde de leurs contenances stratégiques y afférents sont les conditions principales pour éviter des catastrophes écologiques, économiques et pour mener à bien les opérations humanitaires du lendemain du séisme. C'est pour cette raison que la conception d'une réglementation nationale claire, précise et exploitant l'expérience mondiale acquise dans ce domaine devient une nécessité absolue.

Dans la deuxième partie, de tous les matériaux de construction, le béton armé possède les caractéristiques de résistance les plus élevées et les mieux adaptées à la construction des ponts ; de ce fait, il rend possible les plus audacieux ouvrages de portée modérée. Durant ces dernières décennies, les ponts préfabriqués soient en béton armé, sont devenus de plus en plus nombreux. Beaucoup de recherche a été conduits sur ce type de structure notamment aux universités du Canada, de la France, de l'USA.

Dans cette optique, la simulation numérique par la Méthode des Eléments Finis, rendue possible par le développement de fortes puissances de calcul, est devenu un outil indispensable pour analyser le comportement structurel des ouvrages d'art notamment les ponts préfabriqués.

Cependant, bien que de nombreuses simulations numériques aient été effectuées au cours des trente dernières années, aucune n'est vraiment parvenue à déterminer de façon convaincante un modèle simple et une méthodologie pour analyser et étudier les ponts préfabriqués surtout les ponts cadres. Cette dispersion des résultats repose sur les difficultés de modéliser la géométrie, le comportement mécanique mais aussi les sollicitations d'un pont.

Ce travail se propose de faire une prévision sur le comportement mécanique d'un pont cadre dont les cas de chargements sont définis, le coffrage et l'interaction sol-structure est prise en compte, ceci pose comme un préalable la connaissance de leurs bases théoriques. Un modèle numérique (sur logiciel ROBOT) basé sur la méthode des éléments finis sera également utilisé pour étudier le comportement de ce type d'ouvrages et aussi pour simuler les actions sismiques. Le choix du modèle doit répondre à l'objectif fixé à savoir l'obtention de résultats fiables et justes en prenant en compte les paramètres les plus influents intervenant dans le comportement du système sol-structure. A travers les résultats obtenus, nous avons abouti à un ferrailage correcte des éléments structuraux et faire une comparaison réglementaire par le ferrailage adopté par la vérification sismique. La prise en compte d'une étude dynamique nonlinéaire (à l'aide d'un spectre de réponse) dans ce modèle dans des travaux ultérieurs permettra d'avoir un modèle général, fiable et robuste.

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR LES PONTS

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES PONTS

I.1. DEFINITION :

Un pont est un ouvrage destiné à mettre en communication deux points séparés par un obstacle ou permettant le passage sans croisement à niveau de deux courants de circulation. En technique, nous disons qu'un pont est un ouvrage lancé ou jeté pour permettre le franchissement d'un obstacle naturel ou artificiel : vallée, rivière, canal de navigation, canal d'irrigation, une dépression, une zone d'inondation, une zone marécageuse, un lac, un bras de mer et d'autres voies de communication.

I.2. UN BREF HISTORIQUE DES PONTS :

De la crise pétrolière, et de l'apparition des écologistes, on assiste à un frein dans la construction. Les premiers ponts se limitent probablement à un arbre, à des rondins placés en travers d'un cours d'eau, à des lianes ou des cordes tendues au travers d'une étroite.

L'historique des ponts peut se résumer en différentes périodes ci-dessous :

1. Période empirique : celle de la construction des ponts voute, en maçonnerie par les romains avant 1500.
2. Période de grand savant : Newton, Galilée, Hooke, cette période se détermine par naissance de l'acier (de 1500 à 1800).
3. Période, de 1800 à 1900 : c'est le début de l'industrialisation, d'où le début de chemin de fer et de la construction du 1^{er} pont métallique. Il ya aussi naissance du béton armé.
4. Période de 1900 à 1950 :
 - Apparition des voitures d'où des ouvrages d'art routiers.
 - Apparition du béton précontraint.
5. Période de 1900 à 1975 :

Développement de l'autoroute. A partir de 1975 à cause de la réalisation des routes et des ponts.

6. Les grandes lignes de l'évolution de la construction des ponts ces dernières années sont les suivantes :
 - **Evolution du trafic en flèche** : le trafic à évoluer qualitativement et quantitativement.
 - **Evolution des techniques de constructions** : les techniques mettent à la disposition des ingénieurs, des moyens les plus en plus sûrs ;
 - Du point de vue matériaux
 - Du point de vue calculs
 - Du point de vue exécutions

I.3. CLASSIFICATION :

Les ponts sont classifiés de plusieurs manières et les critères permettant de classer les ponts sont :

I.3.1 Selon la nature de la voie portée :

- **Pont routier** : Il porte une ou plusieurs voies routières.
- **Pont-rail** : Il porte une ou plusieurs voies ferrées ou de tramway.
- **Pont mixte** : Il porte à la fois des voies routières et des voies ferrées.
- **Pont canal** : Il porte un canal d'eau à ciel ouvert, il peut aussi porter des conduites d'eau de gaz ou de pétrole etc.
- **Passerelle** : C'est un pont destiné à la circulation des piétons.
- **Pont spécial** : Il sert à porter des avions.

I.3.2 Selon les matériaux de construction :

Les éléments porteurs du pont sont construits par divers types de matériaux. On distingue :

- **Pont en bois** : Il sert généralement de passerelle pour piétons.
- **Pont en maçonnerie** : Il est construit en pierres taillées ou en briques en béton non armé. Ce type d'ouvrages résiste très bien à la compression mais se comporte mal à la traction. C'est pour cette raison qu'il est réalisé en voûtes (arcs) pour pouvoir reprendre les charges sous forme d'efforts de compression.
- **Pont en béton armé** : Le matériau est constitué de béton pour résister à la compression et d'acier pour résister à la traction.
- **Pont en béton précontraint** : Le matériau est constitué de béton pour résister à la compression, d'aciers passifs comme celles du béton armé, et de câbles précontraints pour comprimer le béton et l'alléger de sa traction.
- **Pont métallique** : Le tablier est construit en charpente métallique. Parfois même les piles sont en acier avec fondation en béton armé.
- **Pont mixte** : Les poutres sont métalliques tandis que l'hourdis (la dalle) est en béton armé.

I.3.3 Selon la mobilité du pont :

- **Pont fixe** : Il n'exerce aucun mouvement comme c'est le cas de la majorité des ponts.
- **Pont mobile** : Une partie du pont peut se mouvoir pour assurer une surface d'encombrement suffisante pour permettre la circulation des engins hors gabarit. Parmi les ponts mobiles, on peut citer les types suivants :
 - 1. Pont tournant** : Le tablier peut tourner autour de l'axe vertical de la culée ou la pile.
 - 2. Pont levant** : Le tablier est soulevé par des câbles vers les sommets de deux pylônes. L'équilibre est assuré par deux contre poids.
 - 3. Pont basculant** : Le tablier peut pivoter autour d'un axe horizontal.
 - 4. Pont flottant** : Il est constitué de massifs flottants liés entre eux par des câbles (amarrage). Généralement, il s'agit des ponts provisoires tels que les ponts militaires.

I.3.4 Selon la vue en plan :

- **Pont droit** : Lorsque l'axe longitudinal du pont fait un angle droit avec les lignes d'appui transversales, le pont est droit géométriquement.

- **Pont biais** : Lorsque l'axe longitudinal du pont fait un angle biais avec les lignes d'appui transversales, il s'agit d'un biais géométrique.
- **Pont courbe** : L'axe en plan de l'ouvrage est soit un arc circulaire soit une partie d'un raccordement progressif.
- **Pont à tablier supérieur** : Le tablier se situe au-dessus des éléments porteurs.
- **Pont à tablier inférieur** : *Le tablier se trouve dans la partie inférieure des éléments porteurs.*
- **Pont à tablier intermédiaire** : (supérieur et inférieur).
- **Pont à double tablier** : Le 1er tablier est l'extrados du pont tandis que le 2e est un tablier intermédiaire. D'après cette figure, on peut définir :
Intrados : C'est la ligne qui définit le contour inférieur du pont.
Extrados : C'est la ligne qui définit le contour supérieur du pont.

I.3.5 Selon le schéma statique (RDM) :

I.3.5.1. Pont isostatique : Les travées sont indépendantes.

I.3.5.2. Pont hyperstatique : Les travées sont solidaires, le tablier travaille comme une poutre continue.

I.3.5.3. Pont cantilever : Ce type d'ouvrage contient une ou plusieurs travées qui s'appuient librement sur les autres. Selon le nombre d'appuis et d'articulations, le pont est considéré soit isostatique soit hyperstatique.

I.3.5.4. Pont en arc : Il est utilisé dans les vallées larges et profondes, cela permet d'éviter l'implantation des piles très hautes et trop coûteuses. L'arc est soumis principalement aux efforts de compression. Il se décompose de deux familles : les arcs isostatiques et les arcs hyperstatiques.

I.3.5.5. Pont portique : Le tablier est solidaire aux piles. Ils leurs transmet non seulement les charges verticales mais aussi les moments de flexion.

I.3.5.6. Pont cadre : Le tablier, les pieds droits (voiles) et le radier sont solidaires, ils forment un ou plusieurs cadres. Ce type d'ouvrage est généralement enterré, il est utilisé pour les petites portées ne dépassant pas les 12 m.

I.3.5.7. Ouvrage busé : Par son ouverture réduite, il s'approche de la gamme des ponts cadres. On distingue 3 types :

a- Buse en B.A : Elle joue le rôle d'évacuation des eaux, elle peut aussi servir de protection pour la traversée des conduites d'eau de gaz ou autre sous une voie de circulation (ouvrage fourreau).

b- Buse métallique : Sa mise en place est facile, mais elle nécessite une protection contre la corrosion et un entretien continu.

c- Buse matière : Cet ouvrage est en voûte mince en béton. Construit par la société française « matière », cette grande buse est prévue pour les passages inférieurs, pourvue que la hauteur du remblai sur l'ouvrage ne dépasse les 7m. L'ouverture D_i de la buse peut atteindre les 9m.

I.3.5.8 Pont à béquilles : Un portique ouvert est considéré comme un pont à béquilles verticales. Quand le pont franchit une vallée profonde, les piles inclinées (béquilles) sont utilisées, du fait que la réalisation des piles verticales devient très coûteuse. Avec une inclinaison par rapport à la verticale au alentour de 45° , les béquilles sont généralement articulées sur leurs fondations. Elles supportent le tablier et le divisent en 3 travées. La hauteur de section du tablier est variable.

I.3.5.9 Pont Bow-string : Il est constitué de 2 poutres latérales sous forme d'arc, et d'un tirant incorporé dans le tablier qui est relié à l'arc par des suspentes.

I.3.5.10 Pont suspendu : Le tablier est accroché aux deux files de câbles par l'intermédiaire de suspentes. Les deux câbles passent par les sommets des pylônes et sont ancrés dans des massifs en béton. Les suspentes et les câbles travaillent à la traction.

I.3.5.11 Pont à haubans : Le tablier est relié directement aux pylônes par des câbles obliques appelés haubans. Ils sont disposés, soit en une seule file dans l'axe du pont, soit en deux files latérales. Ce type d'ouvrages est de plus en plus utilisé à nos jours.

I.3.6 Selon la constitution du tablier :

La structure du tablier diffère d'un pont à l'autre.

I.3.6.1 Pont à poutres multiples : Les éléments porteurs principaux sont les poutres, elles transmettent les charges du tablier vers les appareils d'appuis.

I.3.6.2 Pont à poutres latérales : Les charges sont transmises acheminées vers les appareils d'appuis selon l'ordre : hourdis vers longerons, vers les traverses s'il s'agit d'un pont en béton armé ou vers les pièces de pont si l'ouvrage est métallique, vers les poutres latérales, et enfin vers les appareils d'appuis.

I.3.6.3 Pont à poutres en caisson : Le tablier est assimilé à une ou plusieurs poutres construites en béton précontraint ou en béton armé, évidées à l'intérieur et possédant des dimensions importantes. De ce fait, leurs rigidités vis-à-vis la flexion et la torsion sont considérables.

I.3.6.4 Pont à poutres plissées : Similairement aux en caissons, les poutres plissées sont d'une grande rigidité. Elles ont la forme d'un triangle dont le côté supérieur est l'hourdis, les deux autres côtés sont munies de plaques métalliques ondulées et très rigides qui se rencontrent au sommet inférieur du triangle qui est in tube métallique de liaisons des deux ailes.

I.3.6.5 Pont dalles : Les charges sont transmises directement de la dalle vers les appareils d'appuis. Cette fois ci l'hourdis possède une épaisseur importante, il est appelé dalle.

I.4. TERMINOLOGIE DU PONT :

- **Tablier :** C'est le platelage (dalle) où circulent les véhicules ;
- **Poutres principales (maîtresse) :** Ce sont les poutres de pont dans le sens de la circulation ;
- **Entretoises :** Ce sont des poutres transversales d'un pont, c'est à dire perpendiculaires aux poutres principales et ont pour rôle d'éviter le basculement;
- **Longrines ou longerons :** Ce sont des poutres longitudinales qui s'appuient sur l'entretoise ;
- **Contreventements :** Ce sont des poutres diagonales servant à reprendre les efforts verticaux dus à la charge permanente, au train de charge et les efforts horizontaux dus au freinage, à la variation de la température et les transmettent à la fondation ;
- **Culées :** Appuis extrêmes du pont dont le rôle est de retenir les terres et de transmettre les charges à la semelle dans le bon sol ;
- **Piles :** Appuis intermédiaire du pont;
- **Appuis :** Ce sont les supports sur lesquels repose le tablier;
- **Appareils d'appuis :** Ce sont des éléments du pont placés entre le tablier et les appuis, dont le rôle est de transmettre les actions verticales dues à la charge

permanente et aux charges d'exploitations, routières ou ferroviaires, et de permettre des mouvements de rotation ou de translation;

- **Joint de dilatation** : Ouverture (espace) servant à la dilatation de la structure ;
 - **Dos d'âne** : Bosse en béton armé permettant la diminution de la vitesse du véhicule ;
 - **Glissière de sécurité**
 - **Trottoirs**
 - **Dalle flottante** : C'est une dalle de transition construite avant d'accéder sur le pont pour éviter les affaissements devant le pont ;
 - **Travée** : C'est la partie du pont située entre deux appuis successifs
-
- **Portée** : C'est la distance entre axe de deux appuis successifs ;
 - **Ouverture** : C'est la distance entre nu de deux appuis ;
 - **Gabarit** : C'est la section géométrique nécessaire pour le passage qu'il faut laisser au-dessus et en dessous du pont. Elle est de 5 m ;
 - **Voûte** : Pont en maçonnerie en forme d'un arc ;
 - **Lit mineur** : Largeur du niveau des plus basses des eaux (P.B.E), le niveau le plus connu ;
 - **Affouillement** : C'est l'érosion sous-marine ;
 - **Pieux** : Colonne en béton ou en métal servant à reporter les efforts du pont sur le bon sol ;
 - **Couche de revêtement** : La dernière couche posée sur notre pontroute ;
 - **Garde –corps** : C'est un dispositif de sécurité bordant les ouvrages (ponts) sur sa longueur essentiellement pour assurer la sécurité des circulations.

I.5. LES PONTS CADRES :

Les ponts cadres préfabriqués en béton sont des éléments en béton armé dotés d'une géométrie rectangulaire et dont la versatilité a étendu leur application aux passages inférieurs, aux drainages transversaux, aux galeries de services, aux grandes conduites, aux canalisations, aux écoulements, aux assainissements ou encore aux regards de visite de grandes dimensions. Leur gamme est très variée, puisqu'il existe des cadres fermés ou d'une seule pièce et des cadres articulés.

Nos cadres en béton préfabriqués peuvent couvrir de nombreuses dimensions en fonction de la lumière intérieure requise par le projet, de la hauteur des terres et du trafic à supporter. Un calcul de l'armature est réalisé pour chaque cadre en fonction des conditions d'installation et de service. Ce calcul s'effectue sur base de l'instruction du Béton Structuré (EHE) en vigueur et des instructions spécifiques à chacune de ses applications : routes, voies ferrées, aéroports, collecteurs, etc.

I.5.1. Les ponts-cadres et les portiques

Les ponts-cadres et les portiques sont des ouvrages monolithiques, utilisés pour le franchissement en passage inférieur, lorsque la largeur de la voie franchie est modérée (inférieure à 20 mètres). Leur simplicité de forme et leur robustesse les rendent très adaptés à cette gamme de portée. Le choix entre ces deux types d'ouvrages s'opère en fonction de la distance à franchir et la qualité du sol de fondation. Les cadres

conviennent à des portées modestes (inférieures à 12 mètres) et ont l'avantage de pouvoir se fonder sur des sols acceptant une fondation superficielle peu chargée.

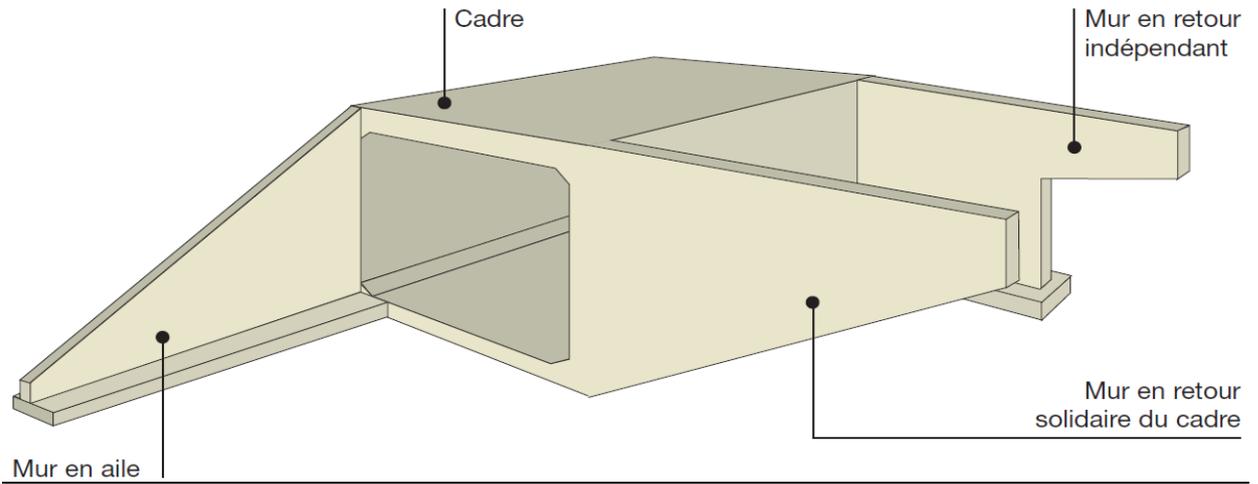


Figure 1: Pont cadre à une alvéolé

Pour des portées plus grandes (comprises entre 12 et 20 mètres) l'on a recourt le plus souvent aux portiques ouverts, cette solution étant plus économique qu'une simple dalle en travée indépendante nécessitant des culées plus coûteuses que les piédroits d'un portique.

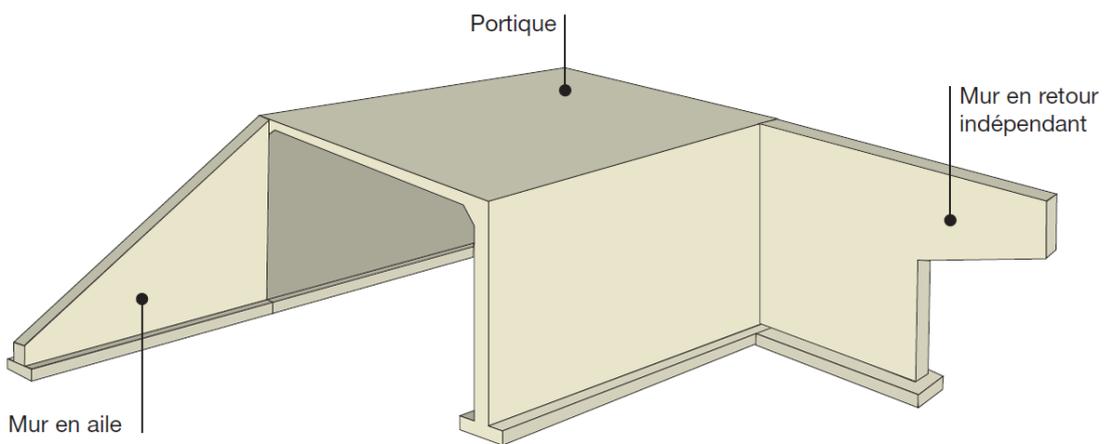


Figure 2: Portique à une alvéole

I.5.2.Description du pont-cadre:

Le pont OPTI-CADRE est constitué d'éléments en béton armé préfabriqué, formant des sections rectangulaires fermées de type cadre ou des sections rectangulaires ouvertes de type portique.

Le cadre fermé se présente sous trois formes :

- Deux éléments en « U », l'un inversé s'appuyant sur l'autre;
- Quatre éléments : un « U » inversé, deux piédestaux réunis par clavage à un radier préfabriqué ou coulé en place;
- Quatre éléments comme ci-dessus, sauf que les semelles des piédestaux se prolongent à l'extérieur du cadre.

Le portique est formé d'un élément en « U » inversé s'appuyant sur des semelles ou sur des piédestaux en béton préfabriqué ou coulé en place.

Le ponceau comprend également des murs de tête en béton préfabriqué ou coulé en place.

I.5.3.Les types des ponts cadres :

Nous présentons par la suite , les différents types des ponts cadres selon la configuration géométrique et la disposition en service de ces ponts :

- Pont OPTI-CADRE fermés
- Pont OPTI-CADRE ouverts

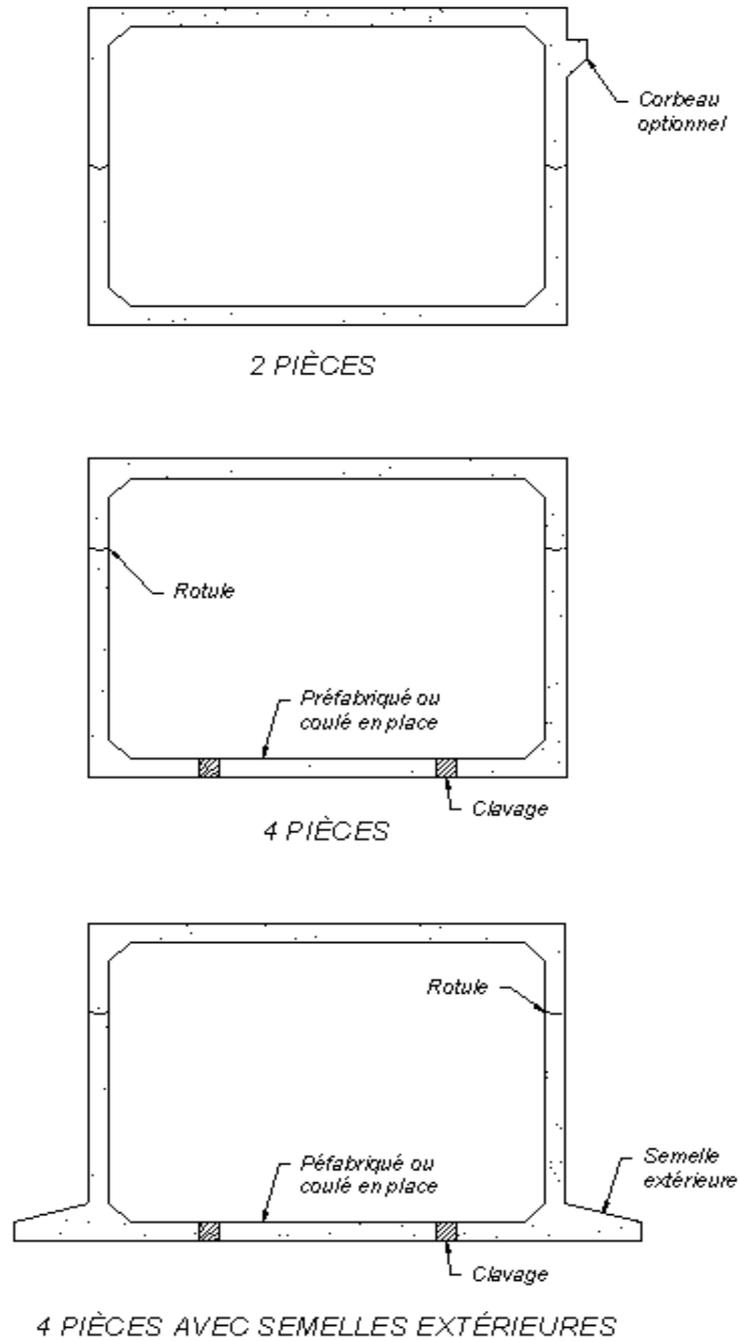
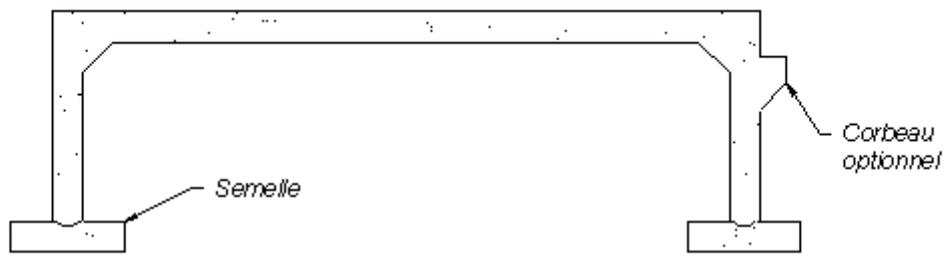
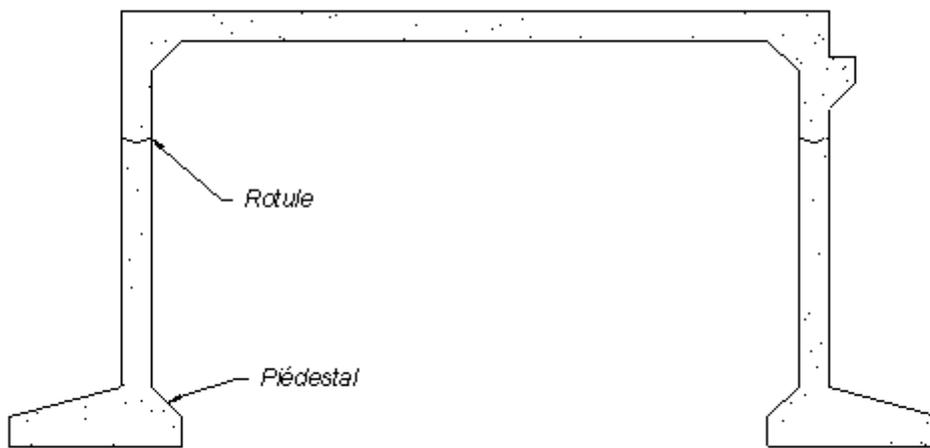


Figure3 : Pont OPTI-CADRE fermés

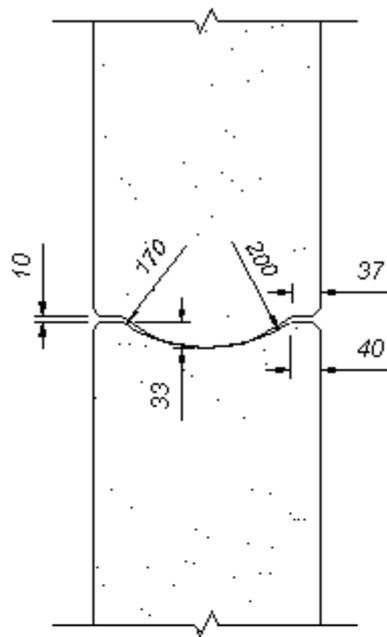


SUR SEMELLES

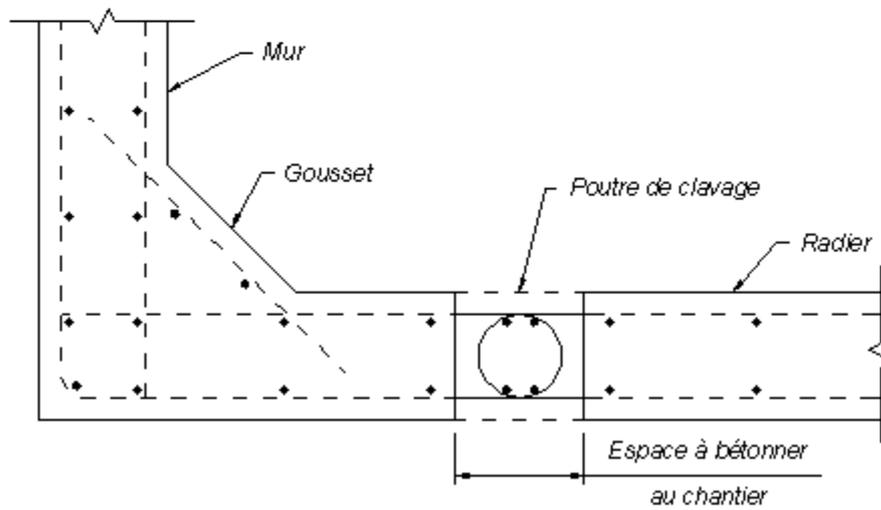


SUR PIÉDESTAUX

Figure 4: Pont OPTI-CADRE ouverts

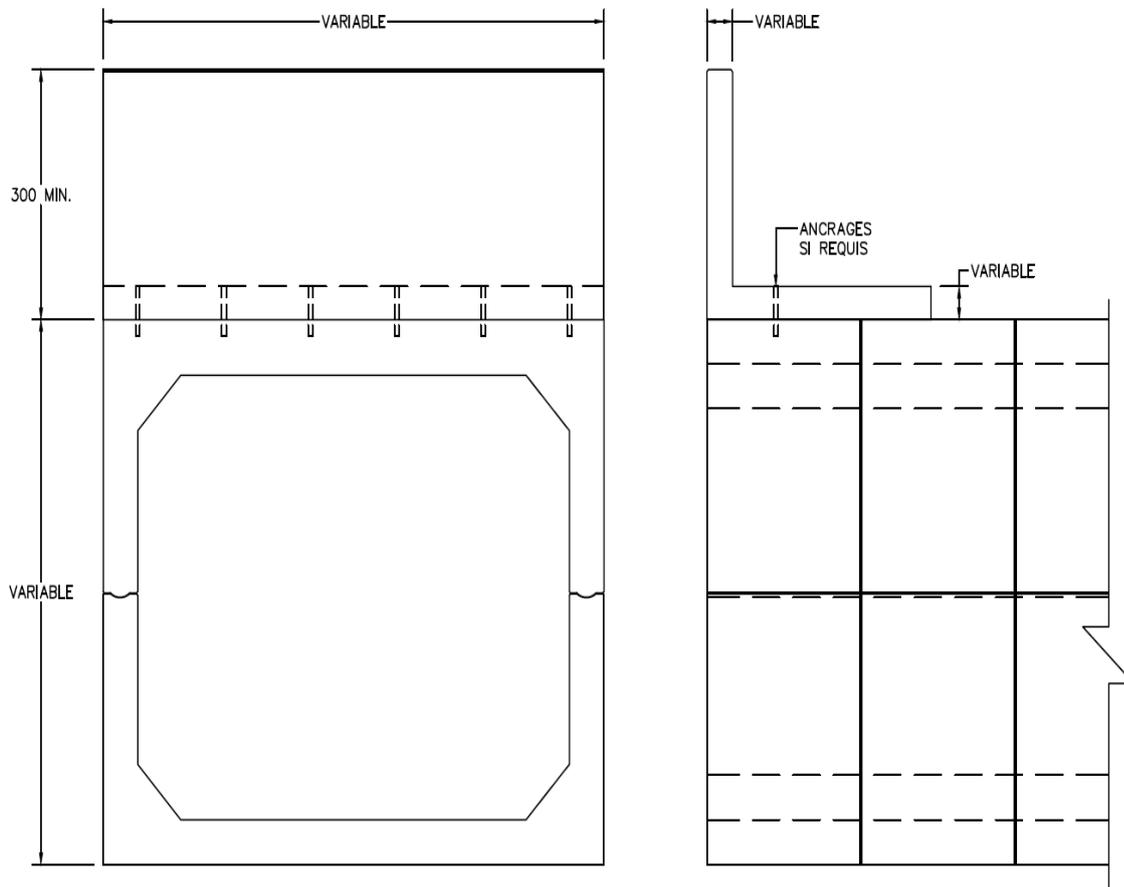


ROTULE
(paroi de 300mm)



CLAVAGE

Figure 5 : Details



OPTION : MUR EN « L » COULE EN PLACE OU PREFABRIUE

Figure 6: Mur de tête

I.5.4.MORPHOLOGIE :

La conception de ces ouvrages est très simple : le gabarit à enjamber est enveloppé par une structure monolithique en béton armé, en forme de U renversé. Les jambes du U, qui constituent Les piédroits, sont reliées par la traverse, qui fait office de tablier.

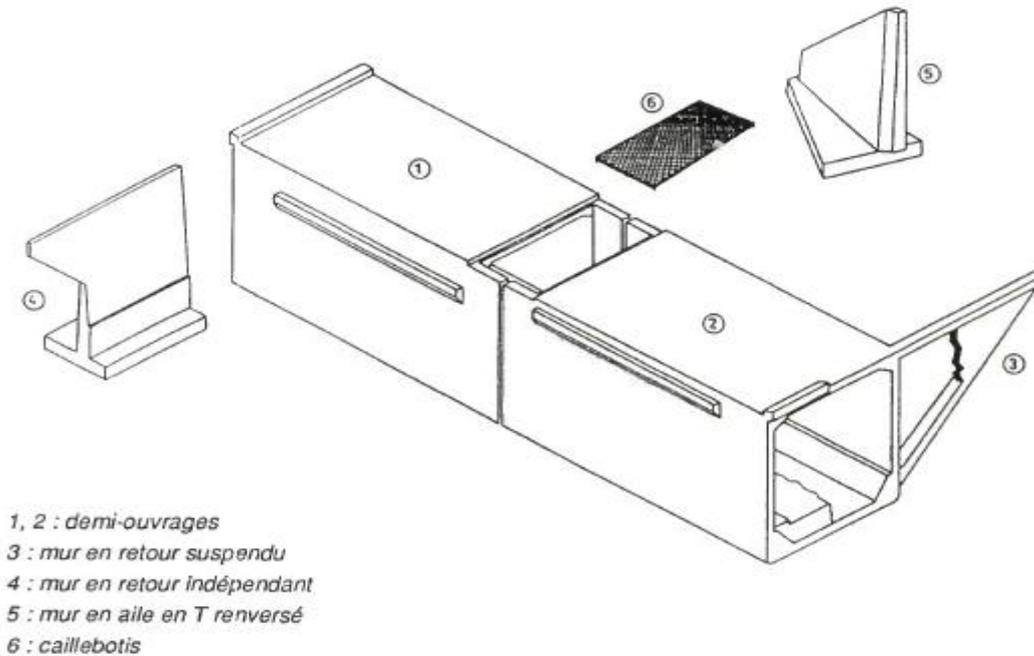


Figure 7: morphologie d'un pont cadre

I.5.5.DOMAINE D'EMPLOI

Les cadres et portiques constituent la très grande majorité des passages inférieurs dans la gamme de portées de 2 à 20 m et sont également très employés pour la réalisation de passages souterrains (dénivellation de carrefours en site urbain). Leur simplicité de forme et leur grande robustesse les rendent en effet dès bien adaptés et très compétitifs dans cette gamme de portées.

Les cadres conviennent plutôt à des portées modestes (jusqu'à environ 12 m) et présentent l'avantage de pouvoir être fondés sur tous les sols acceptant une fondation superficielle peu chargée. En effet, la traverse inférieure, faisant office de radier général, exerce des pressions de l'ordre de 100 kPa (états-limites de service rares), ce qui n'exclut pratiquement que les vases, les tourbes ou certains limons, et permet souvent de fonder l'ouvrage sur remblai compacté.

Pour les sols trop médiocres, donnant lieu à des tassements absolus ou différentiels excessifs, la solution la plus satisfaisante consiste à purger ces sols et à les remplacer par un remblai bien compacté. En cas d'impossibilité, on pourra recourir à un portique sur pieux, à condition d'étudier soigneusement, tant sur l'ouvrage que sur les pieux, l'effet du tassement et du fluage latéral du sol situé sous les remblais adjacents.

Le cas échéant, l'emploi d'une buse métallique peut être envisagé si le gabarit et la hauteur de remblai le permettent.

Par ailleurs, les cadres fermés peuvent être utilisés comme peds ouvrages hydrauliques lorsqu'une déviation provisoire coûteuse du cours d'eau n'est pas nécessaire, et, en particulier, comme ouvrages de décharge. Lorsque le tirant d'air est plat (rapport ouverture/hauteur supérieur à 2) et si le régime de la rivière s'y prête, on aura le plus souvent intérêt à réaliser un cadre double ou multiple, surtout si on est sous remblai. on peut également employer les cadres comme peds ouvrages sous remblai (ouvrages hydrauliques ou passages à bétail) lorsque la hauteur du remblai sur l'ouvrage est inférieure à 2 m.



Figure 8: Ouvrage sous remblais

Au-delà de cette limite, l'ouverture maximale économique décroît lorsque le remblai devient déplus en plus haut. A titre d'ordre de grandeur une hauteur de remblai de 3 m peut être considérée comme un maximum économique pour une ouverture de 8 m.

I.5.6. AVANTAGES ET INCONVENIENTS :

Les ponts-cadres et les portiques sont des structures monolithiques, en ce sens que les traverses et les piédroits forment un tout, d'où leur rusticité et leur robustesse tout-à-fait avantageuses.

En particulier, l'encas trement du tablier sur les piédroits assure la stabilité de ces derniers vis-à-vis des efforts horizontaux (poussée des terres,...) et permet de mieux répartir les moments dans le tablier que dans le cas d'une travée isostatique. Il en résulte une minceur remarquable, particulièrement intéressante dans le cas des franchissements de faible tirant d'air. de plus, dans leur grande majorité, ces ouvrages ne nécessitent ni joints de chaussée ni appareils d'appui, ce qui leur confère une grande facilité d'entretien. par ailleurs, les structures voûtées nécessitent un sur gabarit dû à leur forme, ainsi qu'une hauteur minimale de couverture au-dessus de la clé. La possibilité de disposer un remblai de faible hauteur sur les cadres et les portiques confère à ces derniers une plus grande souplesse d'utilisation.

En revanche, ces ouvrages, du fait de leur grande hyperstaticité, sont sensibles aux déformations imposées (tassements du sol notamment) et nécessitent certaines précautions au niveau de la conception, du calcul et de l'exécution.

En résumé, les ponts- cadres et les portiques constituent une solution souvent bien adaptée aux brèches d'importance modérée, tant sur le plan technique et économique que sur celui de l'esthétique. Il est vrai que, parmi les ouvrages réalisés, certains présentent un aspect peu satisfaisant dans leurs formes ou leurs proportions, ou

engendrent un effet d'écran préjudiciable à la visibilité et à l'esthétique pour les usagers de la voie franchie. Cependant, ces défauts relèvent en général d'une mauvaise conception et ne sont donc pas de nature à mettre en cause l'avantage de ces types d'ouvrages.

CONCLUSION

Après avoir passé en revue une présentation des ponts ainsi que leurs types, suivi d'une identification plus approfondie sur les ponts cadres. Le chapitre suivant traitera un cas pratique en étudiant un pont cadre réel.

Chapitre 2

Présentation de l'ouvrage :
Données et Hypothèses

II.1 Introduction :

La conception d'une structure fiable est basée sur plusieurs aspects : fonctionnelles, économiques et esthétiques. Dans le domaine des travaux publics et spécialement dans le cadre de la réalisation des ponts, la conception d'un ouvrage est toujours faite par étapes, par approximations successives la rapidité de la convergence dépend essentiellement outre de la complexité des données, de l'expérience du projeteur.

La démarche de conception consistera donc à fixé les choix fondamentaux avant le passage par les détails, en procédant par l'étape et affinements successifs. C'est ainsi que l'implantation des appuis et le choix de type de l'ouvrage. Les ponts cadres fait l'objet de ce choix car ils présentent une solution économique capable de satisfaire le mieux possible à toutes les conditions imposées, la simplicité et la rapidité d'exécution ce qui réduit les délais et le coûts, la maîtrise de la fabrication des éléments du pont cadre, du point de vue leur comportement mécanique, relatif à la qualité du béton et du ferrailage, bonne protection des armatures et des aciers , la qualité architecturale qui s'attache a la netteté et la franchise des solutions adoptées , des possibilités d'extension et de réparation .

II.1. présentation de l'ouvrage :

L'objectif de ce travail est la modélisation et le dimensionnement des anneaux courants sous Tramway d'une structure en pont-cadre préfabriqué déjà réalisée à la wilaya d'Oran : **CITE DJAMEL**. Pour le tracé en plan de la voie portée, les vues actuelles de l'ouvrage existant sont présentées dans **les figures : 9,10 et 11**. . Puisque la wilaya d'Oran est connue comme wilaya en zone sismique, le présent mémoire a deux intérêts :

- le redimensionnement de l'ouvrage
- et l'étude de l'effet des paramètres géométriques et géotechniques sur la modélisation sismique de l'ouvrage.

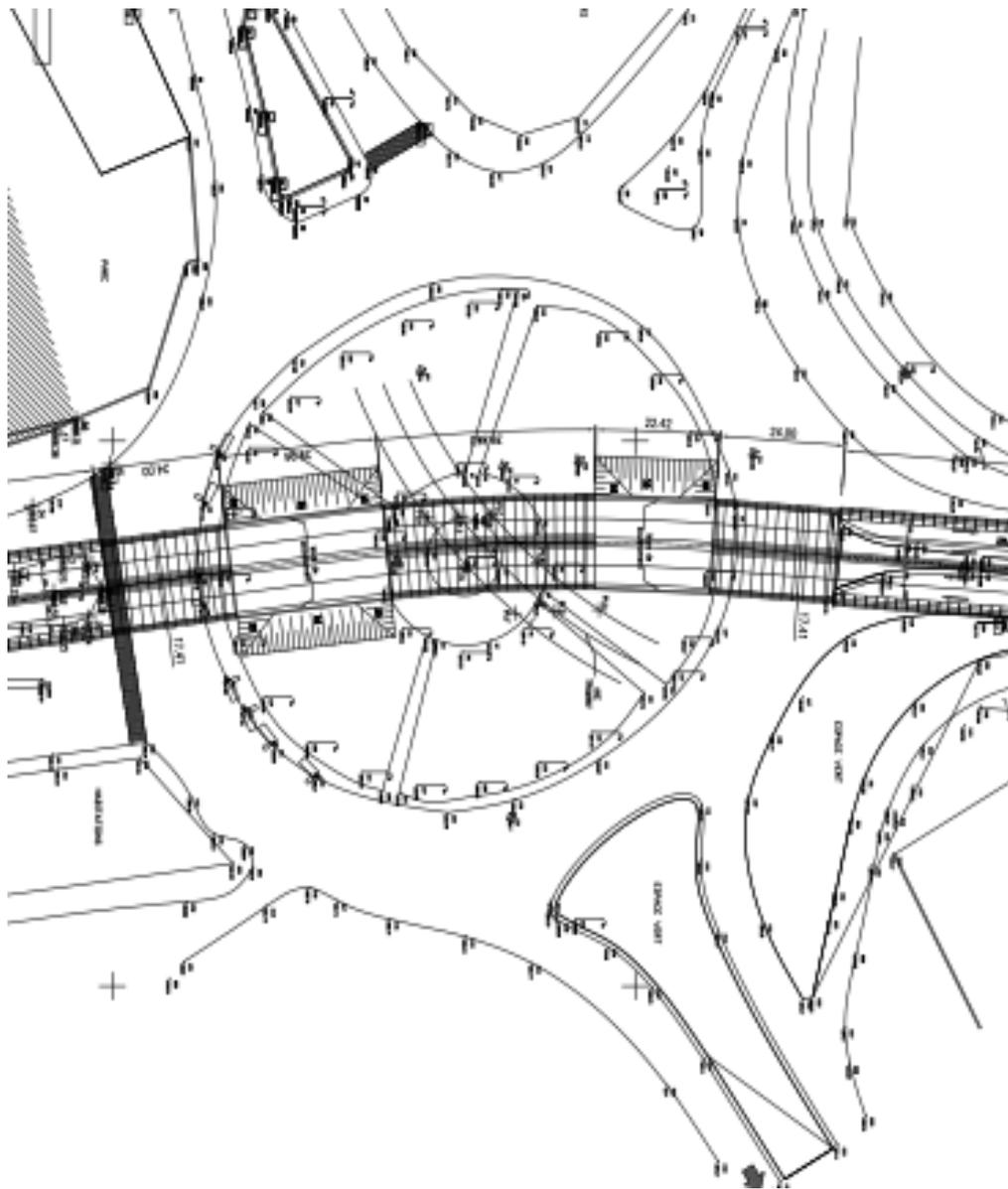


Figure 9: Vue en plan d'ensemble

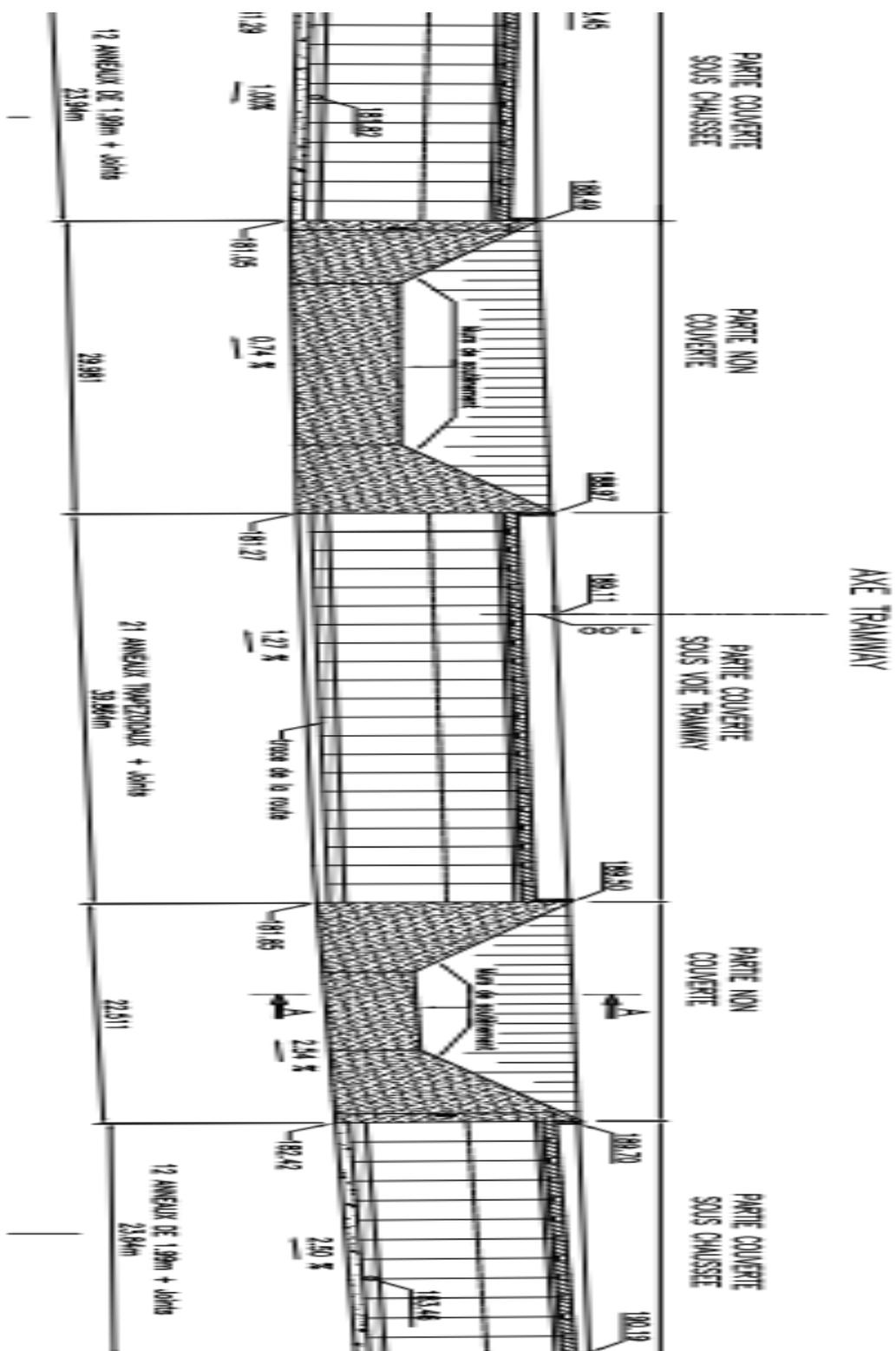


Figure 10: coupe longitudinale

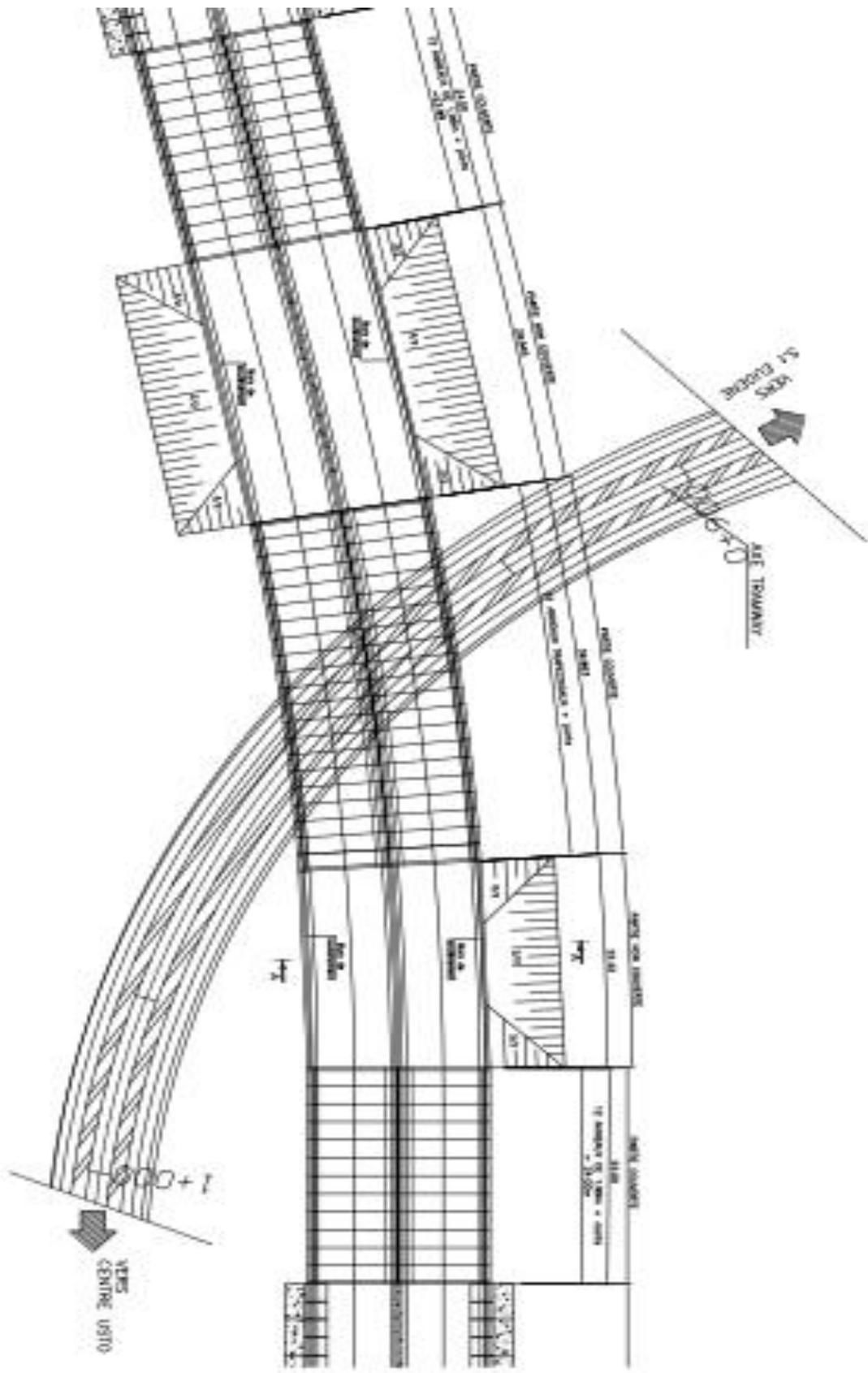


Figure 11: vue en plan

L'ouvrage concerné est un double pont-cadre de dimensions intérieures 8.00 m de large x 5.80 m de haut.

Les épaisseurs de la structure sont les suivantes :

- épaisseur de la dalle supérieure : 45 cm
- épaisseur du radier : 40 cm
- épaisseur des montants verticaux : 35 cm;

Transversalement, un opti-cadre est composé d'un "U" s'emboîtant par l'intermédiaire de rotules sur deux piédroits latéraux, et d'un radier coulé en place (voir coupe transversale)

Nous traitons ci-après le dimensionnement des anneaux courants. Nous trouvons par la suite :

- les hypothèses de calculs,
- la modélisation informatique,
- le dimensionnement
- la vérification sismique.

II.2.Hypothèse de calcul :

II.2.1. DONNEES ET HYPOTHESES

II.2.1.1 .Règlements de calcul et documents de référence :

- * Béton armé Fascicule 62 - Titre - I - Section - I - Règles BAEL 91 Révisé 99
- * Charges d'exploitation Livret 2.01 SNCF
- * Géotechnique Fascicule 62 - Titre - V –
- * Théorie de MARSTON

Dossier OH AP 64 (SETRA) et Document "Calcul des sollicitations extérieures agissant sur les conduites enterrées" édité par le CERIB

II.2.1.2 -Matériaux

a) - Béton

$$f_{c28} = 35 \text{ MPa} ; \quad f_{tj} = 2.7 \text{ MPa}$$

b) - Aciers

$$f_e = 400 \text{ MPa (HA)} \quad \eta = 1.6 \text{ (Coefficient de fissuration)}$$

II.2.1.3 .Contraintes réglementaires

E.L.U.

- contraintes normales :

$$\sigma_{bu} = (0.85 \times f_{c28}) / 1.5 \quad f_{c28} = 35 \text{ Mpa} \Rightarrow \sigma_{bu} = 19.83 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{su} = f_e / 1.15 = 347.80 \text{ Mpa}$$

- contraintes tangentielles

$$\tau_u = 0.15 \times f_{c28} / 1.5 \quad f_{c28} = 35 \text{ Mpa} \Rightarrow \tau_u = 1.63 \text{ MPa}$$

E.L.S.(fissuration préjudiciable en service et à la construction)

$$\sigma_{bc} = 0.6 \times f_{c28} \quad f_{c28} = 35 \text{ Mpa} \Rightarrow \sigma_{bc} = 21.00 \text{ Mpa}$$

$$-\sigma_s = \text{Min} [2f_e/3; \text{Max} (0.50 f_e; 110 \times \sqrt{\eta \times f_{tj}})] = 229 \text{ MPa}$$

Diamètre minimal des armatures : 8 mm

L'enrobage est pris à 3 cm aux têtes d'épingles, et à 5 cm à l'axe des aciers principaux

II.2.1.4 . Densités des matériaux :

Le poids volumique des terres est pris égal à 2.0 t/m³

Le poids volumique du béton armé est pris égal à 2.5 t/m³

II.2.1.5 . Remblais latéraux :

Nous calculons la raideur horizontale des remblais contigus, en appliquant la méthode de MENARD basée sur l'utilisation du pressiomètre. Nous assimilons l'ouvrage à une semelle verticale rectangulaire de longueur infinie et de largeur égale à la hauteur de l'ouvrage (**Annexe 05**).

$$1 / Kh = \left(\frac{\alpha * B}{9E_A} \right) \lambda_c + \frac{2B_0}{9E_B} [\lambda_d * B / B_0]^\alpha$$

Dans laquelle

- EA = EB = 5 MPa (cette valeur est prise volontairement faible de façon à prendre en compte le fait que l'ouvrage est posé dans une tranchée très étroite et remblayé avec des matériaux qui pourraient ne pas être compactés)
- α = coefficient de structure du sol = 0.5
- B = largeur de la semelle assimilée à la hauteur de l'ouvrage = 6.65 m
- Bo = 60 cm : largeur de référence
- λ_c, λ_d : paramètres géométriques fonction du rapport L/B $\lambda_d = 2.40$; $\lambda_c = 1.45$

Kh = 1.23 MPa/m (module différé)

Kh = 2.46 MPa/m (module instantané)

II.2.1.6 . Sol de fondation :

L'étude géotechnique fournie,. Comprend essentiellement des coupes géologiques avec description et analyse des différentes couches de sols. L'ouvrage est fondé environ à 7.00m en dessous du terrain naturel, ce qui correspond à la couche de sable consolidé moyen à grossier beige ou marron :

En l'absence de sondages pressiométriques ou pénétrométriques, nous déterminons un module de réaction vertical K_v , en utilisant la méthode de MENARD basée sur l'utilisation du pressiomètre, en exigeant sur site un module d'essai de plaque LCPC $EV2 > 45 \text{ MPa}$.

Soit avec un coefficient de sécurité égal à 1.50, le module œdométrique de calcul vaut (**Annexe 05**):

$$E_{oedo} = 45 / 1.5 = 30 \text{ MPa}$$

$$E_p = E_{oedo} / 3 = 30 / 3 = 10 \text{ MPa}$$

$$1/K_v = \left(\frac{\alpha * B}{9E_A} \right) \lambda_c + \frac{2B_0}{9E_B} [\lambda_d * B / B_0]^\alpha$$

avec : $E_A = E_B = E_p \text{ calcul} = 10.0 \text{ MPa}$

α = coefficient de structure du sol = 0.5

B = largeur de la semelle rigide associée = $8.70\text{m} / 6 = 1.45 \text{ m}$

B_0 = 60 cm : largeur de référence

λ_c, λ_d : paramètres géométriques fonction du rapport L/B $\lambda_d = 2.40$; $\lambda_c = 1.45$

soit $K_v = 14.56 \text{ Mpa/m}$ (module différé)

soit $K_v = 29.12 \text{ Mpa/m}$ (module instantané)

Sur le site, Il sera requis un module d'essai à la plaque $EV2 > 45 \text{ MPa}$

Si le sol en place présente des caractéristiques mécaniques plus faibles, une substitution sera nécessaire. L'épaisseur de cette substitution sera déterminée à l'ouverture des fouilles

II.2.1.7 . Surcharges d'exploitation :

i- à la construction

Nous considérons en phase de construction : Roue Br de 10 t

Couverture minimale en phase de construction : 1.00 m

Nota : Le dôme de protection, nécessaire à réaliser avant passage d'engins lourds, doit être mis en œuvre à l'aide de compacteurs légers

La charge à la construction est affectée d'un coefficient dynamique δ pris égal à 1.40 et pondérée par 1.20 à l'ELS et 1.60 à l'ELU.

ii- en service

Un Tramway est prévue de circuler sur l'ouvrage, le programme de calcul dont nous disposons est prévu pour prendre en compte les surcharges ferroviaires UIC conformément au livret 2.01 de la SNCF (règlement français). Ces surcharges sont plus défavorables que celles du tramway (hypothèse qui va dans le sens de la sécurité).

Charge ferroviaires UIC et Wagons avec coefficient dynamique (Livret 2.01)

Effort de freinage

La couverture de terre au-dessus de la dalle prise en compte est : $H = 1.00 \text{ m}$.

II.2.1.8 – Détermination des densités de charges après diffusion :

Les charges à la construction sont diffusées suivant un angle de 40° jusqu'au plan horizontal passant par la fibre neutre de la traverse supérieure (**Annexe 01**).

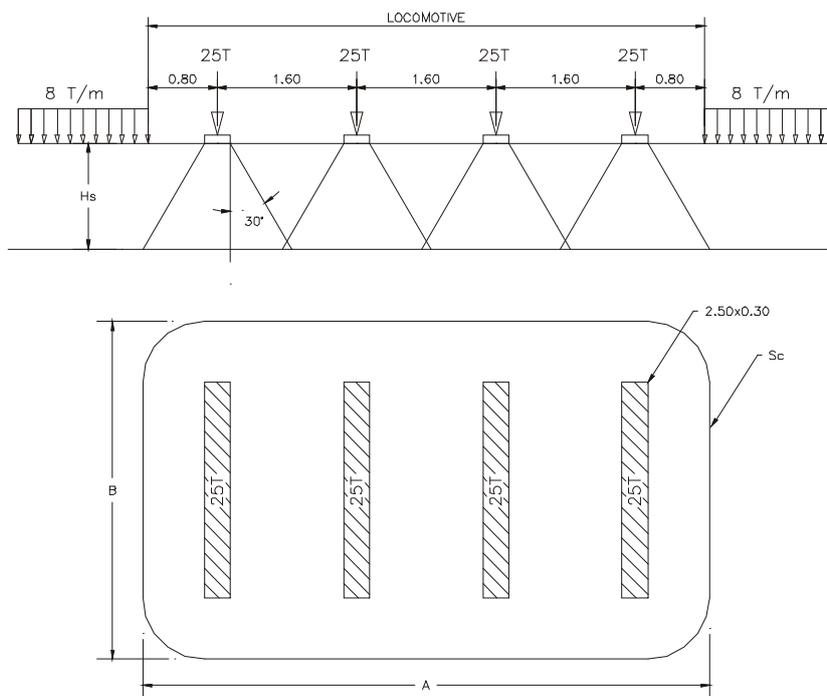
Les charges ferroviaires en service sont diffusées suivant un angle de 30° jusqu'au plan horizontal passant par la fibre neutre de la traverse supérieure.

Hauteur de diffusion à la construction : $H_c = 1.00 + 0.45/2 = 1.225 \text{ m}$

Hauteur de diffusion en service : $H_s = 1.00 + 0.45/2 = 1.225 \text{ m}$

- **Charge UIC 71**

Pour $H_{s1} = 1.225 \text{ m}$, les impacts s'interfèrent, la surface d'impact est calculée suivant le schéma ci-après :



$H_{s1} = 1.225 \text{ m}$;

$A = 6.514 \text{ m}$;

$B = 3.914 \text{ m}$

Surface impact S_c :

$$S_c = A \times B - (4 - 3.1415) \times (H_{s1} \times \tan(30^\circ))^2 = 25.071 \text{ m}^2$$

Densité de charge ramenée par un impact de locomotive : $Q_{Loco} = 100 \text{ t} / S_c = 3.988 \text{ t/m}^2$

Calcul du coefficient dynamique

En règle générale, la formule issue du livret 2.01 de la SNCF est :

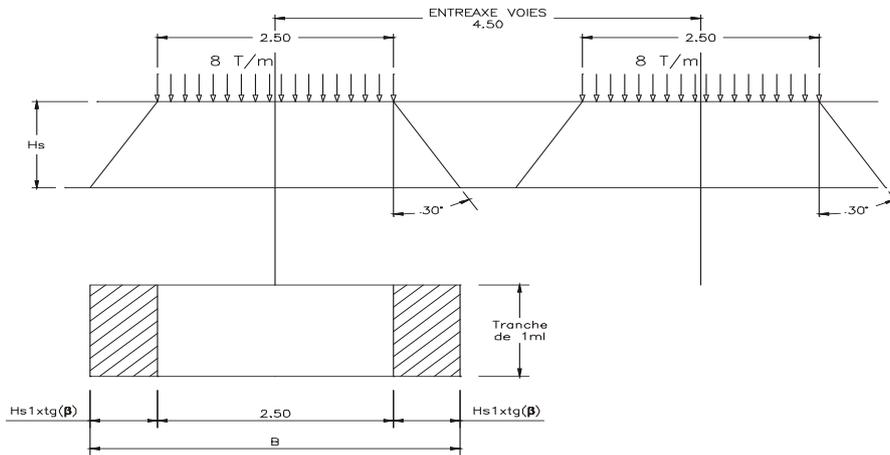
$$\delta = \frac{1.44}{\sqrt{L_0 - 0.2}} + 0.82$$

avec $L_o = 1.3 \times L_i$ (largeur intérieur du cadre) = $1.3 \times 8.00 = 10.40\text{m}$

Le coefficient dynamique vaut : $\delta = 1.30$

Wagons

Les charges latérales apportées par les wagons sont diffusées jusqu'au plan moyen de la dalle de la façon suivante :



Diffusion suivant un angle $\beta = 30^\circ$

$$Hs1 = 1.00 + 0.45/2 = 1.225\text{m}$$

$$Hs1 \text{ tg}(30^\circ) = 0.707\text{m}$$

$$B = 3.914\text{m}$$

Soit une densité de charge :

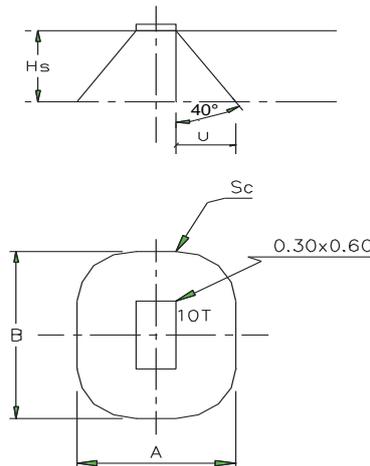
$$Q_w = 8 \text{ t} / (B \times 1) = 8 / (3.914 \times 1) = 2.044 \text{ t/m}^2$$

II.2.1.9 – Détermination des densités de charges en phase de construction :

Diffusion dans le remblai à 40° jusqu'au feuillet moyen de la dalle SUP

Hauteur de diffusion $Hc1 = Hc + Ep/2 = 1.00 + 0.45/2 = 1.225 \text{ m}$

Roue Br de 10t



$$U = Hs \times \text{Tan}(40^\circ) = 0.524\text{m}$$

$$A = (0.30 + 2 \times U) \quad B = (0.60 + 2 \times U)$$

La surface d'impact vaut : $Sc = A \times B - (4 - 3.14) \times U^2 = 1.988 \text{ m}^2$

Soit une charge répartie : $q_{Br} = 10 \text{ t} / Sc = 5.030 \text{ t/m}^2 \times 1.60$ (coef dyn) = 8.048 t/m^2

II.3. COFFRAGES :

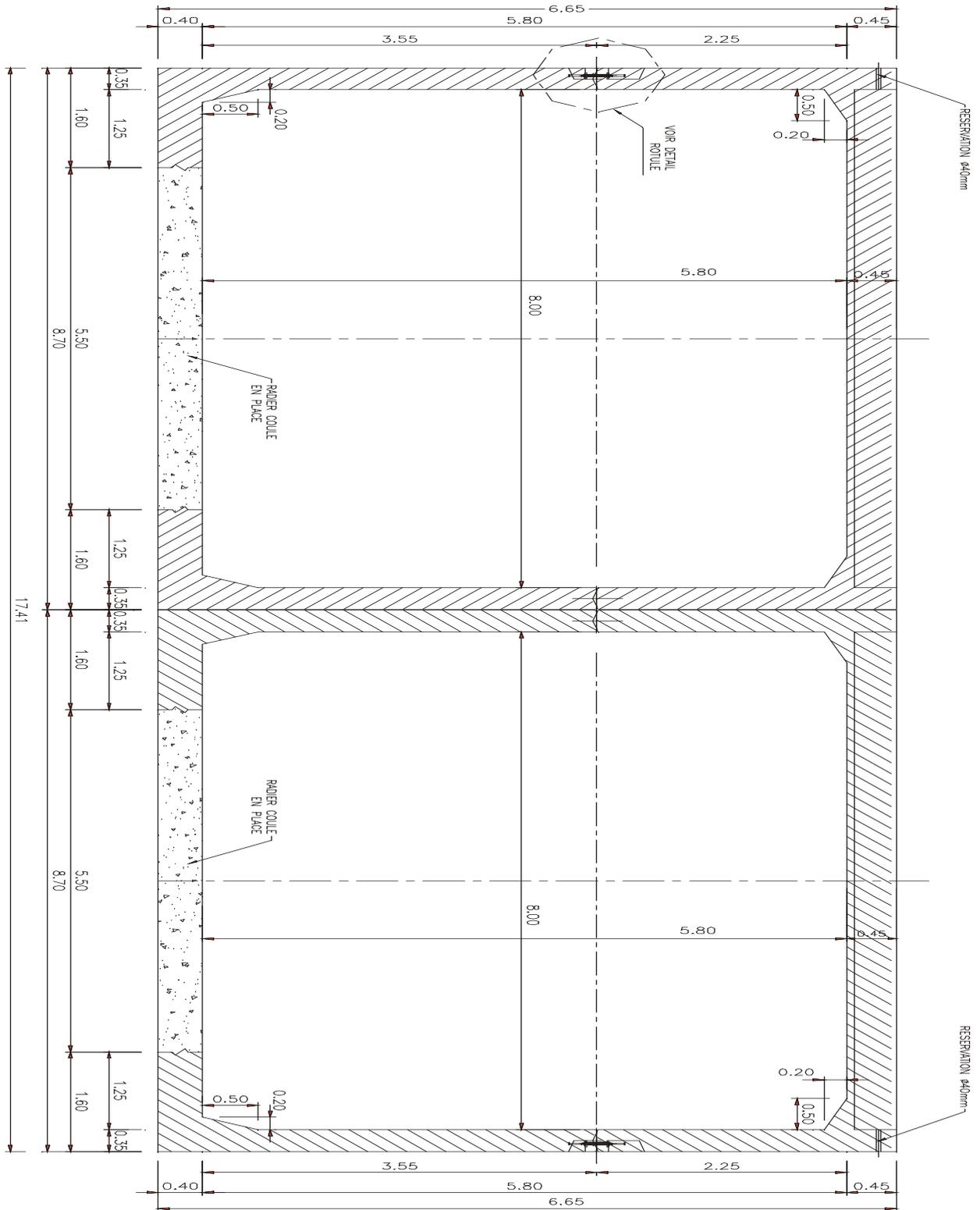


Figure 12: Coupe Transversale zone sous TRAMWAY

Chapitre 3

Programme de calcul et
modélisation

CHAPITRE 3 : PROGRAMME DE CALCUL ET MODELISATION

III.1. CALCUL NUMERIQUE MODELISATION :

Le calcul est effectué pour une tranche de **1ml**.

III.1.1. Programme de calcul :

Le calcul de la structure est effectué par un enchaînement de programmes articulés autour du programme général « ROBOT »

Nous avons généré 08 fichiers de données propres au programme « ROBOT » composés uniquement des cas élémentaires de chargement. Ces fichiers sont les suivants (**Annexe 02**):

DON0.txt : poids propre des éléments en phase de stockage

DON01.txt : poids propre de l'ouvrage avant coulage du radier

DON1.txt : poids propre de l'ouvrage en place

DON2c.txt : phase construction

DON2K50.txt : - charges permanentes en service avec $K_o=0.50$

DON3K50.txt : - surcharges d'exploitation à la construction et en service avec $K_o=0.50$

DON2K25.txt : - charges permanentes en service avec $K_o=0.25$

DON3K25.txt : - surcharges d'exploitation à la construction et en service avec $K_o=0.25$

Le programme de calculs « ROBOT » traite ces fichiers et stocke tous les résultats (déplacements, moments, efforts normaux et tranchants) dans des fichiers spécifiques.

Ces résultats sont exploités pour rôle :

- d'ajouter le poids propre à toutes les combinaisons de chargement avec les pondérations réglementaires
- d'indiquer les déplacements ELS verti. et Horiz. en chaque nœud de la structure
- de faire l'enveloppe des sollicitations ELU et ELS en chaque nœud de la structure
- de calculer en chaque nœud les sections d'aciers strictement nécessaires pour l'ensemble des combinaisons ELU et ELS
- de calculer l'enveloppe de ces sections
- de vérifier les contraintes dans les matériaux pour les combinaisons ELS
- de déterminer les diamètres et longueurs des aciers à mettre en place à partir des arrêts de barres de chaque élément préfabriqué
- de générer les nomenclatures des diverses armatures avec leur façonnage

III.1. 2 - Modélisation du cadre :

L'ouvrage est constitué de deux opti cadres posés cote à cote, ce qui fait chaque cadre est d'un coté en contact avec les remblais et de l'autre en contact avec le cadre adjacent. Le cadre est modélisé par une structure à barres. Le modèle comporte 58 barres (inertie variable ou constante) et 56 nœuds. L'interaction sol/structure est représentée par des appuis élastiques disposés aux nœuds du modèle (cf. schéma suivant).

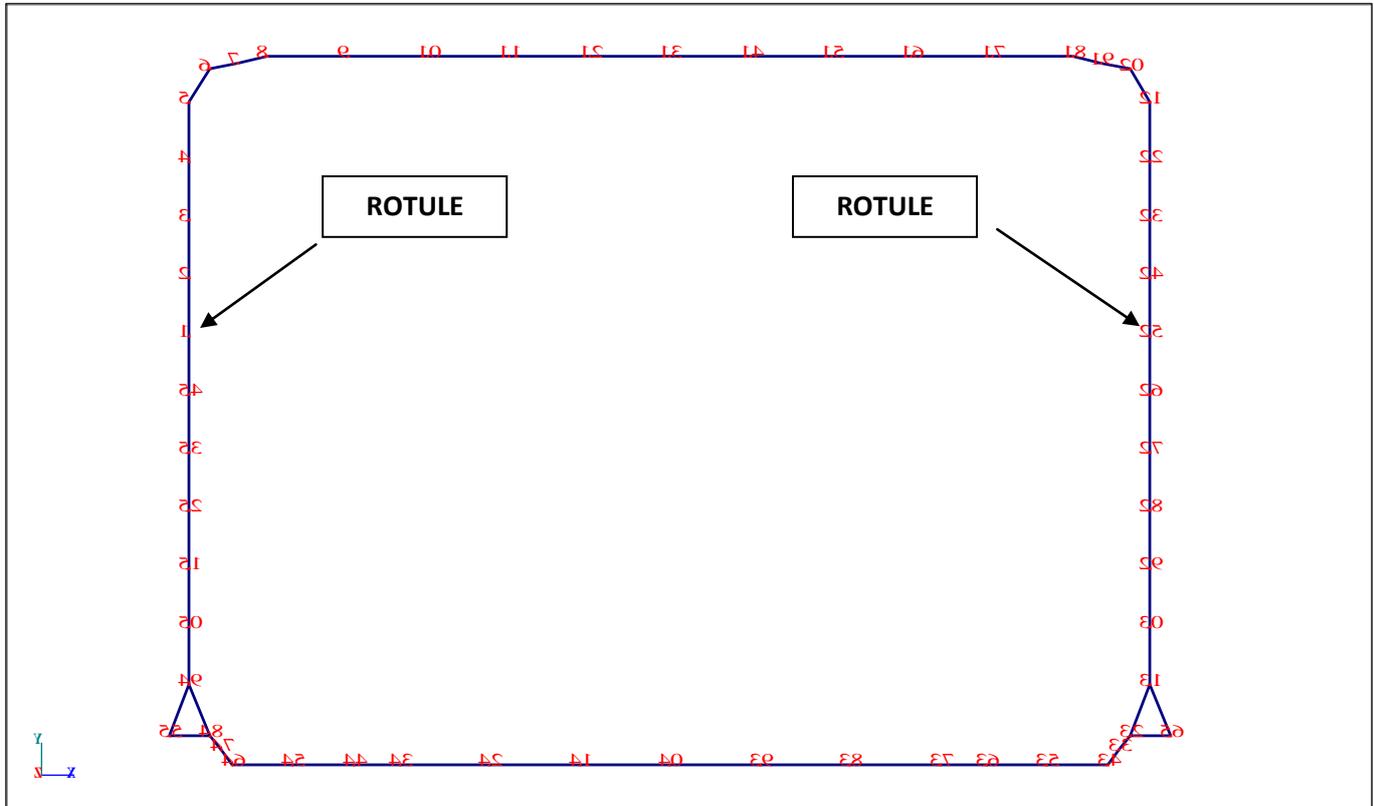


Figure 13: le maillage de la structure (numérotation des nœuds)

Numérotation des éléments

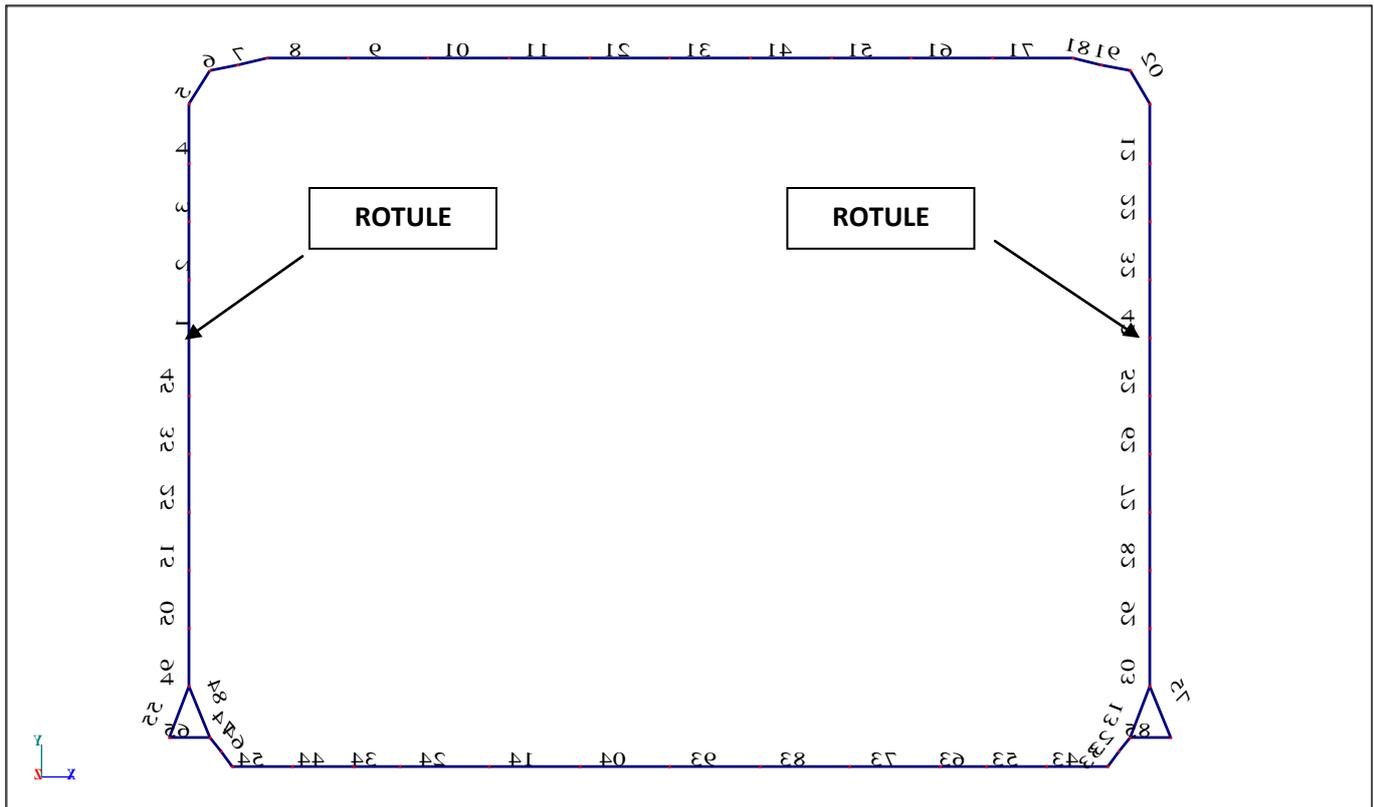


Figure 14: le maillage de la structure (numérotation des éléments)

III.1.3 -Modélisation du sol de fondation et des remblais latéraux :

Les effets du sol de fondation et des remblais latéraux constituent "l'interaction sol/structure". Elle est modélisée par des ressorts d'interaction positionnés aux nœuds de la structure (les déformations du conduit étant faibles, le sol reste en phase élastique).

Les ressorts éventuellement tendus sont supprimés.

a - Sol de fondation

Le sol de fondation est représenté par des ressorts verticaux dont les raideurs sont calculées à partir du module de réaction verticale introduit en données.

L'intensité K_Y de chaque ressort est calculée comme suit :

si $L(i)$ est la longueur de la barre (i) et $L(i+1)$ celle de la barre (i+1) alors :

$$K_Y \text{ (au noeud } i) = K_v \times 1.00 \times [L(i) + L(i+1)] / 2$$

où K_v est le module de réaction verticale en t/m³ du sol de fondation.

b – Remblais latéraux

Les remblais latéraux sont représentés par des ressorts horizontaux dont les raideurs sont calculées à partir du module de réaction horizontale K_h introduit en données.

L'intensité KX de chaque ressort est calculée comme suit :

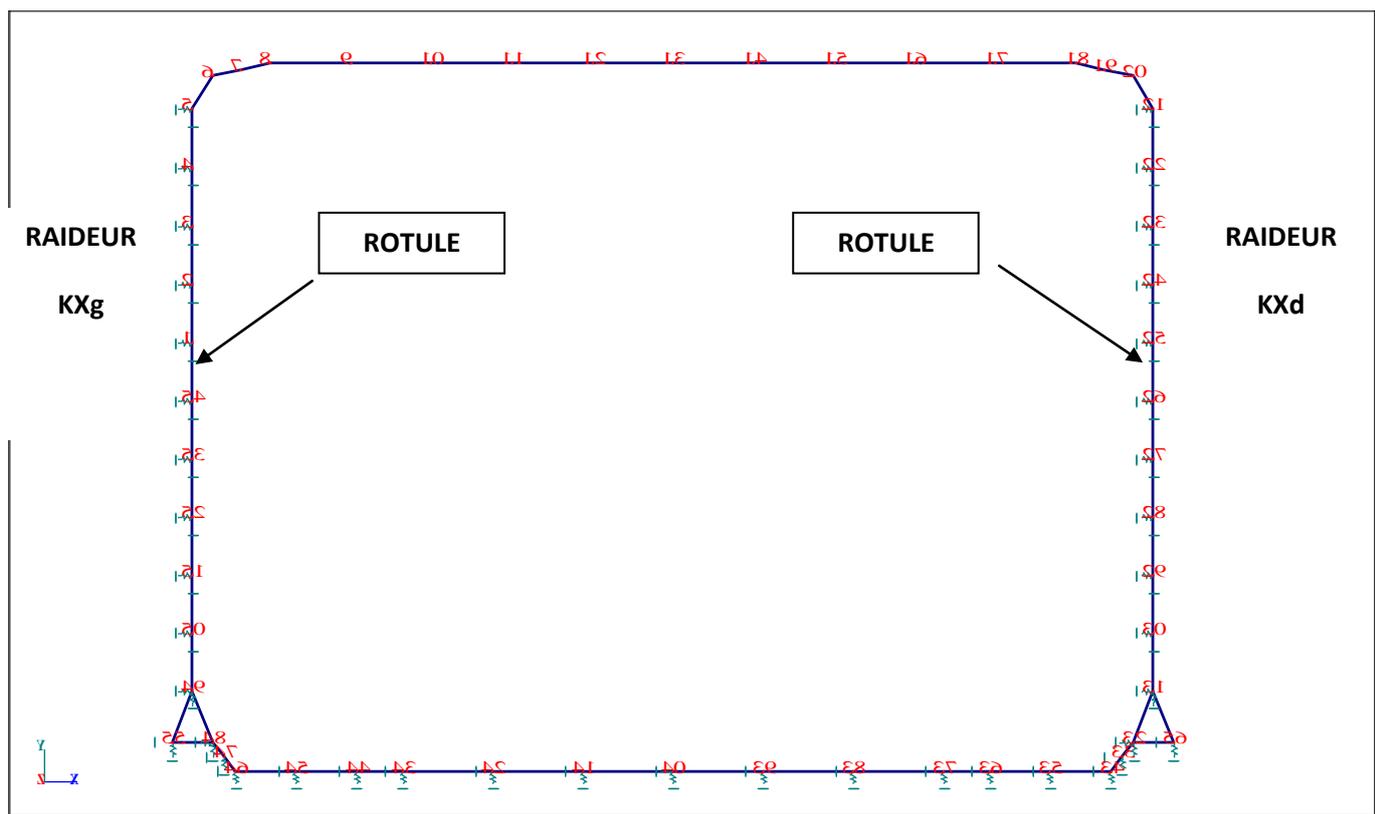
si $L(i)$ est la longueur de la barre (i) et $L(i+1)$ celle de la barre (i+1) alors :

$$KX \text{ (au noeud } i) = K_h \times 1.00 \times [L(i) + L(i+1)] / 2$$

où K_h est le module de réaction horizontale en t/m³ des remblais latéraux.

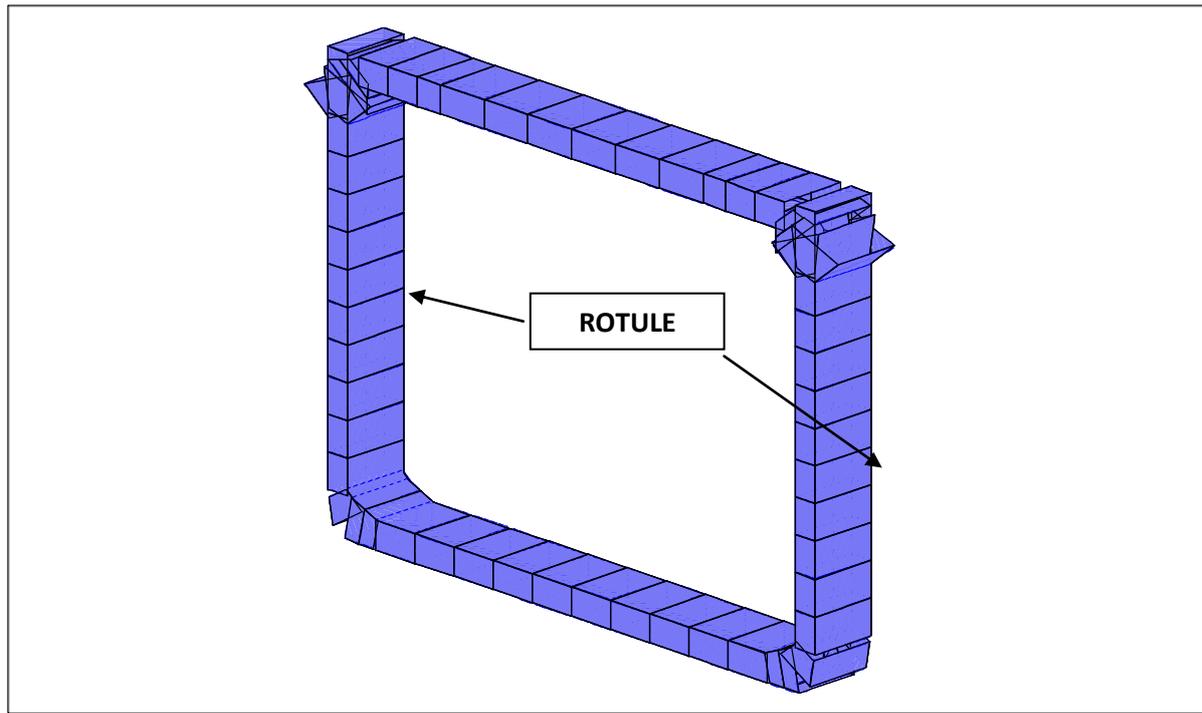
Pour le dimensionnement, nous modéliserons un seul opti cadre et pour simuler la présence d'un cadre adjacent, nous introduisons des appuis élastiques horizontaux de raideur importante.

III.1.4. Modélisation : Interaction Sol - Structure



Raideur des ressorts $KXd \gg \gg KXg$

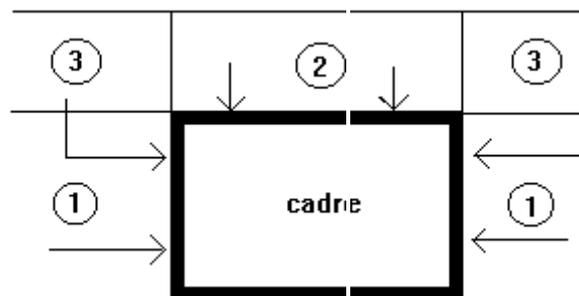
Perspective Calcul pour une tranche de 1ml



III.1.5.Poids des terres :

Les charges provenant des terres sont décomposées en charges élémentaires :

- Charges situées sous le niveau supérieur du cadre :
 - Zone 1 : influence "horizontale"
- Charges situées au niveau supérieur du cadre :
 - Zone 2 : influence "verticale"
 - Zone 3 : influence "horizontale"



Les cas de charges relatifs à la zone 2 sont calculés pour une hauteur de 1 m de terres. Ils sont multipliés dans la suite des calculs :

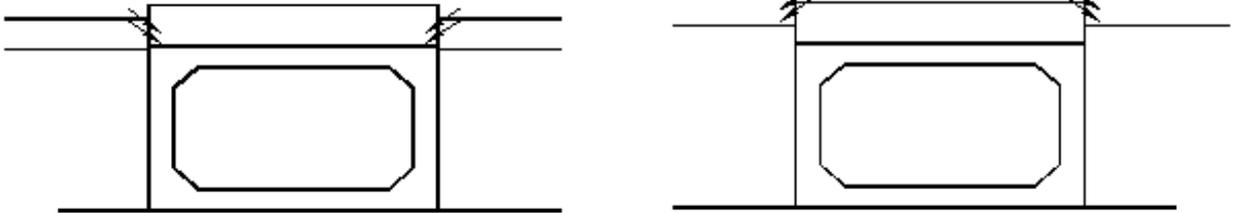
- à la construction par H_c (hauteur de terres à la construction)
- en service par H_s (hauteur de terres en service)

Sous l'action des remblais situés au-dessus de la génératrice supérieure de l'ouvrage, il se produit des tassements :

- du cadre,

- des remblais latéraux sur la hauteur du cadre,
- de l'assise

En général, les tassements totaux au niveau du plan (P) calculés pour la zone latérale et la zone au droit de l'ouvrage ne sont pas égaux, et il se produit des reports de charges par le biais de contraintes de cisaillement, tendant à uniformiser les tassements.



1er CAS

Cadre plus rigide que les remblais :
Les reports de charge augmentent les charges verticales appliquées au cadre

2ème CAS

Cadre plus souple que les remblais :
Les reports de charges diminuent les charges verticales appliquées au cadre

Ce phénomène a été mis en équation (et expérimenté) par MARSTON.

L'effet des reports de charges est calculé sous la forme d'une majoration ou d'une minoration du poids des terres de couverture. Par sécurité, ce coefficient appelé coefficient de MARSTON, ne sera jamais pris inférieur à 1. Il est appliqué aux charges de la Zone 2

III.2.CAS DE CHARGE ENVISAGES :

III.2.1.Cas de charges élémentaires envisagées (Hors pondération) :

La valeur du coefficient de poussée K_a est prise égale en fourchette entre 0.50 et 0.25

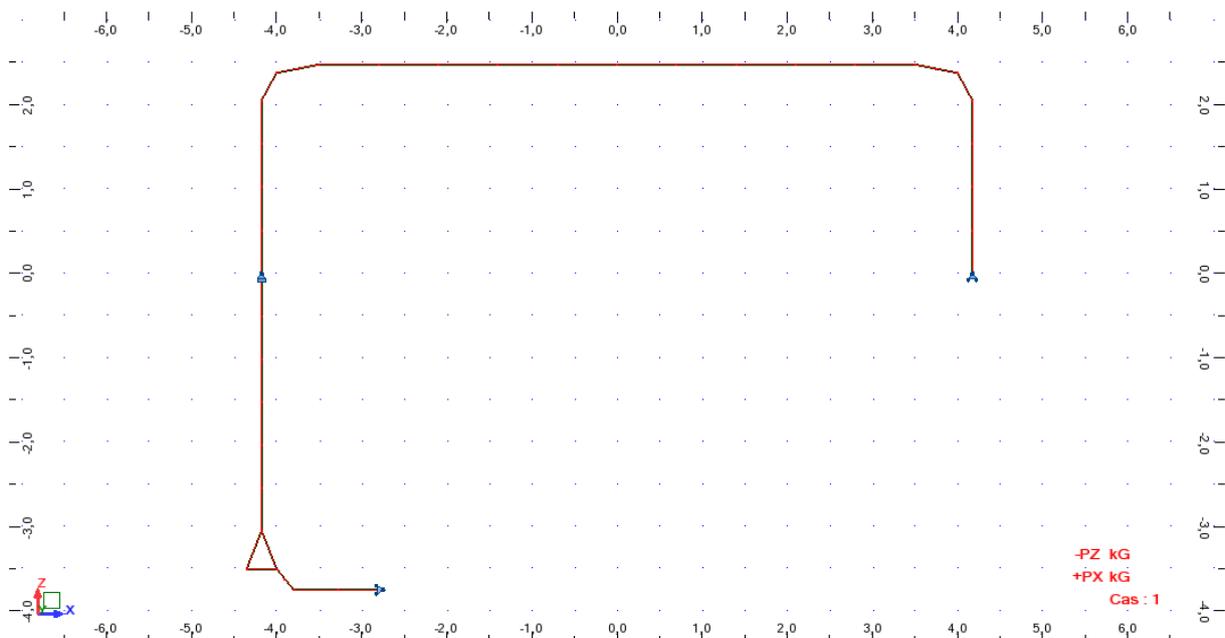
La valeur de la charge uniformément répartie $A = 1.000 \text{ t/m}^2$

Cas de chargement élémentaire
Cas 01: POIDS PROPRE AU STOCK
Cas 02: POIDS PROPRE AVANT COULAGE DU RADIER
Cas 03: Poids propre de l'ouvrage complet
Cas 04: ouvrage remblayé jusqu'à la dalle à la construction
Cas 05: ouvrage remblayé au 3/4 à la construction
Cas 06: terre de la zone 1
Cas 07: terre de la zone 2
Cas 08: terre de la zone 3
Cas 09: charge de A t/m ² sur la dalle supérieure
Cas 10: charge de A t/m ² sur le côté gauche uniquement
Cas 11: charge de A t/m ² sur la 1/2 dalle gauche
Cas 12: charge répartie centrée (largeur d'une 1/2 dalle)
Cas 13: charge de A t/m ² sur les 2 cotés simultanément
Cas 14: roue Br de 10t sur le noeud n1(13)
Cas 15: roue Br de 10t sur le noeud n2(11)
Cas 16: roue Br de 10t sur le noeud n3(9)
Cas 17: loco. UIC sur le noeud n1(13)
Cas 18: loco. UIC sur le noeud n2(11)
Cas 19: loco. UIC sur le noeud n3(9)

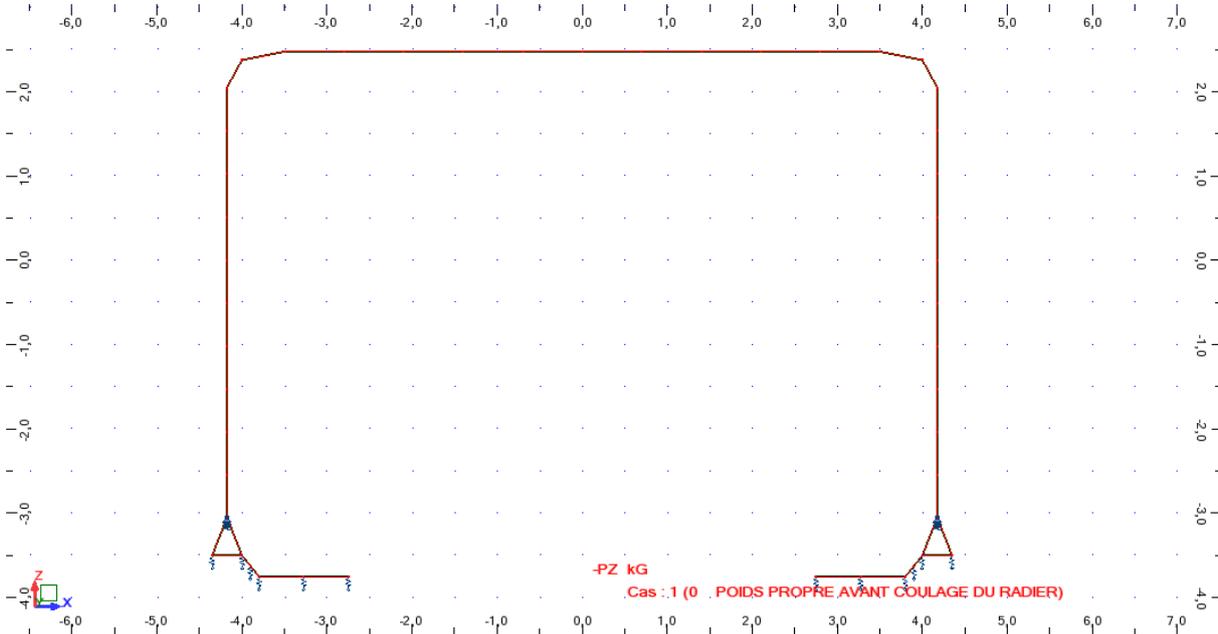
Tableau 1: Cas de charges élémentaires envisagées (Hors pondération)

III.2.2 .Modélisation des cas de charges élémentaires :

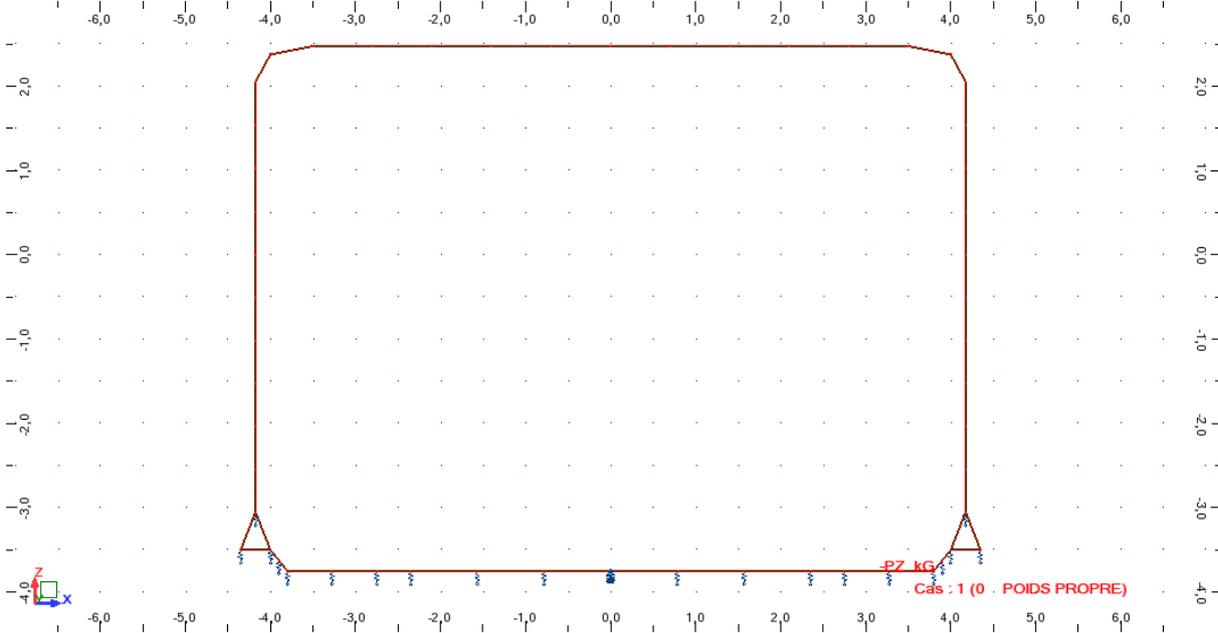
Cas 01: POIDS PROPRE AU STOCK



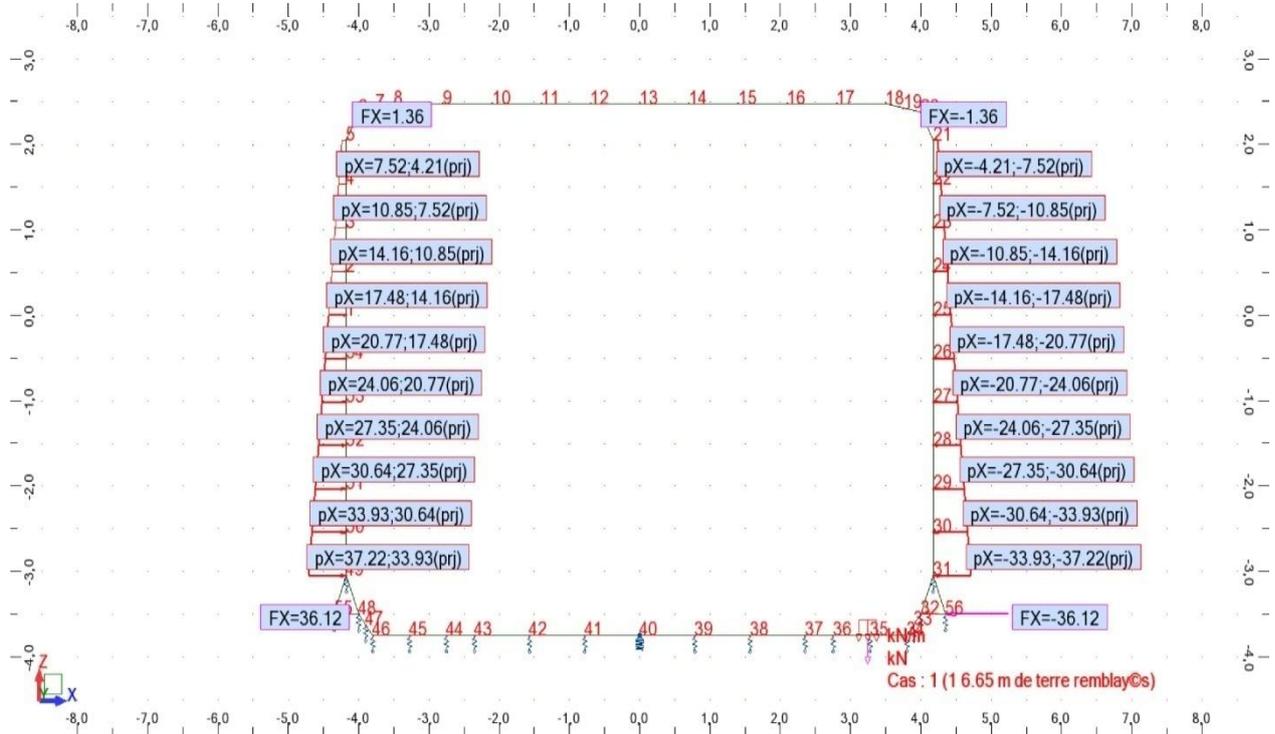
Cas 02:POIDS PROPRE AVANT COULAGE DU RADIER



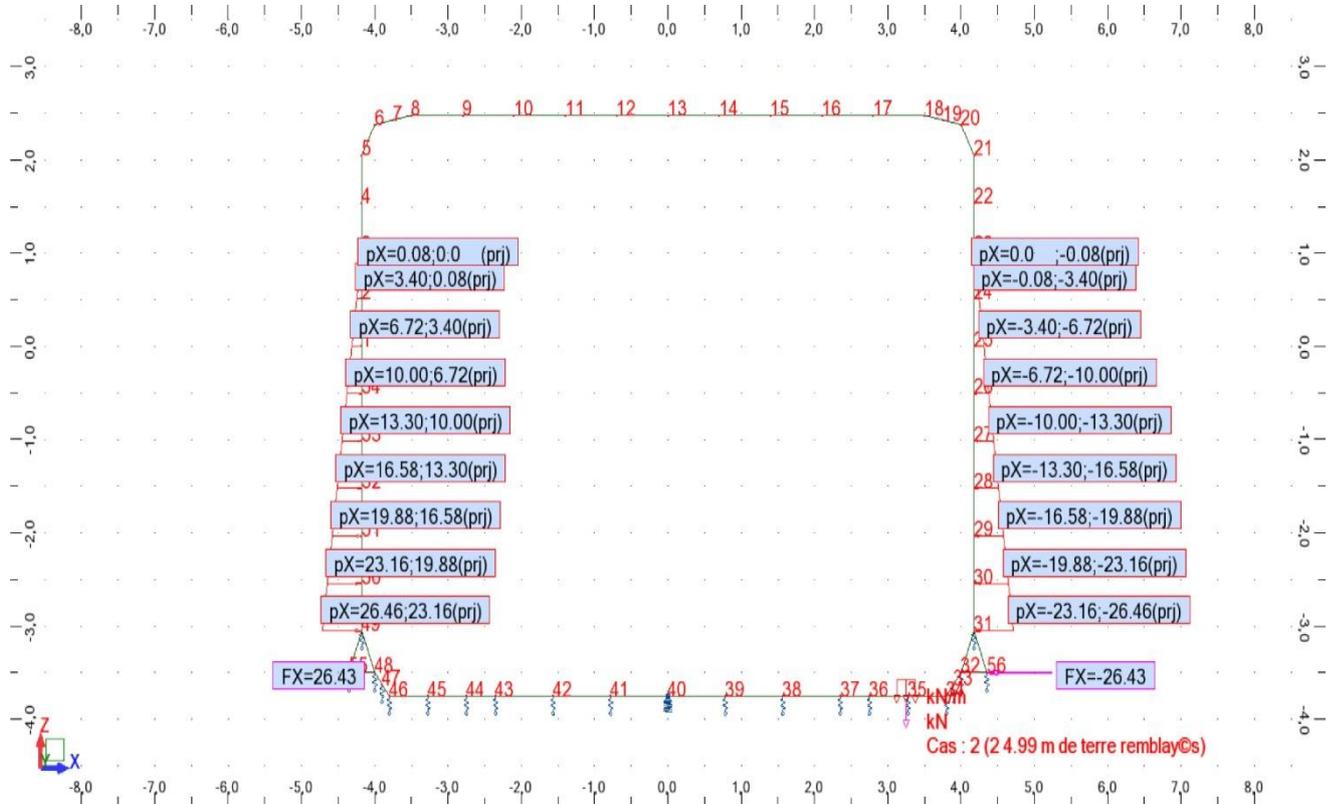
Cas 03:Poids propre de l'ouvrage complet



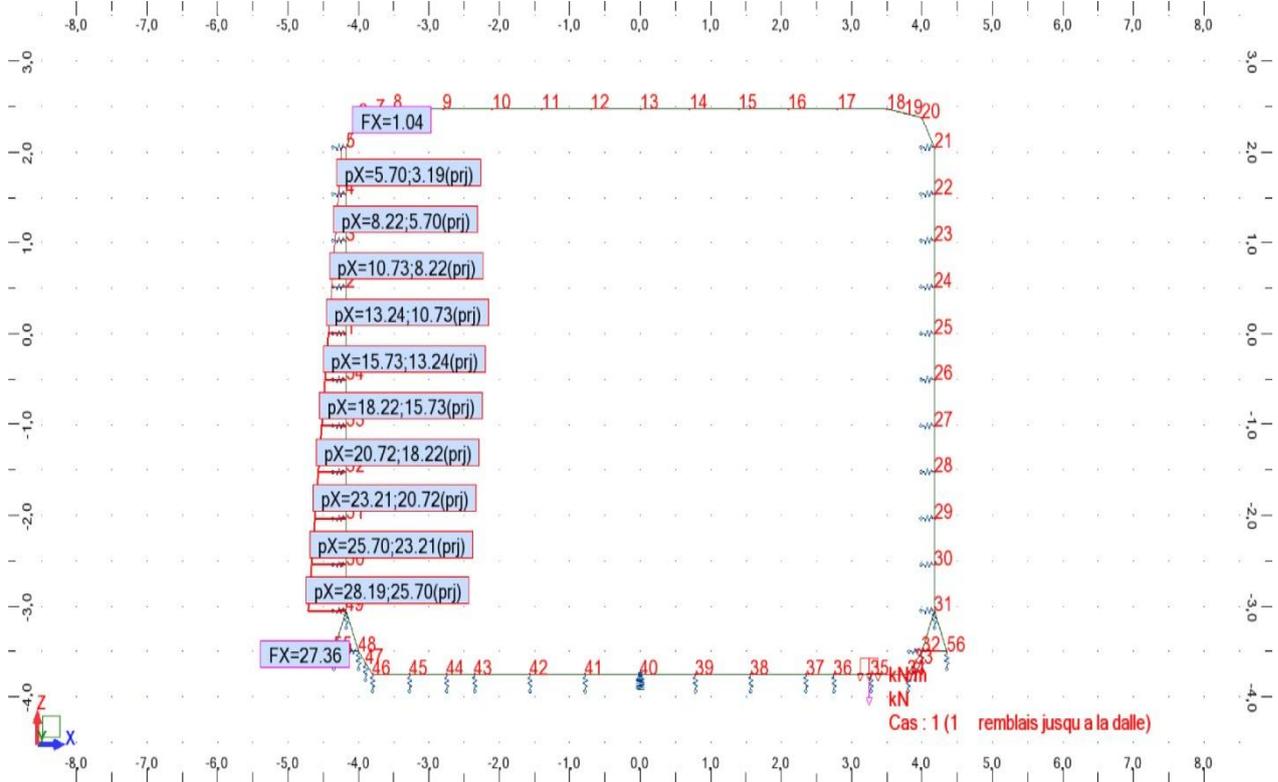
Cas 04: remblais jusqu' à la dalle à la construction



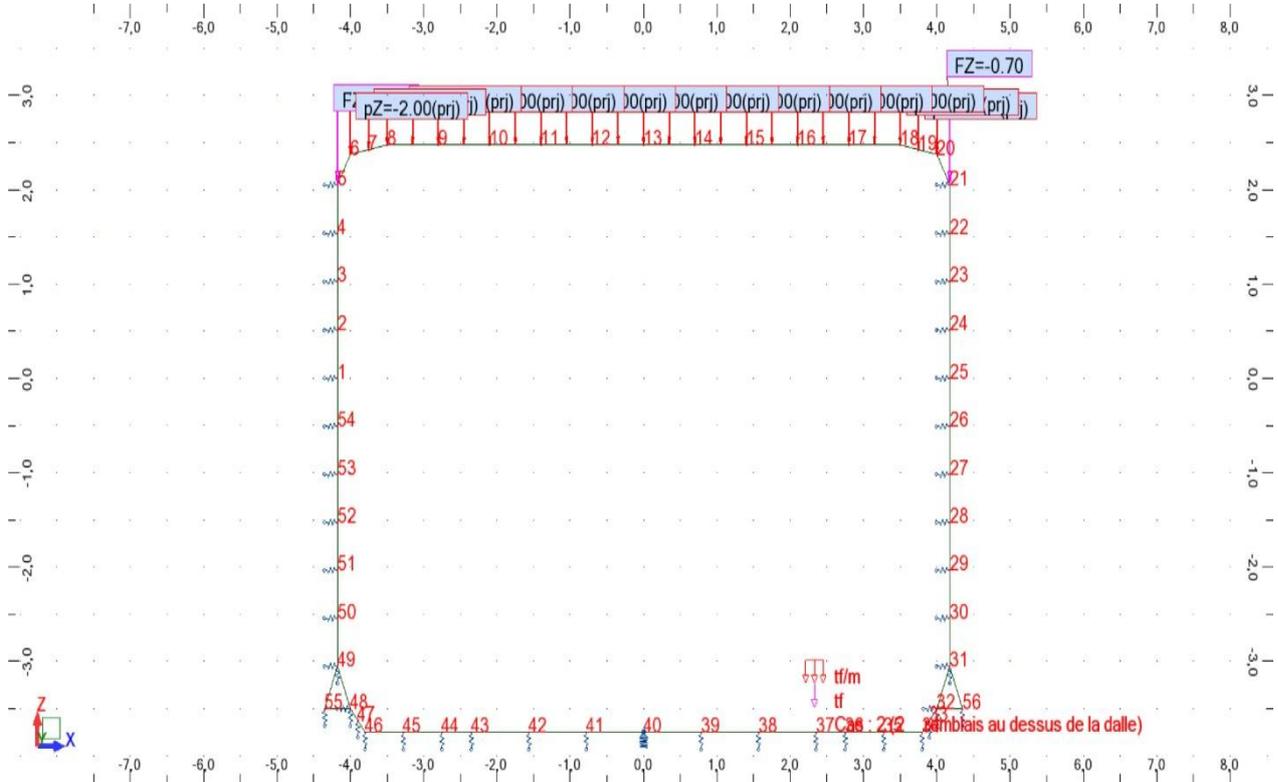
Cas 05: remblais au 3/4 à la construction



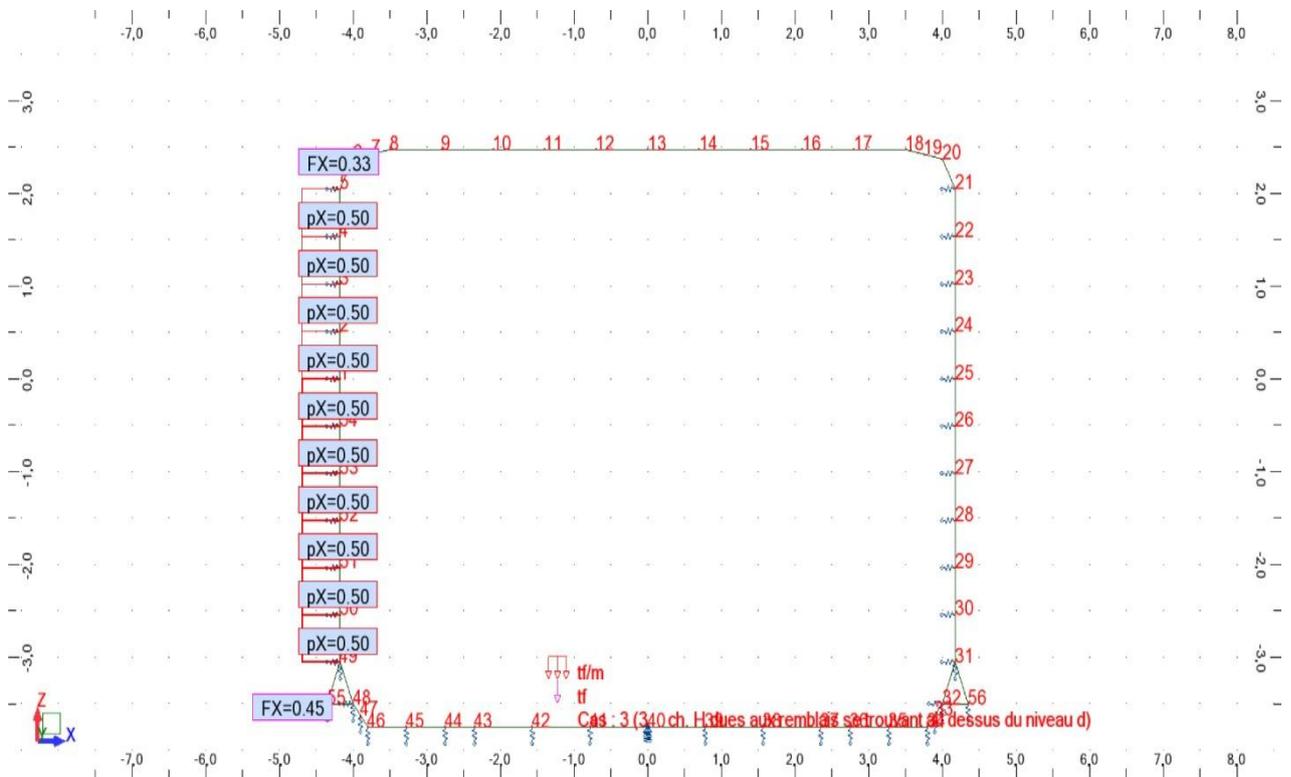
Cas 06:remblais au dessus de la dalle



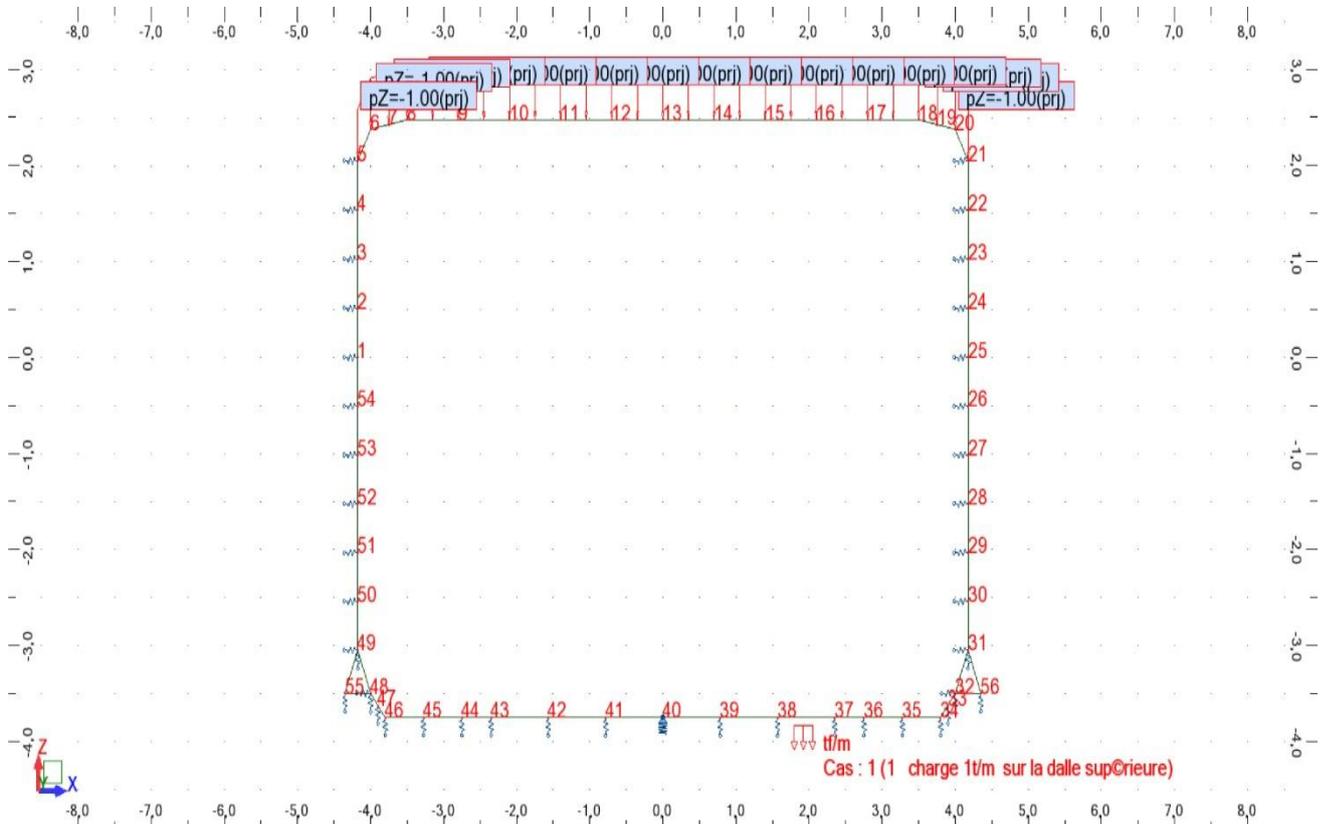
Cas 07:remblais au dessus de la dalle



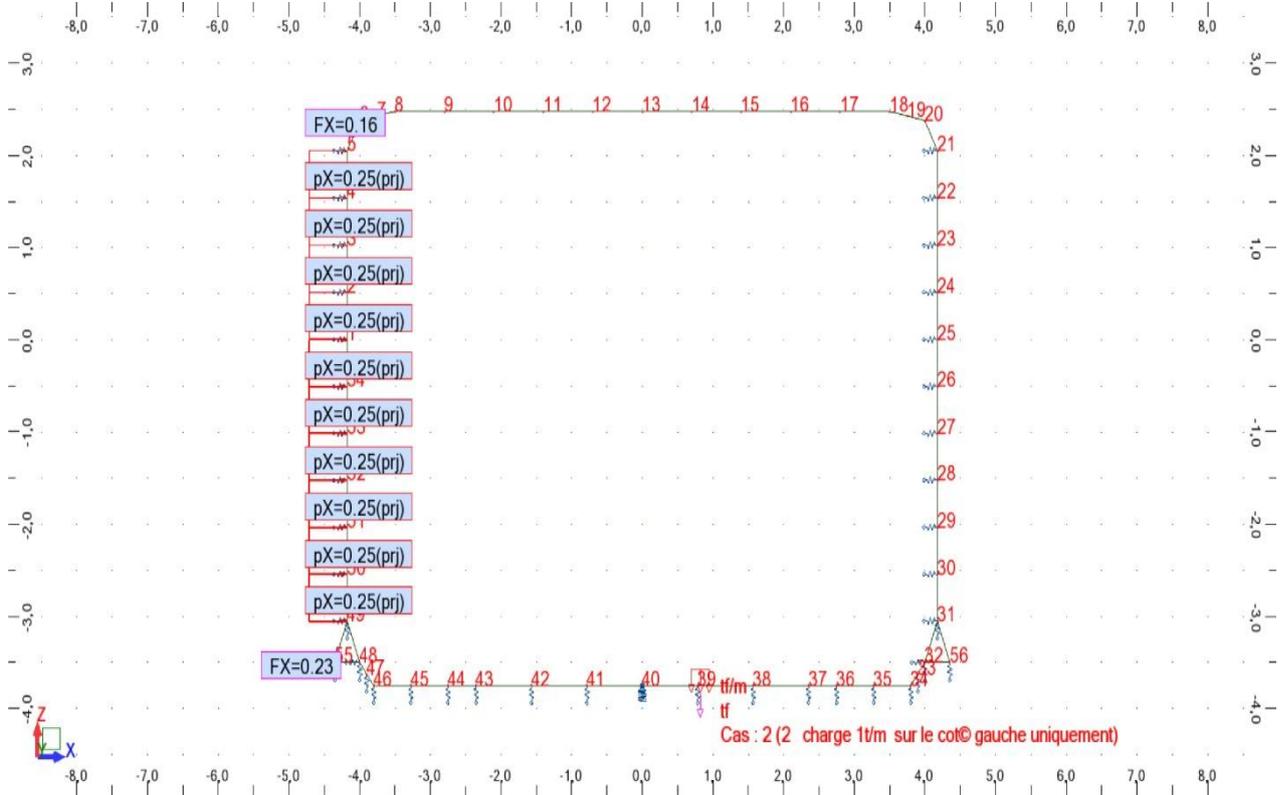
Cas 08: ch. H dues aux remblais se trouvant au dessus du niveau de la dalle



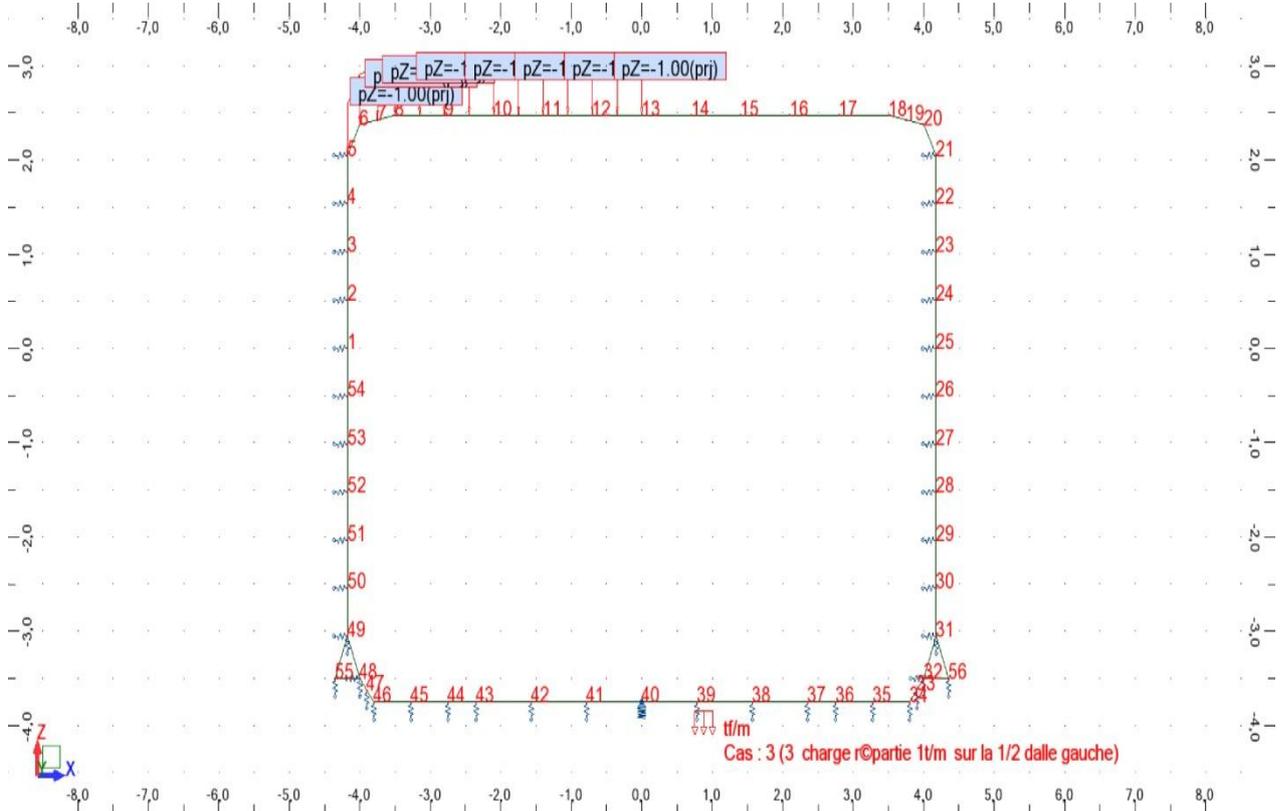
Cas 09: charge de A(I) sur la dalle supérieure



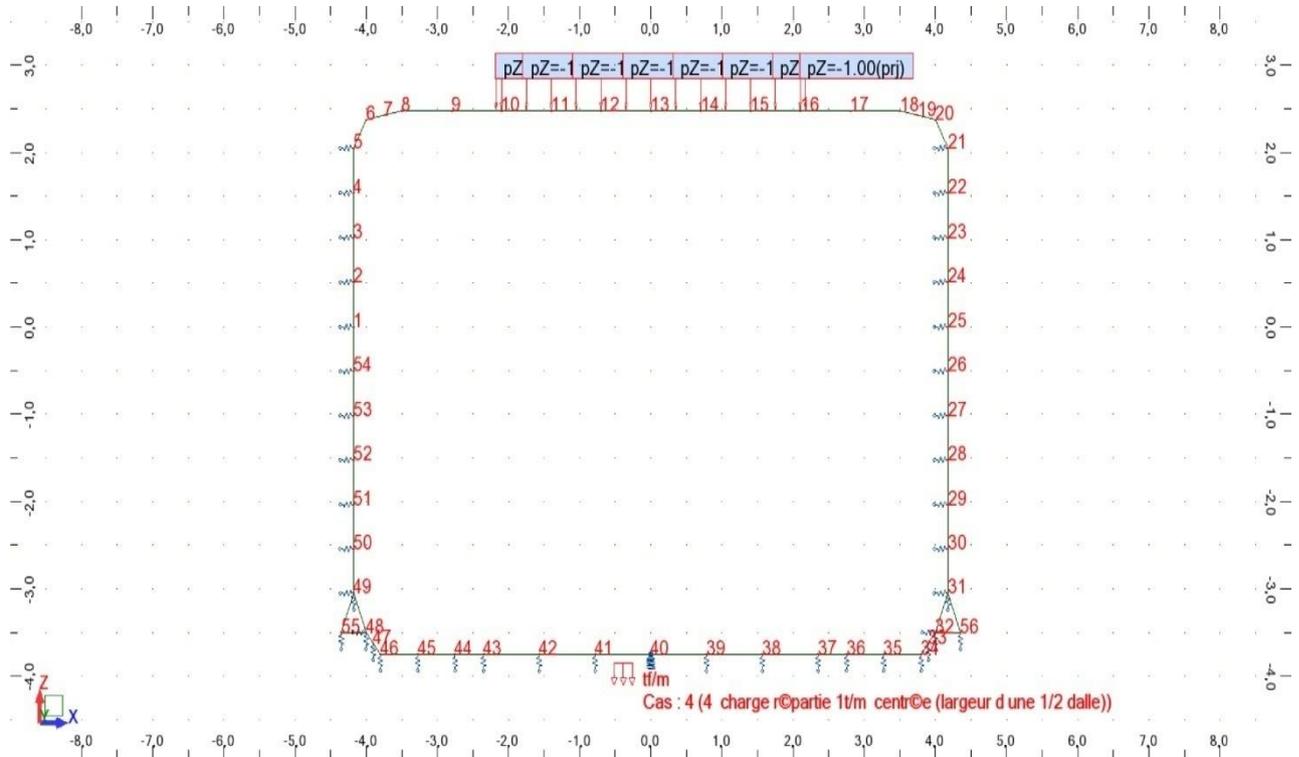
Cas 10: charge de A(I) sur le coté gauche uniquement



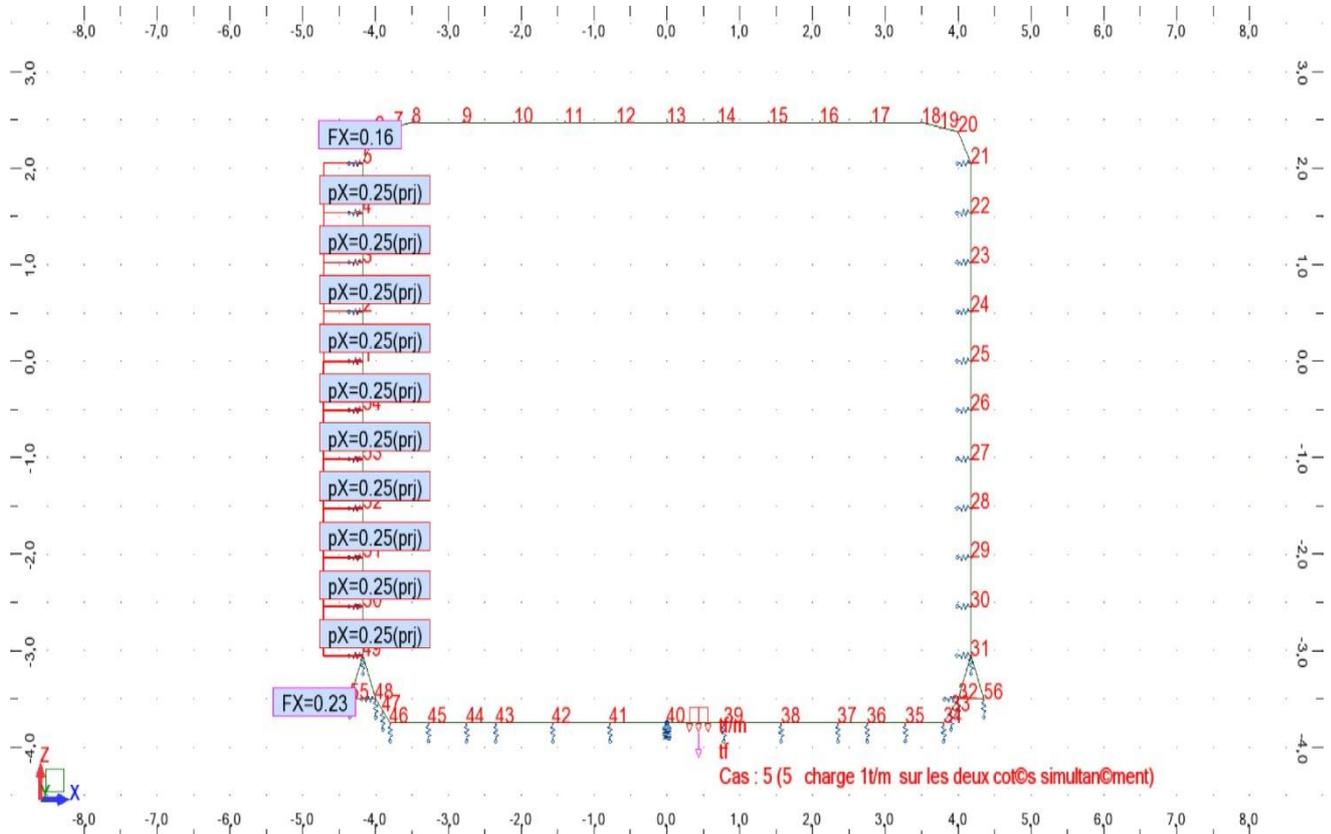
Cas 11: charge de A(I) sur la 1/2 dalle gauche



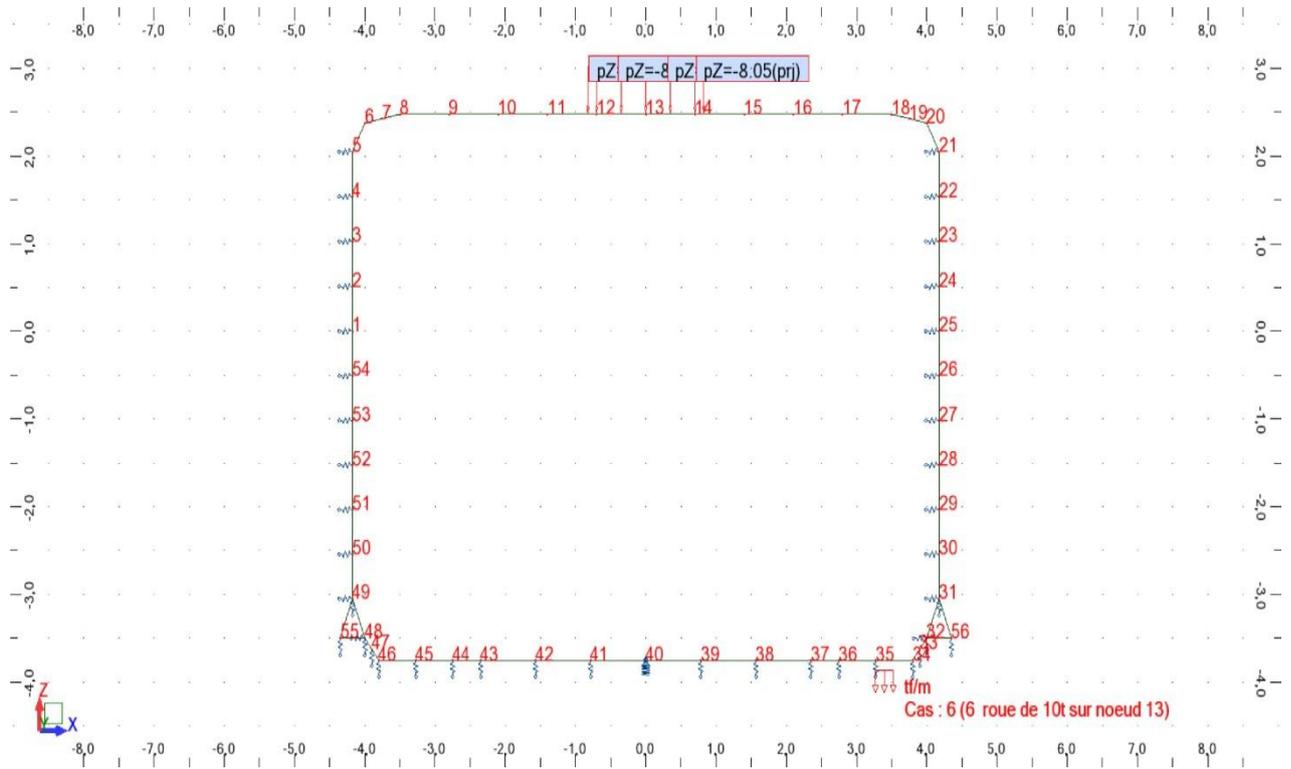
Cas 12: charge répartie centrée (largeur d'une 1/2 dalle)



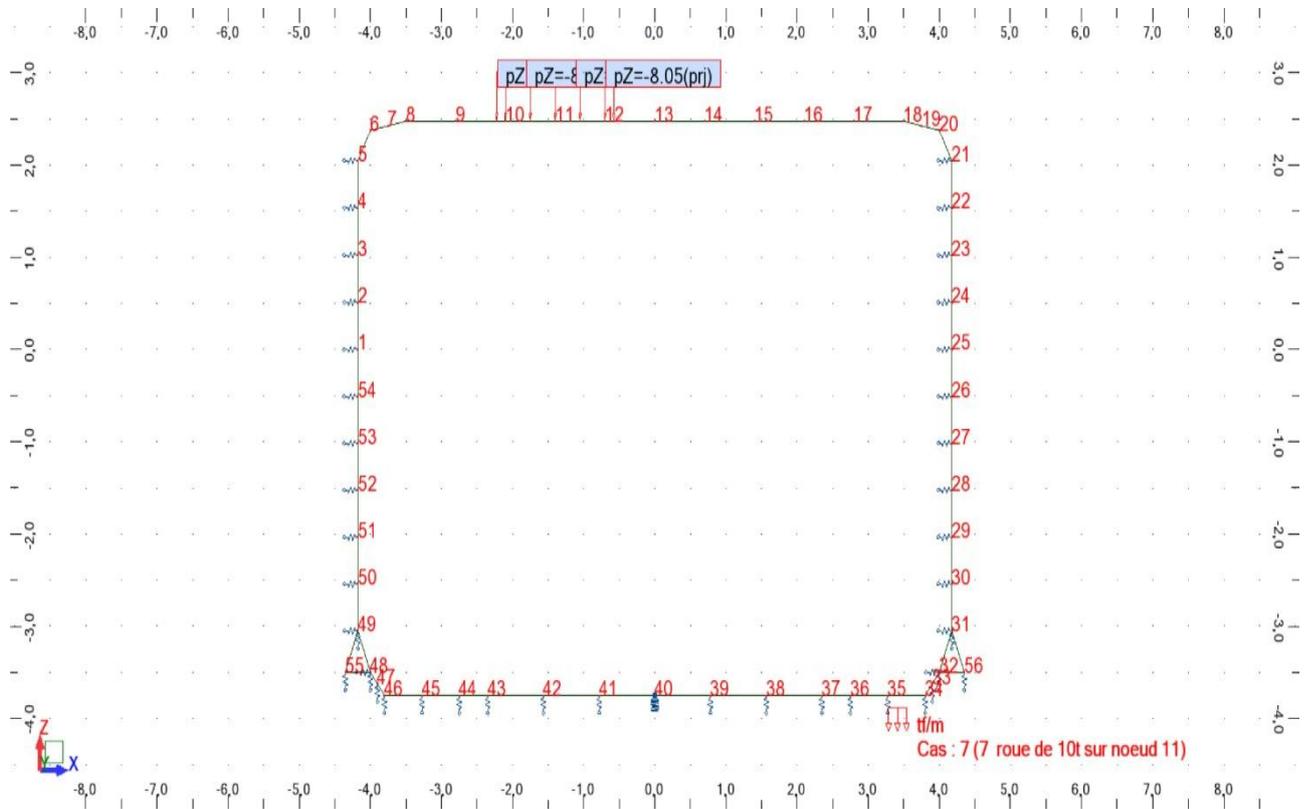
Cas 13: charge de A(I) sur les 2 cotés simultanément



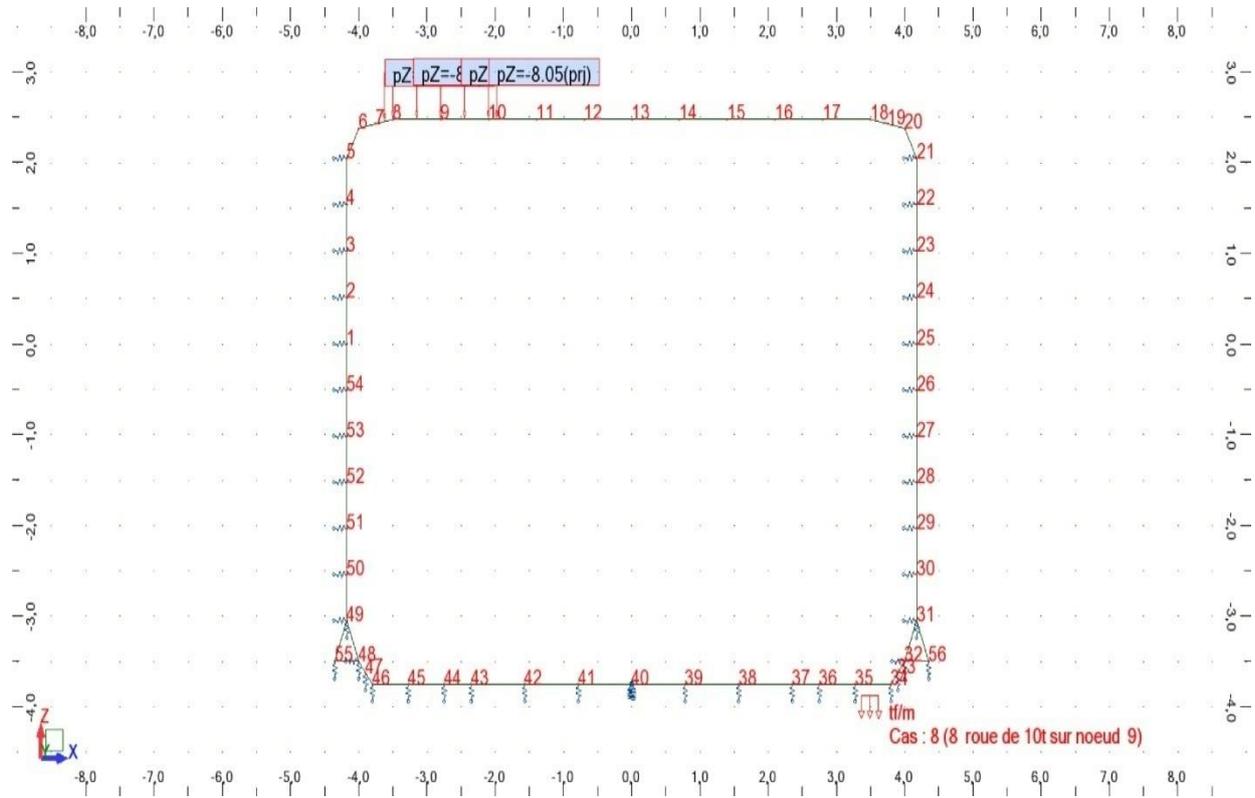
Cas 14: roue de 10t sur nœud n1(13)



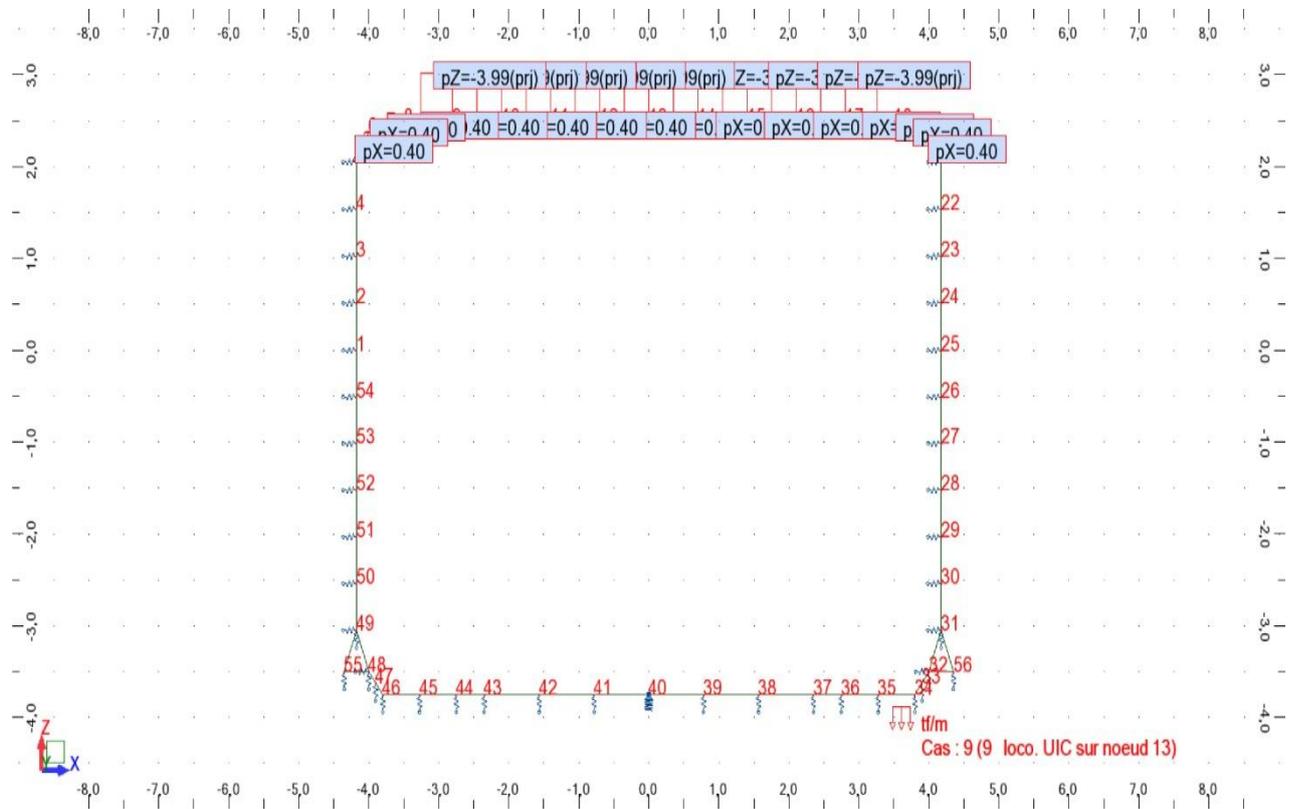
Cas 15: roue de 10t sur nœud n2(11)



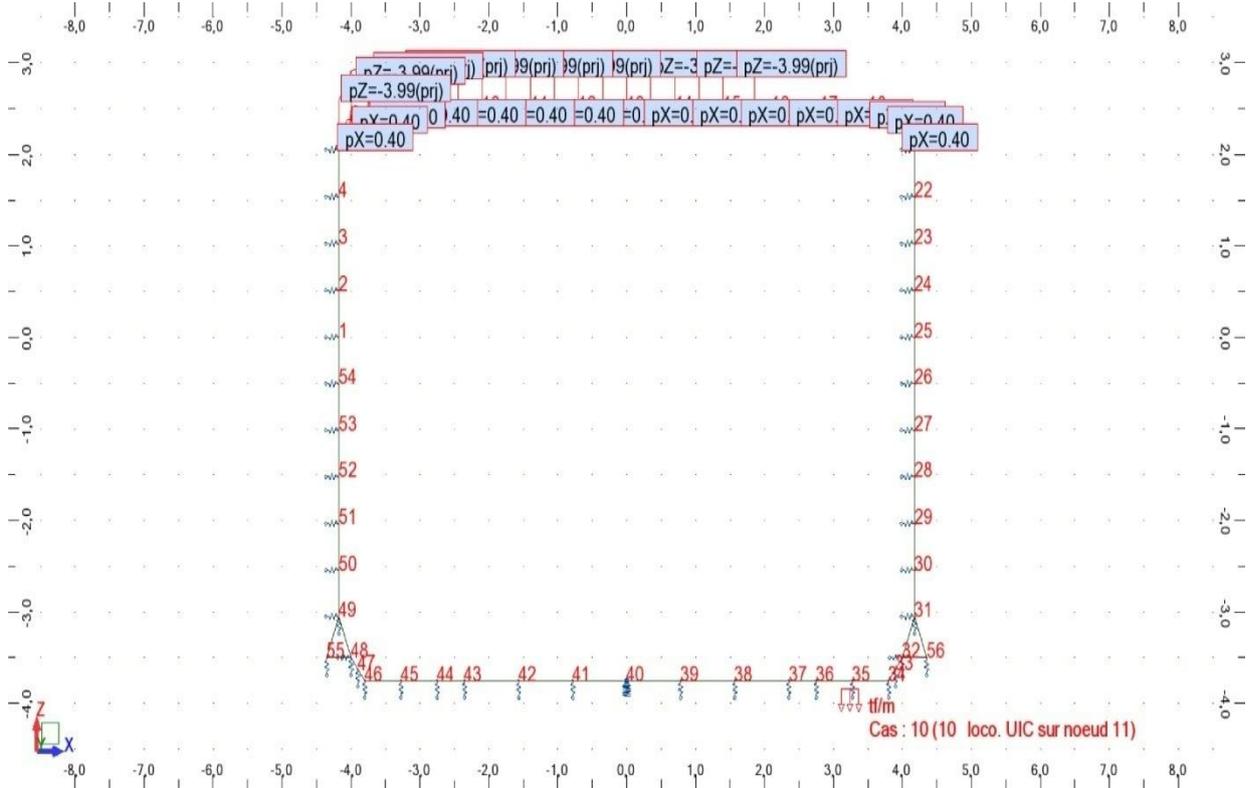
Cas 16: roue de 10t sur nœud n2(9)



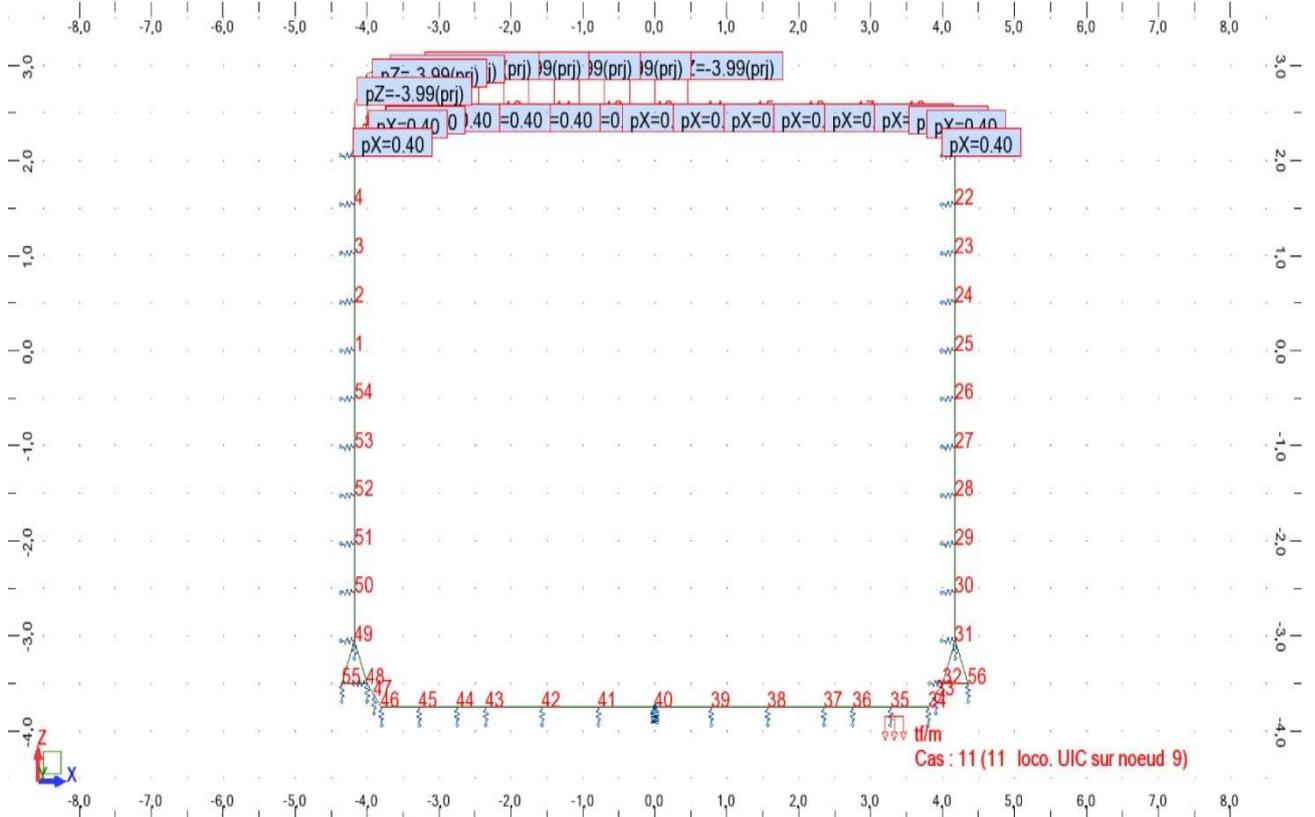
Cas 17: loco. UIC sur le nœud n1 (13)



Cas 18: loco. UIC sur le nœud n1 (11)



Cas 19: loco. UIC sur le nœud n1 (9)



III.3 .DESCRIPTIF DES COMBINAISONS :

Combinaisons ELU :

DESCRIPTIF des COMBINAISONS																			
Comb 01: stockage																			
Comb 02: poids propre avant le coulage du radier																			
Comb 03: terre jusqu'à la dalle à la construction +P.Proprie																			
Comb 04: terre au 3/4 à la construction + P.Proprie																			
Comb 05:roue de 10t centrée sur le noeud n1(13)																			
Comb 06: roue de 10t centrée sur le noeud n2(11)																			
Comb 07: roue de 10t centrée sur le noeud n3(9)																			
Comb 08: charge répartie(Ca 1.000 t/m2) sur la demie dalle gauche																			
Comb 09: charge répartie(Ca 1.000 t/m2) semie infinie																			
Comb 10: charge répartie(Ca 1.000 t/m2) sur la demie dalle gauche																			
Comb 11: charge répartie(Ca 1.000 t/m2) centrée																			
Comb 12: charge latérale due au 1t/m² à la construction sur les 2 cotés																			
Comb 13: charge due aux wagons répartie sur la dalle																			
Comb 14:charge due aux wagons centrée sur la 1/2 dalle																			
Comb 15: charge due aux wagons sur la 1/2 dalle gauche																			
Comb 16: charge latérale due aux wagons sur les 2 cotés																			
Comb 17: charge latérale de la loco sur le coté gauche																			
Comb 18: loco centrée sur le noeud n1(13)																			
Comb 19: loco centrée sur le noeud n2(11)																			
Comb 20: loco centrée sur le noeud n3(9)																			
Comb 21: effet latéral des wagons + loco centrée sur le noeud n1(13)																			
Comb 22: effet latéral des wagons + loco centrée sur le noeud n2(11)																			
Comb 23: effet latéral des wagons + loco centrée sur le noeud n3(9)																			

Cas combiné	Cas 1	Cas 2	cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6	Cas 7	Cas 8	Cas 9	cas 10	Cas 11	Cas 12	Cas 13	Cas 14	Cas 15	Cas 16	cas 17	cas 18	cas 19
Comb1	1.35																		
Comb2		1.35																	
Comb3			1.35	1.35															
Comb4			1.35		1.35														
Comb5			1.35			1.35	1.35xHc	1.35xHc					1.60						
Comb6			1.35			1.35	1.35xHc	1.35xHc						1.60					
Comb7			1.35			1.35	1.35xHc	1.35xHc								1.60			

Comb8			1.35			1.35	$1.35xH_{sxM}$	$1.35xH_s$	$1.60x_A$	$1.60x_A$								
Comb9			1.35			1.35	$1.35xH_{sxM}$	$1.35xH_s$			$1.60x_A$							
Comb 10			1.35			1.35	$1.35xH_{sxM}$	$1.35xH_s$				$1.60x_A$						
Comb 11			1.35			1.35	$1.35xH_{sxM}$	$1.35xH_s$					$1.60x_A$					
Comb 12			1.35			1.35	$1.35xH_{sxM}$	$1.35xH_s$										
Comb 13			1.35			1.35	$1.35xH_{sxM}$	$1.35xH_s$										
Comb 14			1.35			1.35	$1.35xH_{sxM}$	$1.35xH_s$				$1.60x_A$					$1.60x_A$	
Comb 15			1.35															
Comb 16			1.35															
Comb 17			1.35															
Comb 18			1.35															
Comb 19			1.35															
Comb 20			1.35															
Comb 21			1.35			1.35	$1.35xH_{sxM}$	$1.35xH_s$				$1.60x_A$	$1.60x_A$					
Comb 22			1.35			1.35	$1.35xH_{sxM}$	$1.35xH_s$						$1.60x_A$				
Comb 23			1.35			1.35	$1.35xH_{sxM}$	$1.35xH_s$									$1.60x_A$	

Tableau 2: combinaisons a ELU

Nota : les sollicitations à l'ELS sont obtenues en divisant celles à l'ELU par 1.35

$H_s = 1.00$ m (couverture en service)

$H_c = 0.40$ m (couverture à la construction)

M = coef de MARSTON = 1.022

III.4.CALCULS EFFECTUES :

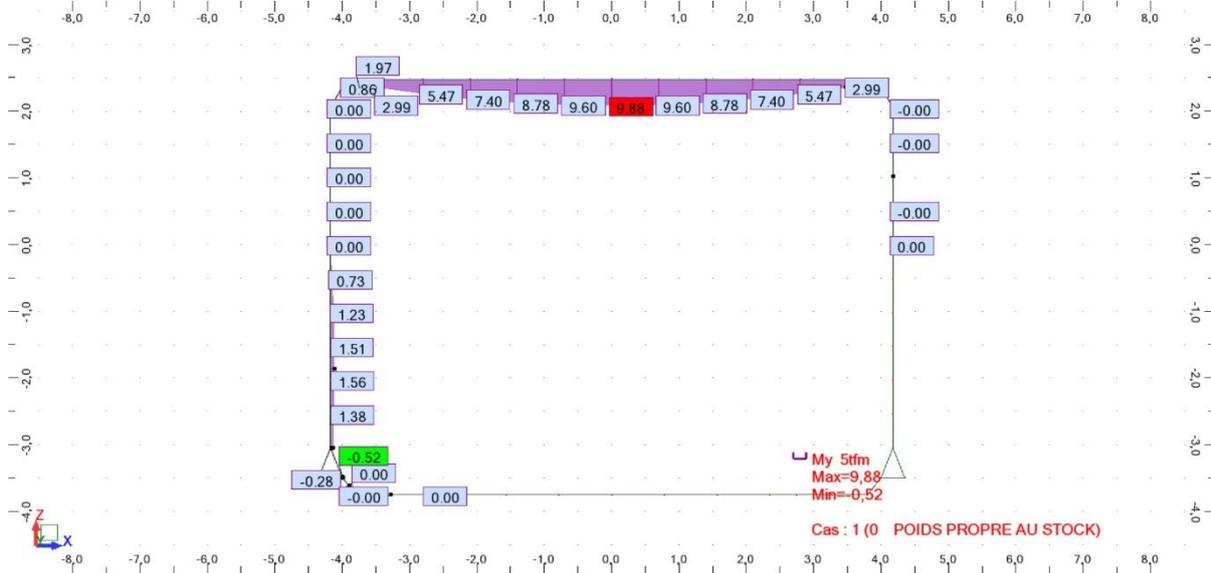
Nous effectuons un calcul en fourchette sur le coefficient de poussée des terres entre $K_o=0.50$ et $K_o=0.25$. Le ferrailage des différents éléments de la structure sera obtenu à partir de l'enveloppe de ces calculs.

III.4.1. Résultats de calculs :

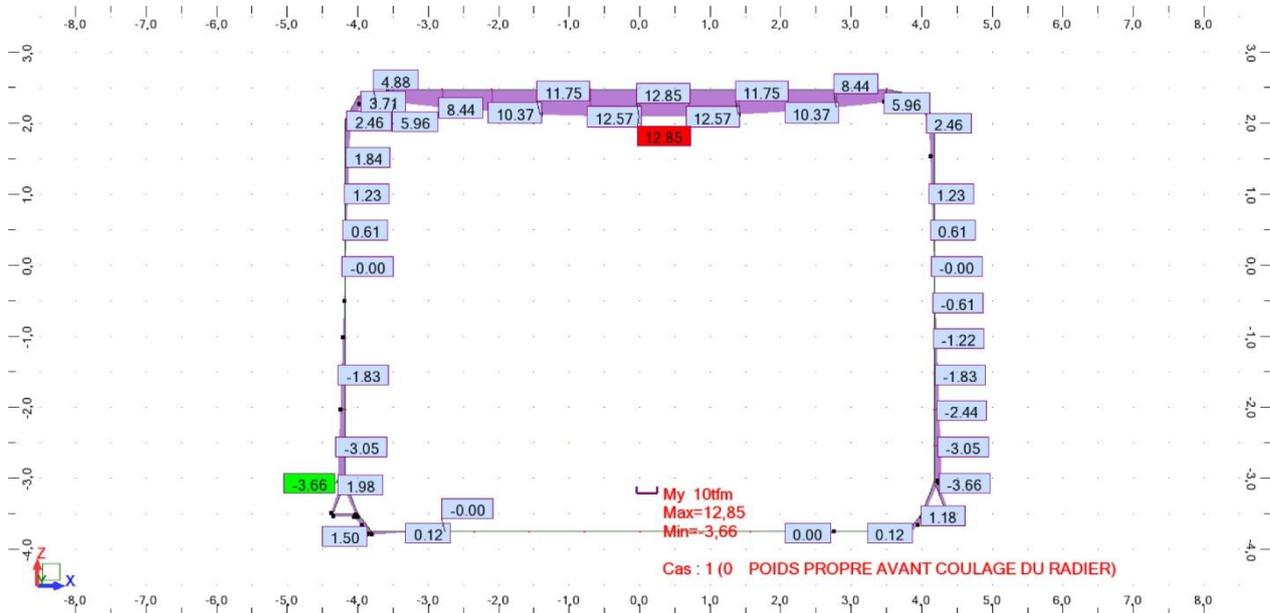
Le post processeur graphique disponible facilité considérablement l'interprétation et l'exploitation des résultats et la mise en forme des notes de calcul et des rapports explicatifs.

Le logiciel permet d'effectuer les étapes de modélisation et les résultats obtenus (cas de chargement de la structure, le moment maximal positif ou négatif, les moments aux nœuds etc.) de façon totalement graphique, numérique ou combinée, en utilisant les innombrables outils disponibles.

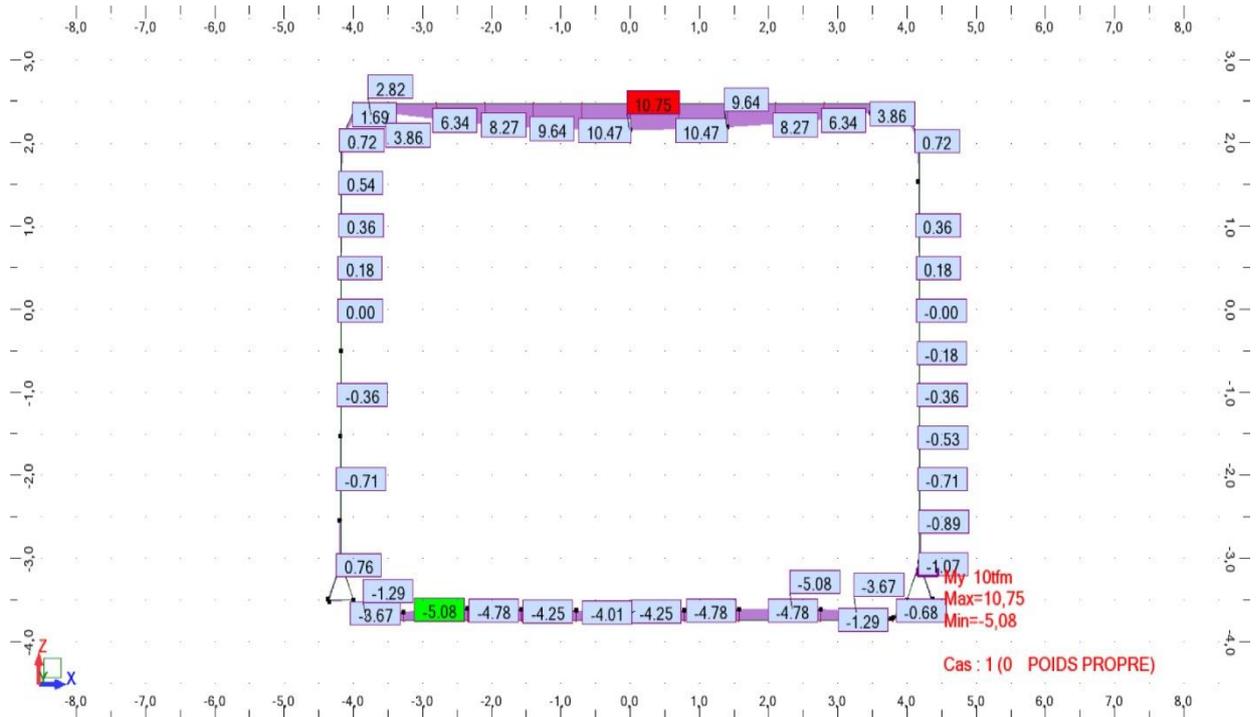
Cas 01: POIDS PROPRE AU STOCK



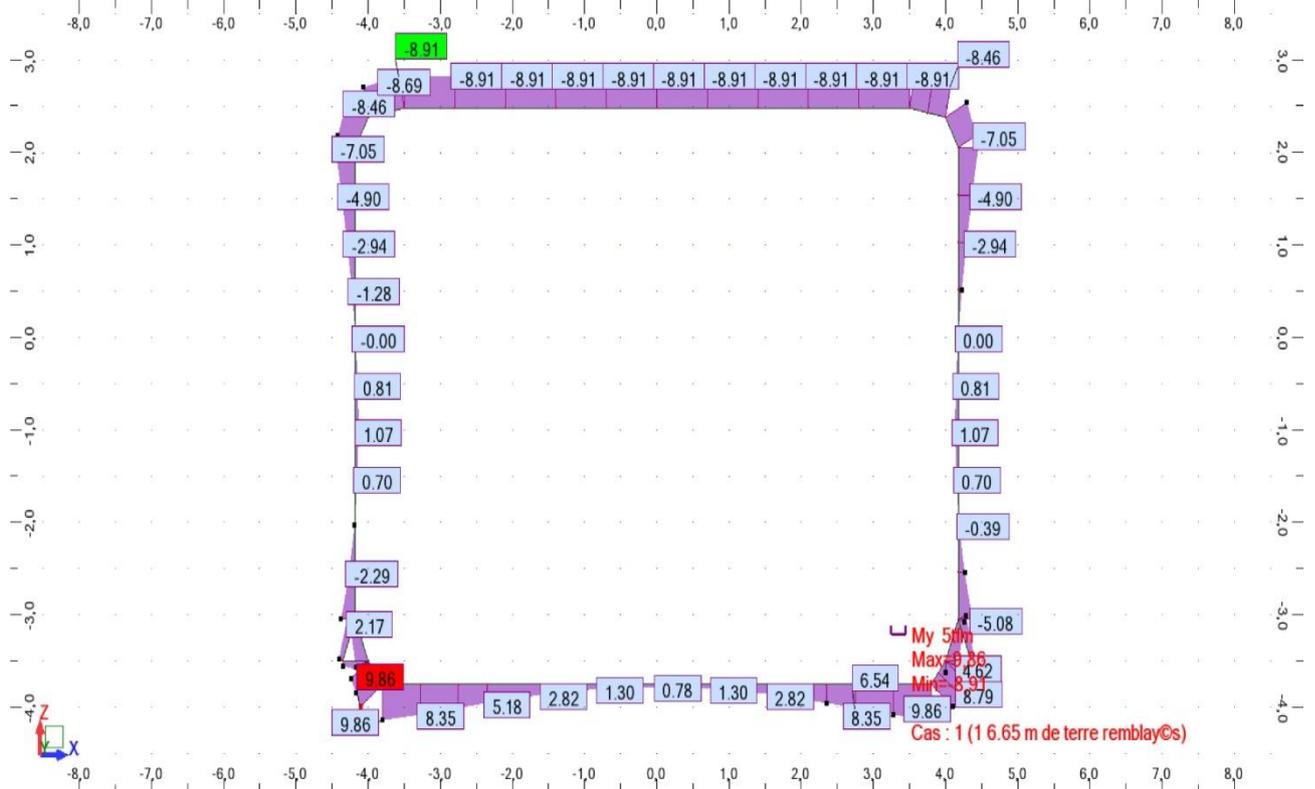
Cas 02: POIDS PROPRE AVANT COULAGE DU RADIER



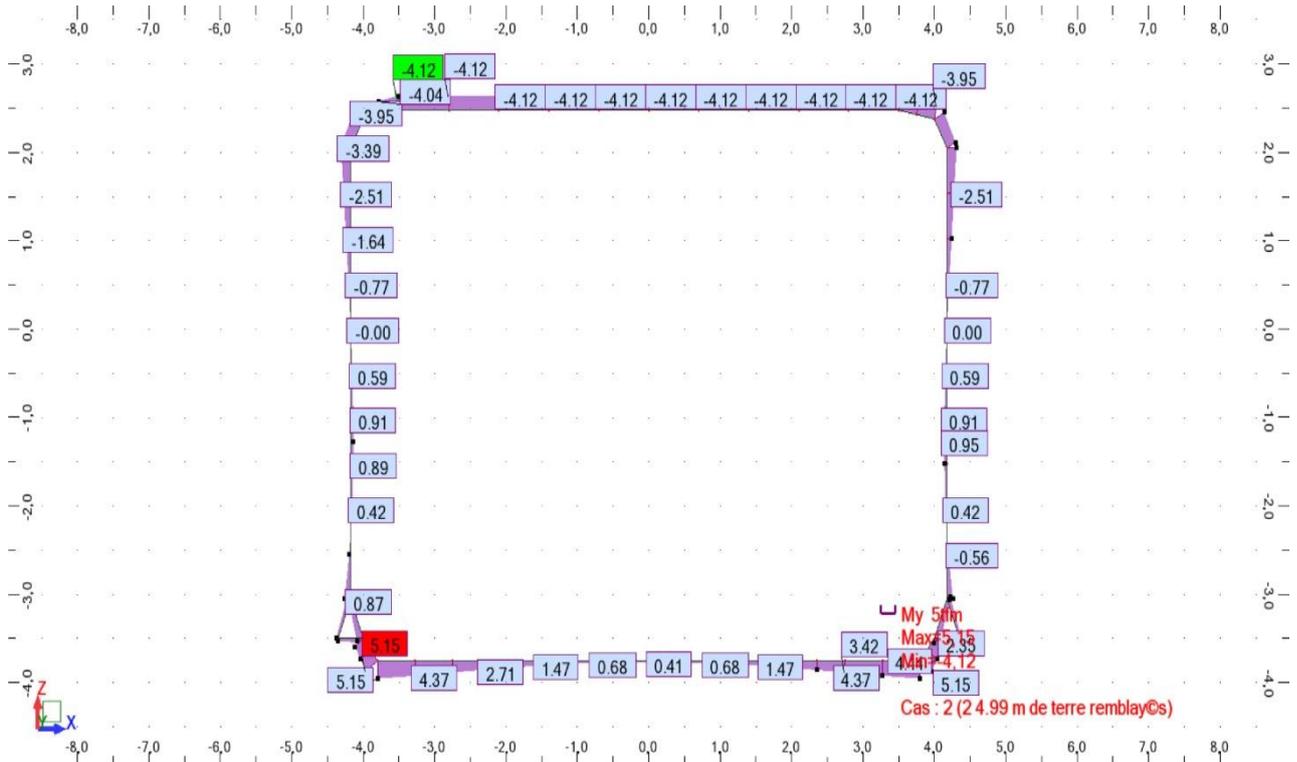
Cas 03: Poids propre de l'ouvrage complet



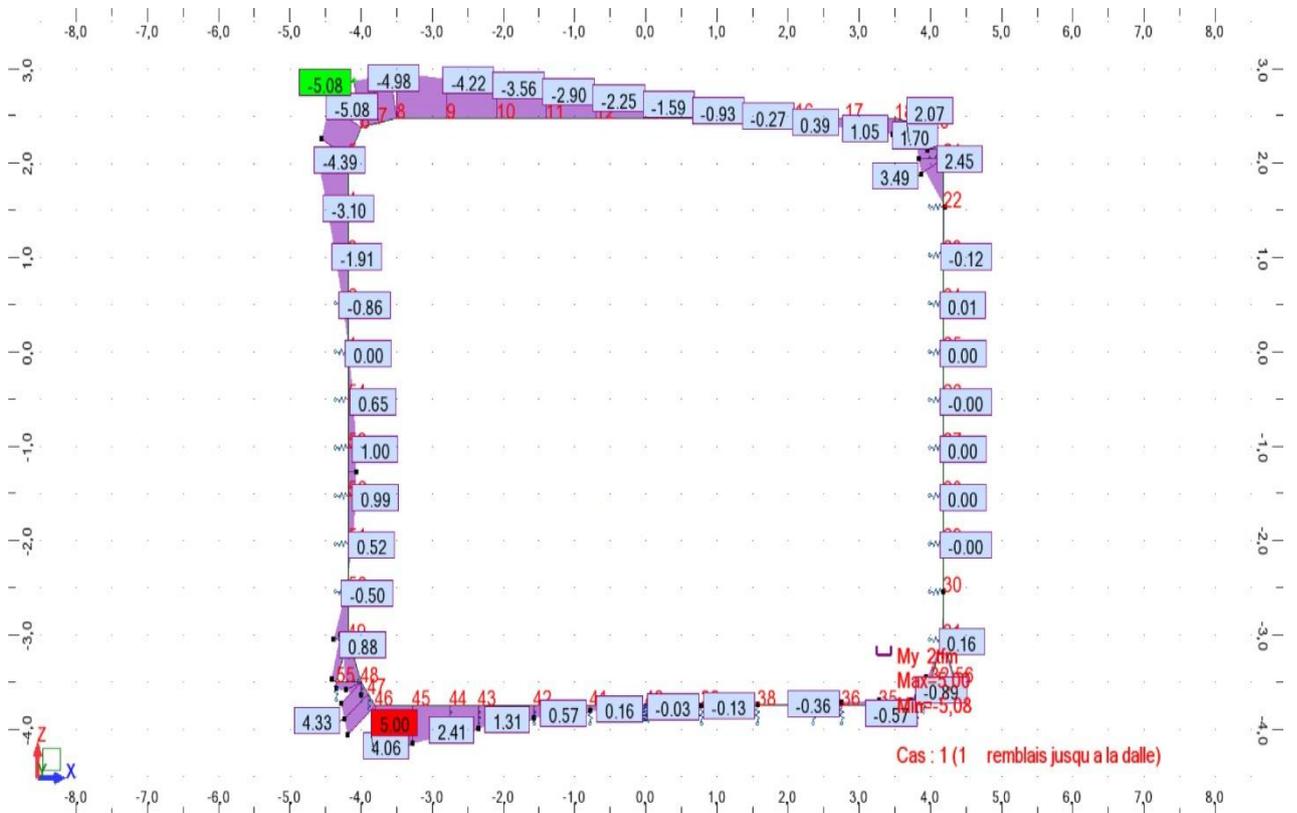
Cas 04: remblais jusqu' à la dalle à la construction



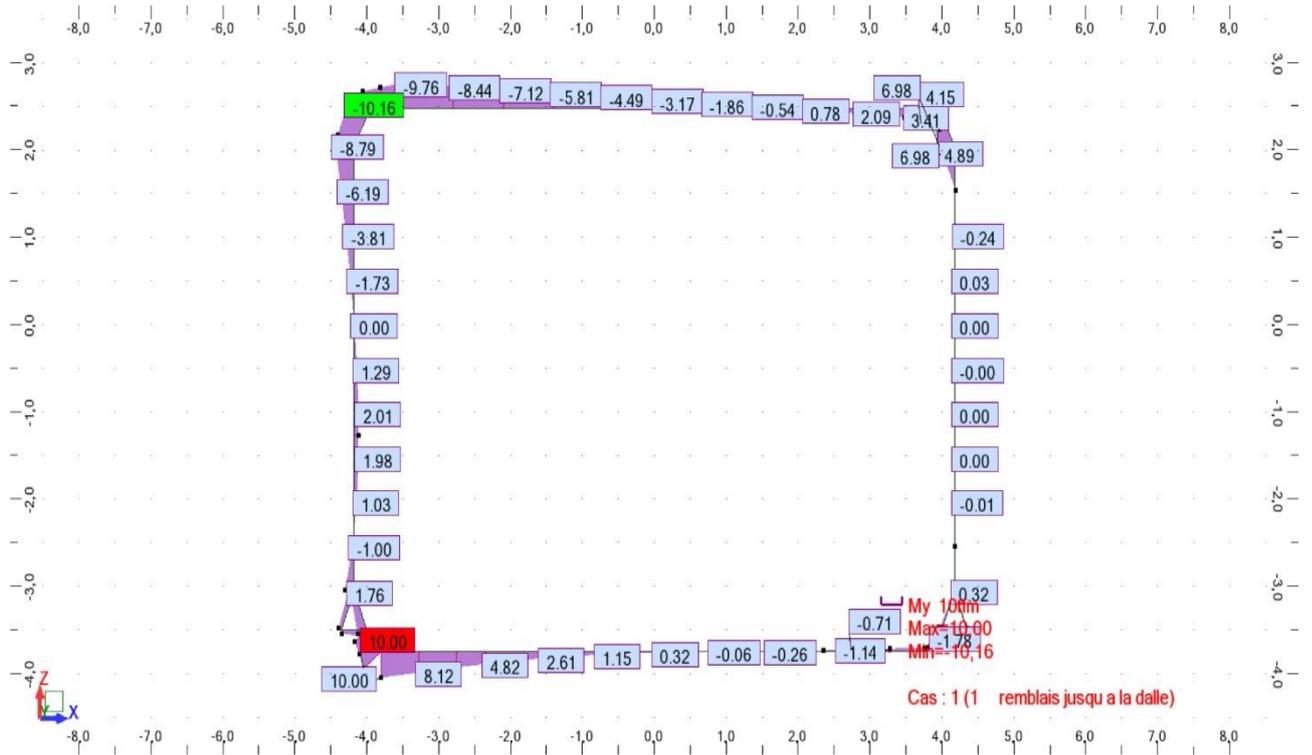
Cas 05: remblais au 3/4 à la construction



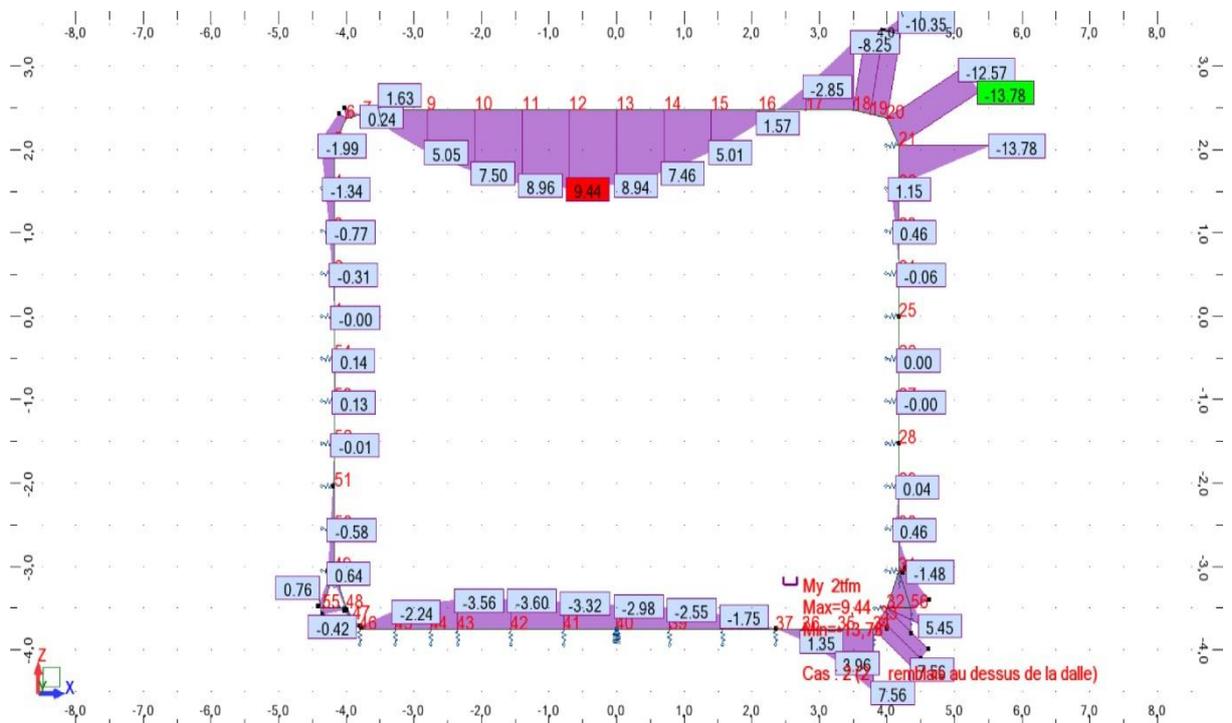
Cas 06A: remblais au dessus de la dalle K=0.25



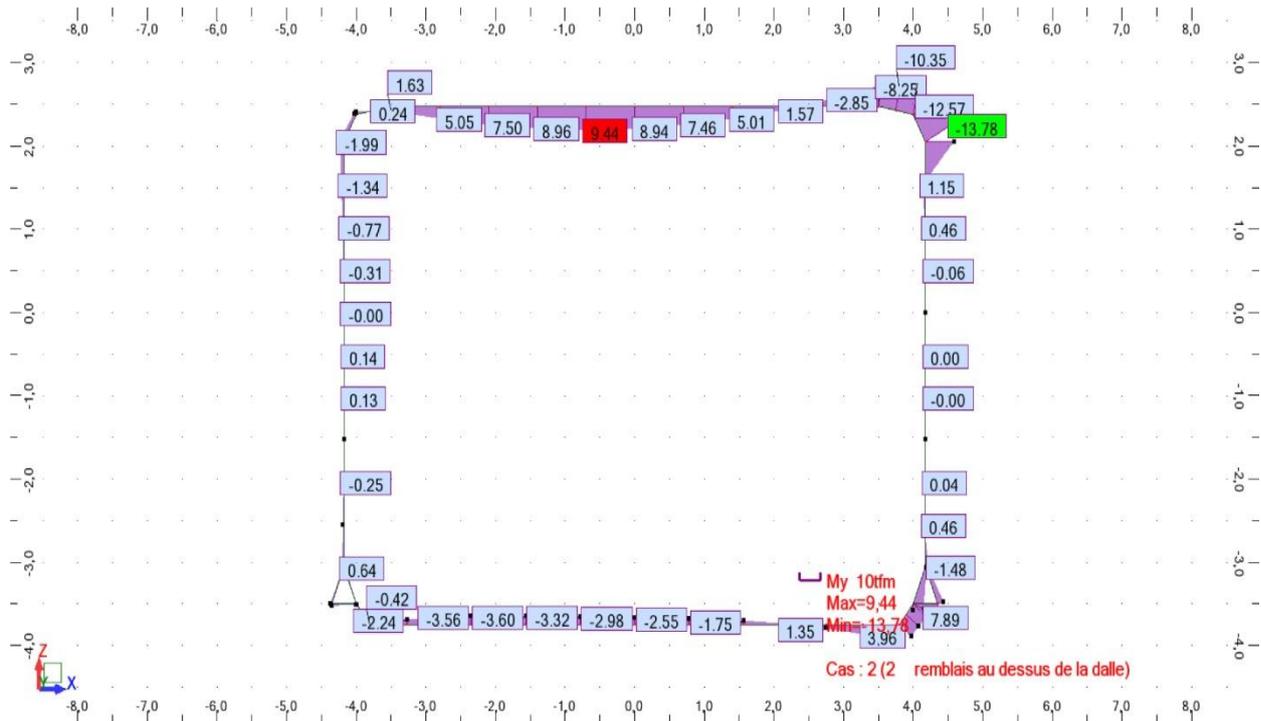
Cas 06B:remblais au dessus de la dalle K=0.50



Cas 07A: remblais au dessus de la dalle K=0.25

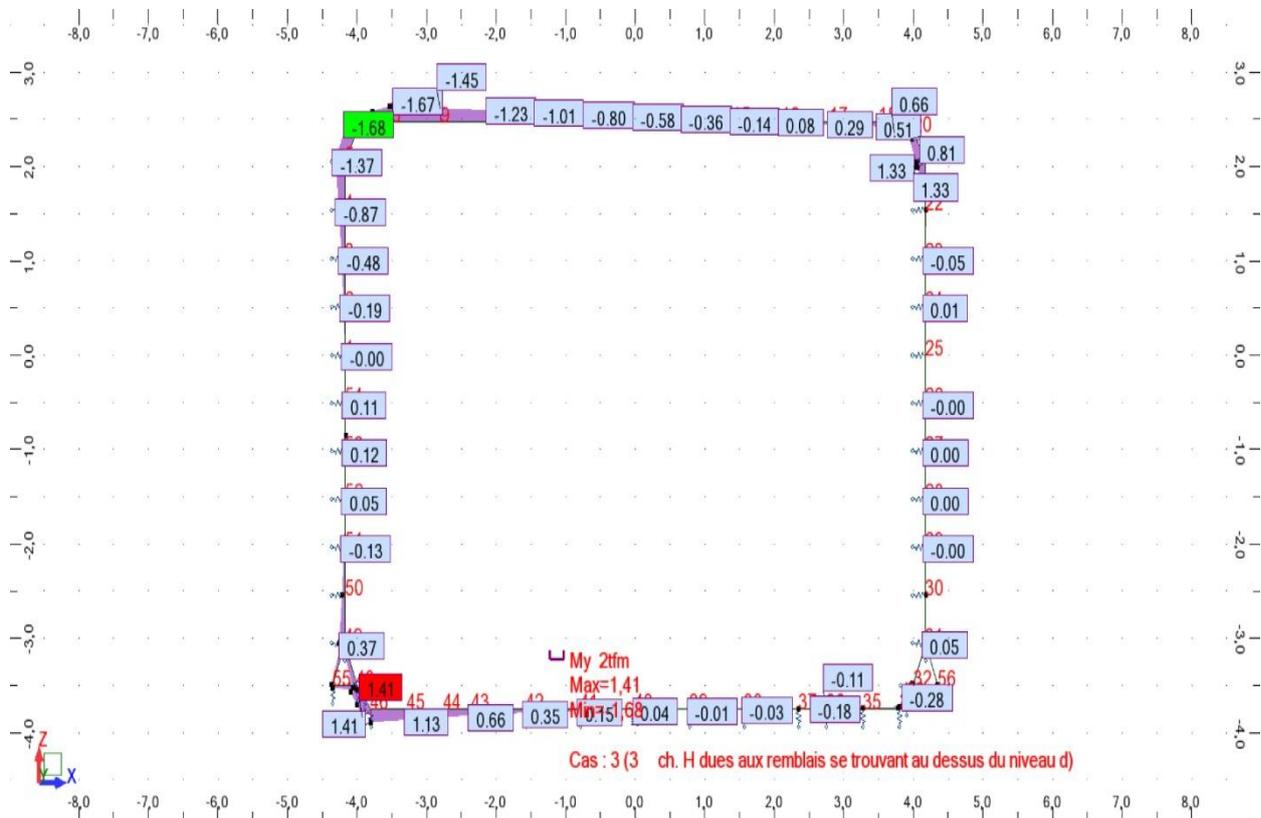


Cas 07B: remblais au dessus de la dalle K=0.50



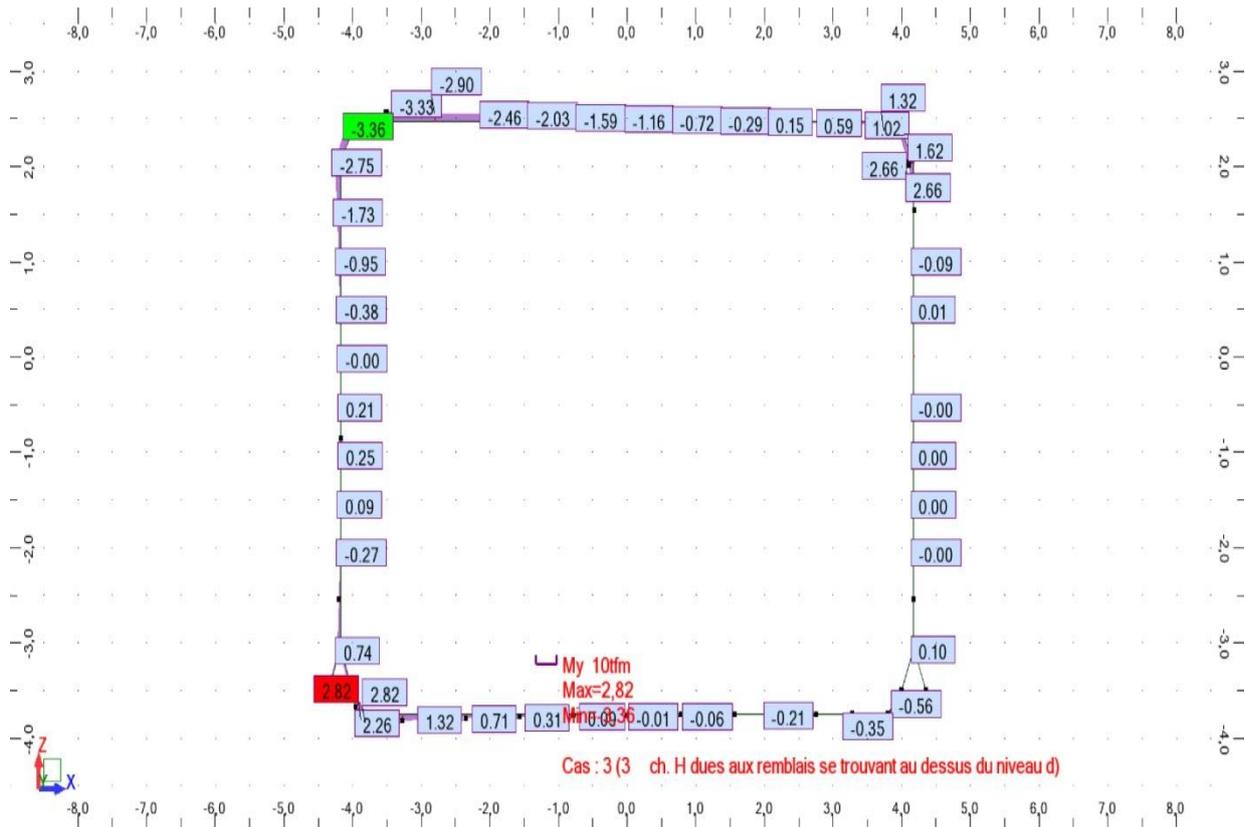
Cas 08A: ch. H dues aux remblais se trouvant au dessus du niveau de la dalle

K=0.25

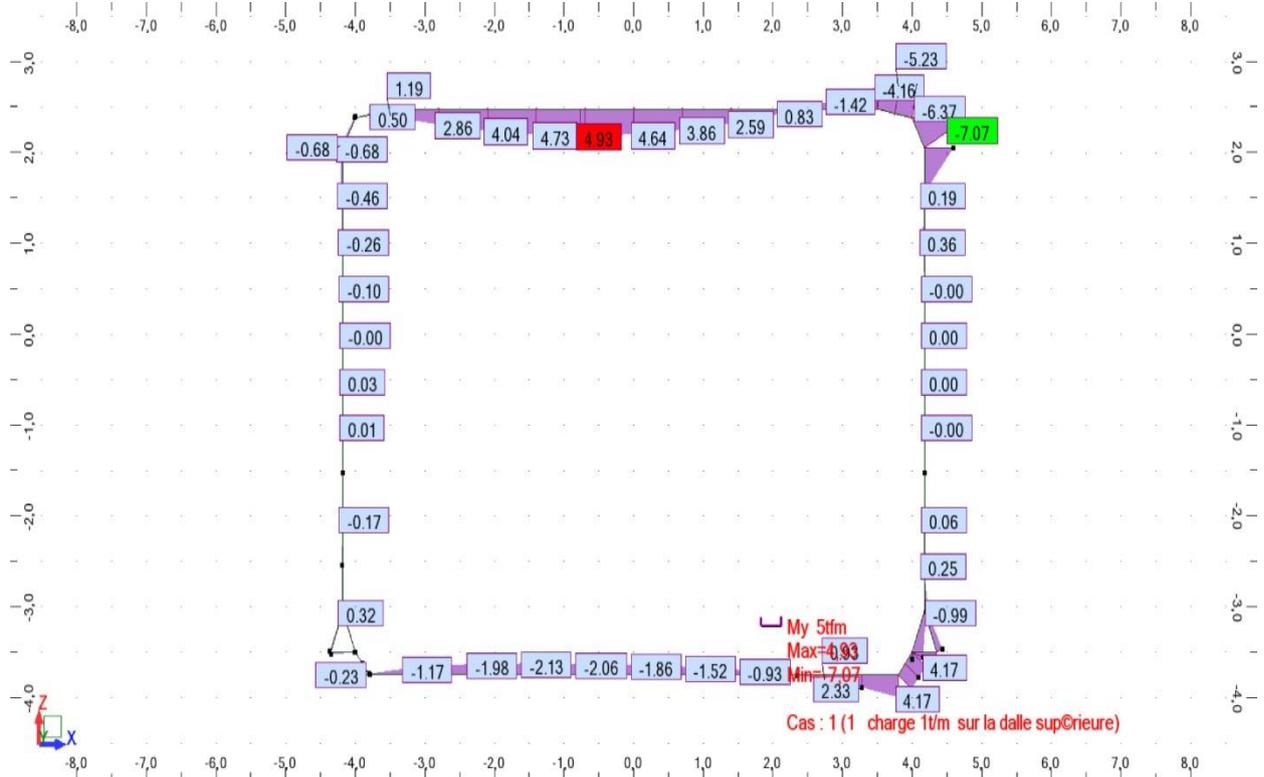


Cas 08B: ch. H dues aux remblais se trouvant au dessus du niveau de la dalle

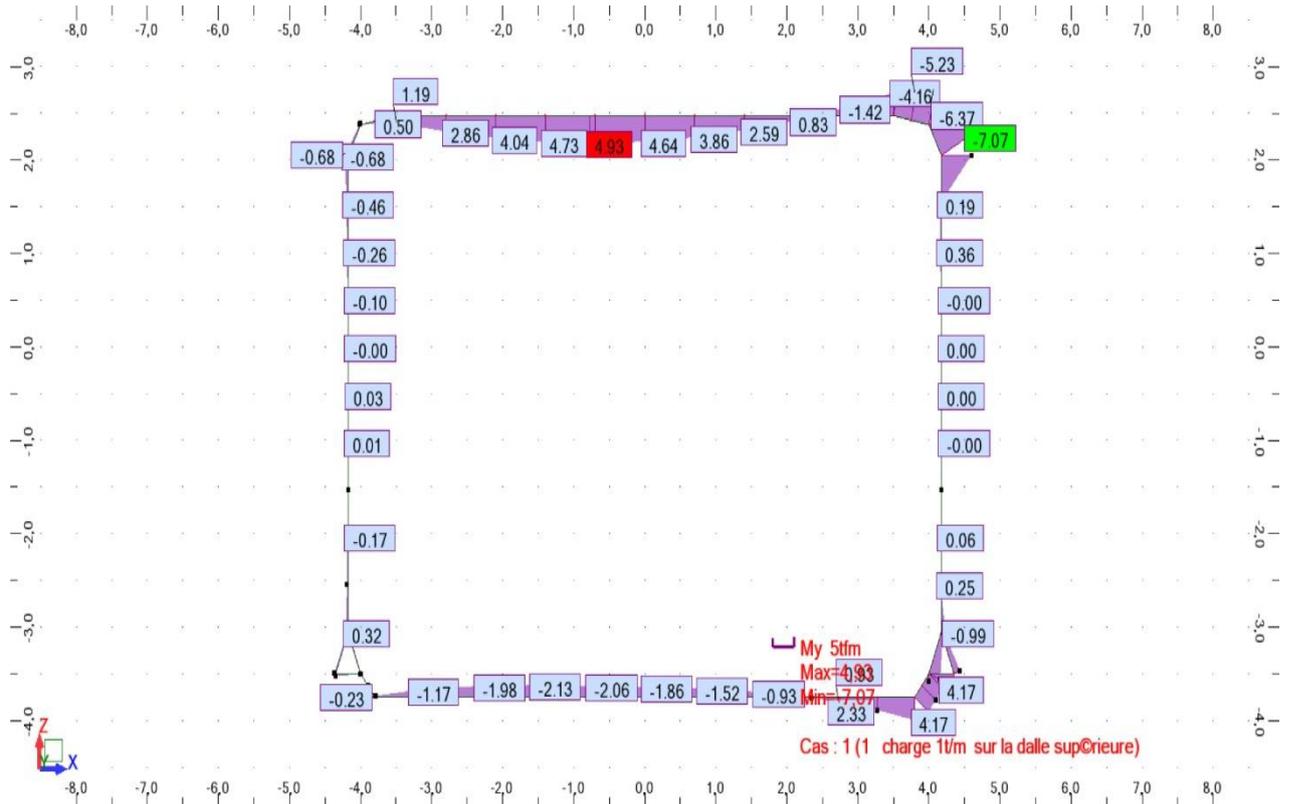
K=0.50



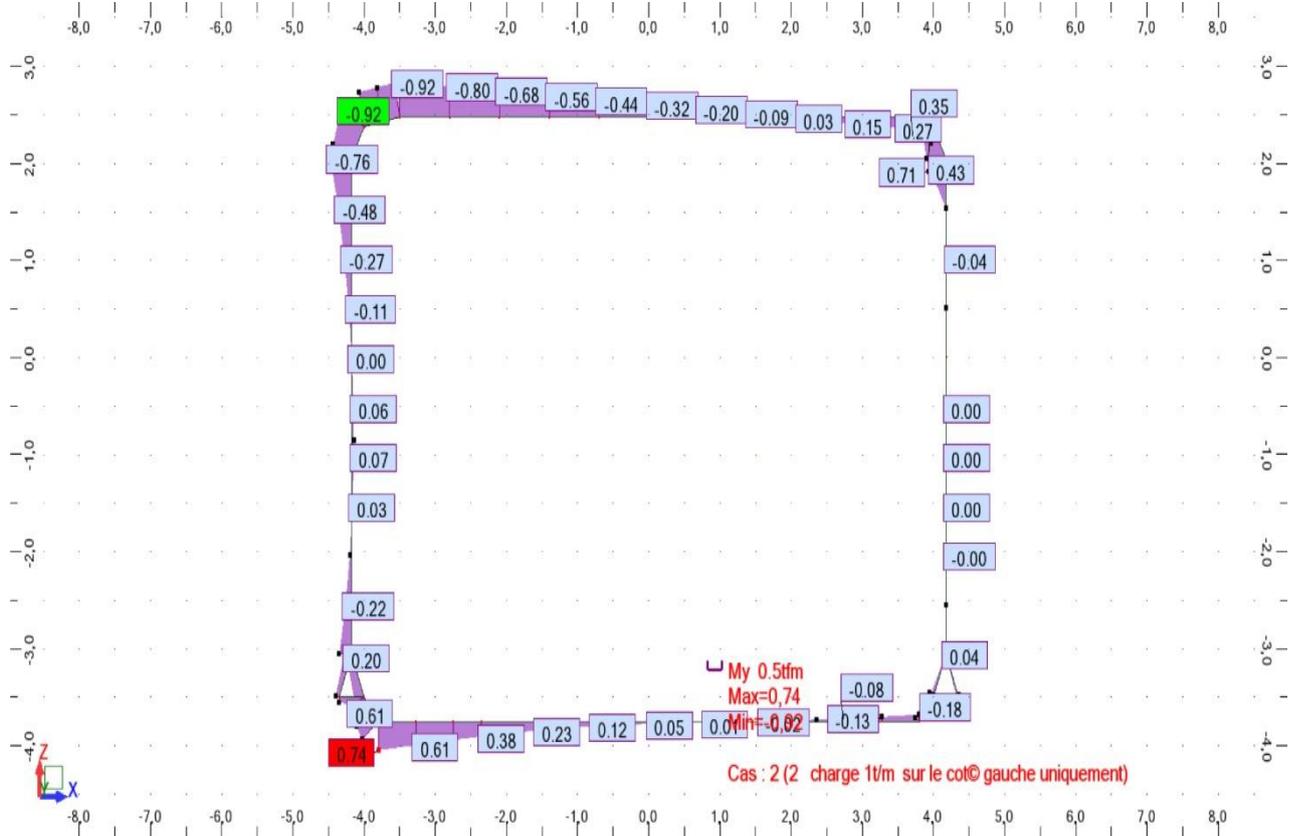
Cas 09A: charge de A(l) sur la dalle supérieure K=0.25



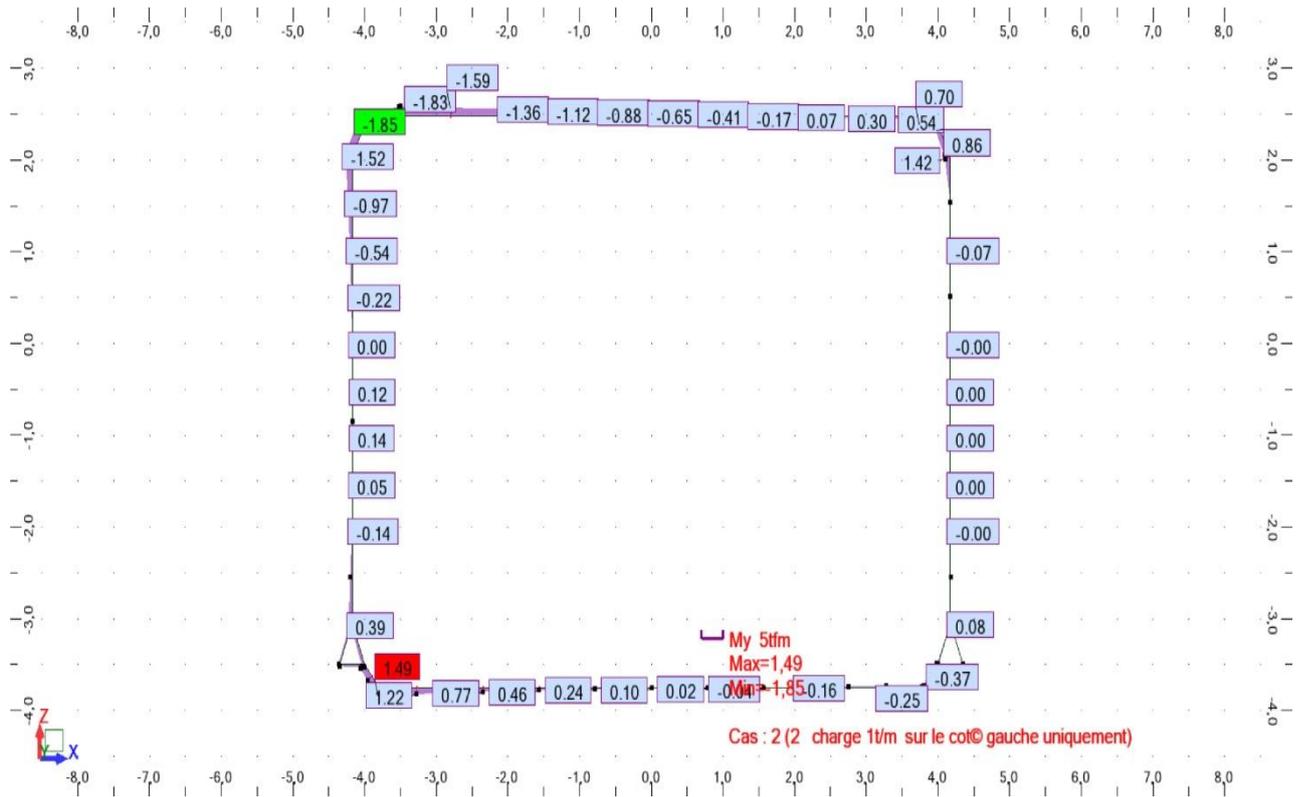
Cas 09B: charge de A(l) sur la dalle supérieure K=0.50



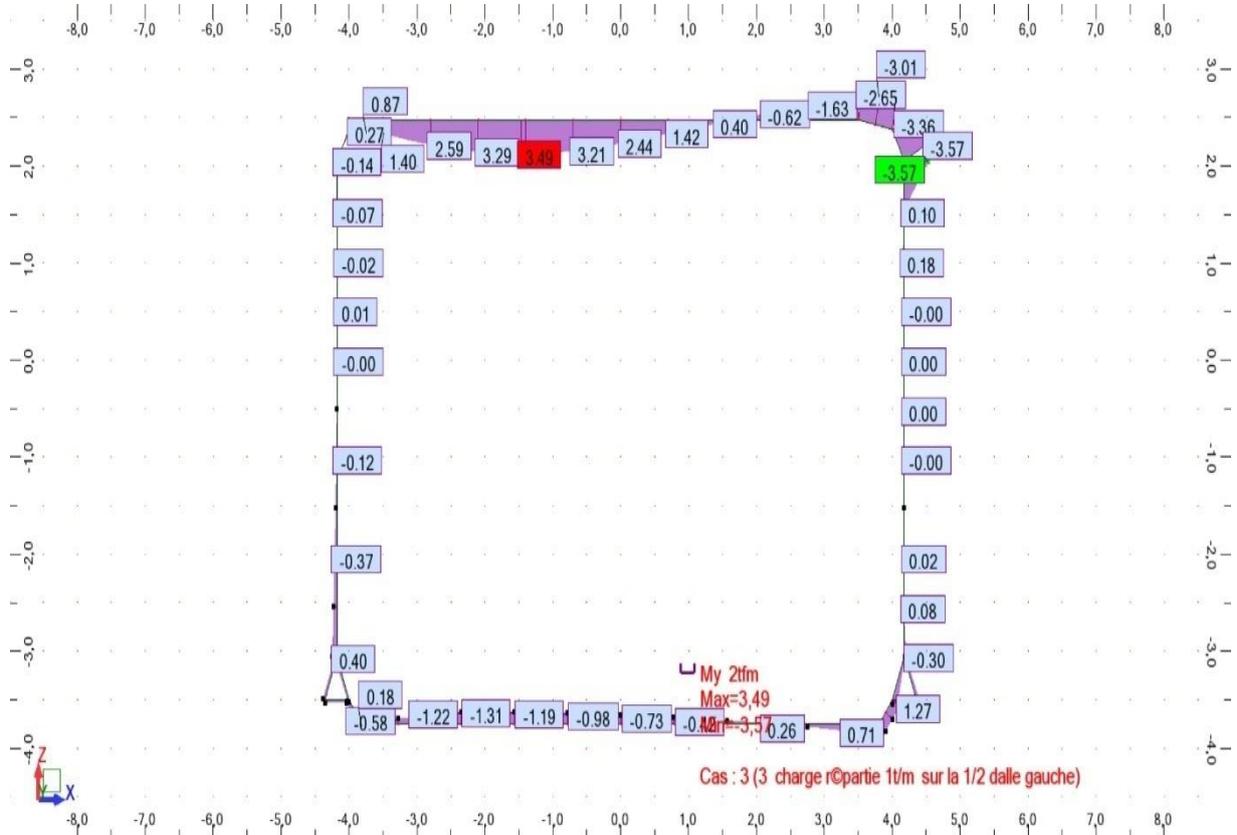
Cas 10A: charge de A(l) sur le coté gauche uniquement K=0.25



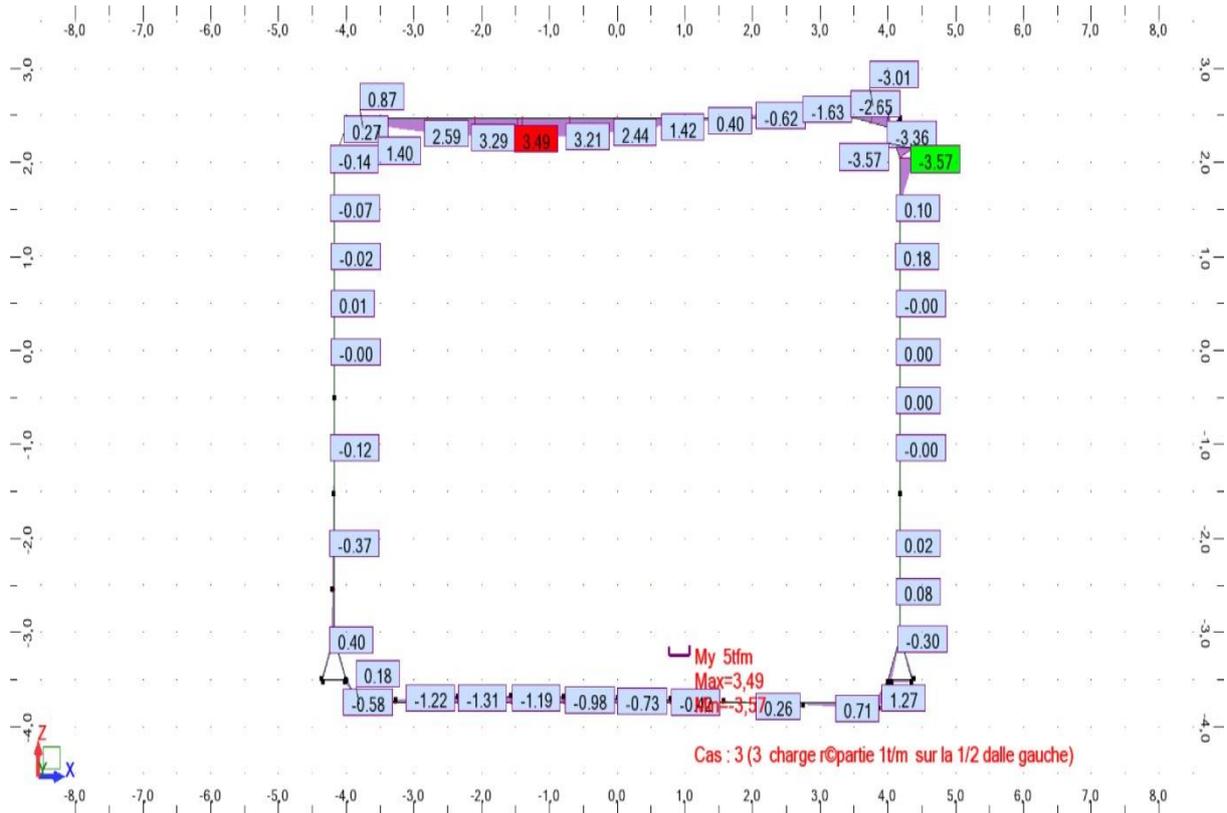
Cas 10B: charge de A(l) sur le coté gauche uniquement K=0.50



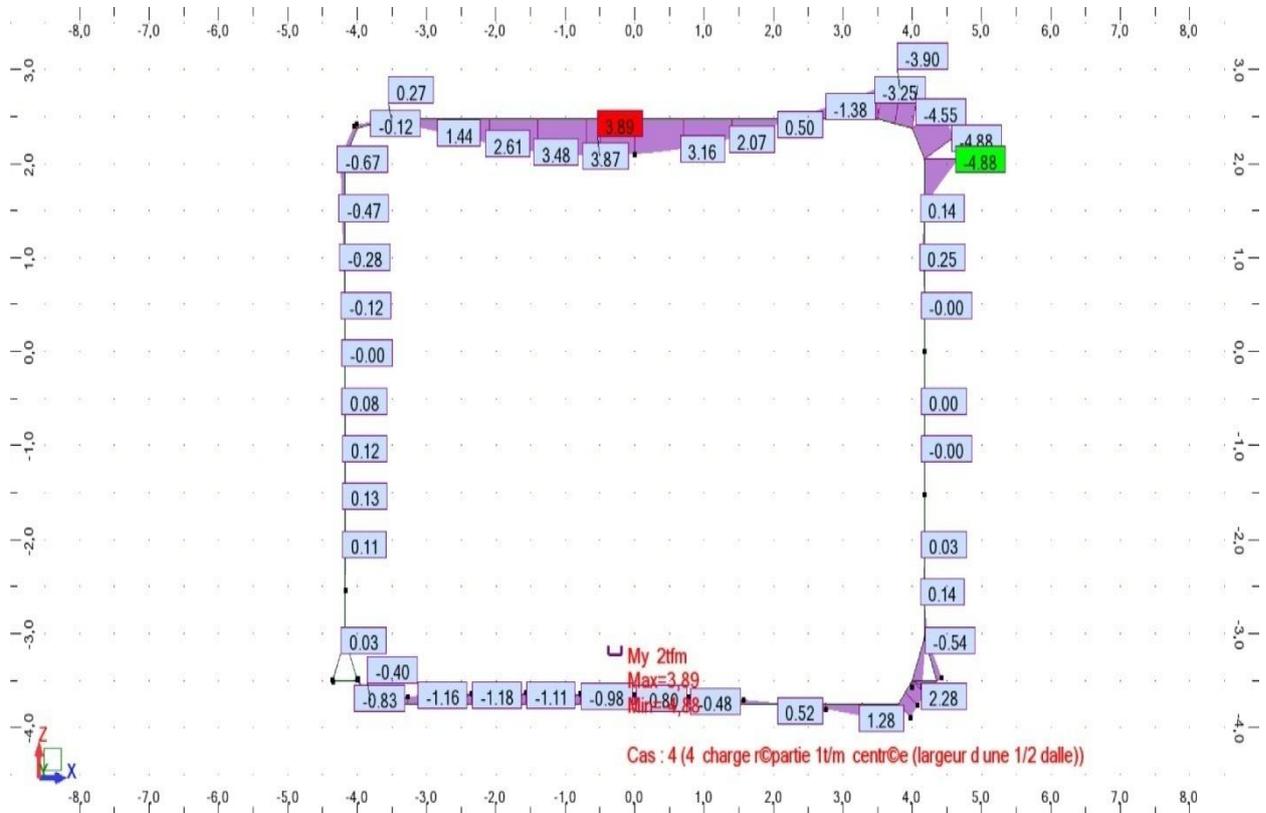
Cas 11A: charge de A(l) sur la 1/2 dalle gauche K=0.25



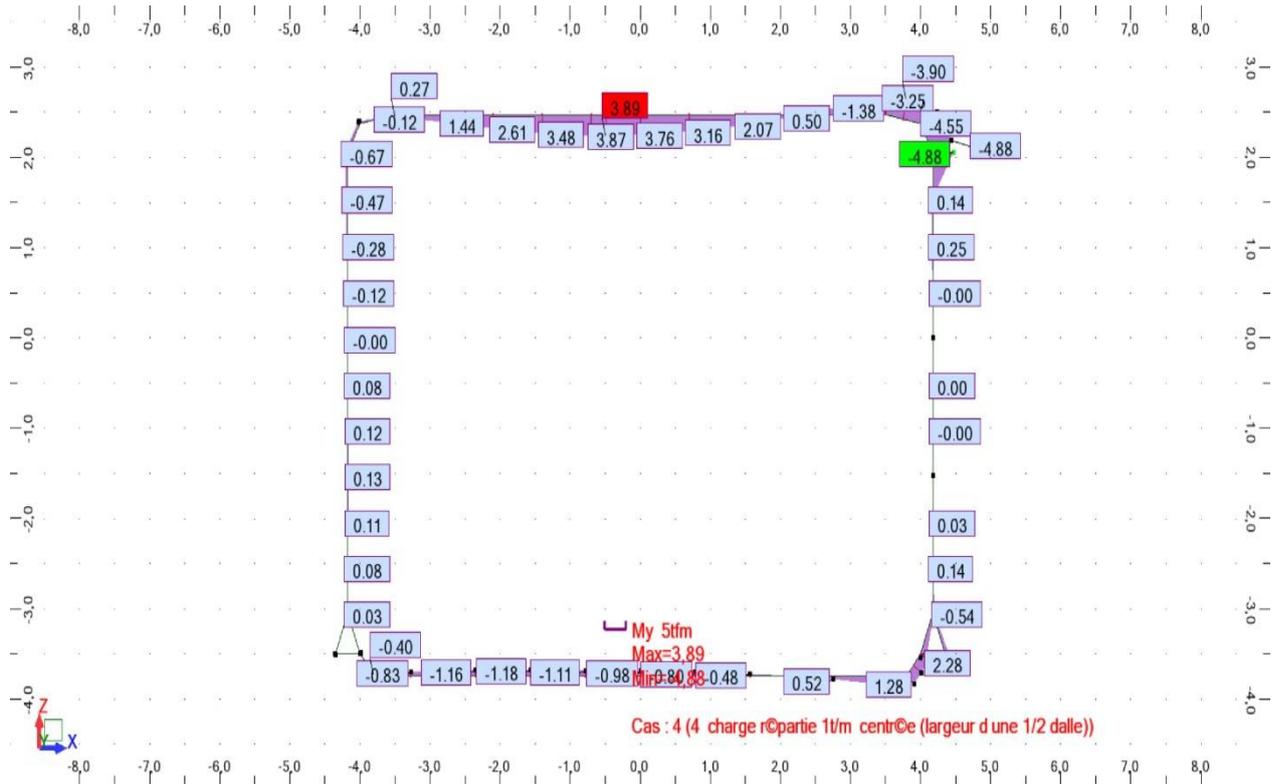
Cas 11B: charge de A(l) sur la 1/2 dalle gauche K=0.50



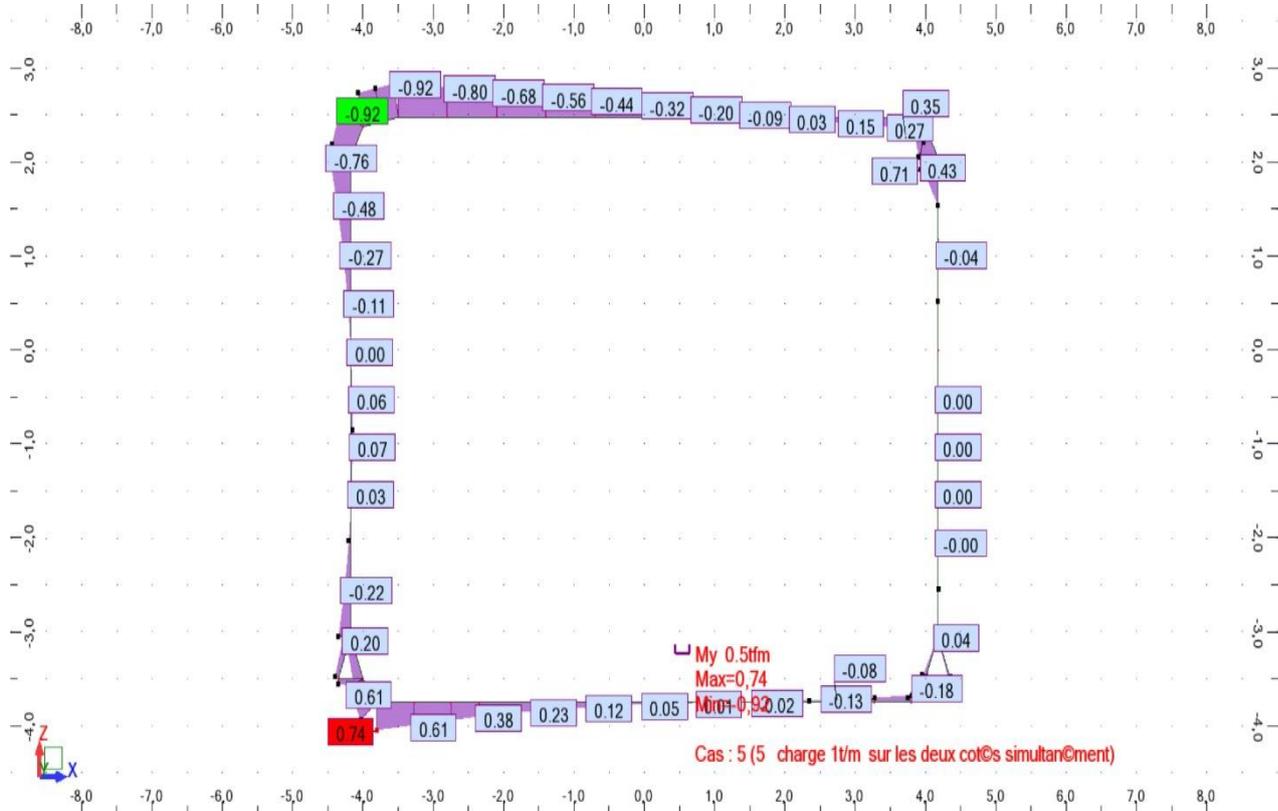
Cas 12A: charge répartie centrée (largeur d'une 1/2 dalle) K=0.25



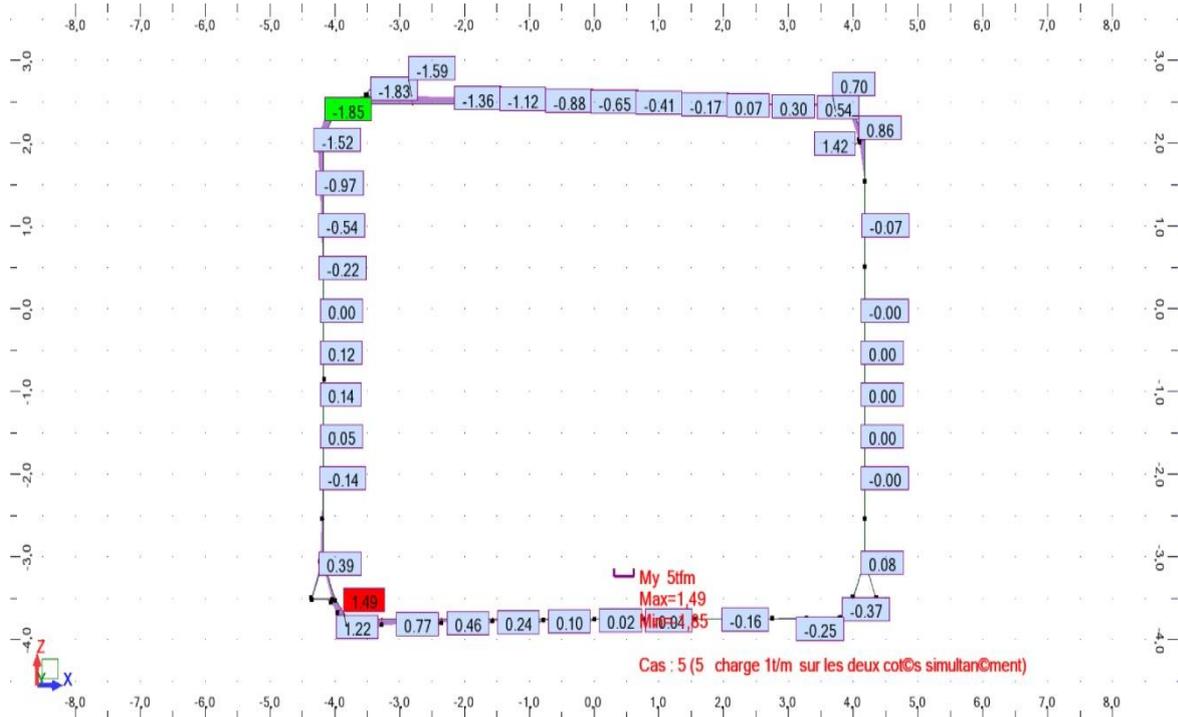
Cas 12B: charge répartie centrée (largeur d'une 1/2 dalle) K=0.50

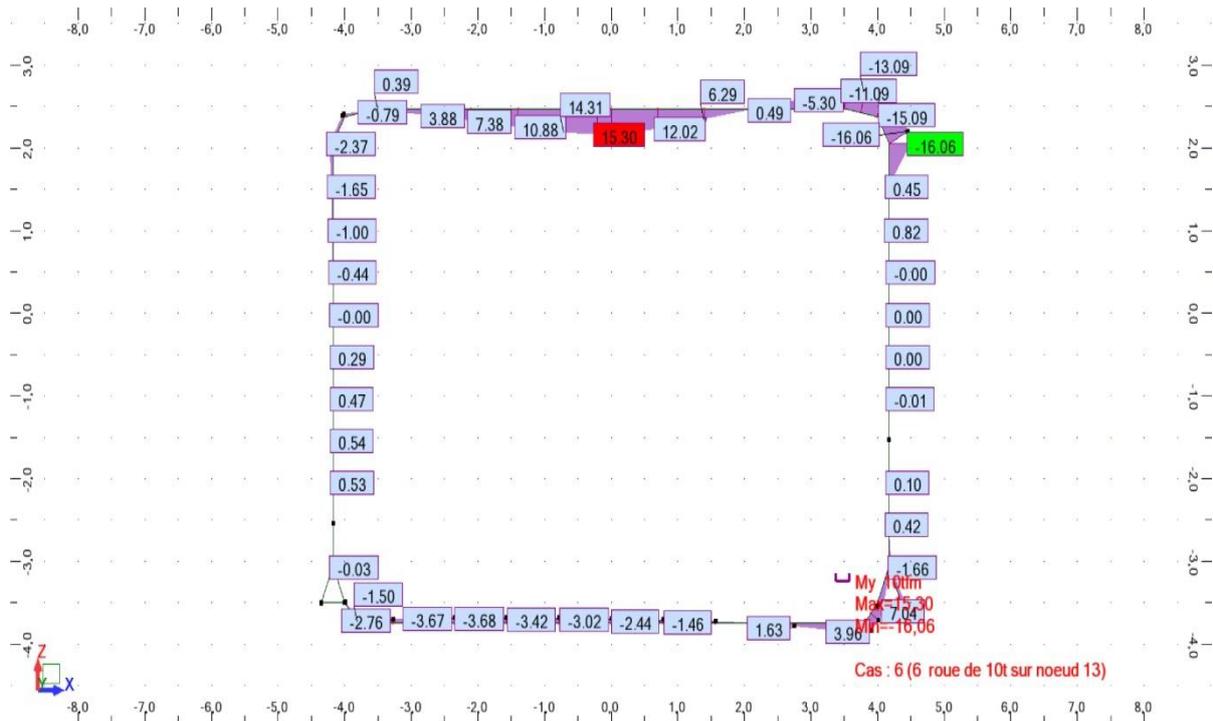


Cas 13A: charge de A(l) sur les 2 cotés simultanément K=0.25

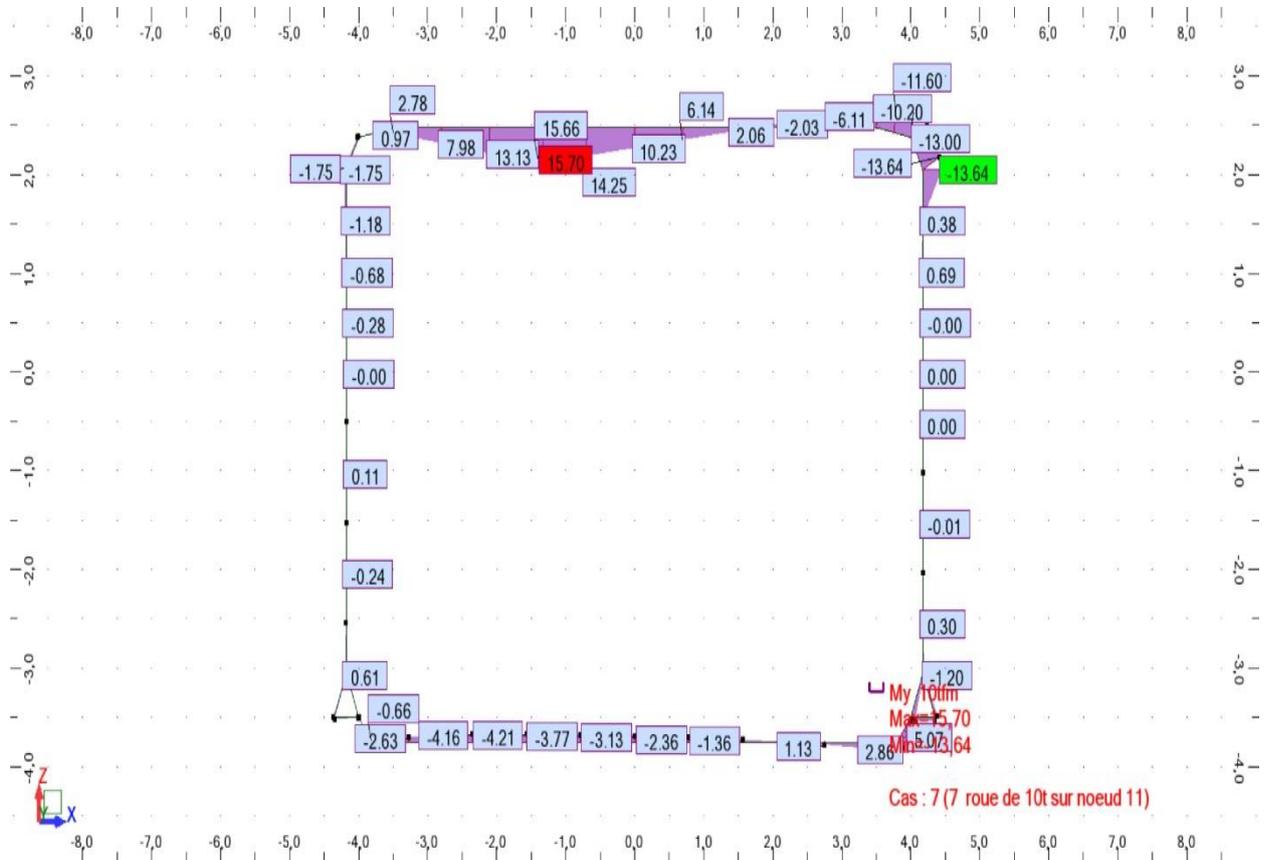


Cas 13B: charge de A(l) sur les 2 cotés simultanément K=0.50

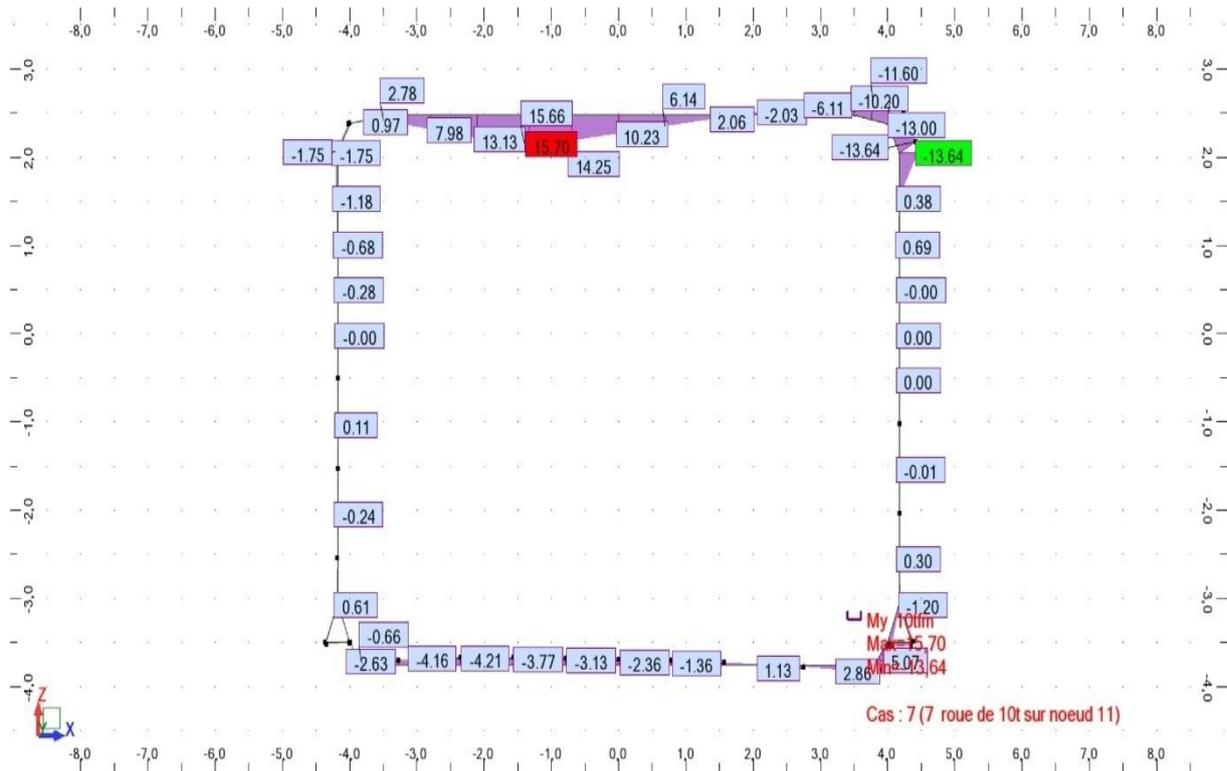




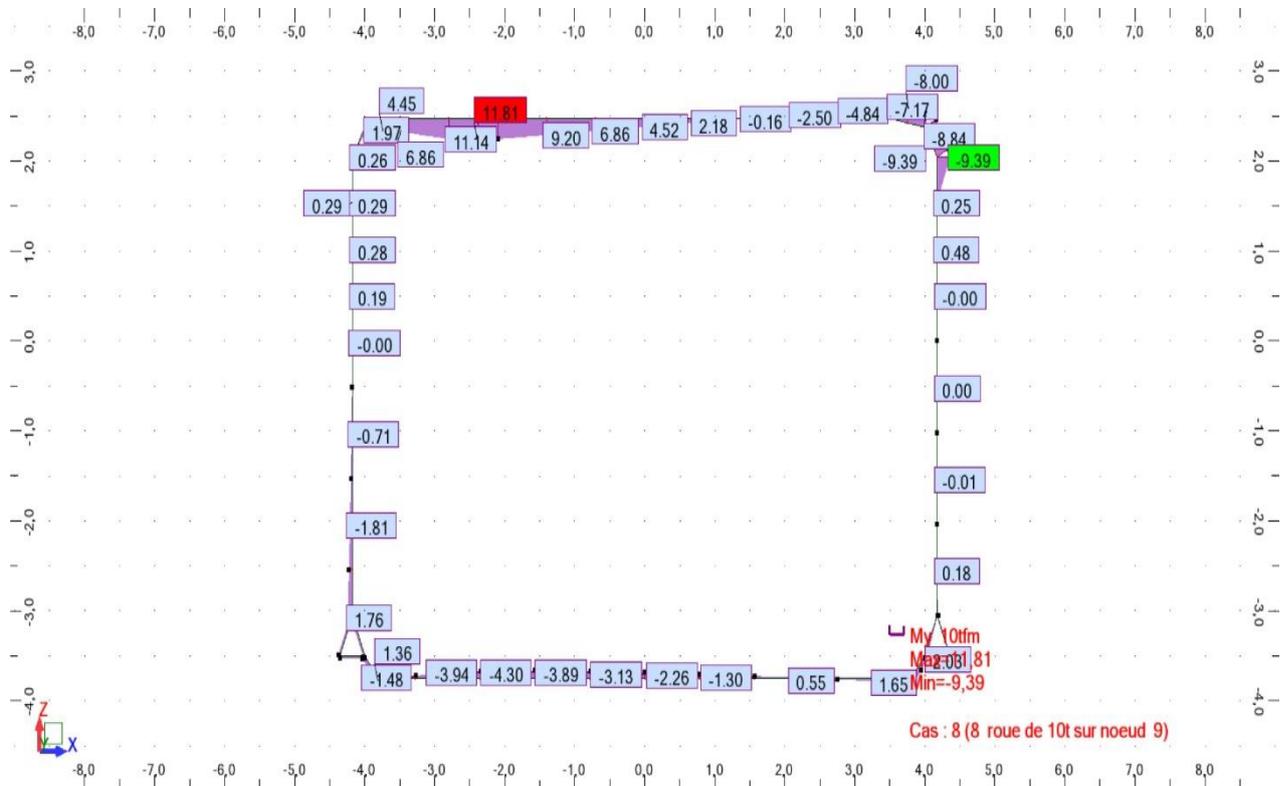
Cas 15A: roue de 10t sur nœud n2(11) K=0.25



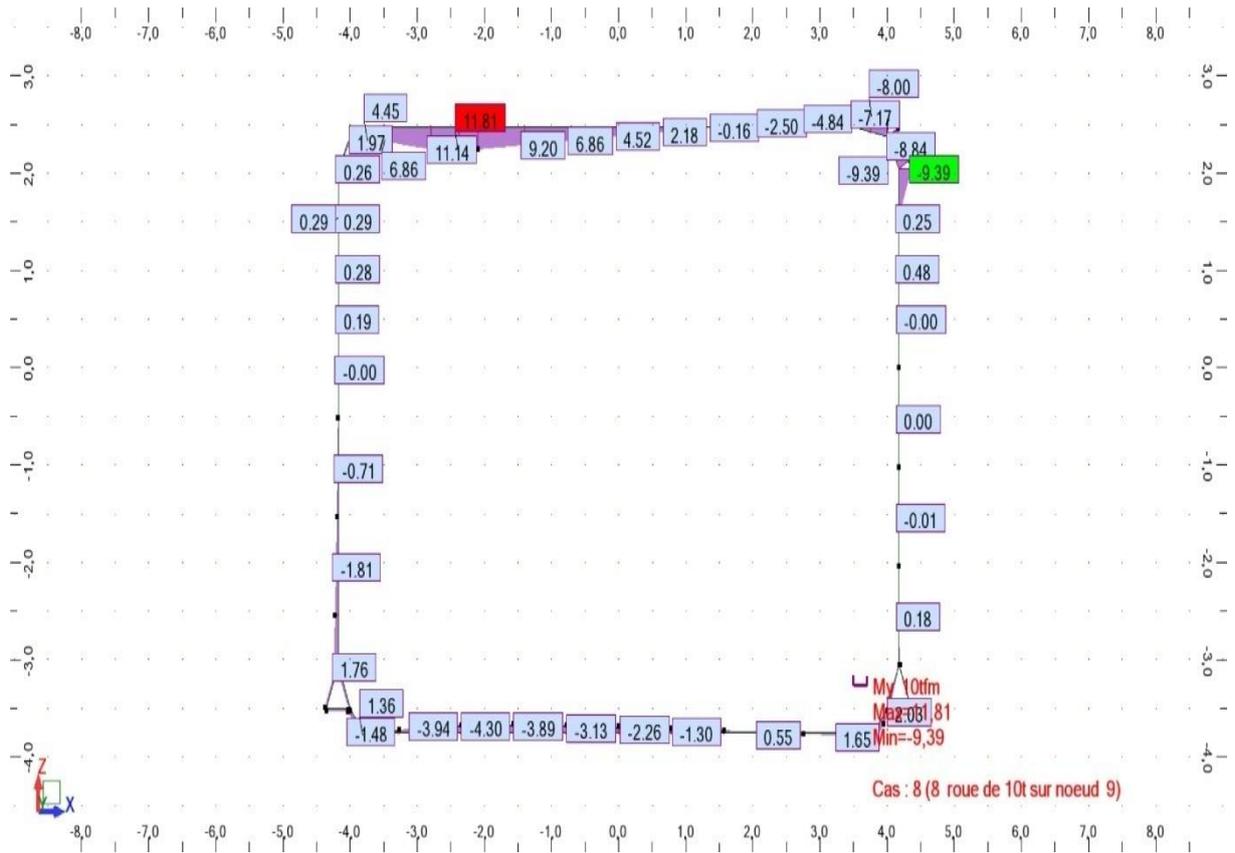
Cas 15B: roue de 10t sur nœud n2(11) K=0.50



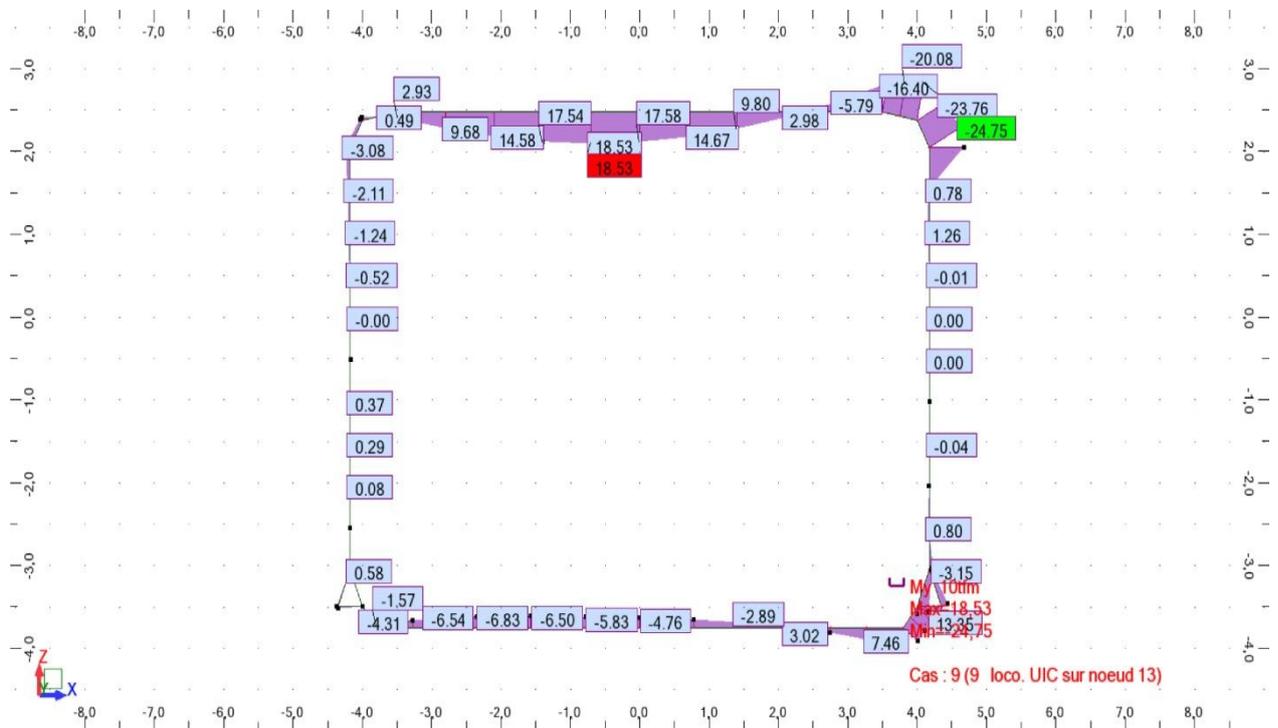
Cas 16A: roue de 10t sur nœud n2(9) K=0.25



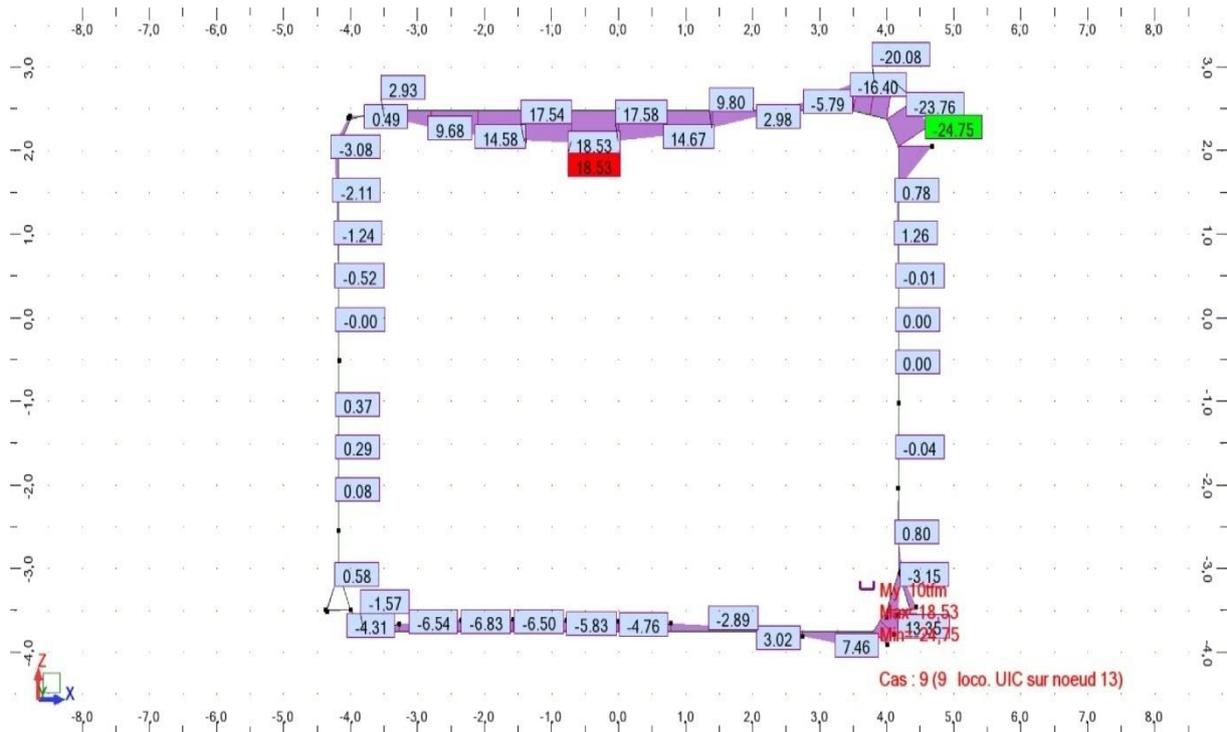
Cas 16B: roue de 10t sur nœud n2(9) K=0.50



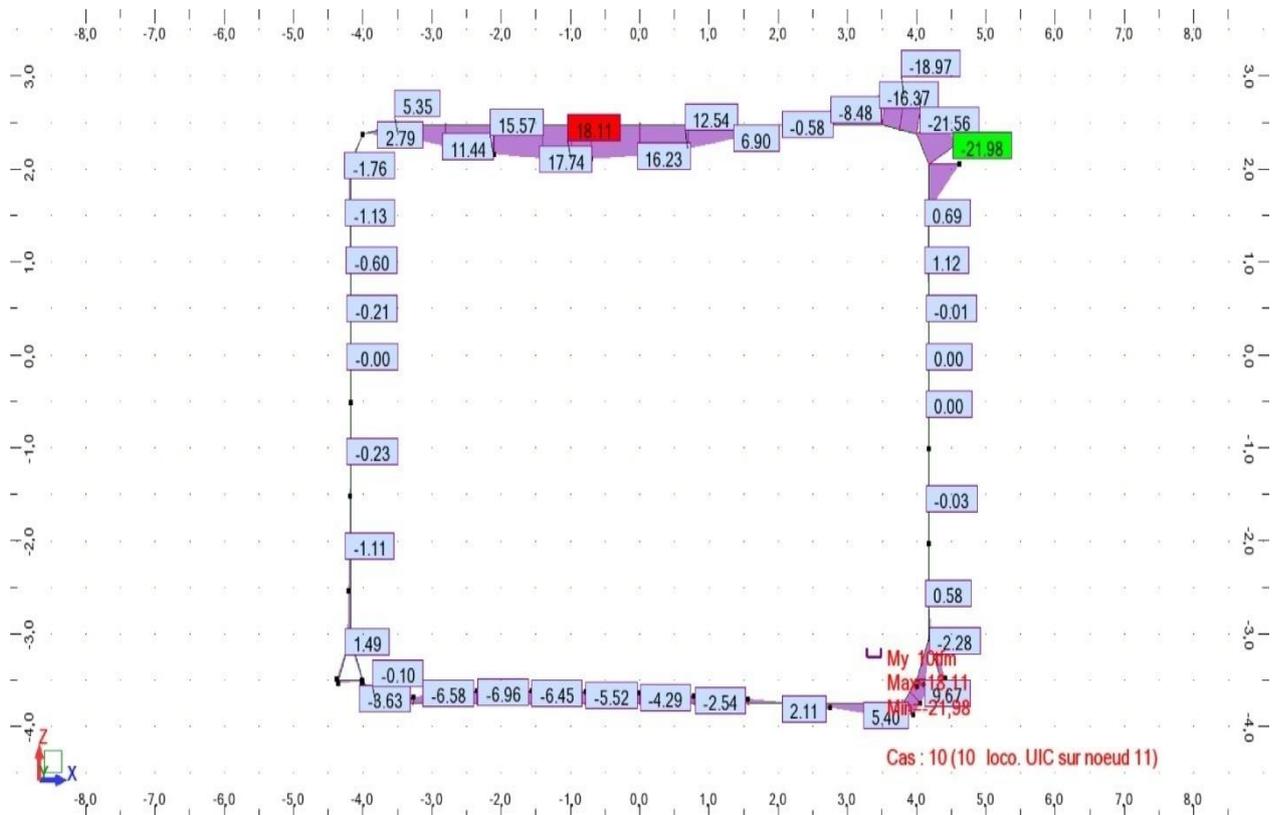
Cas 17A: loco. UIC sur le nœud n1 (13) K=0.25



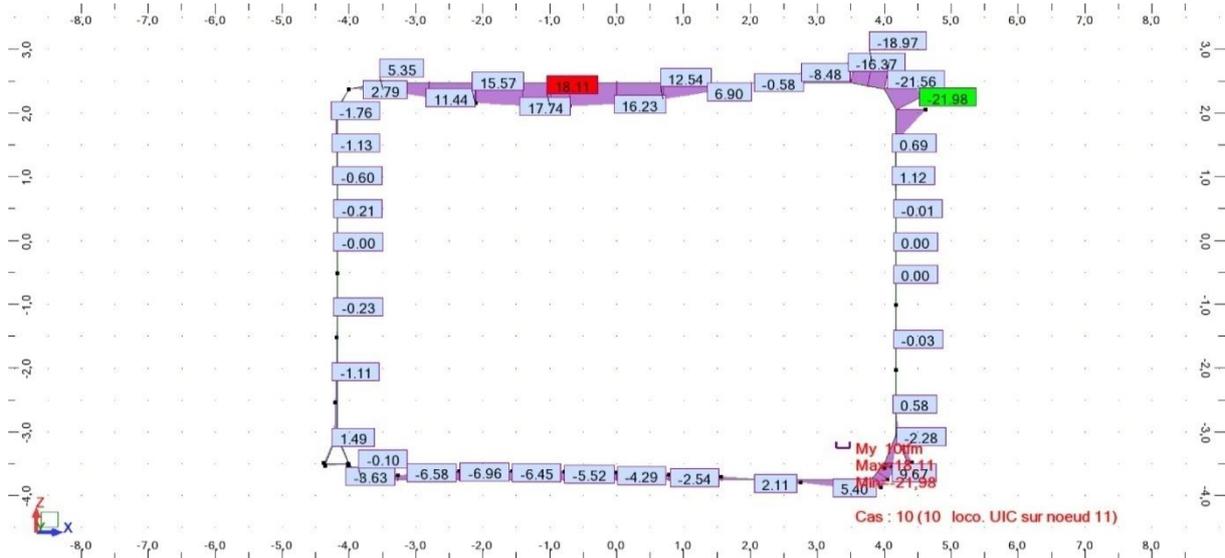
Cas 17B: loco. UIC sur le nœud n1 (13) K=0.50



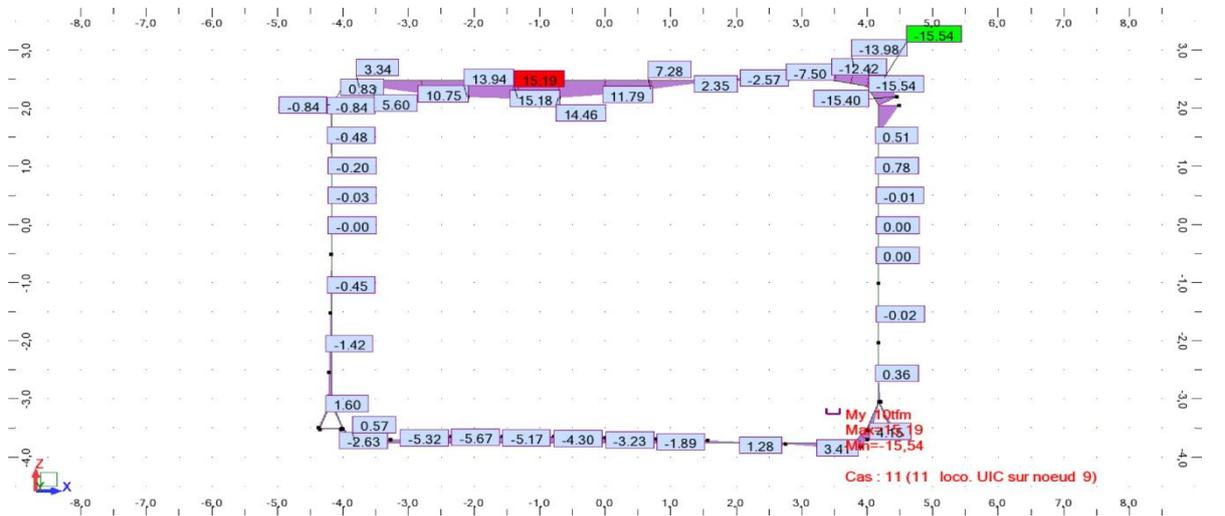
Cas 18A: loco. UIC sur le nœud n2 (11) K=0.25



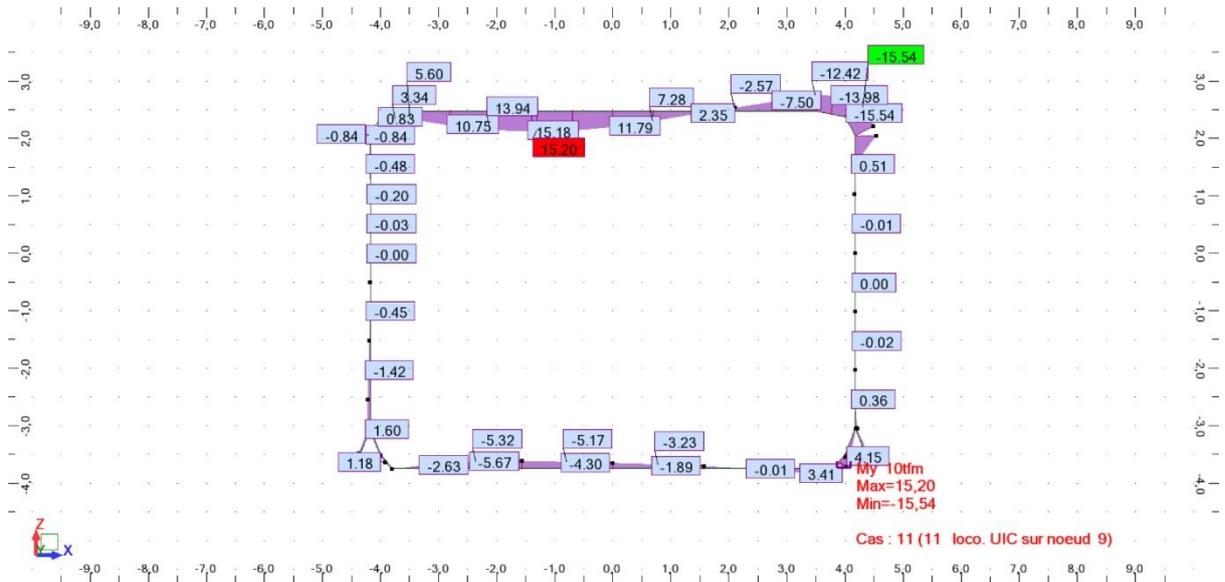
Cas 18B: loco. UIC sur le nœud n2 (11) K=0.50



Cas 19A: loco. UIC sur le nœud n3 (9) K=0.25



Cas 19B: loco. UIC sur le nœud n3 (9) K=0.50



Résultats des moments Mmax (positif) à ELU et à ELS(Ka=0.25)

Noeud	combinaison défavorable	ELU		ELS	
		M max (t,m)	N max (t)	M max (t,m)	N max (t)
1	21	1,6	41,843	1,185	30,995
2	2	1,284	8,701	0,951	6,445
3	2	2,114	8,095	1,566	5,996
4	2	2,945	7,49	2,181	5,548
5	2	3,321	5,292	2,460	3,920
6	2	7,422	-0,359	5,498	-0,266
7	2	8,57	-0,464	6,348	-0,344
8	19	10	15,479	7,407	11,466
9	19	28,236	15,972	20,916	11,831
10	19	40,955	16,464	30,337	12,196
11	18	48,488	18,144	35,917	13,440
12	18	51,533	18,636	38,173	13,804
13	18	51,71	19,129	38,304	14,170
14	18	49,208	19,621	36,450	14,534
15	18	41,376	20,114	30,649	14,899
16	18	28,026	20,606	20,760	15,264
17	17	12,771	23,19	9,460	17,178
18	2	9,766	-1,62	7,234	-1,200
19	2	8,57	-0,461	6,348	-0,341
20	2	4,998	-0,359	3,702	-0,266
21	12	6,679	8,925	4,947	6,611
22	12	3,937	9,53	2,916	7,059
23	18	2,886	46,258	2,138	34,265
24	18	1,665	46,863	1,233	34,713
25	3	0,469	9,306	0,347	6,893
26	3	0,913	9,906	0,676	7,338
27	3	0,964	10,507	0,714	7,783
28	3	0,63	11,108	0,467	8,228
29	18	0,087	49,871	0,064	36,941
30	18	0,646	50,472	0,479	37,387
31	23	0	34,597	0,000	25,627
32	12	1,878	9,307	1,391	6,894
33	12	2,638	8,724	1,954	6,462
34	12	3,398	1,086	2,517	0,804
35	12	6,24	1,086	4,622	0,804
36	17	8,258	3,71	6,117	2,748
37	22	10,372	17,967	7,683	13,309
38	21	15,758	23,029	11,673	17,059
39	18	18,279	24,028	13,540	17,799
40	18	19,381	24,028	14,356	17,799
41	18	19,705	24,856	14,596	18,412
42	19	19,315	25,929	14,307	19,207
43	19	16,661	25,929	12,341	19,207
44	18	14,029	24,856	10,392	18,412
45	18	7,005	24,856	5,189	18,412
46	1	0,704	1,958	0,521	1,450
47	1	0,704	1,781	0,521	1,319
48	1	0,704	1,519	0,521	1,125
49	1	1,619	0	1,199	0,000
50	1	1,994	0	1,477	0,000
51	1	2,101	0	1,556	0,000
52	21	3,374	43,643	2,499	32,328
53	21	3,881	43,044	2,875	31,884
54	21	3,442	42,443	2,550	31,439

Tableau 3: Résultats des moments Mmax (positif) à ELU et à ELS(Ka=0.25)

Résultats des moments Mmin (négatif) à ELU et à ELS (Ka=0.25)

Noeud	combinaison défavorable	ELU		ELS	
		M min (t,m)	N min (t)	M min (t,m)	N min (t)
1	21	-2,577	41,843	-1,909	30,995
2	21	-8,197	41,238	-6,072	30,547
3	21	-15,388	40,632	-11,399	30,098
4	21	-23,988	40,026	-17,769	29,649
5	21	-28,165	39,421	-20,863	29,201
6	17	-30,633	26,878	-22,691	19,910
7	17	-30,633	26,641	-22,691	19,734
8	17	-30,633	23,19	-22,691	17,178
9	17	-17,124	23,19	-12,684	17,178
10	17	-6,05	23,19	-4,481	17,178
11	23	0	21,43	0,000	15,874
12	23	0	21,923	0,000	16,239
13	23	0	22,415	0,000	16,604
14	23	0	22,908	0,000	16,969
15	23	0	23,4	0,000	17,333
16	3	-2,2	5,572	-1,630	4,127
17	19	-18,139	19,911	-13,436	14,749
18	18	-47,975	21,591	-35,537	15,993
19	18	-47,975	29,634	-35,537	21,951
20	18	-47,976	30,049	-35,538	22,259
21	18	-48,461	45,047	-35,897	33,368
22	18	-25,189	45,653	-18,659	33,817
23	3	-4,793	8,096	-3,550	5,997
24	3	-2,579	8,701	-1,910	6,445
25	3	-0,813	9,306	-0,602	6,893
26	2	-1,277	9,906	-0,946	7,338
27	2	2,1	10,506	1,556	7,782
28	2	-2,924	11,108	-2,166	8,228
29	2	-3,748	11,708	-2,776	8,673
30	3	-6,513	12,309	-4,824	9,118
31	18	-8,53	51,073	-6,319	37,832
32	18	-31,09	47,619	-23,030	35,273
33	18	-31,09	46,08	-23,030	34,133
34	18	-31,09	24,028	-23,030	17,799
35	18	-22,135	24,028	-16,396	17,799
36	18	-6,845	24,028	-5,070	17,799
37	3	-1,937	14,131	-1,435	10,467
38	23	0	13,06	0,000	9,674
39	23	0	13,06	0,000	9,674
40	23	0	13,06	0,000	9,674
41	23	0	30,905	0,000	22,893
42	23	0	30,905	0,000	22,893
43	17	-5,536	33,07	-4,101	24,496
44	17	-11,367	33,07	-8,420	24,496
45	17	-21,152	33,07	-15,668	24,496
46	17	-25,4	33,07	-18,815	24,496
47	17	-25,4	39,383	-18,815	29,173
48	17	-25,4	40,028	-18,815	29,650
49	23	-18,785	47,572	-13,915	35,239
50	23	-14,713	46,969	-10,899	34,792
51	23	-6,831	46,369	-5,060	34,347
52	2	-2,924	11,108	-2,166	8,228
53	2	-2,1	10,507	-1,556	7,783
54	2	-1,277	9,906	-0,946	7,338

Tableau 4: Résultats des moments Mmin (négatif) à ELU et à ELS (Ka=0.25)

Résultats des moments Mmax (positif) à ELU et à ELS (Ka=0.50)

Nœud	combinaison défavorable	ELU		ELS	
		M max (t,m)	N max (t)	M max (t,m)	N max (t)
1	21	0,923	39,544	0,684	29,292
2	2	1,284	8,701	0,951	6,445
3	2	2,114	8,095	1,566	5,996
4	2	2,945	7,49	2,181	5,548
5	2	3,321	5,292	2,460	3,920
6	2	7,422	-0,359	5,498	-0,266
7	7	11,634	9,921	8,618	7,349
8	19	18,229	9,883	13,503	7,321
9	19	35,28	10,375	26,133	7,685
10	19	46,815	10,868	34,678	8,050
11	18	53,164	12,548	39,381	9,295
12	18	55,445	13,04	41,070	9,659
13	18	55,047	13,532	40,776	10,024
14	18	51,547	14,025	38,183	10,389
15	18	42,531	14,517	31,504	10,753
16	18	27,997	15,01	20,739	11,119
17	2	12,732	-1,62	9,431	-1,200
18	2	9,766	-1,62	7,234	-1,200
19	2	8,57	-0,461	6,348	-0,341
20	2	4,998	-0,359	3,702	-0,266
21	2	3,321	5,294	2,460	3,921
22	21	3,268	46,738	2,421	34,621
23	18	3,194	47,95	2,366	35,519
24	18	1,775	48,556	1,315	35,967
25	3	0,469	9,306	0,347	6,893
26	3	0,913	9,906	0,676	7,338
27	3	0,964	10,507	0,714	7,783
28	3	0,63	11,108	0,467	8,228
29	18	0,14	51,563	0,104	38,195
30	18	0,736	52,164	0,545	38,640
31	23	0	36,896	0,000	27,330
32	12	0,354	11,106	0,262	8,227
33	12	1,226	10,468	0,908	7,754
34	12	2,097	2,204	1,553	1,633
35	12	5,413	2,204	4,010	1,633
36	17	7,373	5,732	5,461	4,246
37	22	9,888	19,513	7,324	14,454
38	21	15,586	24,575	11,545	18,204
39	18	18,364	25,074	13,603	18,573
40	18	19,947	14,036	14,776	10,397
41	19	20,907	15,108	15,487	11,191
42	19	21,345	15,108	15,811	11,191
43	19	20,03	15,108	14,837	11,191
44	18	18,412	14,036	13,639	10,397
45	18	12,989	14,036	9,621	10,397
46	18	3,797	14,036	2,813	10,397
47	18	1,479	32,356	1,096	23,967
48	1	0,704	1,519	0,521	1,125
49	1	1,619	0	1,199	0,000
50	1	1,994	0	1,477	0,000
51	1	2,101	0	1,556	0,000
52	1	2,071	0	1,534	0,000
53	21	2,112	40,745	1,564	30,181
54	21	1,916	40,144	1,419	29,736

Tableau 5: Résultats des moments Mmax (positif) à ELU et à ELS (Ka=0.50)

Résultats des moments Mmin (négatif) à ELU et à ELS (Ka=0.50)

Noeud	combinaison défavorable	ELU		ELS	
		M min (t,m)	N min (t)	M min (t,m)	N min (t)
1	21	-1,589	39,544	-1,177	29,292
2	21	-5,096	38,939	-3,775	28,844
3	21	-9,625	38,333	-7,130	28,395
4	21	-15,034	37,727	-11,136	27,946
5	21	-17,656	37,122	-13,079	27,498
6	21	-15,323	20,138	-11,350	14,917
7	21	-15,323	20,077	-11,350	14,872
8	21	-15,323	13,792	-11,350	10,216
9	3	-5,187	5,572	-3,842	4,127
10	3	-2,200	5,572	-1,630	4,127
11	23	0,000	13,115	0,000	9,715
12	23	0,000	13,608	0,000	10,080
13	23	0,000	14,100	0,000	10,444
14	23	0,000	14,593	0,000	10,810
15	23	0,000	15,085	0,000	11,174
16	3	-2,200	5,572	-1,630	4,127
17	19	-20,572	14,315	-15,239	10,604
18	18	-52,389	15,995	-38,807	11,848
19	18	-52,389	24,478	-38,807	18,132
20	18	-52,390	24,893	-38,807	18,439
21	18	-54,990	46,740	-40,733	34,622
22	18	-28,562	47,345	-21,157	35,070
23	3	-4,793	8,096	-3,550	5,997
24	3	-2,579	8,701	-1,910	6,445
25	3	-0,813	9,306	-0,602	6,893
26	2	-1,277	9,906	-0,946	7,338
27	2	-2,100	10,506	-1,556	7,782
28	2	-2,924	11,108	-2,166	8,228
29	2	-3,748	11,708	-2,776	8,673
30	3	-6,513	12,309	-4,824	9,118
31	18	-8,822	52,765	-6,535	39,085
32	18	-32,684	49,356	-24,210	36,560
33	18	-32,684	47,761	-24,210	35,379
34	18	-32,684	25,074	-24,210	18,573
35	18	-23,496	25,074	-17,404	18,573
36	18	-7,707	25,074	-5,709	18,573
37	3	-1,937	14,131	-1,435	10,467
38	23	0,000	14,607	0,000	10,820
39	23	0,000	14,607	0,000	10,820
40	23	0,000	14,607	0,000	10,820
41	23	0,000	17,578	0,000	13,021
42	23	0,000	17,578	0,000	13,021
43	3	-1,937	14,131	-1,435	10,467
44	3	-4,793	14,131	-3,550	10,467
45	3	9,531	14,131	7,060	10,467
46	23	-12,444	17,578	-9,218	13,021
47	23	-12,444	36,611	-9,218	27,119
48	23	-12,444	38,353	-9,218	28,410
49	23	-13,200	45,272	-9,778	33,535
50	23	-10,715	44,670	-7,937	33,089
51	23	-5,820	44,070	-4,311	32,644
52	2	-2,924	11,108	-2,166	8,228
53	2	-2,100	10,507	-1,556	7,783
54	2	-1,277	9,906	-0,946	7,338

Tableau 6: Résultats des moments Mmin (négatif) à ELU et à ELS (Ka=0.50)

Nous effectuons un calcul en fourchette sur le coefficient de poussée des terres entre **Ka=0.50** et **Ka=0.25**. Le ferrailage des différents éléments de la structure sera obtenu à partir de l'enveloppe de ces calculs.

III.4.2. EXPLOITATION DES RESULTATS :

Nous présentons dans ce qui suit :

- Les tableaux des sections d'aciers strictement nécessaires.
- La détermination des armatures des éléments courants.

Chapitre 4

Exploitation des
résultats

Chapitre 4 : Exploitation des résultats

Les différentes sollicitations qui seront considérées ultérieurement ont été obtenues lors de l'analyse statique de la structure retenue par le biais du logiciel Robot.

Une section d'un élément peut avoir quatre types de sollicitations possibles :

1. Compression simple.
2. Traction simple.
3. Flexion simple.
4. Flexion composée.

La structure est soumise à des efforts normaux, des efforts tranchants et à des moments fléchissant, ils seront donc calculés en flexion composée.

Les éléments de l'ouvrage sont des éléments non exposée aux intempéries et solliciter par des moments de flexion et des efforts tranchants, donc le calcul se fera en flexion simple avec les sollicitations les plus défavorables en considérant la fissuration peu préjudiciable. Le ferrailage est calculé à l'état limité ultime et vérifié à l'état limite de service sous l'effet du moment le plus défavorable.

Les calculs BAEL ont pour objet de spécifier les principes et les méthodes les plus actuels devant présider et servir à la conception et aux calculs de vérification des structures et ouvrages en béton armé. Les règles de conception sont venues afin de remédier en faisant travailler les matériaux dans le domaine plastique et en adoptant des combinaisons d'action qui tiennent compte d'une part de la variation possible dans le cas défavorable des intensités des actions, d'autre part de la probabilité lesquelles les actions entaient leurs valeurs.

Tableau des sections d'acier nécessaires :

Le tableau récapitulatif suivant présente les sections d'acier nécessaires selon un calcul en fourchette avec la prise en compte les deux coefficients $K_a=0.25$ et $K_a=0.50$, d'où A présente la cas d'une combinaison défavorable avec $K_a=0.25$ et B présente la cas d'une combinaison défavorable avec $K_a=0.50$.

Noeud	combinaison défavorable	As extérieure (cm ² /ml)	combinaison défavorable	As intérieure (cm ² /ml)
1	21 B	4.66	21 B	4.66
2	21 B	4.66	21 B	4.66
3	21 A	12.28	21 B	4.66
4	18 B	28.84	21 B	4.66
5	18 B	65.61	18 B	8.37
6	18 B	27.87	21 B	9.31
7	18 B	35.05	21 B	7.76
8	18 B	47.36	19 B	14.81
9	18 B	16.28	19 B	31.10
10	3 B	6.21	19 B	42.59
11	23 B	6.21	18 B	48.61
12	23 B	6.21	18 B	50.87
13	23 B	6.21	18 B	50.36
14	23 B	6.21	18 B	50.87
15	23 B	6.21	18 B	48.61
16	3 B	6.21	19 B	42.59
17	19 B	16.28	19 B	31.10
18	18 B	47.36	19 B	14.81
19	18 B	35.05	21 B	7.76
20	18 B	27.87	21 B	9.31
21	18 B	65.61	18 B	8.37
22	18 B	28.84	21 B	4.66
23	21 B	12.28	21 B	4.66
24	21 B	4.66	21 B	4.66
25	21 B	4.66	21 B	4.66
26	2 B	4.66	2 B	4.66
27	2 B	4.66	2 B	4.66
28	2 B	4.66	2 B	4.66
29	23 B	4.66	23 B	4.66
30	23 B	10.39	23 B	4.66
31	23 B	15.68	23 B	4.66
32	23 B	13.20	23 B	13.20
33	18 B	11.94	23 B	9.31
34	18 B	31.30	23 B	5.43
35	18 B	20.88	18 B	11.04
36	17 A	6.20	18 B	16.91
37	3 B	5.43	19 B	18.52
38	23 B	5.43	19 B	19.96
39	23 B	5.43	19 B	19.48
40	23 B	5.43	18 B	18.59
41	23 B	5.43	19 B	19.48
42	23 B	5.43	19 B	19.96
43	3 B	5.43	19 B	18.52
44	17 A	6.20	18 B	16.91
45	18 B	20.88	18 B	11.04
46	18 B	31.30	23 B	5.43
47	18 B	11.94	23 B	9.31
48	23 B	13.20	23 B	13.20
49	23 A	15.68	23 B	4.66
50	23 A	10.39	23 B	4.66
51	23 B	4.66	23 B	4.66
52	2 B	4.66	2 B	4.66
53	2 B	4.66	2 B	4.66
54	2 B	4.66	2 B	4.66

Tableau 7:sections d'acier nécessaires

VI.1 - Détermination des armatures à mettre en place (ELEMENT SUPERIEUR)

* ACIERS COTE INTERIEUR DE LA DALLE

section minimale nécessaire : $A \geq 50.87 \text{ cm}^2/\text{ml}$
cette section peut être obtenue par recouvrement de deux aciers en « L »
soit 2 x 12 aciers HA 25 sur 1.99 m = $59.20 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**ACIERS 1**)

* ACIERS de répartition coté intérieur de la dalle

armatures principales: $50.87 \text{ cm}^2/\text{ml}$
armatures de répartition (1/4 armatures principales): $12.72 \text{ cm}^2/\text{ml}$
soit HA 14 esp 12cm = $12.83 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**aciens 3 et 3a si clavage**)

* ACIERS DANS LES APPUIS SUP. COTE EXTERIEUR

section minimale nécessaire : $A \geq 65.61 \text{ cm}^2/\text{ml}$
cette section peut être obtenue par un lit d'acier + 1 renfort
soit 12 aciers (HA32+HA20) sur 1.99 m = $67.41 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**ACIERS 4 et 5**)

* ACIERS COTE EXTERIEUR DE LA DALLE

section minimale nécessaire : $A \geq 6.21 \text{ cm}^2/\text{ml}$
cette section peut être obtenue par un seul lit d'acier
soit 12 aciers HA 16 sur 1.99 m = $12.06 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**ACIERS 7**)

* ACIERS de répartition coté extérieur de la dalle au niveau des appuis.

armatures principales: $65.61 \text{ cm}^2/\text{ml}$
armatures de répartition (1/4 armatures principales): $16.40 \text{ cm}^2/\text{ml}$
soit HA 20 esp 15cm = $20.93 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**aciens 6**)

* ACIERS de répartition coté extérieur au centre de la dalle.

armatures principales: $6.21 \text{ cm}^2/\text{ml}$
armatures de répartition (1/4 armatures principales): $1.55 \text{ cm}^2/\text{ml}$
soit HA 8 esp 15 cm = $3.33 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**aciens 8**)

* ACIERS de répartition coté extérieur des montants du U supérieur.

armatures principales: $65.61 \text{ cm}^2/\text{ml}$
armatures de répartition (1/4 armatures principales): $16.40 \text{ cm}^2/\text{ml}$
soit HA 25 4.00 pm = $19.64 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**aciens 11**)

* ACIERS coté intérieur des montants du U supérieur.

Vérification vis à vis de la remonté de l'effort tranchant .

effort tranchant MAXI: 7.74 t/ml $A_t > 2.23 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Vérification vis à vis du Moment maxi. $A \geq 8.37 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Dimensionnement des aciers .

section minimale nécessaire : $A \geq 8.37 \text{ cm}^2/\text{ml}$
soit 12 aciers HA 14 sur 1.99 m = $4.73 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**ACIERS 9**)

* **ACIERS** de répartition coté intérieur des montants du U supérieur.
armatures principales: $8.37 \text{ cm}^2/\text{ml}$
armatures de répartition (1/4 armatures principales): $2.09 \text{ cm}^2/\text{ml}$
soit HA 10 4.00 pm = $3.16 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**aciers 10**)

* **EPINGLES** des montants du "U" supérieur. (**aciers 14**)
 $AT/st \geq 92.19 \text{ cm}^2/\text{ml}$ pour une tranche de 1m de large
soit $AT/st \geq 15.21 \text{ cm}^2/\text{ml}$ pour une nervure
nous disposerons deux lits d'épingles en HA14 (épingles 14) soit $18.66 \text{ cm}^2/\text{ml}$

* **EPINGLES** de la dalle du "U" supérieur. (**aciers 15**)
Aucune armature d'effort tranchant n'est requise
les épinglés 15 servent pour le montage et seront de diamètre : 8

* **VERIFICATION** aux ROTULES.

- Vérification vis à vis de la remonté de l'effort tranchant.

effort tranchant MAXI: 7.74 t/ml

La section d'acier nécessaire pour remonter l'effort tranchant est donnée par:

$$At/st \geq Vu / (f_e / \gamma_s)$$

$$At \geq 2.23 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

- Vérification vis à vis de l'effort Normal.

La vérification vis à vis de l'effort normal se fait à l'ELS.

effort normal MAXI (elu) : 49.16 t/ml

effort normal MAXI (els) : 36.42 t/ml

La contrainte aux rotules est calculée sur la base d'une surface de contact ayant pour largeur le quart du rayon soit: $0.25 R = 0.25 * 0.17 = 0.04 \text{ m}$

nous avons $\sigma_{\max} = 8.57 \text{ Mpa}$ et $0.6 * f_{c28} = 21.00 \text{ Mpa}$

$\sigma_{\max} < 0.6 * f_{c28}$ --> OK

Le ferrailage de surface est donné par :

$$AS \geq 0.04 * N_{\text{ser}} / (f_e * 2/3)$$

$$\text{Soit } AS \geq 0.55 \text{ cm}^2$$

Nous proposons de disposer 1 HA12 (**acier 12**)

VI.1.1 .Principe de ferrailage et repérage des aciers ELEMENT SUPERIEUR

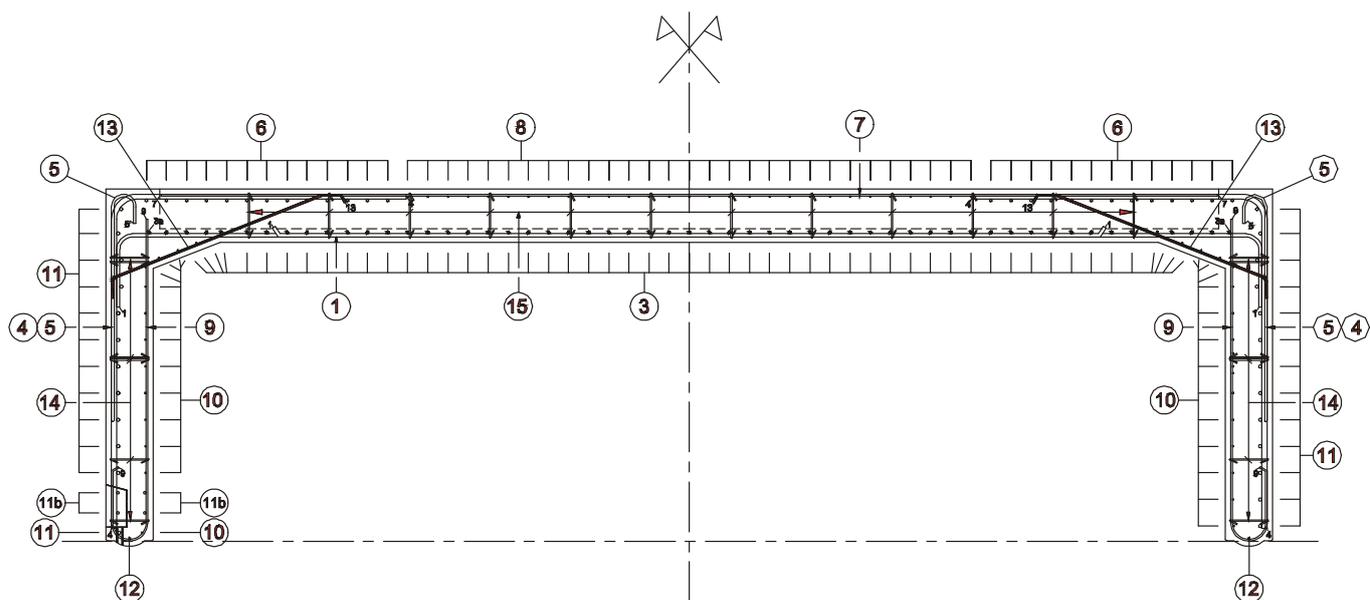


Figure 13: COUPE TRANSVERSALE DE L'ELEMENT SUPERIEUR U

NOTA : Le schéma ci dessus est un PRINCIPE de ferrailage NON A L'ECHELLE. Se référer à la nomenclature des aciers pour le nombre, le diamètre, et l'espacement des armatures

VI.2 - Détermination des armatures à mettre en place (PIEDROIT LATERAL)

* ACIERS DANS LES APPUIS INF. COTE EXTERIEUR

section minimale nécessaire : $A \geq 31.30 \text{ cm}^2/\text{ml}$

cette section peut être obtenue par un seul lit d'acier

soit 6 aciers HA 32 alternés avec 6 aciers HA25 sur 1.99 m = $39.05 \text{ cm}^2/\text{ml}$

(ACIERS 55 et 56)

* ACIERS de répartition coté extérieur des montants du U supérieur.

armatures principales: $31.30 \text{ cm}^2/\text{ml}$

armatures de répartition (1/4 armatures principales): $7.82 \text{ cm}^2/\text{ml}$

soit HA 16 5.00 pm = $10.05 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (aciers 34)

* ACIERS coté intérieur des montants de la partie inférieure.

Vérification vis à vis de la remonté de l'effort tranchant .

effort tranchant MAXI: 7.74 t/ml $At >: 2.23 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Vérification vis à vis du Moment maxi. $A \geq 4.66 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Dimensionnement des aciers .

section minimale nécessaire : $A \geq 4.66 \text{ cm}^2/\text{ml}$

soit 12 aciers HA 10 sur 1.99 m = $4.73 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (ACIERS 32)

* ACIERS de répartition coté intérieur des montants de la partie inférieure.
armatures principales: 4.66 cm²/ml
armatures de répartition (1/4 armatures principales): 1.17 cm²/ml
soit HA 8 5.00 pm = 2.51 cm²/ml (aciERS 35)

* ACIERS 52, 53 DANS LES SEMELLES COTE INTERIEUR

section minimale nécessaire :

à 3 cm du clavage $A \geq 17.03$ cm²/ml

dans le piedroit, coté intérieur $A \geq 16.91$ cm²/ml -----> $A \geq 17.03$ cm²/ml

cette section peut être obtenue par un seul lit d'acier

soit 12 aciERS HA 20 sur 1.99 m = 18.93 cm²/ml (**ACIERS 52**)

* ACIERS de répartition face intérieure de la semelle intérieure.

armatures principales: 17.03 cm²/ml

armatures de répartition (1/4 armatures principales): 4.26 cm²/ml

soit HA 12 5.00 pm = 5.65 cm²/ml (**aciERS 54**)

* ACIERS de répartition face extérieure de la semelle intérieure.

armatures principales: 31.30 cm²/ml

armatures de répartition (1/4 armatures principales): 7.82 cm²/ml

soit HA 16 5.00 pm = 10.05 cm²/ml (**aciERS 51**)

* EPINGLES dans la partie de la semelle à épaisseur constante. (**aciERS 37**)

Aucune armature d'effort tranchant n'est requise

les épingles 37 servent pour le montage et seront de diamètre : 8

* EPINGLES des montants de la partie inférieure. (**aciERS 36**)

Aucune armature d'effort tranchant n'est requise

les épingles 36 servent pour le montage et seront de diamètre : 8

VI.2.1 .Principe de ferrailage et repérage des aciers PIEDROIT LATERAL

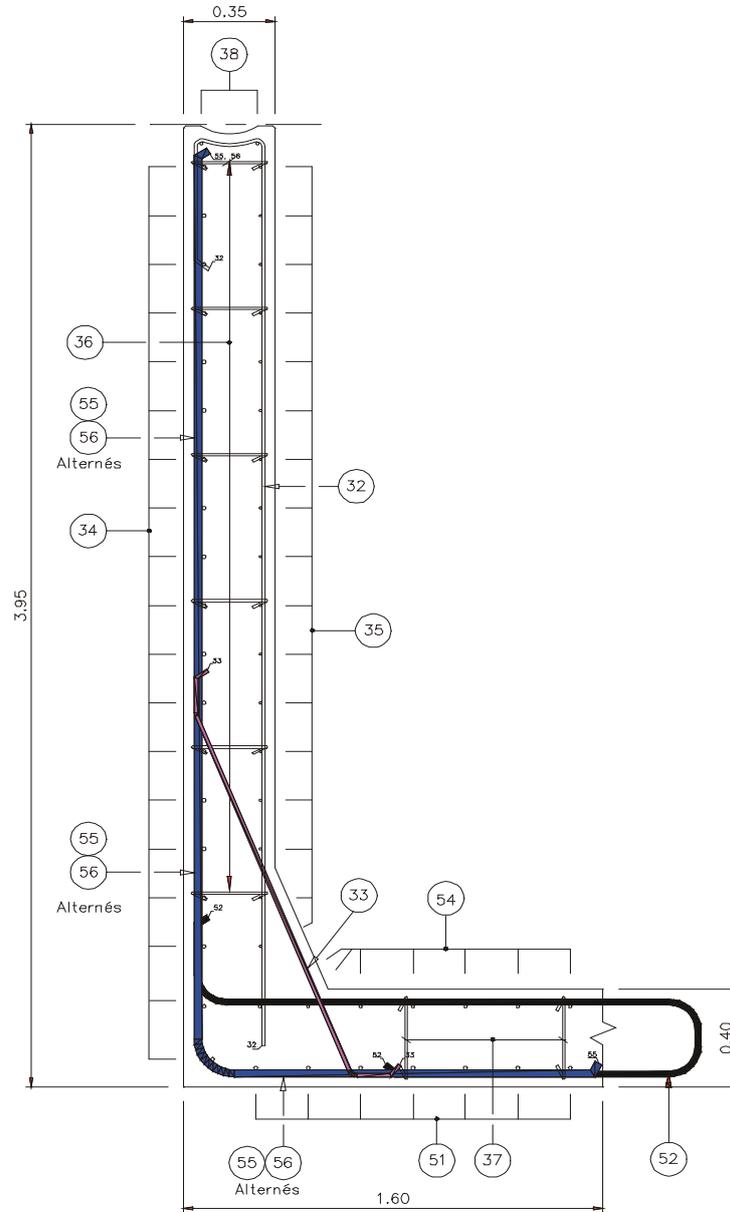


Figure 14: COUPE TRANSVERSALE DU PIEDROIT

NOTA : Le schéma ci dessus est un PRINCIPE de ferrailage NON A L'ECHELLE. Se référer à la nomenclature des aciers pour le nombre, le diamètre, et l'espacement des armatures

VI.3 - Détermination des armatures à mettre en place (RADIER)

* ACIERS 58 DANS LE RADIER coté intérieur

section minimale nécessaire :

à 3 cm du clavage $A \geq 18.58 \text{ cm}^2/\text{ml}$

dans le radier, coté intérieur $A \geq 19.96 \text{ cm}^2/\text{ml}$

-----> $A \geq 19.96 \text{ cm}^2/\text{ml}$

au niveau du clavage cette section peut être obtenue par 1 seul acier
soit 12 aciers HA 20 sur 1.99 m = $18.95 \text{ cm}^2/\text{ml}$.

au milieu du radier cette section peut être obtenue par 1 lit d'acier
composé de 2 aciers en "L" en recouvrement
soit 2x12 aciers HA 20 sur 1.99 m = $37.89 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**ACIERS 58**)

* ACIERS de répartition coté intérieur du radier

armatures principales: $19.96 \text{ cm}^2/\text{ml}$

armatures de répartition (1/4 armatures principales): $4.99 \text{ cm}^2/\text{ml}$

soit HA 12 5.00 pm = $5.65 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**aciers 59**)

* ACIERS COTE EXTERIEUR DU RADIER

section minimale nécessaire : $A \geq 5.43 \text{ cm}^2/\text{ml}$

cette section peut être obtenue par un seul lit d'acier

soit 12 aciers HA 12 sur 1.99 m = $6.82 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**ACIERS 60**)

* ACIERS de répartition coté extérieur au centre du radier.

armatures principales: $5.43 \text{ cm}^2/\text{ml}$

armatures de répartition (1/4 armatures principales): $1.36 \text{ cm}^2/\text{ml}$

soit HA 8 5.00 pm = $2.51 \text{ cm}^2/\text{ml}$ (**aciers 61**)

* ACIERS filant du clavage.

les nervures sont en HA 20

La section des filants doit être supérieure de 20% à celle des nervures

soit 3.77 cm^2

cette section est assurée par 2 filants en HA 16. (**aciers 30**)

* EPINGLES dans le radier. (**aciers 31**)

Aucune armature d'effort tranchant n'est requise

les épingles 31 servent pour le montage et seront de diamètre : 8

* RESPECT des conditions géométriques du clavage.

recouvrement intérieur des boucles.

le recouvrement doit être $\geq 10 \phi$.

le recouvrement est de 0.30 m avec $\phi=20$ mm la condition est donc vérifiée

Principe de ferrailage et repérage des aciers RADIERS

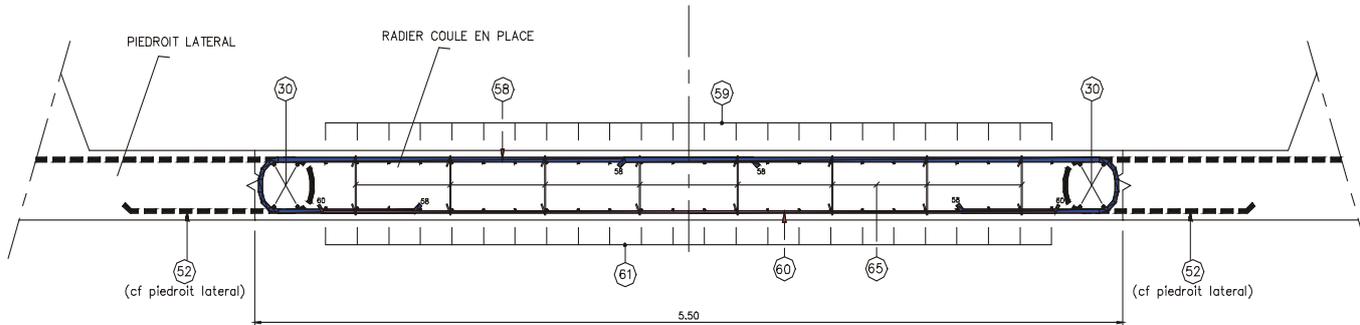


Figure 15: COUPE TRANSVERSALE DU RADIERS INFÉRIEUR

NOTA : Le schéma ci dessus est un PRINCIPE de ferrailage NON A L'ECHELLE. Se référer à la nomenclature des aciers pour le nombre, le diamètre, et l'espacement des armatures

VI.4 Vérification de la contrainte dans le sol de fondation

Contrainte dans le sol de fondation en Mpa (ELS)				
Noeud	cas	σ_{sol} (Ka=0,50)	cas	σ_{sol} (Ka=0,25)
31	18	0,192	18	0,198
32	18	0,19	18	0,195
33	18	0,174	18	0,18
34	18	0,176	18	0,182
35	18	0,15	18	0,155
36	18	0,119	18	0,123
37	18	0,097	18	0,099
38	18	0,058	18	0,059
39	21	0,033	21	0,031
40	21	0,024	3	0,019
41	22	0,032	22	0,023
42	22	0,058	22	0,048
43	22	0,097	22	0,089
44	22	0,121	22	0,116
45	19	0,154	19	0,155
46	19	0,189	19	0,198
47	20	0,188	20	0,2
48	19	0,204	19	0,217
49	19	0,21	19	0,227

sig max =	0,210	sig max =	0,227
sig min =	0,024	sig min =	0,019
sig ref =	0,1635	sig ref =	0,175

Contrainte de référence maximale

$$\sigma_{ref\ max} = \frac{3\sigma_{max} + \sigma_{min}}{4} = 0.175\text{MPa}$$

$$\text{Vérification } \sigma_{ref\ max} < \sigma_{ref\ max} = \frac{Kp \times Ple}{3} = \frac{0.80 \times 5}{3} = 1.33\text{Mpa} \rightarrow \text{OK}$$

Chapitre 5

Etude sismique

V.1.Introduction :

Le calcul parasismique a pour but l'estimation des valeurs caractéristiques les plus défavorables de la réponse sismique et le dimensionnement des éléments de résistance afin d'obtenir une sécurité jugée satisfaisante pour l'ensemble de l'ouvrage et d'assurer le confort des occupants.

Les forces d'origine sismique agissant sur la structure pendant un séisme constituent le problème majeur de génie parasismique, connaissant l'intensité et la loi de variation dans le temps de ces forces, le concepteur pourrait dimensionner les ouvrages en leur assurant une rigidité et une résistance suffisante pour limiter les dommages par un comportement essentiellement plastique de la structure face à un séisme modéré, relativement fréquent, avec une ductilité permettant de limiter les dommages et sans effondrement.

L'action sismique subie par une structure est directement proportionnelle à l'accélération qui lui est imposée et à sa masse. la limitation de l'accélération peut se faire par une démarche réfléchie en commençant par éviter le risque de résonance avec le sol et d'une manière générale en appliquant les trois principes de base de conception suivante :

- a- La recherche à maximiser la capacité de construction à stocker l'énergie.
- b- La recherche à favoriser la capacité des constructions à dissiper l'énergie.
- c- La recherche à favoriser la résistance mécanique.

Nota : le choix d'un bon terrain sur un bon sol avec des fondations adaptées et le respect des mesures de prévention imposée et recommandées permettra de limiter les dommages en cas de séisme ,malheureusement les études de MDS ne sont pas obligatoires sauf pour les ouvrages de grande importance .

Pour cela l'application de règle parasismique actuelle **RPOA 2006** concerne le calcul des charges sismiques et les dispositions constructives sont obligatoires pour toutes les constructions abritant des personnes, situées dans toutes les zones sauf 0.

C'est en général l'ingénieur du bureau d'études qui est chargé d'appliquer ces règles et de dimensionner les éléments en béton armé, acier, bois ou bien mixtes.

D'après le RPOA la détermination de la réponse d'une structure en pont cadre (ou les ouvrages enterrés) et son dimensionnement peut se faire par la méthode de **Mononobé-Okabé**

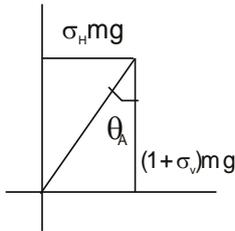
V.2.Données sismiques de l'ouvrage selon RPOA :

D'après le règlement en vigueur RPOA, nous avons adopté les données suivantes :

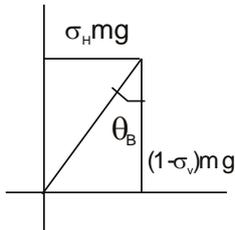
- Zone de sismicité : IIa (sismicité moyenne)
- Classe de l'ouvrage : C
- Accélération nominale : $a_n = 3 \text{ m/s}^2$
- Détermination des aciers à l'E.L.A. en flexion simple.
- Coefficient Topographique : $\tau = 1$ et $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
- Coefficients Sismiques

$$\sigma_H = a_n \times \tau / g = 0.31$$

$$\sigma_V = 0.50 \times \sigma_H = 0.15$$



$$\theta_A = \text{artg}\left(\frac{\sigma_H}{1 + \sigma_V}\right) = 15.09^\circ$$



$$\theta_B = \text{artg}\left(\frac{\sigma_H}{1 - \sigma_V}\right) = 20.04^\circ$$

Formule de Monobe Okade :

Cette méthode nécessite en plus de la meilleure modélisation de la structure, une bonne assistance dans l'étape d'analyse, ce qui rend la résolution complexe pour les constructions de grandes dimensions. Selon RPOA la formule de MO est donnée sous la forme :

$$K_{ad} = \frac{\cos^2(\varphi - \lambda - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \cos(\delta + \lambda + \theta)} \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta - \theta)}{\cos(\delta + \lambda + \theta) \cdot \cos(\beta - \lambda)}} \right]^{-2}$$

avec les données géométriques de l'ouvrage: $\varphi = 35^\circ$, $\lambda = \delta = \beta = 0$, nous obtenons :

$$\text{- pour } \theta_A = 15.09^\circ \quad \text{kad} = 0.45$$

$$\text{- pour } \theta_B = 20.04^\circ \quad \text{kad} = 0.54$$

Poussée active dynamique :

Nous avons :

$$P_{ad} = 1/2 * \gamma * K_{ad} * (1 \pm \sigma_V) h^2$$

Le calcul sera fait pour la couverture de terre soit : 1.00 m avec $\gamma = 2.00 \text{ t/m}^3$

$h = 6.65$ (h de l'ouvrage au milieu) + 1.00 (h de couverture) = 7.65 m

$$\text{Avec } \theta_A \quad : \quad P_{ad1} = 0.5 * 2 * 0.45 * (1 + 0.15) * (7.65)^2 = 30.28 \text{ t/m}$$

Avec θB : $Pad2 = 0.5 * 2 * 0.54 * (1 - 0.15) * (7.65)^2 = 26.86 \text{ t/m}$

Poussée complémentaire :

$Pc1 = P1 - P0$

$Pc2 = P2 - P0$

$P0$: poussée active dans la situation non sismique

$P0 = 1/2 * Ka * \gamma * h^2 \quad (Ka = 0.27)$

$P0 = 0.5 * 0.27 * 2 * (7.65)^2 = 15.80 \text{ t/m}$

$Pc1 = 30.28 - 15.80 = 14.48 \text{ t/m}$

$Pc2 = 26.86 - 15.80 = 11.06 \text{ t/m}$

V.3. Modélisation de la poussée complémentaire :

Il s'agit d'un schéma triangulaire avec base en haut et $h = 7.65 \text{ m}$

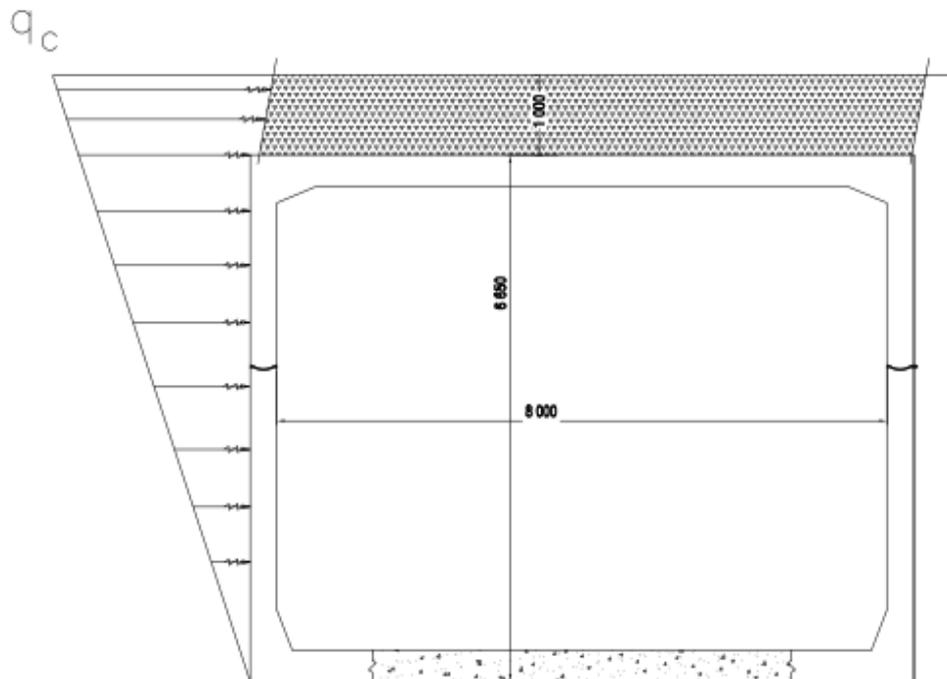


Figure 16: Modélisation de la poussée complémentaire

$Qc1 = (Pc1 * 2) / h$

$Qc2 = (Pc2 * 2) / h$

$Pc1 = 14.48 \rightarrow Qc1 = (14.48 * 2) / 7.65 = 3.78 \text{ t/m}^2$

$Pc2 = 11.06 \rightarrow Qc2 = (11.06 * 2) / 7.65 = 2.89 \text{ t/m}^2$

Pour le poids propre de l'ouvrage nous considérons :

- un poids volumique vertical égal à :
 - $(1 + 0.15) * 2.50 = 2.875 \text{ t/m}^3$ (pour le cas $Pc1$)
 - $(1 - 0.15) * 2.50 = 2.125 \text{ t/m}^3$ (pour le cas $Pc2$)
- un poids volumique horizontal égal à

$$0.31 \times 2.50 = 0.775 \text{ t/m}^3$$

- Prise en compte des remblais sur la traverse:

Le calcul sera fait pour une couverture de terre $H_r = 1.00 \text{ m}$

En prenant en compte une portée L de 8.70 m

Si $H_r < 1.00 \text{ m}$ alors :

$$S_r = H_r \times L \times \gamma \times \sigma_H$$

Si $H_r \geq 1.00 \text{ m}$ alors :

$$S_r = \frac{1}{2} \times \gamma \times H_r^2 \times (K_{ad} - K_{pd}) + \gamma \times \sigma_H \times H_r \times L$$

$$K_{pd} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \cos(\theta)} \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi) \cdot \sin(\varphi - \theta)}{\cos(\theta)}} \right]^{-2}$$

K_{pd} = coefficient de poussée dynamique active = 1.00 (valeur plafonnée à 1.00)

Ici $H_r \geq 1.00 \text{ m}$ alors , nous obtenons:

$$S_r = 0.955 \text{ t/m}$$

V.3.1. Combinaison :

On considère la combinaison ELU accidentelle

G + FA

avec : G : poids propre + terre de la clé + couverture de 44 cm ;

FA : séisme

NOTA :

* l'effet vertical des remblais en dessus de la clé, est calculé pour 1.00 m de terre, dans le cas élémentaire n°5

Il sera pondéré, dans les combinaisons, par la valeur de la hauteur de couverture retenue pour ces vérifications, soit 1.00 m.

* un calcul en fourchette sera effectué, pour ces vérifications sismiques, en considérant un coefficient de poussée des terres de 0.50 et 0.25 ;

* le cas élémentaire n°6, sera pondéré, dans les combinaisons, +d'un part par le produit

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & 1.00 & \times & 0.5 & = & 0.50 \\
 & & \swarrow & & \swarrow & & \\
 & & \text{Hauteur de couverture} & & \text{coefficient de poussée} & & \\
 + \text{ d'autre part par le produit} & & & & & & \\
 & & 1.00 & \times & 0.25 & = & 0.25
 \end{array}$$

Le listing informatique est joint en **annexe 3**, nous exploitions ci-après les résultats des extrema et des nœuds caractéristiques de la structure.

V.3.2. RESULTATS :

Diagramme des moments cas Pc1 (ELU Accidentel) H (K=0.50)

Diagramme des moments cas Pc1 (ELU Accidentel) H (K=0.25)

Diagramme des moments cas Pc2 (ELU Accidentel) H (K=0.50)

Diagramme des moments cas Pc2 (ELU Accidentel) H (K=0.25)

Nbr nœuds	fe (Mpa)	fiss (n.p=0 , p=1 , t.p=2)
4	500	1

DONNEES

n° nœud	M els (t.m)	N els (t)	b (m)	h (m)	Enrob (cm)	fc28 (Mpa)	Amin (cm ²)	Ainf (cm ²)	Asup (cm ²)	M elu (t.m)	N elu (t)	Ainf (cm ²)
Travée Sup (N13)	0.755	0.000	1.000	0.250	5.000	40.000	2.76	2.76	0.00	1.019	0.000	1.18
Appui Sup (N19)	0.916	0.000	1.000	0.250	5.000	40.000	2.76	2.76	0.00	1.237	0.000	1.43
Travée Inf (N40)	0.974	0.000	1.000	0.250	5.000	40.000	2.76	2.76	0.00	1.315	0.000	1.52
Appui Inf (N45)	0.892	0.000	1.000	0.250	5.000	40.000	2.76	2.76	0.00	1.204	0.000	1.39

En travée supérieur Noeud 13 :

Moment de flexion maximal : 1.019 (ELUA) tm/m (Cas PC1)

Soit 1.18 cm²/ml d'acier nécessaire.

En Appui supérieur Noeud 19 :

Moment de flexion maximal : 1.237 (ELUA) tm/m (Cas PC1)

Soit 1.43 cm²/ml d'acier nécessaire.

En travée inférieur Noeud 40 :

Moment de flexion maximal : 1.315 (ELUA) tm/m (Cas PC1)

Soit 1.52 cm²/ml d'acier nécessaire.

En Appui inférieur Noeud 45 :

Moment de flexion maximal : 1.204 (ELUA) tm/m (Cas PC1)

Soit 1.39 cm²/ml d'acier nécessaire.

Pourcentage géométrique minimal des armatures disposées sur une zone tendue

Fe = 500 Mpa

$\rho_g \geq 0.28 \%e = 0.25 \rightarrow 7.00 \text{ cm}^2/\text{ml}$

V.3.3. Aciers Adoptés:

	Aciers adoptés	Aciers nécessaires
<i>En travée supérieur (Noeud 13)</i>	2 x 12 aciers HA 25 sur 1.99 m = 59.20 cm ² /ml (ACIERS 1)	7.00 cm ² /ml
<i>En Appui supérieur (Noeud 19)</i>	12 aciers (HA32+HA20) sur 1.99 m = 67.41 cm ² /ml (ACIERS 4 et 5)	7.00 cm ² /ml
<i>En travée inférieur (Noeud 40)</i>	6 aciers HA 32 alternés avec 6 aciers HA25 sur 1.99 m = 39.05 cm ² /ml (ACIERS 55 et 56)	7.00 cm ² /ml
<i>En travée inférieur (Noeud 45)</i>	2x12 aciers HA 20 sur 1.99 m = 37.89 cm ² /ml (ACIERS 58)	7.00 cm ² /ml

Tableau 8:Aciers Adoptés

V.4.Conclusions :

Les sections nécessaires issues du calcul sismique sont inférieures à celles déterminées à l'E.L.S., nous adoptons donc uniquement les dispositions constructives dues à la localisation sismique du projet (**Annexe 04**).

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Ce projet de fin d'étude, nous a beaucoup aidé à mettre en pratique toutes nos connaissances acquises durant notre cycle de formation en génie civil, d'approfondir nos connaissances en se basant sur les documents techniques et même d'application des règlements et de certaines méthodes. Aussi, de mettre en évidence quelques principes de base qui doivent être pris en considération dans la conception des ponts cadres préfabriqués en béton armée. Notons qu'à la fin de ce projet qui constitue pour nous une première expérience, que l'utilisation de l'outil informatique pour l'analyse et le calcul des structures est très bénéfique en temps et en effort à condition de maîtriser les notions de bases des sciences de l'ingénieur, ainsi que les logiciels « Robot et autoCAD ». D'autre part, la modélisation numérique des ponts reste toujours l'intérêt principal de beaucoup de concepteurs, le modèle utilisé est simple et peut aussi offrir une bonne contribution dans le domaine des ponts vu que la simulation en 3D avec des éléments robustes (plaques et coques) peut donner des résultats parfaits mais d'un autre côté sont très lourds de point de vue numériques. donc il est évident d'utiliser d'autres éléments structuraux pour simuler le comportement mécanique des ponts cadres surtout pour l'analyse dynamique ou vibratoire.

Références bibliographiques

- ❖ Cours des ponts « Réunion des ingénieurs français »
- ❖ Jean, Armand, CALGARO. *Projet de construction des ponts*, Edition presse de l'école National des ponts et chaussées.
- ❖ *Guide de conception .SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES.1992*
- ❖ *Tome III – Ouvrages d'art. (s.d.). france.*
- ❖ Faouzi, A. (2004/2005). *Généralités sur les ouvrages d'art. ENI de GABES.*
- ❖ *Fascicule 61 - Titre - II . (s.d.).*
- ❖ *Fascicule 62 - Titre - I - Section - I - Règles BAEL 91 Révisé 99. (s.d.).*
- ❖ *Fascicule 62 - Titre - V . (s.d.).*
- ❖ québec, publication. (2014, Mars). *AVIS TECHNIQUE P – 013*. Récupéré sur <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/entreprises-reseaux-routier/contrats/Documents/ponceaux/P-013.pdf>
- ❖ TIDJANI-SERPOS, R. (2011). *4geniecivil*. Récupéré sur [4geniecivil.com: https://www.4geniecivil.com/2018/04/cours-douvrage-dart-2.html](https://www.4geniecivil.com/2018/04/cours-douvrage-dart-2.html)
- ❖ V. Le Khac, A. L. (1992, septembre). *Ponts - cadres et portiques . Guide de conception. france: S.E.T.R.A.*
- ❖ RPOA 2006 , règlement parasismique des ouvrages d'arts en algérie , ministère des travaux publiques 2006.

Annexe 01 :

CARACTERISTIQUES REQUISES

SUR CHANTIER

SOL DE FONDATION

Module d'essai de plaque LCPC EV2 > 45 MPa

SI LE SOL EN PLACE PRESENTE DES CARACTERISTIQUES MECANIQUES
PLUS FAIBLES UNE SUBSTITUTION SERA NECESSAIRE

L'EPAISSEUR DE CETTE SUBSTITUTION SERA DETERMINEE A L'OUVERTURE
DES FOUILLES

REMBLAIS LATERAUX

LES REMBLAIS LATERAUX DEVRONT ETRE MONTES PAR
COUCHES SUCCESSIVES DE MANIERE SYMETRIQUE

CONTRAINTE MINI EN COMPRESSION DU BETON A 28 J

$F_{c28} = 35 \text{ MPa}$

CONTRAINTE MINI AU DECOFFRAGE

$F_{cj} = 15 \text{ MPa}$

COUVERTURE MINIMALE A LA CONSTRUCTION

$H_{c_{\text{mini}}} = 0.40 \text{ m}$

ENGIN DE CHANTIER

Roue Br de 10 t

Annexe 02 :

Fichiers de Données ROBOT

Fichier DONO.txt

ROBOT memoire meghli bahram

NOEUD 56 ELEMENT 58

UNITES

L=M F=T

NOEUDES

```
  1 r  4   -4.175   0.000  -4.175   2.050
  6 r  2   -4.000   2.375  -3.500   2.475
  9 r  4   -2.800   2.475   0.000   2.475
1  A 12 SYMETRIE x=0 25 A 14 PAS -1
 46 r  2   -3.800  -3.750  -4.000  -3.500
 49 r  5   -4.175  -3.050  -4.175  -0.508
46 A 54 SYMETRIE x=0 34 A 26 PAS -1
 40 r  3    0.000  -3.750  -2.350  -3.750
 44          -2.750  -3.750
 45          -3.275  -3.750
41 A 45 SYMETRIE x=0 39 A 35 PAS -1
 55          -4.350  -3.500
 55          SYMETRIE x=0 56
```

ELEMENTS

```
  1 r 23    1    2
 25 r 28   25   26
 54          54    1
 55          49   55
 56          48   55
 57          31   56
 58          32   56
```

CARACTERISTIQUES

```
E= 1199391 Ro=2.500 Nu=0.2
  1 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
  2 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
  3 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
  4 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
  5 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.650
  6 B=1.000 H=0.650 var B=1.000 H=0.550
  7 B=1.000 H=0.550 var B=1.000 H=0.450
  8 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
  9 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 10 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 11 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 12 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 13 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 14 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 15 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 16 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 17 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 18 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.550
 19 B=1.000 H=0.550 var B=1.000 H=0.650
 20 B=1.000 H=0.650 var B=1.000 H=0.350
 21 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 22 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 23 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 24 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 25 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 26 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 27 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 28 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 29 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 30 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
```

32 B=1.000 H=0.900 var B=1.000 H=0.650
 33 B=1.000 H=0.650 var B=1.000 H=0.400
 34 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.400
 35 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.400
 E=1.E-8 Ro=0.001
 36 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.400
 E= 1199391 Ro=2.500 Nu=0.2
 37 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.400
 38 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.400
 39 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.400
 40 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.400
 41 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.400
 42 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.400
 E=1.E-8 Ro=0.001
 43 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.400
 E= 1199391 Ro=2.500 Nu=0.2
 44 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.400
 45 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.400
 46 B=1.000 H=0.400 var B=1.000 H=0.650
 47 B=1.000 H=0.650 var B=1.000 H=0.900
 49 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 50 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 51 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 52 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 53 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 54 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 56 B=1.000 H=0.900 var B=1.000 H=0.900
 58 B=1.000 H=0.900 var B=1.000 H=0.900
 E= 1199391 Ro=0.001 Nu=0.2
 31 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.900
 57 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.900
 48 B=1.000 H=0.900 var B=1.000 H=0.350
 55 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.900

RELACHEMENT

1

ELEMENT 25 or UX UY RZ
 ELEMENT 35 ext UX UY RZ
 ELEMENT 43 ext UX UY RZ

APPUIS

44 UY RZ
 1 RZ
 25 UX RZ
 32
 38 RZ
 42 RZ

CHARGEMENTS

CAS 0 POIDS PROPRE AU STOCK
 POIDS PROPRE
 44 A 56 PX PLUS
 1 A 24 PY MOINS
 FIN

Fichier DON01.txt

ROBOT memoire meghli bahram

NOEUD 56 ELEMENT 58

UNITES

L=M F=T

NOEUDES

```
  1 r  4   -4.175   0.000  -4.175   2.050
  6 r  2   -4.000   2.375  -3.500   2.475
  9 r  4   -2.800   2.475   0.000   2.475
1 A 12 SYMETRIE x=0 25 A 14 PAS -1
 46 r  2   -3.800  -3.750  -4.000  -3.500
 49 r  5   -4.175  -3.050  -4.175  -0.508
46 A 54 SYMETRIE x=0 34 A 26 PAS -1
 40 r  3    0.000  -3.750  -2.350  -3.750
 44          -2.750  -3.750
 45          -3.275  -3.750
41 A 45 SYMETRIE x=0 39 A 35 PAS -1
 55          -4.350  -3.500
 55          SYMETRIE x=0 56
```

ELEMENTS

```
  1 r 23    1    2
 25 r 28   25   26
 54          54    1
 55          49   55
 56          48   55
 57          31   56
 58          32   56
```

CARACTERISTIQUES

```
E= 1199391 Ro=2.500 Nu=0.2
  1 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
  2 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
  3 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
  4 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
  5 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.650
  6 B=1.000 H=0.650 var B=1.000 H=0.550
  7 B=1.000 H=0.550 var B=1.000 H=0.450
  8 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
  9 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 10 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 11 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 12 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 13 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 14 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 15 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 16 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 17 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 18 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.550
 19 B=1.000 H=0.550 var B=1.000 H=0.650
 20 B=1.000 H=0.650 var B=1.000 H=0.350
 21 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 22 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 23 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 24 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 25 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 26 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 27 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 28 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 29 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 30 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
```

32	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.650
33	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.400
34	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
35	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
36	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
37	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
38	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
39	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
40	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
41	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
42	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
43	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
44	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
45	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
46	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.650
47	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.900
49	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
50	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
51	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
52	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
53	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
54	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
56	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900
58	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900

E= 1199391 Ro=0.001 Nu=0.2

31	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
57	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
48	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.350
55	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900

RELACHEMENT

1
25

ELEMENT 36 or UX UY RZ
ELEMENT 43 ext UX UY RZ

APPUIS

31		KY= 254.882	RZ
32	UX	KY= 200.264	RZ
33	UX	KY= 145.647	RZ
34	UX	KY= 455.146	RZ
35	UX	KY= 764.645	RZ
36	UX	KY= 382.323	RZ
44	UX	KY= 382.323	RZ
45	UX	KY= 764.645	RZ
46	UX	KY= 455.146	RZ
47	UX	KY= 145.647	RZ
48	UX	KY= 200.264	RZ
49		KY= 254.882	RZ
55	UX	KY= 127.441	RZ
56	UX	KY= 127.441	RZ

CHARGEMENT

CAS 0 POIDS PROPRE AVANT COULAGE DU RADIER

POIDS PROPRE

1 A 35 PY MOINS

44 A 58 PY MOINS

FIN

Fichier DON1.txt

ROBOT memoire meghli bahram

NOEUD 56 ELEMENT 58

UNITES

L=M F=T

NOEUDS

```
  1 r  4  -4.175  0.000  -4.175  2.050
  6 r  2  -4.000  2.375  -3.500  2.475
  9 r  4  -2.800  2.475  0.000  2.475
1 A 12 SYMETRIE x=0 25 A 14 PAS -1
 46 r  2  -3.800  -3.750  -4.000  -3.500
 49 r  5  -4.175  -3.050  -4.175  -0.508
46 A 54 SYMETRIE x=0 34 A 26 PAS -1
 40 r  3   0.000  -3.750  -2.350  -3.750
 44      -2.750  -3.750
 45      -3.275  -3.750
41 A 45 SYMETRIE x=0 39 A 35 PAS -1
 55      -4.350  -3.500
 55      SYMETRIE x=0 56
```

ELEMENTS

```
  1 r 23  1  2
 25 r 28 25 26
 54      54  1
 55      49 55
 56      48 55
 57      31 56
 58      32 56
```

CARACTERISTIQUES

```
E= 1199391 Ro=2.500 Nu=0.2
  1 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
  2 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
  3 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
  4 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
  5 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.650
  6 B=1.000 H=0.650 var B=1.000 H=0.550
  7 B=1.000 H=0.550 var B=1.000 H=0.450
  8 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
  9 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 10 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 11 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 12 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 13 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 14 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 15 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 16 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 17 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.450
 18 B=1.000 H=0.450 var B=1.000 H=0.550
 19 B=1.000 H=0.550 var B=1.000 H=0.650
 20 B=1.000 H=0.650 var B=1.000 H=0.350
 21 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 22 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 23 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 24 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 25 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 26 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 27 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 28 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 29 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
 30 B=1.000 H=0.350 var B=1.000 H=0.350
```

32	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.650
33	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.400
34	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
35	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
36	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
37	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
38	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
39	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
40	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
41	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
42	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
43	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
44	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
45	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
46	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.650
47	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.900
49	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
50	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
51	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
52	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
53	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
54	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
56	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900
58	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900

E= 1199391 Ro=0.001 Nu=0.2

31	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
57	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
48	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.350
55	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900

RELACHEMENT

1

25

APPUIS

31	UX	KY= 254.882	RZ
32	UX	KY= 200.264	RZ
33	UX	KY= 145.647	RZ
34	UX	KY= 455.146	RZ
35	UX	KY= 764.645	RZ
36	UX	KY= 673.616	RZ
37	UX	KY= 861.743	RZ
38	UX	KY=1140.899	RZ
39	UX	KY=1140.899	RZ
40		KY=1140.899	RZ
41	UX	KY=1140.899	RZ
42	UX	KY=1140.899	RZ
43	UX	KY= 861.743	RZ
44	UX	KY= 673.616	RZ
45	UX	KY= 764.645	RZ
46	UX	KY= 455.146	RZ
47	UX	KY= 145.647	RZ
48	UX	KY= 200.264	RZ
49	UX	KY= 254.882	RZ
55	UX	KY= 127.441	RZ
56	UX	KY= 127.441	RZ

CHARGEMENT

CAS 0 POIDS PROPRE

POIDS PROPRE

1 A 58 PY MOINS

FIN

Fichier DON2C.txt

ROBOT memoire meghli bahram.

NOEUD 56 ELEMENT 58

UNITES

L=M F=T

NOEUDS

1	r	4	-4.175	0.000	-4.175	2.050
6	r	2	-4.000	2.375	-3.500	2.475
9	r	4	-2.800	2.475	0.000	2.475
1	A	12	SYMETRIE	x=0	25 A 14	PAS -1
46	r	2	-3.800	-3.750	-4.000	-3.500
49	r	5	-4.175	-3.050	-4.175	-0.508
46	A	54	SYMETRIE	x=0	34 A 26	PAS -1
40	r	3	0.000	-3.750	-2.350	-3.750
44			-2.750	-3.750		
45			-3.275	-3.750		
41	A	45	SYMETRIE	x=0	39 A 35	PAS -1
55			-4.350	-3.500		
55			SYMETRIE	x=0	56	

ELEMENTS

1	r	23	1	2
25	r	28	25	26
54			54	1
55			49	55
56			48	55
57			31	56
58			32	56

CARACTERISTIQUES

E= 1199391 Ro=2.500 Nu=0.2

1	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
2	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
3	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
4	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
5	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.650
6	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.550
7	B=1.000	H=0.550	var	B=1.000	H=0.450
8	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
9	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
10	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
11	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
12	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
13	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
14	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
15	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
16	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
17	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
18	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.550
19	B=1.000	H=0.550	var	B=1.000	H=0.650
20	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.350
21	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
22	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
23	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
24	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
25	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
26	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
27	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
28	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
29	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
30	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350

32	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.650
33	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.400
34	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
35	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
36	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
37	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
38	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
39	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
40	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
41	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
42	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
43	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
44	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
45	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
46	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.650
47	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.900
49	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
50	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
51	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
52	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
53	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
54	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
56	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900
58	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900
E=	1199391	Ro=0.001	Nu=0.2		
31	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
57	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
48	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.350
55	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900

RELACHEMENT

1

25

APPUIS

31	UX	KY= 254.882	RZ
32	UX	KY= 200.264	RZ
33	UX	KY= 145.647	RZ
34	UX	KY= 455.146	RZ
35	UX	KY= 764.645	RZ
36	UX	KY= 673.616	RZ
37	UX	KY= 861.743	RZ
38	UX	KY=1140.899	RZ
39	UX	KY=1140.899	RZ
40		KY=1140.899	RZ
41	UX	KY=1140.899	RZ
42	UX	KY=1140.899	RZ
43	UX	KY= 861.743	RZ
44	UX	KY= 673.616	RZ
45	UX	KY= 764.645	RZ
46	UX	KY= 455.146	RZ
47	UX	KY= 145.647	RZ
48	UX	KY= 200.264	RZ
49	UX	KY= 254.882	RZ
55	UX	KY= 127.441	RZ
56	UX	KY= 127.441	RZ

CHARGEMENT

CAS 1 6.65 m de terre remblayés

noeud

55 FX= 3.683

elements

49 PX= 3.795 JU PX= 3.460 PROJETE

50 PX= 3.460 JU PX= 3.124 PROJETE
 51 PX= 3.124 JU PX= 2.789 PROJETE
 52 PX= 2.789 JU PX= 2.453 PROJETE
 53 PX= 2.453 JU PX= 2.118 PROJETE
 54 PX= 2.118 JU PX= 1.782 PROJETE
 1 PX= 1.782 JU PX= 1.444 PROJETE
 2 PX= 1.444 JU PX= 1.106 PROJETE
 3 PX= 1.106 JU PX= 0.767 PROJETE
 4 PX= 0.767 JU PX= 0.429 PROJETE
 noeud
 6 FX= 0.139
 20 FX= -0.139
 elements
 21 PX= -0.429 JU PX= -0.767 PROJETE
 22 PX= -0.767 JU PX= -1.106 PROJETE
 23 PX= -1.106 JU PX= -1.444 PROJETE
 24 PX= -1.444 JU PX= -1.782 PROJETE
 25 PX= -1.782 JU PX= -2.118 PROJETE
 26 PX= -2.118 JU PX= -2.453 PROJETE
 27 PX= -2.453 JU PX= -2.789 PROJETE
 28 PX= -2.789 JU PX= -3.124 PROJETE
 29 PX= -3.124 JU PX= -3.460 PROJETE
 30 PX= -3.460 JU PX= -3.795 PROJETE
 noeud
 56 FX= -3.683

CAS 2 4.99 m de terre remblayés

 noeud
 55 FX= 2.695
 elements
 49 PX= 2.698 JU PX= 2.362 PROJETE
 50 PX= 2.362 JU PX= 2.027 PROJETE
 51 PX= 2.027 JU PX= 1.691 PROJETE
 52 PX= 1.691 JU PX= 1.356 PROJETE
 53 PX= 1.356 JU PX= 1.020 PROJETE
 54 PX= 1.020 JU PX= 0.685 PROJETE
 1 PX= 0.685 JU PX= 0.347 PROJETE
 2 PX= 0.347 JU PX= 0.008 PROJETE
 3 x=0.000 PX= 0.008 JU x=0.024 PX= 0.000 PROJETE RELATIF
 elements
 22 x=0.976 PX= 0.000 JU x=1.000 PX= -0.008 PROJETE RELATIF
 23 PX= -0.008 JU PX= -0.347 PROJETE
 24 PX= -0.347 JU PX= -0.685 PROJETE
 25 PX= -0.685 JU PX= -1.020 PROJETE
 26 PX= -1.020 JU PX= -1.356 PROJETE
 27 PX= -1.356 JU PX= -1.691 PROJETE
 28 PX= -1.691 JU PX= -2.027 PROJETE
 29 PX= -2.027 JU PX= -2.362 PROJETE
 30 PX= -2.362 JU PX= -2.698 PROJETE
 noeud
 56 FX= -2.695

FIN

Fichier DON2K50.txt

ROBOT memoire meghli bahram.

NOEUD 56 ELEMENT 58

UNITES

L=M F=T

NOEUDS

1	r	4	-4.175	0.000	-4.175	2.050
6	r	2	-4.000	2.375	-3.500	2.475
9	r	4	-2.800	2.475	0.000	2.475
1	A	12	SYMETRIE	x=0	25 A 14	PAS -1
46	r	2	-3.800	-3.750	-4.000	-3.500
49	r	5	-4.175	-3.050	-4.175	-0.508
46	A	54	SYMETRIE	x=0	34 A 26	PAS -1
40	r	3	0.000	-3.750	-2.350	-3.750
44			-2.750	-3.750		
45			-3.275	-3.750		
41	A	45	SYMETRIE	x=0	39 A 35	PAS -1
55			-4.350	-3.500		
55			SYMETRIE	x=0	56	

ELEMENTS

1	r	23	1	2
25	r	28	25	26
54			54	1
55			49	55
56			48	55
57			31	56
58			32	56

CARACTERISTIQUES

E= 1199391 Ro=2.500 Nu=0.2

1	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
2	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
3	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
4	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
5	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.650
6	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.550
7	B=1.000	H=0.550	var	B=1.000	H=0.450
8	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
9	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
10	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
11	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
12	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
13	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
14	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
15	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
16	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
17	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
18	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.550
19	B=1.000	H=0.550	var	B=1.000	H=0.650
20	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.350
21	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
22	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
23	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
24	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
25	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
26	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
27	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
28	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
29	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
30	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
32	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.650
33	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.400

34	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
35	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
36	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
37	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
38	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
39	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
40	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
41	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
42	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
43	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
44	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
45	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
46	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.650
47	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.900
49	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
50	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
51	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
52	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
53	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
54	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
56	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900
58	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900
E= 1199391 Ro=0.001 Nu=0.2					
31	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
57	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
48	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.350
55	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900

RELACHEMENT

1

25

APPUIS

31	KX=	999999	KY=	254.882	RZ
32	KX=	999999	KY=	200.264	RZ
33	UX		KY=	145.647	RZ
34	UX		KY=	455.146	RZ
35	UX		KY=	764.645	RZ
36	UX		KY=	673.616	RZ
37	UX		KY=	861.743	RZ
38	UX		KY=	1140.899	RZ
39	UX		KY=	1140.899	RZ
40			KY=	1140.899	RZ
41	UX		KY=	1140.899	RZ
42	UX		KY=	1140.899	RZ
43	UX		KY=	861.743	RZ
44	UX		KY=	673.616	RZ
45	UX		KY=	764.645	RZ
46	UX		KY=	455.146	RZ
47	UX		KY=	145.647	RZ
48	KX=	82.880	KY=	200.264	RZ
49	KX=	58.835	KY=	254.882	RZ
55	UX		KY=	127.441	RZ
56	UX		KY=	127.441	RZ
50	KX=	62.416	UY		RZ
51	KX=	62.416	UY		RZ
52	KX=	62.416	UY		RZ
53	KX=	62.416	UY		RZ
54	KX=	62.416	UY		RZ
1	KX=	62.672	UY		RZ
2	KX=	62.927	UY		RZ
3	KX=	62.927	UY		RZ

4	KX=	62.927	UY	RZ
5	KX=	51.416	UY	RZ
21	KX=	999999	UY	RZ
22	KX=	999999	UY	RZ
23	KX=	999999	UY	RZ
24	KX=	999999	UY	RZ
25	KX=	999999	UY	RZ
26	KX=	999999	UY	RZ
27	KX=	999999	UY	RZ
28	KX=	999999	UY	RZ
29	KX=	999999	UY	RZ
30	KX=	999999	UY	RZ

CHARGEMENT

CAS 1 remblais jusqu'à la dalle

55 FX= 5.580

elements

49	PX=	5.750	JU	PX=	5.242	PROJETE
50	PX=	5.242	JU	PX=	4.733	PROJETE
51	PX=	4.733	JU	PX=	4.225	PROJETE
52	PX=	4.225	JU	PX=	3.717	PROJETE
53	PX=	3.717	JU	PX=	3.208	PROJETE
54	PX=	3.208	JU	PX=	2.700	PROJETE
1	PX=	2.700	JU	PX=	2.188	PROJETE
2	PX=	2.188	JU	PX=	1.675	PROJETE
3	PX=	1.675	JU	PX=	1.163	PROJETE
4	PX=	1.163	JU	PX=	0.650	PROJETE

noeud

6 FX= 0.211

CAS 2 remblais au dessus de la dalle

5 FY= -0.700

elements

6 A 19 Py= -2.000 PROJETE

noeud

21 FY= -0.700

CAS 3 ch. H dues aux remblais se trouvant au dessus du niveau de la dalle

55 FX= 0.900

elements

49	A	54	Px=	1.000
1	A	4	Px=	1.000

noeud

6 FX= 0.650

FIN

Fichier DON3K50.txt

ROBOT memoire meghli bahram.

NOEUD 56 ELEMENT 58

UNITES

L=M F=T

NOEUDS

1	r	4	-4.175	0.000	-4.175	2.050
6	r	2	-4.000	2.375	-3.500	2.475
9	r	4	-2.800	2.475	0.000	2.475
1	A	12	SYMETRIE	x=0	25 A 14	PAS -1
46	r	2	-3.800	-3.750	-4.000	-3.500
49	r	5	-4.175	-3.050	-4.175	-0.508
46	A	54	SYMETRIE	x=0	34 A 26	PAS -1
40	r	3	0.000	-3.750	-2.350	-3.750
44			-2.750	-3.750		
45			-3.275	-3.750		
41	A	45	SYMETRIE	x=0	39 A 35	PAS -1
55			-4.350	-3.500		
55			SYMETRIE	x=0	56	

ELEMENTS

1	r	23	1	2
25	r	28	25	26
54			54	1
55			49	55
56			48	55
57			31	56
58			32	56

CARACTERISTIQUES

E= 3598173 Ro=2.500 Nu=0.2

1	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
2	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
3	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
4	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
5	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.650
6	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.550
7	B=1.000	H=0.550	var	B=1.000	H=0.450
8	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
9	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
10	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
11	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
12	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
13	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
14	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
15	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
16	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
17	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
18	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.550
19	B=1.000	H=0.550	var	B=1.000	H=0.650
20	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.350
21	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
22	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
23	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
24	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
25	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
26	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
27	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
28	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
29	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
30	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
32	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.650
33	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.400

34	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
35	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
36	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
37	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
38	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
39	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
40	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
41	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
42	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
43	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
44	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
45	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
46	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.650
47	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.900
49	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
50	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
51	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
52	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
53	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
54	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
56	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900
58	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900
E=	3598173	Ro=0.001	Nu=0.2		
31	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
57	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
48	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.350
55	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900

RELACHEMENT

1

25

APPUIIS

31	KX= 1999999	KY= 509.764	RZ
32	KX= 1999999	KY= 400.529	RZ
33	UX	KY= 291.293	RZ
34	UX	KY= 910.292	RZ
35	UX	KY=1529.291	RZ
36	UX	KY=1347.232	RZ
37	UX	KY=1723.486	RZ
38	UX	KY=2281.799	RZ
39	UX	KY=2281.799	RZ
40		KY=2281.799	RZ
41	UX	KY=2281.799	RZ
42	UX	KY=2281.799	RZ
43	UX	KY=1723.486	RZ
44	UX	KY=1347.232	RZ
45	UX	KY=1529.291	RZ
46	UX	KY= 910.292	RZ
47	UX	KY= 291.293	RZ
48	KX= 165.760	KY= 400.529	RZ
49	KX= 117.669	KY= 509.764	RZ
55	UX	KY= 254.882	RZ
56	UX	KY= 254.882	RZ
50	KX= 124.832	UY	RZ
51	KX= 124.832	UY	RZ
52	KX= 124.832	UY	RZ
53	KX= 124.832	UY	RZ
54	KX= 124.832	UY	RZ
1	KX= 125.343	UY	RZ
2	KX= 125.855	UY	RZ
3	KX= 125.855	UY	RZ
4	KX= 125.855	UY	RZ

5	KX= 102.833	UY		RZ
21	KX= 1999999	UY		RZ
22	KX= 1999999	UY		RZ
23	KX= 1999999	UY		RZ
24	KX= 1999999	UY		RZ
25	KX= 1999999	UY		RZ
26	KX= 1999999	UY		RZ
27	KX= 1999999	UY		RZ
28	KX= 1999999	UY		RZ
29	KX= 1999999	UY		RZ
30	KX= 1999999	UY		RZ

CHARGEMENT

CAS 1 charge 1t/m² sur la dalle supérieure
elements
5 A 20 PY= -1.000 projete

CAS 2 charge 1t/m² sur le coté gauche uniquement
noeud
55 Fx= 0.450
elements
49 A 54 PX= 0.500 projete
1 A 4 PX= 0.500 projete
noeud
6 Fx= 0.325

CAS 3 charge répartie 1t/m² sur la 1/2 dalle gauche
elements
5 A 12 PY= -1.000 projete

CAS 4 charge répartie 1t/m² centrée (largeur d une 1/2 dalle)
elements
9 x=0.893 PY= -1.000 x=1 PY= -1.000 projete relatif
10 A 15 PY= -1.000 projete
16 x=0 PY= -1.000 x=0.107 PY= -1.000 projete relatif

CAS 5 charge 1t/m² sur les deux cotés simultanément
elements
noeud
55 Fx= 0.450
elements
49 A 54 PX= 0.500 projete
1 A 4 PX= 0.500 projete
noeud
6 Fx= 0.325

CAS 6 roue de 10t sur noeud 13
elements
11 x=0.822 PY= -8.048 x=1 PY= -8.048 projete relatif
12 A 13 PY= -8.048 projete
14 x=0 PY= -8.048 x=0.178 PY= -8.048 projete relatif

CAS 7 roue de 10t sur noeud 11
elements
9 x=0.822 PY= -8.048 x=1 PY= -8.048 projete relatif
10 A 11 PY= -8.048 projete
12 x=0 PY= -8.048 x=0.178 PY= -8.048 projete relatif

CAS 8 roue de 10t sur noeud 9
elements

```

7 x=0.502 PY= -8.048 x=1 PY= -8.048 projete relatif
8 A 9 PY= -8.048 projete
10 x=0 PY= -8.048 x=0.178 PY= -8.048 projete relatif

CAS 9 loco. UIC sur noeud 13
elements
8 x=0.347 PY= -3.989 x=1 PY= -3.989 projete relatif
9 A 16 PY= -3.989 projete
17 x=0 PY= -3.989 x=0.653 PY= -3.989 projete relatif
5 A 20 PX= 0.402

CAS 10 loco. UIC sur noeud 11
elements
5 x=0.000 PY= -3.989 x=1 PY= -3.989 projete relatif
6 A 14 PY= -3.989 projete
15 x=0 PY= -3.989 x=0.653 PY= -3.989 projete relatif
5 A 20 PX= 0.402

CAS 11 loco. UIC sur noeud 9
elements
5 x=0.000 PY= -3.989 x=1 PY= -3.989 projete relatif
6 A 12 PY= -3.989 projete
13 x=0 PY= -3.989 x=0.653 PY= -3.989 projete relatif
5 A 20 PX= 0.402
FIN

```

Fichier DON2K25.txt

ROBOT memoire meghli bahram.

NOEUD 56 ELEMENT 58

UNITES

L=M F=T

NOEUDS

1	r	4	-4.175	0.000	-4.175	2.050
6	r	2	-4.000	2.375	-3.500	2.475
9	r	4	-2.800	2.475	0.000	2.475
1	A	12	SYMETRIE	x=0	25 A 14	PAS -1
46	r	2	-3.800	-3.750	-4.000	-3.500
49	r	5	-4.175	-3.050	-4.175	-0.508
46	A	54	SYMETRIE	x=0	34 A 26	PAS -1
40	r	3	0.000	-3.750	-2.350	-3.750
44			-2.750	-3.750		
45			-3.275	-3.750		
41	A	45	SYMETRIE	x=0	39 A 35	PAS -1
55			-4.350	-3.500		
55			SYMETRIE	x=0	56	

ELEMENTS

1	r	23	1	2
25	r	28	25	26
54			54	1
55			49	55
56			48	55
57			31	56
58			32	56

CARACTERISTIQUES

E= 1199391 Ro=2.500 Nu=0.2

1	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
2	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
3	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
4	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
5	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.650
6	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.550
7	B=1.000	H=0.550	var	B=1.000	H=0.450
8	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
9	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
10	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
11	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
12	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
13	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
14	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
15	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
16	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
17	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
18	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.550
19	B=1.000	H=0.550	var	B=1.000	H=0.650
20	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.350
21	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
22	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
23	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
24	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
25	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
26	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
27	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
28	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
29	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
30	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
32	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.650
33	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.400

34	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
35	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
36	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
37	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
38	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
39	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
40	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
41	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
42	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
43	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
44	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
45	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
46	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.650
47	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.900
49	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
50	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
51	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
52	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
53	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
54	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
56	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900
58	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900
E=	1199391	Ro=0.001	Nu=0.2		
31	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
57	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
48	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.350
55	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900

RELACHEMENT

1

25

APPUIS

31	KX=	999999	KY=	254.882	RZ
32	KX=	999999	KY=	200.264	RZ
33	UX		KY=	145.647	RZ
34	UX		KY=	455.146	RZ
35	UX		KY=	764.645	RZ
36	UX		KY=	673.616	RZ
37	UX		KY=	861.743	RZ
38	UX		KY=	1140.899	RZ
39	UX		KY=	1140.899	RZ
40			KY=	1140.899	RZ
41	UX		KY=	1140.899	RZ
42	UX		KY=	1140.899	RZ
43	UX		KY=	861.743	RZ
44	UX		KY=	673.616	RZ
45	UX		KY=	764.645	RZ
46	UX		KY=	455.146	RZ
47	UX		KY=	145.647	RZ
48	KX=	82.880	KY=	200.264	RZ
49	KX=	58.835	KY=	254.882	RZ
55	UX		KY=	127.441	RZ
56	UX		KY=	127.441	RZ
50	KX=	62.416	UY		RZ
51	KX=	62.416	UY		RZ
52	KX=	62.416	UY		RZ
53	KX=	62.416	UY		RZ
54	KX=	62.416	UY		RZ
1	KX=	62.672	UY		RZ
2	KX=	62.927	UY		RZ
3	KX=	62.927	UY		RZ
4	KX=	62.927	UY		RZ

5	KX=	51.416	UY	RZ
21	KX=	999999	UY	RZ
22	KX=	999999	UY	RZ
23	KX=	999999	UY	RZ
24	KX=	999999	UY	RZ
25	KX=	999999	UY	RZ
26	KX=	999999	UY	RZ
27	KX=	999999	UY	RZ
28	KX=	999999	UY	RZ
29	KX=	999999	UY	RZ
30	KX=	999999	UY	RZ

CHARGEMENT

CAS 1 remblais jusqu'à la dalle

55 FX= 2.790
 elements
 49 PX= 2.875 JU PX= 2.621 PROJETE
 50 PX= 2.621 JU PX= 2.367 PROJETE
 51 PX= 2.367 JU PX= 2.113 PROJETE
 52 PX= 2.113 JU PX= 1.858 PROJETE
 53 PX= 1.858 JU PX= 1.604 PROJETE
 54 PX= 1.604 JU PX= 1.350 PROJETE
 1 PX= 1.350 JU PX= 1.094 PROJETE
 2 PX= 1.094 JU PX= 0.838 PROJETE
 3 PX= 0.838 JU PX= 0.581 PROJETE
 4 PX= 0.581 JU PX= 0.325 PROJETE
 noeud
 6 FX= 0.106

CAS 2 remblais au dessus de la dalle

5 FY= -0.700
 elements
 6 A 19 Py= -2.000 PROJETE
 noeud
 21 FY= -0.700

CAS 3 ch. H dues aux remblais se trouvant au dessus du niveau de la dalle

55 FX= 0.450
 elements
 49 A 54 Px= 0.500
 1 A 4 Px= 0.500
 noeud
 6 FX= 0.325

FIN

Fichier DON3K25.txt

ROBOT memoire meghli bahram.

NOEUD 56 ELEMENT 58

UNITES

L=M F=T

NOEUDS

1	r	4	-4.175	0.000	-4.175	2.050
6	r	2	-4.000	2.375	-3.500	2.475
9	r	4	-2.800	2.475	0.000	2.475
1	A	12	SYMETRIE	x=0	25 A 14	PAS -1
46	r	2	-3.800	-3.750	-4.000	-3.500
49	r	5	-4.175	-3.050	-4.175	-0.508
46	A	54	SYMETRIE	x=0	34 A 26	PAS -1
40	r	3	0.000	-3.750	-2.350	-3.750
44			-2.750	-3.750		
45			-3.275	-3.750		
41	A	45	SYMETRIE	x=0	39 A 35	PAS -1
55			-4.350	-3.500		
55			SYMETRIE	x=0	56	

ELEMENTS

1	r	23	1	2
25	r	28	25	26
54			54	1
55			49	55
56			48	55
57			31	56
58			32	56

CARACTERISTIQUES

E= 3598173 Ro=2.500 Nu=0.2

1	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
2	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
3	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
4	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
5	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.650
6	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.550
7	B=1.000	H=0.550	var	B=1.000	H=0.450
8	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
9	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
10	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
11	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
12	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
13	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
14	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
15	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
16	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
17	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.450
18	B=1.000	H=0.450	var	B=1.000	H=0.550
19	B=1.000	H=0.550	var	B=1.000	H=0.650
20	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.350
21	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
22	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
23	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
24	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
25	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
26	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
27	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
28	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
29	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
30	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
32	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.650
33	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.400

34	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
35	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
36	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
37	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
38	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
39	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
40	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
41	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
42	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
43	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
44	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
45	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.400
46	B=1.000	H=0.400	var	B=1.000	H=0.650
47	B=1.000	H=0.650	var	B=1.000	H=0.900
49	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
50	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
51	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
52	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
53	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
54	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.350
56	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900
58	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.900
E=	3598173	Ro=0.001	Nu=0.2		
31	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
57	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900
48	B=1.000	H=0.900	var	B=1.000	H=0.350
55	B=1.000	H=0.350	var	B=1.000	H=0.900

RELACHEMENT

1

25

APPUIIS

31	KX= 1999999	KY= 509.764	RZ
32	KX= 1999999	KY= 400.529	RZ
33	UX	KY= 291.293	RZ
34	UX	KY= 910.292	RZ
35	UX	KY=1529.291	RZ
36	UX	KY=1347.232	RZ
37	UX	KY=1723.486	RZ
38	UX	KY=2281.799	RZ
39	UX	KY=2281.799	RZ
40		KY=2281.799	RZ
41	UX	KY=2281.799	RZ
42	UX	KY=2281.799	RZ
43	UX	KY=1723.486	RZ
44	UX	KY=1347.232	RZ
45	UX	KY=1529.291	RZ
46	UX	KY= 910.292	RZ
47	UX	KY= 291.293	RZ
48	KX= 165.760	KY= 400.529	RZ
49	KX= 117.669	KY= 509.764	RZ
55	UX	KY= 254.882	RZ
56	UX	KY= 254.882	RZ
50	KX= 124.832	UY	RZ
51	KX= 124.832	UY	RZ
52	KX= 124.832	UY	RZ
53	KX= 124.832	UY	RZ
54	KX= 124.832	UY	RZ
1	KX= 125.343	UY	RZ
2	KX= 125.855	UY	RZ
3	KX= 125.855	UY	RZ
4	KX= 125.855	UY	RZ

5	KX=	102.833	UY		RZ
21	KX=	1999999	UY		RZ
22	KX=	1999999	UY		RZ
23	KX=	1999999	UY		RZ
24	KX=	1999999	UY		RZ
25	KX=	1999999	UY		RZ
26	KX=	1999999	UY		RZ
27	KX=	1999999	UY		RZ
28	KX=	1999999	UY		RZ
29	KX=	1999999	UY		RZ
30	KX=	1999999	UY		RZ

CHARGEMENT

CAS 1 charge 1t/m² sur la dalle supérieure
elements
5 A 20 PY= -1.000 projete

CAS 2 charge 1t/m² sur le coté gauche uniquement
noeud
55 Fx= 0.225
elements
49 A 54 PX= 0.250 projete
1 A 4 PX= 0.250 projete
noeud
6 Fx= 0.163

CAS 3 charge répartie 1t/m² sur la 1/2 dalle gauche
elements
5 A 12 PY= -1.000 projete

CAS 4 charge répartie 1t/m² centrée (largeur d une 1/2 dalle)
elements
9 x=0.893 PY= -1.000 x=1 PY= -1.000 projete relatif
10 A 15 PY= -1.000 projete
16 x=0 PY= -1.000 x=0.107 PY= -1.000 projete relatif

CAS 5 charge 1t/m² sur les deux cotés simultanément
elements
noeud
55 Fx= 0.225
elements
49 A 54 PX= 0.250 projete
1 A 4 PX= 0.250 projete
noeud
6 Fx= 0.163

CAS 6 roue de 10t sur noeud 13
elements
11 x=0.822 PY= -8.048 x=1 PY= -8.048 projete relatif
12 A 13 PY= -8.048 projete
14 x=0 PY= -8.048 x=0.178 PY= -8.048 projete relatif

CAS 7 roue de 10t sur noeud 11
elements
9 x=0.822 PY= -8.048 x=1 PY= -8.048 projete relatif
10 A 11 PY= -8.048 projete
12 x=0 PY= -8.048 x=0.178 PY= -8.048 projete relatif

CAS 8 roue de 10t sur noeud 9
elements
7 x=0.502 PY= -8.048 x=1 PY= -8.048 projete relatif

```

8 A 9 PY= -8.048 projete
10 x=0 PY= -8.048 x=0.178 PY= -8.048 projete relatif

CAS 9 loco. UIC sur noeud 13
elements
8 x=0.347 PY= -3.989 x=1 PY= -3.989 projete relatif
9 A 16 PY= -3.989 projete
17 x=0 PY= -3.989 x=0.653 PY= -3.989 projete relatif
5 A 20 PX= 0.402

CAS 10 loco. UIC sur noeud 11
elements
5 x=0.000 PY= -3.989 x=1 PY= -3.989 projete relatif
6 A 14 PY= -3.989 projete
15 x=0 PY= -3.989 x=0.653 PY= -3.989 projete relatif
5 A 20 PX= 0.402

CAS 11 loco. UIC sur noeud 9
elements
5 x=0.000 PY= -3.989 x=1 PY= -3.989 projete relatif
6 A 12 PY= -3.989 projete
13 x=0 PY= -3.989 x=0.653 PY= -3.989 projete relatif
5 A 20 PX= 0.402

```

FIN

Annexe 03 :

Fichiers de Données ROBOT pour l'analyse sismique

Fichier sismique.txt

ROBOT memoire meghli bahram.

NOEUD 54 ELEMENT 56

UNITES

L=M F=T

NOEUDS

1	r	5	-1.625	0.000	0	-1.625	0.925	0
7	r	2	-1.500	1.150	0	-1.300	1.250	0
10	r	4	-1.040	1.250	0	0.000	1.250	0
1	A	13	SYMETRIE	x=0	27	A	15	PAS -1
45	r	2	-1.300	-1.250	0	-1.500	-1.150	0
48	r	4	-1.625	-0.925	0	-1.625	-0.185	0
45	A	52	SYMETRIE	x=0	35	A	28	PAS -1
40	r	4	0.000	-1.250	0	-1.040	-1.250	0
41	A	44	SYMETRIE	x=0	39	A	36	PAS -1
53			-1.750	-1.150	0			
53			SYMETRIE	x=0	54			

ELEMENTS

1	r	25	1	2
27	r	24	27	28
52			52	1
53			48	53
54			47	53
55			32	54
56			33	54

CARACTERISTIQUES

E= 1253982 Ro=2.500 Nu=0.2

1	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
2	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
3	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
4	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
5	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
6	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.450
7	H=1.000	B=0.450	var	H=1.000	B=0.350
8	H=1.000	B=0.350	var	H=1.000	B=0.250
9	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
10	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
11	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
12	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
13	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
14	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
15	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
16	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
17	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
18	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
19	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.350
20	H=1.000	B=0.350	var	H=1.000	B=0.450
21	H=1.000	B=0.450	var	H=1.000	B=0.250
22	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
23	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
24	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
25	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
26	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
27	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
28	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
29	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
30	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
31	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
33	H=1.000	B=0.450	var	H=1.000	B=0.350
34	H=1.000	B=0.350	var	H=1.000	B=0.250
35	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250

36	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
37	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
38	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
39	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
40	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
41	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
42	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
43	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
44	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
45	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.350
46	H=1.000	B=0.350	var	H=1.000	B=0.450
48	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
49	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
50	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
51	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
52	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.250
54	H=1.000	B=0.450	var	H=1.000	B=0.450
56	H=1.000	B=0.450	var	H=1.000	B=0.450

E= 1253982 Ro=0.001 Nu=0.2

32	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.450
55	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.450
47	H=1.000	B=0.450	var	H=1.000	B=0.250
53	H=1.000	B=0.250	var	H=1.000	B=0.450

'RELACHEMENT

' 1
' 27

APPUIS

32	KX= 309.369	KY= 90.250	RZ
33	KX= 509.327	KY= 81.225	RZ
34	UX	KY= 72.200	RZ
35	UX	KY= 129.960	RZ
36	UX	KY= 187.720	RZ
37	UX	KY= 187.720	RZ
38	UX	KY= 187.720	RZ
39	UX	KY= 187.720	RZ
40		KY= 187.720	RZ
41	UX	KY= 187.720	RZ
42	UX	KY= 187.720	RZ
43	UX	KY= 187.720	RZ
44	UX	KY= 187.720	RZ
45	UX	KY= 129.960	RZ
46	UX	KY= 72.200	RZ
47	KX= 509.327	KY= 81.225	RZ
48	KX= 309.369	KY= 90.250	RZ
53	UX	KY= 45.125	RZ
54	UX	KY= 45.125	RZ
49	KX= 279.187	UY	RZ
50	KX= 279.187	UY	RZ
51	KX= 279.187	UY	RZ
52	KX= 279.187	UY	RZ
1	KX= 279.187	UY	RZ
2	KX= 279.187	UY	RZ
3	KX= 279.187	UY	RZ
4	KX= 279.187	UY	RZ
5	KX= 279.187	UY	RZ
6	KX= 309.369	UY	RZ
22	KX= 309.369	UY	RZ
23	KX= 279.187	UY	RZ
24	KX= 279.187	UY	RZ
25	KX= 279.187	UY	RZ
26	KX= 279.187	UY	RZ

27 KX= 279.187 UY RZ
 28 KX= 279.187 UY RZ
 29 KX= 279.187 UY RZ
 30 KX= 279.187 UY RZ
 31 KX= 279.187 UY RZ

CHARGEMENT

CAS 1 POIDS PROPRE

POIDS PROPRE

1 A 56 PY MOINS

CAS 2 remblais jusqu'à la dalle avec Ka = 0.25

53 FX= 0.568

elements

48 PX= 1.150 JU PX= 1.057 PROJETE
 49 PX= 1.057 JU PX= 0.965 PROJETE
 50 PX= 0.965 JU PX= 0.872 PROJETE
 51 PX= 0.872 JU PX= 0.780 PROJETE
 52 PX= 0.780 JU PX= 0.687 PROJETE
 1 PX= 0.687 JU PX= 0.595 PROJETE
 2 PX= 0.595 JU PX= 0.502 PROJETE
 3 PX= 0.502 JU PX= 0.410 PROJETE
 4 PX= 0.410 JU PX= 0.317 PROJETE
 5 PX= 0.317 JU PX= 0.225 PROJETE

noeud

7 FX= 0.051

21 FX= -0.051

elements

22 PX= -0.225 JU PX= -0.317 PROJETE
 23 PX= -0.317 JU PX= -0.410 PROJETE
 24 PX= -0.410 JU PX= -0.502 PROJETE
 25 PX= -0.502 JU PX= -0.595 PROJETE
 26 PX= -0.595 JU PX= -0.687 PROJETE
 27 PX= -0.687 JU PX= -0.780 PROJETE
 28 PX= -0.780 JU PX= -0.872 PROJETE
 29 PX= -0.872 JU PX= -0.965 PROJETE
 30 PX= -0.965 JU PX= -1.057 PROJETE
 31 PX= -1.057 JU PX= -1.150 PROJETE

noeud

54 FX= -0.568

CAS 3 ch. H dues aux remblais se trouvant 1.00m au dessus du niveau de la dalle avec Ka = 0.25

53 FX= 0.225

elements

48 A 52 Px= 0.500

1 A 5 Px= 0.500

noeud

7 FX= 0.225

21 FX= -0.225

elements

22 A 31 Px= -0.500

noeud

54 FX= -0.225

CAS 4 remblais jusqu'à la dalle avec Ka = 0.50

53 FX= 1.136

elements

48 PX= 2.300 JU PX= 2.115 PROJETE
 49 PX= 2.115 JU PX= 1.930 PROJETE
 50 PX= 1.930 JU PX= 1.745 PROJETE
 51 PX= 1.745 JU PX= 1.560 PROJETE
 52 PX= 1.560 JU PX= 1.375 PROJETE

```

1 PX= 1.375 JU PX= 1.190 PROJETE
2 PX= 1.190 JU PX= 1.005 PROJETE
3 PX= 1.005 JU PX= 0.820 PROJETE
4 PX= 0.820 JU PX= 0.635 PROJETE
5 PX= 0.635 JU PX= 0.450 PROJETE
      noeud
7 FX= 0.101
21 FX= -0.101
      elements
22 PX= -0.450 JU PX= -0.635 PROJETE
23 PX= -0.635 JU PX= -0.820 PROJETE
24 PX= -0.820 JU PX= -1.005 PROJETE
25 PX= -1.005 JU PX= -1.190 PROJETE
26 PX= -1.190 JU PX= -1.375 PROJETE
27 PX= -1.375 JU PX= -1.560 PROJETE
28 PX= -1.560 JU PX= -1.745 PROJETE
29 PX= -1.745 JU PX= -1.930 PROJETE
30 PX= -1.930 JU PX= -2.115 PROJETE
31 PX= -2.115 JU PX= -2.300 PROJETE
      noeud
54 FX= -1.136

```

CAS 5 ch. H dues aux remblais se trouvant 1.00m au dessus du niveau de la dalle avec $K_a = 0.50$

```

53 FX= 0.450
      elements
48 A 52 Px= 1.000
1 A 5 Px= 1.000
noeud
7 FX= 0.450
21 FX= -0.450
      elements
22 A 31 Px= -1.000
      noeud
54 FX= -0.450

```

CAS 6 remblais 1.00m au dessus de la dalle

```

6 FY= -0.500
      elements
7 A 20 Py= -2.000 PROJETE
      noeud
22 FY= -0.500

```

CAS 7 POIDS VERTICAL

Poids propre
1 A 56 PY moins

CAS 8 POIDS HORIZONTAL

Poids propre
1 A 56 PX plus

CAS 9 CHARGE HORIZONTALE TERRES due a seisme P_{c1}

```

ELEMENTS
5 PX= 1.050 JU PX= 1.139 PROJETE
4 PX= 0.956 JU PX= 1.050 PROJETE
3 PX= 0.867 JU PX= 0.956 PROJETE
2 PX= 0.773 JU PX= 0.867 PROJETE
1 PX= 0.684 JU PX= 0.773 PROJETE
52 PX= 0.589 JU PX= 0.684 PROJETE

```

```

51 PX= 0.500 JU PX= 0.589 PROJETE
50 PX= 0.406 JU PX= 0.500 PROJETE
49 PX= 0.317 JU PX= 0.406 PROJETE
48 PX= 0.223 JU PX= 0.317 PROJETE
      noeud
7 FX= 1.253
53 FX= 0.114
14 FX= 0.955
CAS 10 CHARGE HORIZONTALE TERRES due a seisme Pc2
ELEMENTS
5 PX= 0.797 JU PX= 0.865 PROJETE
4 PX= 0.726 JU PX= 0.797 PROJETE
3 PX= 0.658 JU PX= 0.726 PROJETE
2 PX= 0.587 JU PX= 0.658 PROJETE
1 PX= 0.519 JU PX= 0.587 PROJETE
52 PX= 0.448 JU PX= 0.519 PROJETE
51 PX= 0.380 JU PX= 0.448 PROJETE
50 PX= 0.308 JU PX= 0.380 PROJETE
49 PX= 0.241 JU PX= 0.308 PROJETE
48 PX= 0.169 JU PX= 0.241 PROJETE
      noeud
7 FX= 0.952
53 FX= 0.087

Combinaison 1 structure sous seisme - cas Pc1 (ELU Accidentel) H (K=0.50)
1 1.00      4 1.00      6 0.44      5 0.22      7 0.15      8 0.31
9 1.00

Combinaison 2 structure sous seisme - cas Pc1 (ELU Accidentel) H
(K=0.25)
1 1.00      2 1.00      6 0.44      3 0.11      7 0.15      8 0.31
9 1.00

Combinaison 3 structure sous seisme - cas Pc2 (ELU Accidentel) H
(K=0.50)
1 1.00      4 1.00      6 0.44      5 0.22      7 -0.15     8 0.31
10 1.00

Combinaison 4 structure sous seisme - cas Pc2 (ELU Accidentel) H
(K=0.25)
1 1.00      2 1.00      6 0.44      3 0.11      7 -0.15     8 0.31
10 1.00
FIN

```

Annexe 04 :

**DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE CONNEXION
ANTI SISMIQUE**

Les éléments supérieurs et inférieurs sont connectés par l'intermédiaire de 4 goujons connecteurs (2 par rotule). Ce dispositif est mis en place à titre de sécurité pour empêcher le déboîtement des éléments supérieur en cas de secousse sismique.

Nous donnons ci-après la justification de pièces métalliques constituant le système de connexion :

Le système de connexion dans les rotules est soumis aux sollicitations maximales suivantes:

Effort tranchant maximal (nœud 27):

$$T = 5.056 \text{ t/m} \times 1.99 \text{ m} = 12.59 \text{ t / rotule}$$

Effort d'arrachement : Il résulte de l'hypothèse extrême où l'élément supérieur tend à se déboîter au droit des rotules sous l'effet d'une secousse sismique, exerçant ainsi sur les connecteurs métalliques un effort d'arrachement équivalant à son poids propre (nous ne tenons pas compte de l'effet stabilisant du poids des remblais de couverture) :

Poids propre de l'élément supérieur = 21.36 t

$$\Rightarrow \text{effort d'arrachement} = (1.35 * 21.36) / 2 = 14.42 \text{ t/rotule}$$

Dimensionnement du boulon :

Nous considérons des boulons classe qualité 6.80 soit $\sigma_{red} = 410 \text{ MPa}$.

La section nécessaire du boulon est dimensionnée au cisaillement, elle est donnée par :

$$A > T / (0.58 * \sigma_{red}) = 12.59 / (0.58 * 41000) * 104 = 5.29 \text{ cm}^2/\text{rotule} , \text{ soit } 2.65 \text{ cm}^2/\text{boulon}$$

Nous proposons des boulons M24 ayant une section de 3.53 cm².

Dimensionnement des rondelles:

Nous effectuons une vérification au cisaillement des rondelles, en considérant un acier S355.

$$A > T / (0.58 * \sigma_{red}) = 11.72 / (0.58 * 35500) * 104 = 7.00 \text{ cm}^2/\text{rotule} , \text{ soit } 3.50 \text{ cm}^2/\text{rondelle}.$$

L'épaisseur mini des rondelles est obtenues par : $285 / \sigma_{red} * 36 = 3.10 \text{ mm}$ (où diam écrou = 36 mm)

nous proposons de disposer des rondelles d'épaisseur 5 mm.

Flexion du plat :

Bien que la flexion du plat ne doive pas poser de problème particulier, compte tenu du principe adopté, nous effectuons une vérification en flexion, en considérant que le plat fonctionne comme une poutre bi-encastée, soumise à l'action de l'effort de soulèvement. Nous considérons une portée de 0.08 m correspondant à l'ouverture des réservations pour ce système de connexion.

Le moment maxi est de :

$$M = 0.50 * 11.72 * .08 / 8 = 0.059 \text{ t.m}$$

$$6Mu/bh^2 < * \sigma_e \text{ (b=base, h=épaisseur)}$$

$$b=10 \text{ cm, } \sigma_e = 355 \text{ MPa}$$

$$bh^2 > 6Mu/\sigma_e = 6*0.059*106/ 35500$$

$$bh^2 > 6Mu/\sigma_e = 9.97 \text{ cm}^3$$

$$\text{soit } h^2 > 9.97/10 = 0.997 \text{ cm}^2$$

$h > 1.00 \text{ cm} \Rightarrow$ nous proposons de disposer des plats de 15 mm.

Vérification des scellements :

Résistance d'un gougeon connecteur σ_{22} – Ancrage :

$$N = 0.10 (1 + 7 g_c/1000) \sigma_{22} l / (1 + \sigma_{22} / d_1)^2 + 2g_c * r^2 (4r/l) / 100$$

Avec $l < d_1$

Où : $g_c = 400 \text{ kg/m}^3$, $\sigma_{22} = 22 \text{ mm}$, $l = 150 \text{ mm}$, $d_1 = 300 \text{ mm}$, $r = 17.5 \text{ mm}$

$$\Rightarrow N = 3.25 \text{ t}$$

Chaque goujon est soumis à un effort :

$$F = 5.86/2 = 2.93 \text{ t}$$

$$N = 3.25 \text{ t} > 2.93 \text{ t} \rightarrow \text{OK}$$



Annexe 05 :

EXPLOITATION DU SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

EURL EETI LABORATOIRE D'ANALYSE GEOTECHNIQUE

FAX : 041.33-49-14 - TEL: 041 33-12-79 eurl_eeti@yahoo.fr

ETUDE : CONSTRUCTION D'UNE TREMIE										Sondage N°: SC 01						
LIEU : CITE DJAMEL																
CLIENT :																
DATE DEBUT : 25-04-2006					PROFONDEUR TOTALE : 9,9 ML					BOUE DE FORAGE :						
DATE FIN : 25-04-2006					COORDONNEES : X = Y =					TYPE FORAGE :						
NIVEAU NAPPE : Néant m					Z =					TYPE DE MACHINE : SEDIDRILL 2000						
Prof (m)	Récupération	S.P.T	R.Q.D	φ Tub	φ Carottier	Echant	Profond Ech (m)	Coupe	DESCRIPTION	Cu Bar	φ _u (°)	w _n %	γ _d T/m ³	I _p %	Classe TPF	Type B s s
0,0	60%								Remblai hétéroclite							
1,0	65%								Remblai (tuf) marron claire et gravier calcaire vers la fin de profondeur							
2,0																
3,0	70%								Grés calcaire blanchâtre ,gravier et sable consolidé beige amarron claire .							
4,0																
5,0	70%								Sable consolidé marron et grés calcaire fracturé sous forme de gravier							
6,0																
7,0	70%								Sable consolidé marron claire .							
8,0																
9,0	70%								Alternance de grés calcaire et sable consolidé beige							
10,0																
11,0																
12,0																
13,0																
14,0																
15,0																
16,0																
17,0																
18,0																
19,0																
20,0																

DETAILS DU CALCUL DE LA RAIDEUR DU SOL DE FONDATION

Formule de MENARD:

$$1/K_{solinf}=1.33/3/EB*0.30*(LAMBDA2*R/.30)^{\alpha} +ALPHA/4.5/EA*LAMBDA3*R$$

Module pressiométrique (sphérique) EA=1000.00 t/m² =10.00 MPa

Module pressiométrique (déviator.) EB=1000.00 t/m² =10.00 MPa

Coefficient de MENARD du sol : Alpha= 0.50

Largeur de la fondation : B= 8.70 m

Structure rigide : Rayon moyen R=B/2

Structure souple : Rayon moyen R=B/6

Nous adoptons B/R= 6

Rayon moyen de la fondation : R= 1.450 m

La longueur de l'ouvrage est supposée être grande par rapport à R

(longueur de l'ordre de 10*R)

D'où LAMBDA2 = 2.40

et LAMBDA3 = 1.45

soit K_{SOLINF}=1456.47 t/m³ =14.56 MPa/m

DETAIL DU CALCUL DE LA RAIDEUR DES REMBLAIS LATERAUX

Le conduit est assimilé à une semelle située dans le plan vertical.

Sa largeur est égale à la hauteur de la structure.

Formule de MENARD:

$$1/K_{sollat}=1.33/3/EB*0.30*(LAMBDA2*R/.30)^{\alpha} +ALPHA/4.5/EA*LAMBDA3*R$$

Module pressiométrique (sphérique) EA= 150.00 t/m² = 1.50 MPa

Module pressiométrique (déviator.) EB= 150.00 t/m² = 1.50 MPa

Coefficient de MENARD du sol : Alpha= 0.50

Hauteur de l'ouvrage : B= 6.65 m

Rayon moyen R=B/2

Rayon moyen de la fondation : R= 3.325 m

La longueur de l'ouvrage est supposée être grande par rapport à R

(longueur de l'ordre de 10*R)

D'où LAMBDA2 = 2.40

et LAMBDA3 = 1.45

soit K_{SOLLAT}= 122.79 t/m³ = 1.23 MPa/m