

المملكة المغربية



تحت الرعاية السامية لصاحب الجلالة الملك محمد السادس نصره الله
O 54545 5.4454 | O.O | U:AA:O XHH4 A E:CC.A U4O OE4O .A † 5.AI QOQ4
SOUS LE HAUT PATRONAGE DE SA MAJESTÉ LE ROI MOHAMMED VI

11^{ème} المؤتمر الوطني للطرق المؤتمر الوطني للطرق O.XO.O.A. O.E:O | 4OQ4A Congrès National de la Route

SOUS LE THÈME

تحت شعار

Quels rôles de l'infrastructure routière dans le nouveau modèle de développement économique et social du Maroc ?

أية مكانة لتطوير البنية التحتية
الطرقية في تنزيل النموذج
الجديد للتنمية الاقتصادية
و الاجتماعية بالمغرب ؟

Qualité des travaux des ouvrages d'art: Problèmes récurrents d'exécution et de gestion

M. BAKHAT Yahya.

Ingénieur au sein du Service Surveillance et Contrôle des Travaux des Ouvrage d'Art -DTMOA/DTER/DGR

- **Introduction**
- **Problématiques liées à l'exécution**
 - Les problèmes rencontrés lors de l'exécution des fondations.
 - La non-conformité des valeurs des résistances caractéristiques du béton.
 - Les problèmes liés à la compressibilité des sols.
- **Problématiques liées à la gestion des chantiers**
 - Le déplacement des réseaux et contraintes.
 - Le non respect des délais d'exécution.
- **Conclusion**

INTRODUCTION



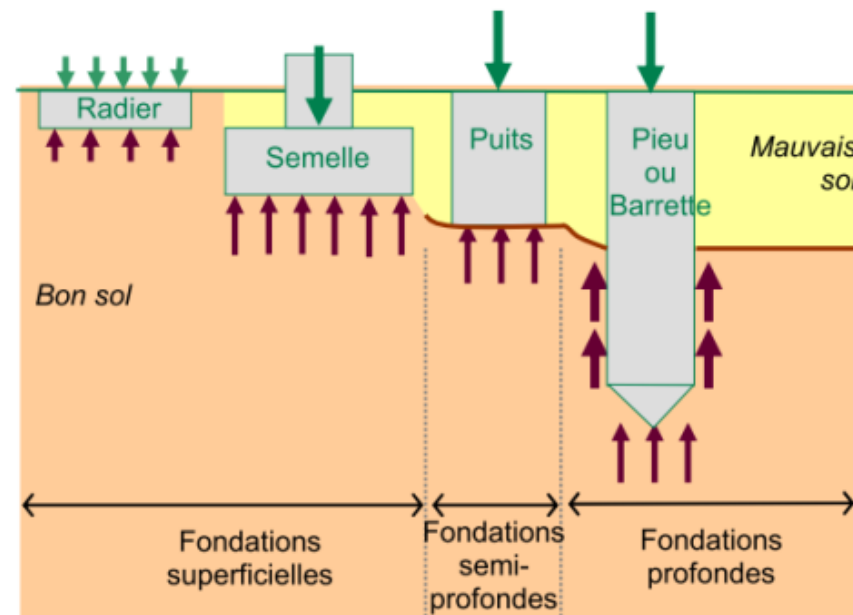
La construction des ouvrages d'art, comme tout projet de génie civil, est régie par un ensemble d'opérations de contrôle et de suivi visant l'exécution des différentes parties de l'ouvrage selon les règles de l'art, ainsi que le respect des délais contractuels.

Dans le cadre du suivi des travaux des ouvrages d'art au niveau du territoire Marocain, des problématiques récurrentes liées à l'exécution et à la gestion des chantiers sont relevées.

Problématiques liées à l'exécution

▪ La mise en œuvre des fondations

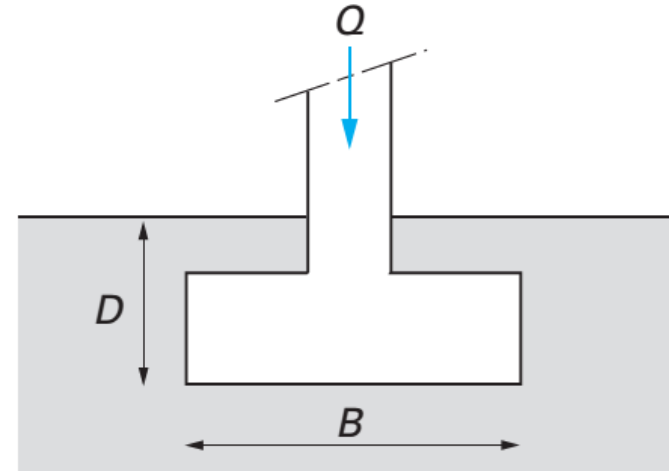
Dans la phase étude et sauf cas particulier, deux types de systèmes de fondations pour les appuis des ponts sont projetés : les fondations superficielles (semelles) ou les fondations profondes (pieux). Le choix se fait selon les caractéristiques des sols en place déterminées à travers les résultats de l'étude géotechnique.



Problématiques liées à l'exécution

I. Les fondations superficielles :

Le calage d'une fondation superficielle dépend essentiellement des résultats des fonds de fouilles une fois la côte indiquée par l'étude est atteinte. Une identification du sol précède l'exécution de la semelle.



Quant un changement de la lithologie du sol en termes de nature ou d'épaisseur est détecté, il faut caractériser de nouveau le sol et mener une étude d'adaptation qui présente les solutions à envisager, notamment le rattrapage par du gros béton si le bon sol est plus profond, tout en menant les calculs justificatifs de stabilité.

Un changement éventuel du mode de fondation (pieux au lieu d'une semelle superficielle) est envisageable lorsque les travaux révèlent un bon sol assez loin du niveau prévu. De même, une étude d'adaptation est réalisée pour dimensionner et justifier les pieux projetés.

Problématiques liées à l'exécution

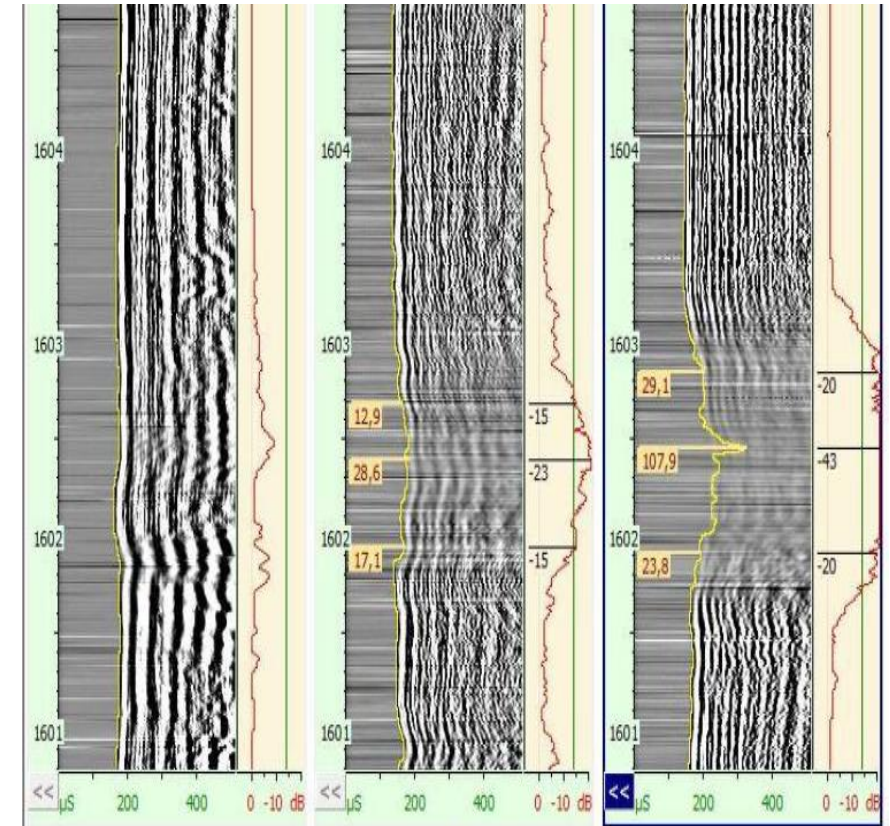
II. Les fondations profondes

a) Anomalies détectées par l'essai d'auscultation sonique des pieux:

A travers les tubes d'auscultation déjà installés dans la cage d'armatures des pieux, un ensemble émetteur-récepteur étudie la propagation d'une onde sonore dans le béton.

Le signal est ensuite récupéré et analysé. La norme NF P94 160-2 définit la détection d'une singularité par une altération du signal entraînant **simultanément** :

- **Une augmentation relative du temps T de propagation des ondes $DT/T \geq 20\%$.**
- **Une chute d'amplitude en mV $\geq 80\%$ (échelle linéaire) ou bien ≥ 14 dB (échelle logarithmique).**

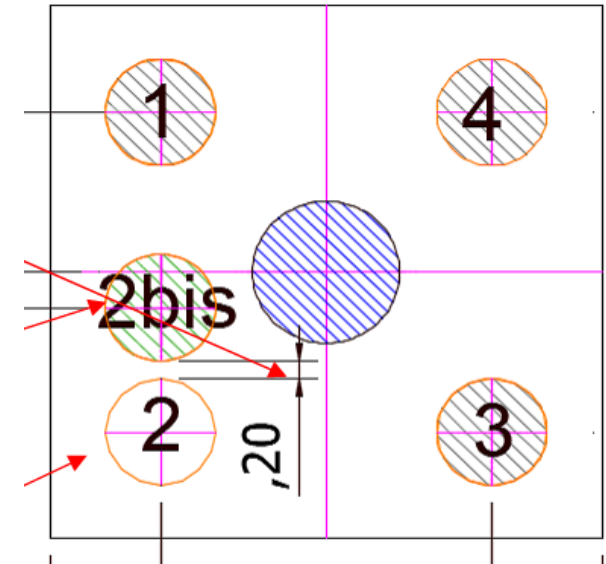


Les parcours (1-2)-(2-3)-(3-4)

Problématiques liées à l'exécution

Suivant l'ampleur de l'anomalie, trois possibilités se présentent:

- Ne pas réparer parce que la malfaçon est jugée bénigne et ne compromet pas la portance de la fondation.
- Réparer en conciliant alors l'efficacité, l'économie et la rapidité du traitement. La réparation peut être faite par une injection du coulis de ciment tout en contrôlant sa nature, sa pression et les quantités injectées.
- Remplacer le pieu défectueux lorsque la réparation n'est ni techniquement ni économiquement envisageable ou n'offre pas suffisamment de garantie quant à la pérennité.

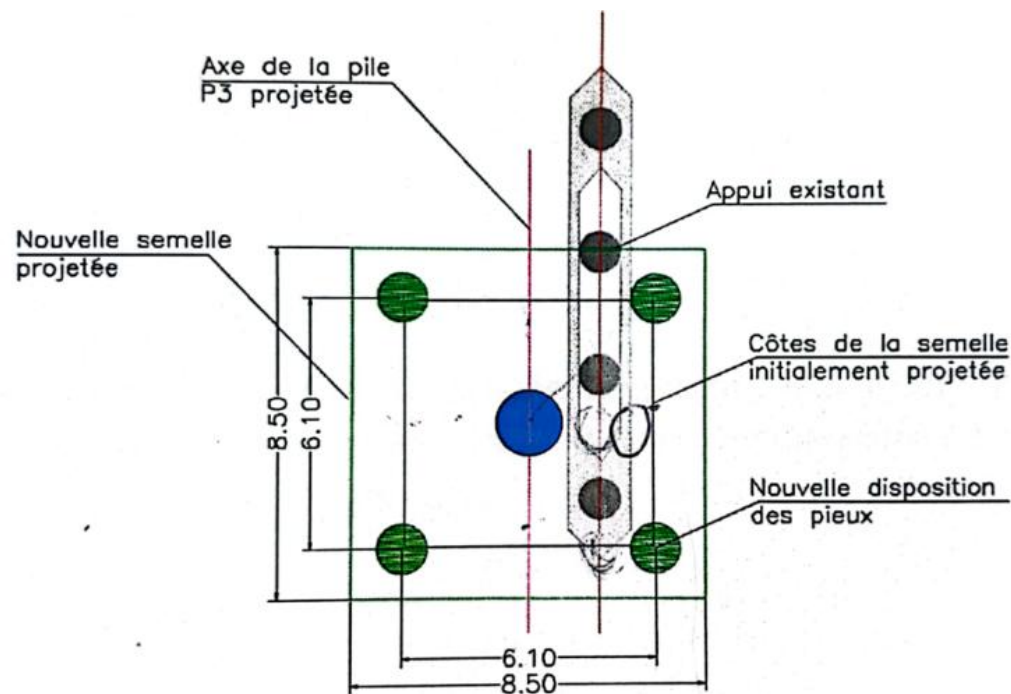
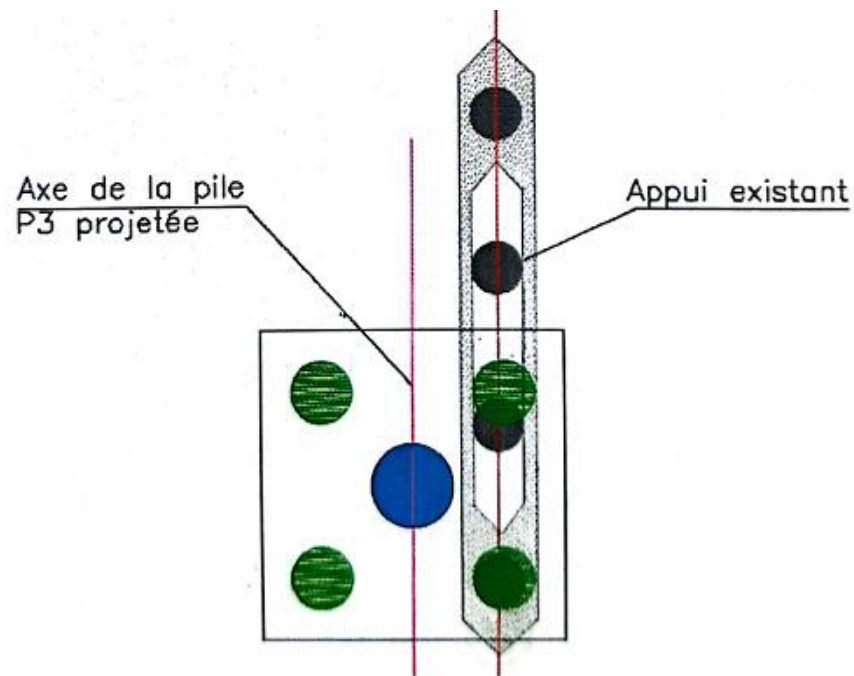


Remplacement du pieu n°2 d'une pile

Problématiques liées à l'exécution

b) Un chevauchement avec des anciennes fondations :

Dans certains cas, le nouvel ouvrage est implanté dans l'emplacement du pont à reconstruire. Les fondations profondes étant épargnées de la démolition, on se retrouve avec un chevauchement des nouvelles fondations avec celles en place.



Dans ce cas, une adaptation de la semelle et de l'emplacement des pieux est réalisée en menant les justifications de calcul de stabilité interne et externe.

Problématiques liées à l'exécution

- **La non-conformité des valeurs des résistances caractéristiques du béton**

Le contrôle qualité exige une vérification de la résistance du béton employé par écrasement des cylindres prélevés au moment du bétonnage, donnant dans certains cas des valeurs de résistance du béton à 28 jours inférieures à celles exigées par le marché.

- Si l'état apparent du béton présente des anomalies (défaut de mise en œuvre, fissuration, ségrégation...) ainsi que la valeur de la résistance à 28 jours est considérablement inférieure à celle préconisée par le CPS, **la reprise de l'élément concerné est obligatoire.**



Problématiques liées à l'exécution

- Si l'état apparent du béton ne présente pas d'anomalies, il y a lieu de réaliser une expertise en procédant à l'échantillonnage, zonage et choix des essais conformément au Chapitre 9 la norme EN13791 (2019).

Les résultats de l'expertise permettent de :

- ➔ Accepter l'élément concerné lorsque les résultats sont conformes.
- ➔ Demander un calcul structurel justificatif avec la nouvelle résistance retrouvée et le cas échéant, la reprise de l'élément concerné.

Problématiques liées à l'exécution

▪ Problèmes liés à la compressibilité des sols

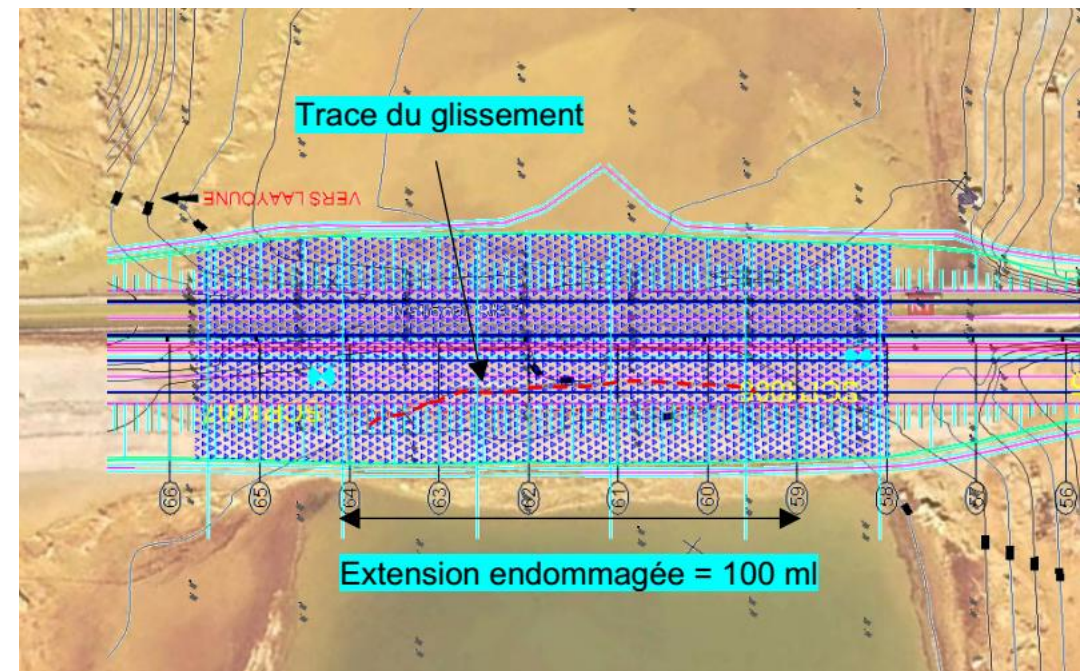
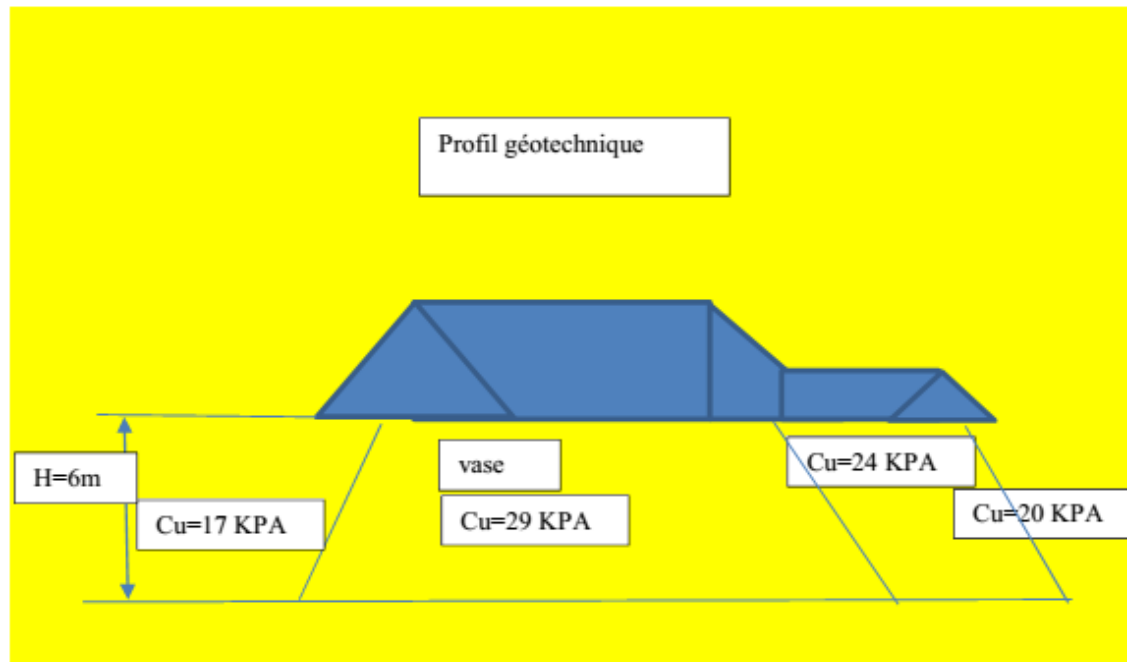
L'insertion d'un ouvrage d'art dans une zone compressible nécessite de prévoir des opérations de traitement afin d'éviter les désordres dus au phénomène de tassement et de mettre les culées et les raccordements à l'abri des sollicitations liées à la compressibilité des sols (glissement, poussée dissymétrique et frottement négatif).



Problématiques liées à l'exécution

Résultat de l'investigation géotechnique :

La poche de vase présente des caractéristiques beaucoup plus faibles en terme de résistance au cisaillement -cohésion non drainée C_u - qui est un paramètre clé dans le calcul du poinçonnement et du glissement.

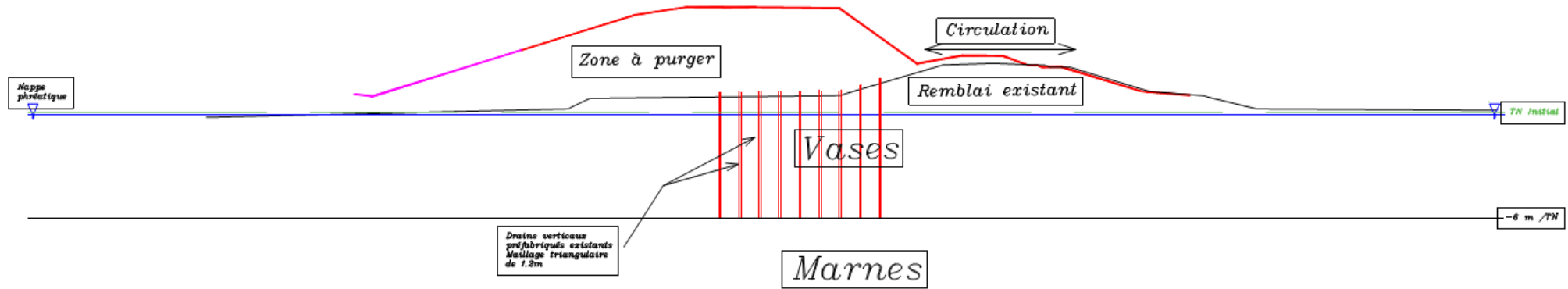


Problématiques liées à l'exécution

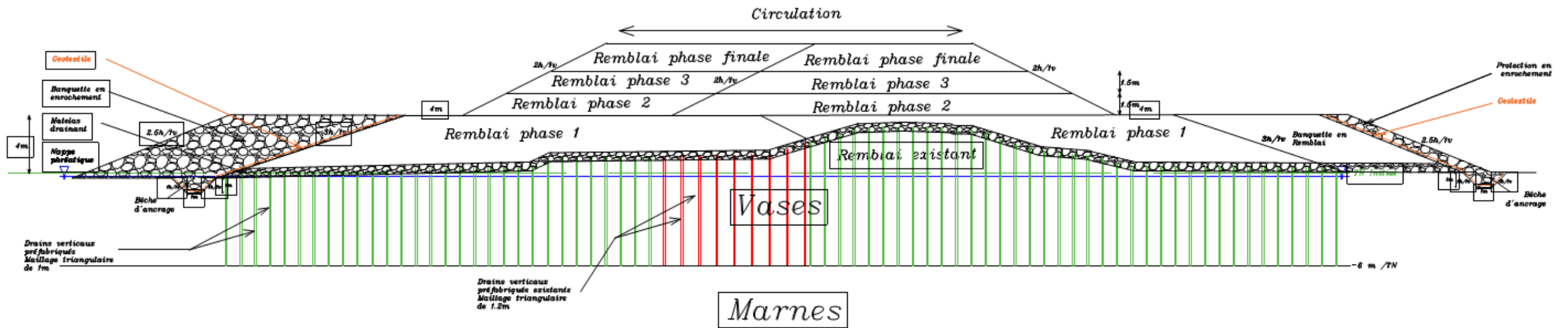
En se basant sur les résultats de la campagne géotechnique complémentaire, et en menant les calculs de stabilité avec les nouveaux paramètres il a été décidé de procéder comme suit :

- ➔ Déblayer le remblai sinistré et reprendre le traitement par les drains verticaux sur la zone du glissement.
- ➔ Procéder à une montée progressive du remblai avec des temps d'attente afin d'arriver à des pourcentages de consolidation prévus.
- ➔ L'adoucissement de la pente du remblai (2H/1V au lieu de 3H/2V) et la mise en place d'une berme intermédiaire et des banquettes de stabilisation.
- ➔ Equiper le remblai par des cellules de mesures de la pression interstitielle ainsi que des inclinomètres et des tassomètres afin de contrôler et mesurer l'évolution de la consolidation de la vase

Problématiques liées à l'exécution



Profil en travers initial



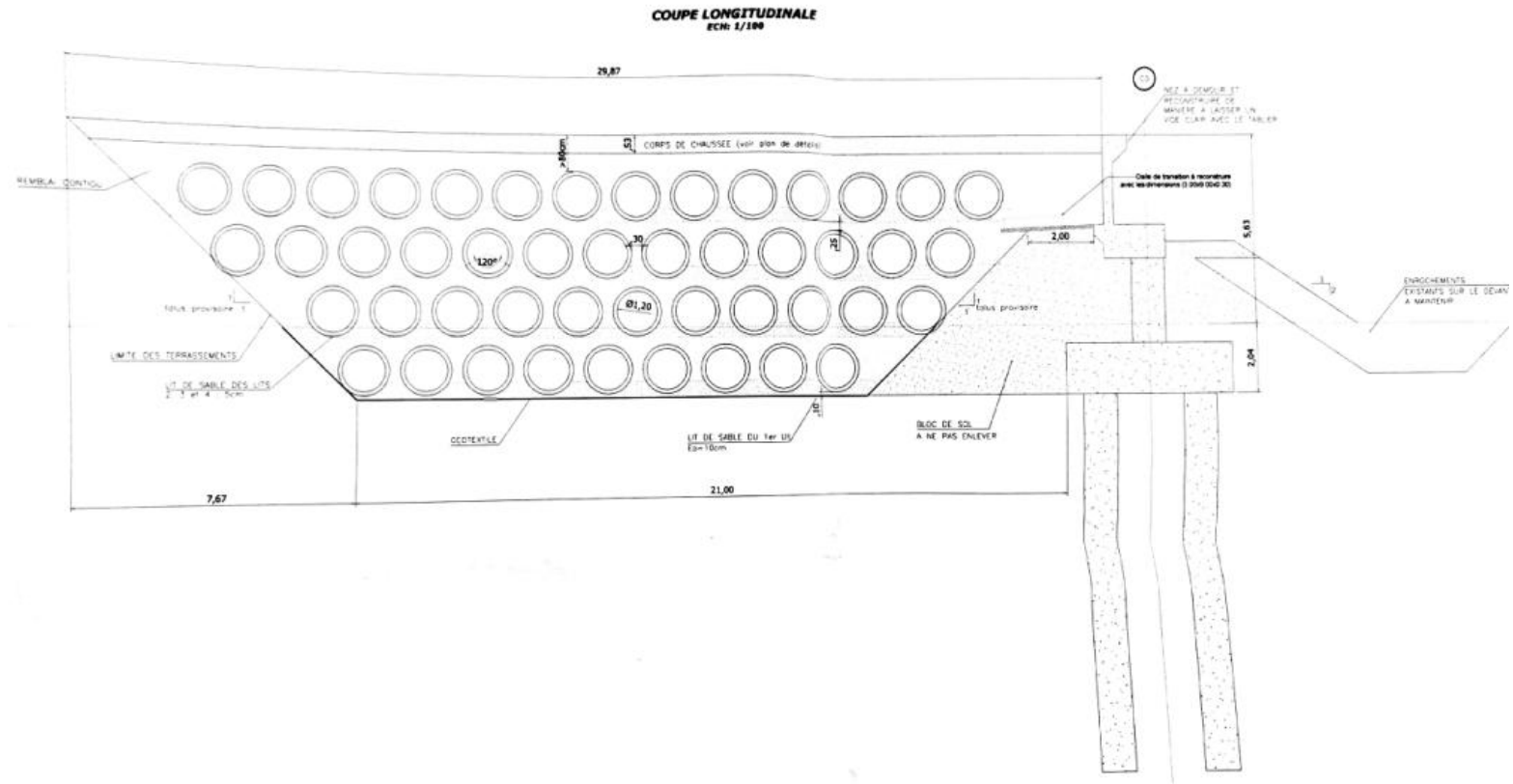
Profil en travers final

Problématiques liées à l'exécution

Exemple n°2 : Tassement excessif du remblai contigu d'un ouvrage d'art suite à l'omission de l'évaluation de la compressibilité du sol.

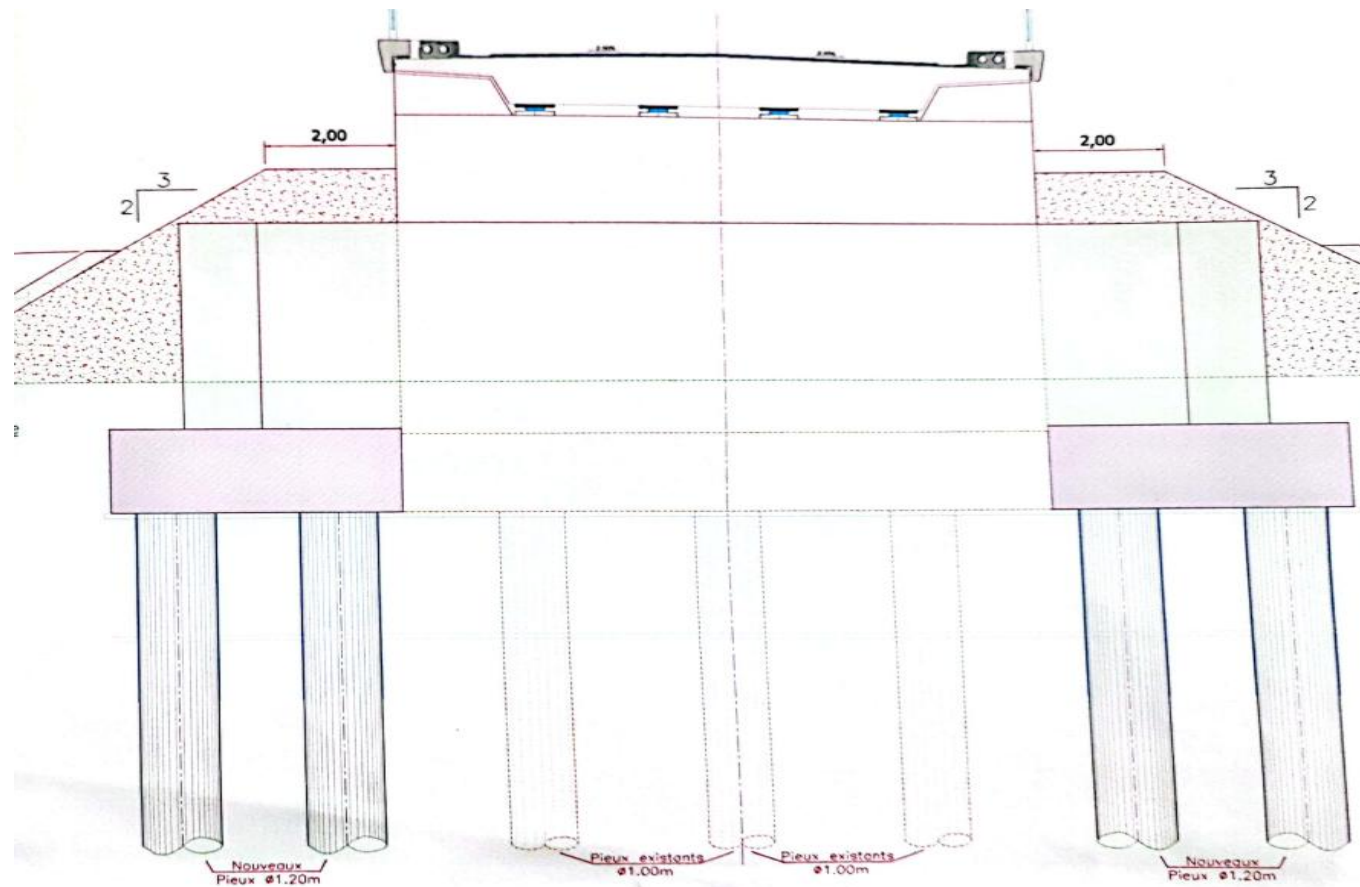
Avant la mise en service de cet ouvrage, une inspection a dévoilé un ensemble d'anomalies au niveau de ses deux culées : un tassement (5cm et 18cm) au niveau du remblai à l'amont immédiat des culées et le décrochement du mur de soutènement faisant office de mur en retour.

La où le tassement est de 5cm, la solution retenue consiste en un allègement du remblai d'accès moyennant des buses en BA.



Problématiques liées à l'exécution

Quand à l'autre culée, la où le tassement est de l'ordre de 15cm, l'expertise a démontré que les pieux travaillent au-delà des limites réglementaires. Une nouvelle structure de confortement accolée à la culée existante a été projetée permettant ainsi de reprendre une bonne partie des sollicitations via des pieux additionnels.



Problématiques liées à la gestion

▪ Déplacement des réseaux et contraintes :

Le démarrage du chantier est conditionné par le déplacement des différentes contraintes sur le site du franchissement (réseaux, conduites...).

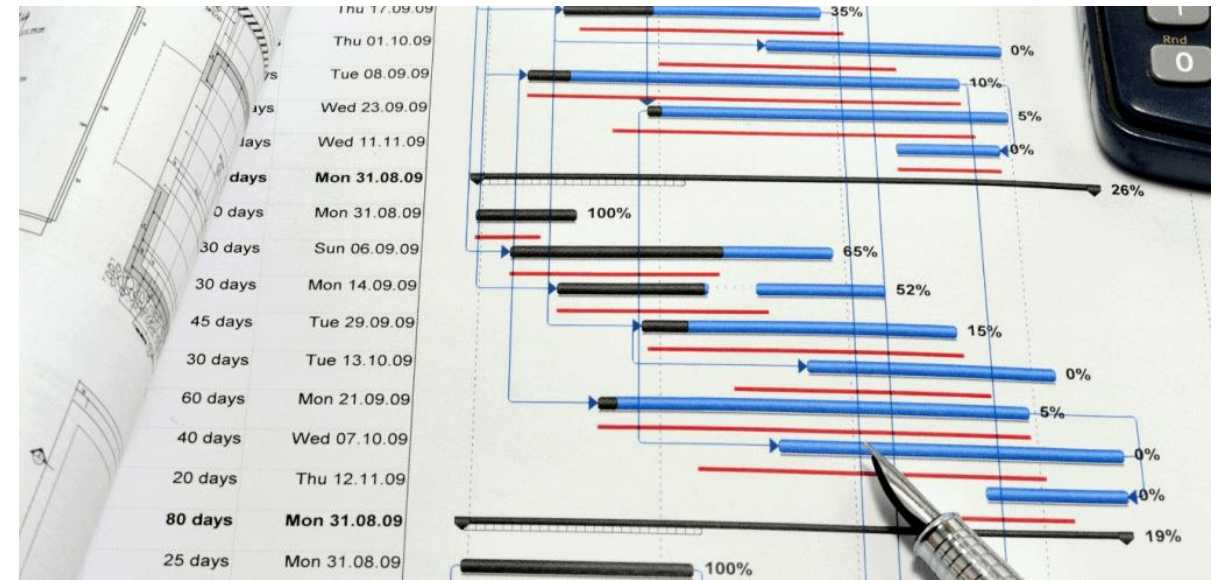
La dépendance de cette opération des gestionnaires de ces contraintes implique dans certains cas le blocage des chantiers.

Ainsi l'attention est attirée ici sur l'importance du recensement des contraintes du site dès la première phase de l'étude et la coordination avec les différents gestionnaires pour effectuer les opérations de déplacement nécessaires avant le commencement des travaux.



Le non respect des délais d'exécution :

Face aux différents événements imprévus durant les travaux (adaptations, contraintes..), ne pas actualiser périodiquement les plannings prévisionnels implique dans plusieurs cas le dépassement des délais accordés aux entreprises.



L'élément clé dans cette problématique est le PGT (Planning général des travaux) initialement présenté par l'entreprise, qui doit être bien étudié et reflète des délais réalisables et logiques des différentes tâches du projet.

Ce PGT sert comme référence pour toute actualisation future du planning suite à des événements imprévus, et permet au gestionnaire d'accorder des délais supplémentaires logiques en fonction de la nature des ces événements et l'avancement prévu des travaux.

CONCLUSION

L'aboutissement des travaux des ouvrages d'art dépend de la qualité des études et du niveau de suivi des différentes opérations du chantier.

Il est important de recenser et de partager les différentes problématiques rencontrées dans ces chantiers, dans la mesure de présenter à nos gestionnaires les procédures et les dispositions à prendre pour éviter le blocage et le retard des projets.

تحت الرعاية السامية لصاحب الجلالة الملك محمد السادس نصره الله
Sous le Haut Patronage de Sa Majesté le Roi Mohammed VI

11^{ème} المؤتمر الوطني للطرق Congrès National de la Route

MERCI

Sous le thème

Quels rôles de l'infrastructure routière dans le nouveau modèle de développement économique et social du Maroc ?

تحت شعار

أية مكانة لتطوير البنية التحتية
الطرقية في تنزيل النموذج
الجديد للتنمية الاقتصادية
و الاجتماعية بالمغرب ؟

10 / 12
نوفمبر NOV
DAKHLA 2022

الداخلة
DAKHLA