

TRAVAUX DU BASSIN DE RETENTION DES EAUX UNITAIRES DU CAPITAINE GEZE A MARSEILLE (13)

CAPTAIN GEZE WATER RETENTION BASIN WORKS IN MARSEILLE (13)

Aurélien GODREAU¹, Bastien HUNAUT², Philippe SCHILLING³

¹ NGE FONDATIONS, Rennes, France

² NGE FONDATIONS

³ NGE FONDATIONS

RÉSUMÉ – Cet article présente les études et travaux de fondations exécutés en 2023-2024 dans le cadre du projet du bassin de rétention des eaux unitaires du Capitaine Gèze à Marseille. Dans un contexte géologique et géotechnique particulier, nous présentons notamment les techniques suivantes : les parois moulées, les pieux forés à la tarière creuse et un renforcement de sol par inclusions rigides.

ABSTRACT – This article presents design and foundations construction works carried out in 2023-2024 as part of the work on the Captain Gèze water retention basin in Marseille (France). In a particular geological and geotechnical context, we present the following techniques: diaphragm walls in a trilobed shape, continuous flight auger piles, anchor micropiles and a soil reinforcement by rigid inclusions.

1. Introduction

Dans le cadre d'une réhabilitation complète d'un quartier à Marseille, la Maitrise d'Ouvrage, assurée par la métropole AIX-MARSEILLE-PROVENCE et l'EPA EUROMEDITERRANEE, a lancé en 2022 un appel d'offres pour la construction d'un bassin de rétention des eaux de 10 500m³. Il se situe dans le 15^{ème} arrondissement de Marseille, à proximité de la station de métro Capitaine Gèze d'où son appellation « **Bassin de Gèze** ».



Figure 1. Localisation Géographique du projet

Cet ouvrage s'inscrit dans le programme global de création de bassins de rétention lancé par la Métropole Aix Marseille en 2004 pour pallier les débordements que connaît le réseau d'assainissement unitaire (EU+EP) de la ville. Ils ont pour objectif de stocker les surplus d'eaux en période pluvieuse et ainsi limiter les déversements du réseau et les rejets en mer. Vingt ans après ces décisions, ce chantier s'inscrit d'autant plus dans le contexte actuel du dérèglement climatique et la transition écologique lié à la gestion des eaux.

Depuis janvier 2023, un groupement multimétiers NGE (NGE GC / NGE FONDATIONS / EHTP / SOC / GUINTOLI) réalise les travaux et relève le défi d'un chantier en milieu très urbanisé et exigu.

Différents ouvrages géotechniques sont nécessaires pour permettre la réalisation du projet dans sa globalité et font appel à différentes techniques pour tenir compte d'un côté de la présence de terrains meubles en surface et d'autre part de la proximité d'un substratum compact. NGE FONDATIONS, forte de sa multi technicité, a ainsi pu proposer les solutions techniques adaptées que ce soit pour les travaux de fondations sur pieux et micropieux, les soutènements par paroi moulée et paroi berlinoise, ou encore pour les travaux d'amélioration de sol par inclusions rigides. Ces ouvrages sont décrits successivement dans la suite de cet article.

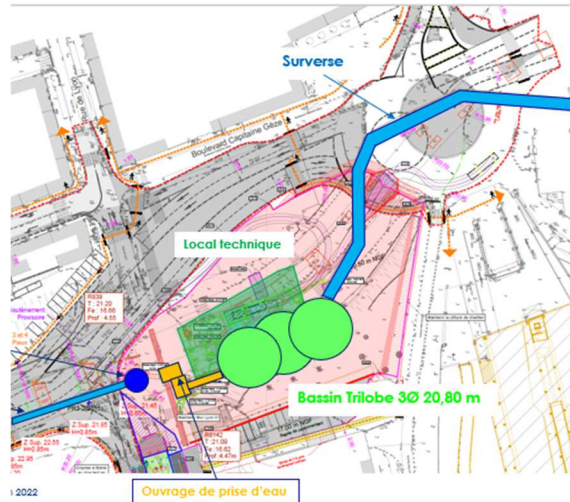


Figure 2. Vue en plan et désignation des ouvrages à construire

2. Contexte géotechnique

Le profil géotechnique du site est singulier puisque le substratum composé des Marnes du Stampien, surmonté de remblais et alluvions, présente un pendage prononcé au droit du projet.

A titre d'exemple, la figure 3 ci-dessous présente ce pendage sur la face Sud du bassin. Le toit du substratum, le stampien franc, varie de plus de 10m sur les 45m du bassin. Il en résulte de fortes variations de sollicitations sur les parois, des conditions d'appuis aux jonctions variables et des méthodologies de forage sur les ouvrages annexes à adapter suivant le niveau réel du substratum.

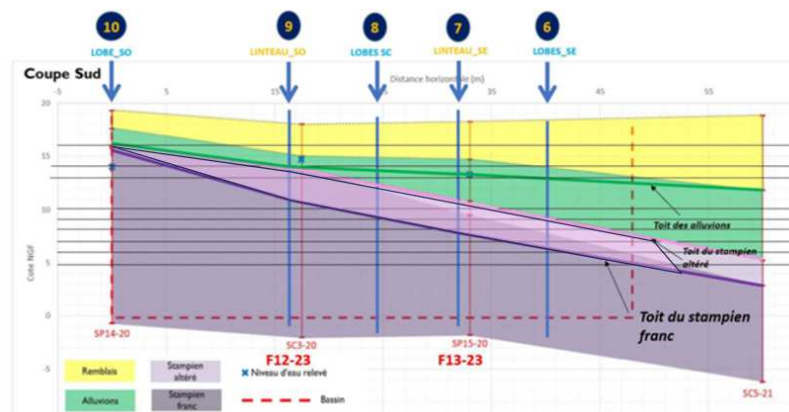


Figure 3. Profil géotechnique retenu sur la face sud du bassin

3. Bassin trilobe

L'ouvrage emblématique du projet constitue le bassin trilobe (3 cercles inscrits de diamètre 20m intérieur) d'une longueur totale de 46m, d'une largeur de 20m et réalisé en paroi moulée jusqu'à 25m de profondeur.

L'intérêt d'une telle conception est de bénéficier de la rigidité cylindrique des lobes d'épaisseur 0.82m qui sont ainsi très peu sollicités en flexion permettant une optimisation du taux d'armatures et une suppression du butonnage.

La stabilité aux extrémités des lobes est assurée par un panneau de jonction en « T » d'épaisseur 1.22m spécialement conçu pour cette configuration.

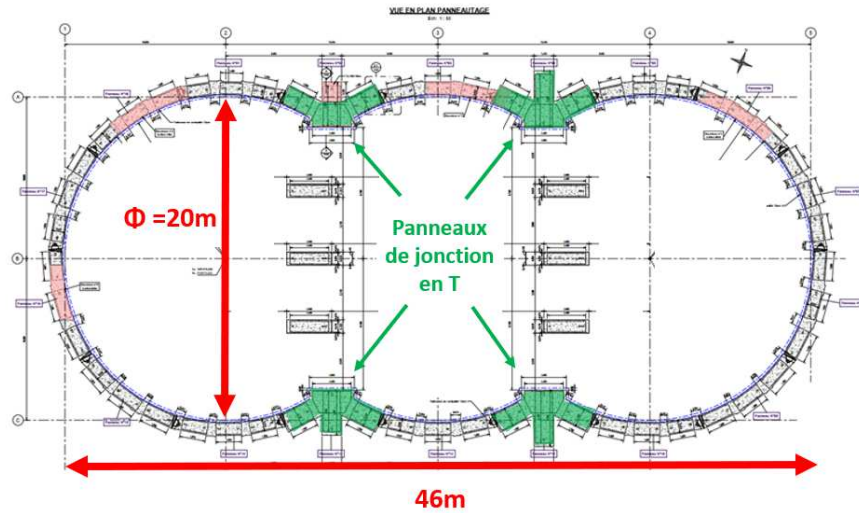


Figure 4 : Aperçu du panneautage du trilobe

En phase provisoire, ces panneaux s'appuient en tête sur des butons métalliques, et sur des butons en béton définitifs réalisés à la descente du terrassement. La butée en pied de panneau est assurée par un ancrage dans le Stampien franc (voir figure 5), sans mise en œuvre de refend en paroi moulée.

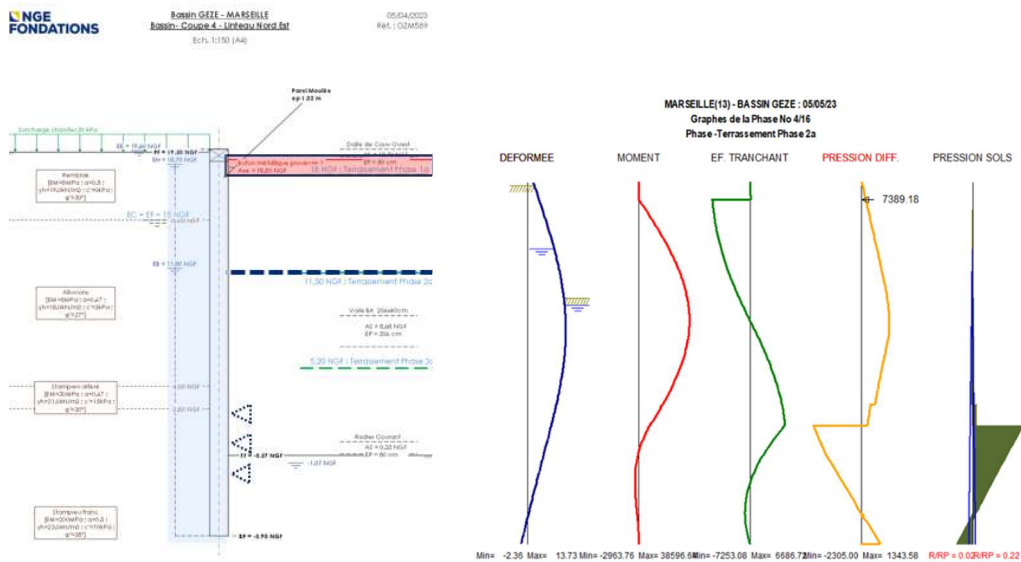


Figure 5 : Configuration des appuis du panneau en T en phase terrassement et sollicitations de calculs

Cette conception inhabituelle impose une maîtrise du risque géotechnique (reconnaissance, phasage) et une analyse critique des différents types de modélisation numérique (2D ou 3D) pour l'étude détaillée de chaque panneau de jonction.

Le risque géotechnique a été sécurisé par la réalisation d'une campagne de reconnaissances géotechniques G3, comprenant en particulier un sondage carotté au droit de chaque T et la réalisation d'essais de résistance à la compression d'échantillons de Stampien.

Différentes modélisations ont été conduites afin d'apprécier les problématiques de passage d'une modélisation 3D globale aux modélisations 2D de l'ouvrage nécessaires pour respecter le délai de l'opération. Pour être complète et fiable, la modélisation 3D requiert en effet un temps d'étude considérable puisqu'il faut définir et introduire des liaisons spécifiques aux nœuds pour permettre d'obtenir des sollicitations conformes au principe constructif. Également, contrairement aux logiciels 2D, les logiciels 3D courants ne permettent pas non plus de tenir compte du phasage de réalisation (butonnage/débutonnage) pourtant primordial dans la détermination des sollicitations effectives pour un ouvrage de soutènement (équilibre de poussée/butée résultant).

Nous avons alors justifié l'ouvrage à l'aide du logiciel de calcul élasto-plastique aux coefficients de réaction RIDO®. Chacun des lobes fait l'objet d'une coupe de calcul spécifique (6) pour affiner les chargements au droit de chaque jonction (4 coupes RIDO).

Il en résulte des panneaux de jonction massifs, raides et suffisamment épais (1,22m) pour permettre la bonne mise en œuvre du béton au travers d'armatures horizontales nécessaires à suspendre les efforts de compression provenant des lobes. Les équipes travaux ont alors redéfini et adapté les méthodes usuelles pour concevoir un panneautage réalisable avec des Tés nécessitant 4 passes de forage.

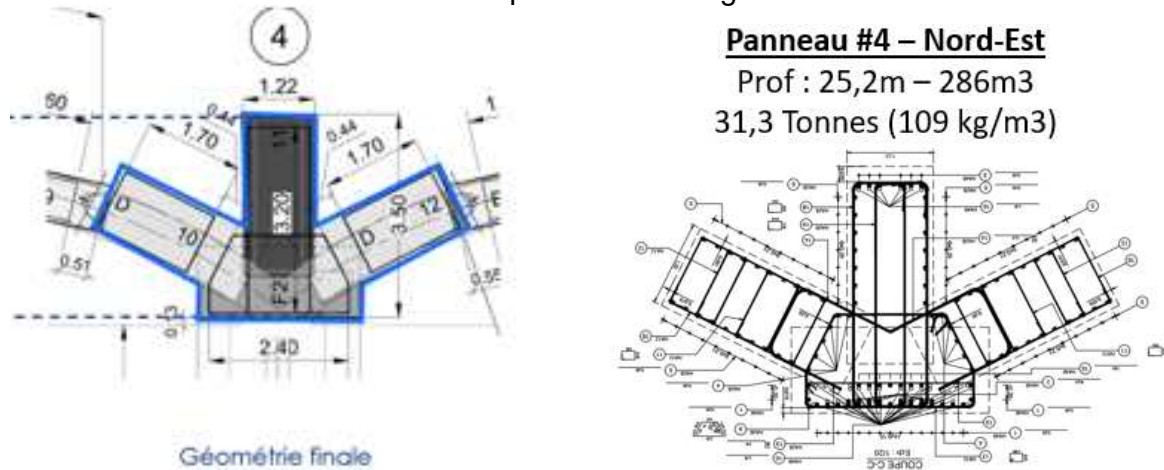


Figure 6 : Aperçus des 4 passes de forage (à gauche) et des armatures des Tés (à droite)

Les amorces des lobes sont alors automatiquement intégrées au panneau de jonction. Afin de rigidifier la structure, le marché exigeait le liaisonnement de ces cages d'amorces au panneau en Té structural. Les adéquations de levage ont été adaptées pour équiper le panneau à l'aide de 3 grues en simultanément, permettant ainsi de liasonner les cages à la descente pour réaliser un ensemble monolithique de plus de 30T.

A la grande satisfaction du client, les travaux de parois moulées se sont achevés dans les temps en aout 2023, et de manière spectaculaire en terminant par ces panneaux de jonction.



Figure 7 : Mise en place de la cage d'armature du panneau en T

Une spécificité de ce type d'ouvrage est également la reprise des sous pressions du bassin vide mais également des charges descendantes du bassin plein. Il est donc prévu en fond de bassin, 88 micropieux de diamètre 250mm d'une longueur moyenne de 17m. Les micropieux sont sollicités selon les situations en compression ou en traction, en raison

de la présence d'un vide sanitaire en sous face de radier. Les longueurs de micropieux du bassin vérifient les capacités portantes suffisantes, mais sont principalement conditionnées par le critère de résistance au soulèvement de type UPL, en considérant une approche globale, et une vérification locale vis-à-vis des groupes de fondations les plus sollicitées.

4. Ouvrage de surverse

En aval, un ouvrage de surverse (trop-plein) constitué d'un cadre en béton armé sur pieux est entièrement enterré et raccorde le bassin au ruisseau des Aygalades.

Utilisant une technique maîtrisée, NGE FONDATIONS a réalisé les 24 pieux béton armé forés à la tarière creuse de diamètre 820mm en arase basse, forés depuis le terrain naturel.

Ensuite, pour réaliser l'ouvrage cadre jusqu'à une profondeur de 4 à 5m, NGE GC a opté pour un système de blindage coulissant du fournisseur KRINGS. Ce principe est particulièrement efficace pour le travail par havage, lorsque les poussées du sol sont importantes. Les panneaux peuvent être extraits sans problème, même par grande profondeur.

Des adaptations du soutènement ont été causées par la reconnaissance de multiples réseaux de surface à laisser en place durant la durée des travaux sur un linéaire de 15m. Après avoir minutieusement repéré et sécurisé chacun de ces réseaux, des H de 300 ont été battus par les équipes de NGE TMF pour réaliser une berlinoise dans la zone.



Figure 8 : Soutènement urbain (présence de réseaux, paroi berlinoise)

Ces travaux se sont déroulés en 2 phases pour maintenir la circulation (de mars à octobre 2023)

5. Local Technique

La solution initiale consistait à réaliser le local technique du bassin de Gèze à l'abri d'un soutènement provisoire à base de pieux sécants butonnés. Ce local technique construit à 6m de profondeur est prévu :

- Désolidarisé structurellement du bassin par un joint de dilatation.
- Construit sur vide sanitaire pour se prémunir d'effet de gonflement du sol support.

Des micropieux porteurs sont nécessaires pour reprendre les efforts de compression et de traction (sous-pression hydrostatique) appliqué au radier du local technique.

Du fait de la présence des vestiges de fondations d'un pont préalablement détruit, le groupement a dû reconcevoir les fondations de ce local technique pour notamment reprendre une poussée dissymétrique liée au joint de dilatation entre le bassin et le local.

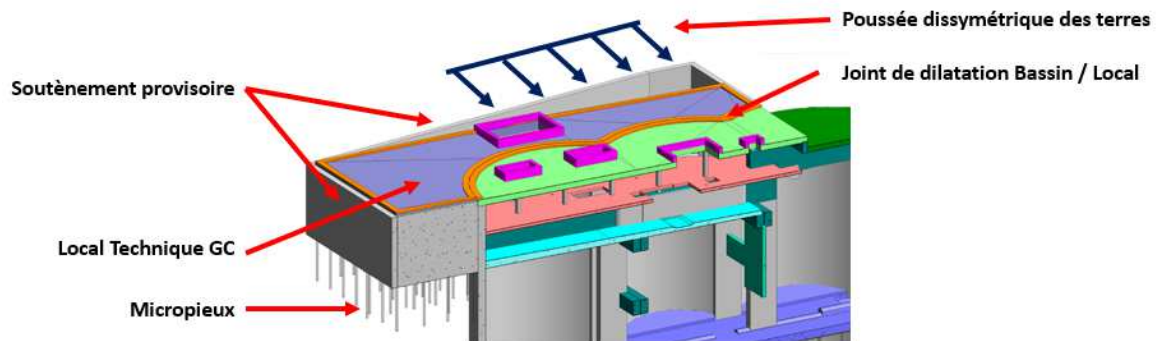


Figure 9 : Conception initiale et poussée dissymétrique

Sur la base de l'expérience acquise sur le chantier de la surverse, le principe de pieux réalisés en arase basse (phase 1 – figure 10) puis la descente d'un blindage KRINGS a été reconduit (phase 2).

La solution innovante a consisté alors à réaliser un mur de soutènement sur pieux (phase 3) en utilisant une partie de la structure définitive du local technique (pieux, radier et voile nord). Ce mur béton armé autostable a ensuite permis de finaliser l'ouvrage sans butonnage provisoire (phase 4).

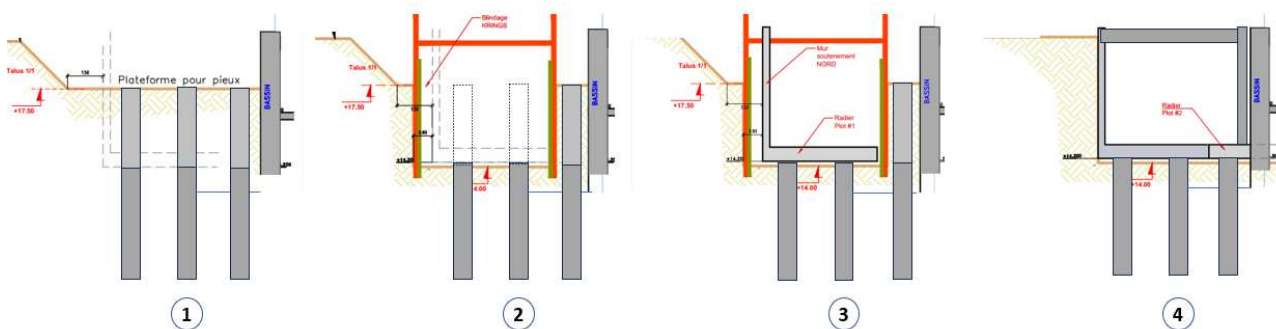


Figure 10. Phasage de réalisation du local technique. (1) Réalisation des pieux / (2) Descente du blindage et recépage / (3) Réalisation du mur de soutènement sur pieux / (4) Retrait blindage et finalisation ouvrage

Ce phasage astucieux a permis des économies de matières substantielles et alimente le catalogue de solutions respectueuses de l'environnement et financièrement attrayantes.

Compte tenu du fort pendage du substratum constaté sur la longueur du local technique, les terrassements en partie ouest de celui-ci ont pu être réalisés par talutage de l'horizon de stampiens compacts. Dans cette zone ouest, le local technique est fondé sur 26 micropieux principalement sollicités en compression, cette zone n'étant pas concernée par les poussées dissymétriques des terres.

6. Maîtrise des tassements

En partie sud du bassin, les méthodologies de travaux ont nécessité la réalisation d'une plateforme de travail en remblai, prévoyant une réhausse de 2 à 4m par rapport au terrain naturel. Du fait de la présence de sols meubles sujets au tassement, la solution initiale prévoyait la réalisation d'un réseau d'inclusions rigides sous ce remblai d'apport. L'analyse du contexte géotechnique en phase exécution a conduit à optimiser le phasage des travaux : à partir de l'estimation de l'amplitude des tassements attendus ainsi que de leur vitesse d'acquisition, la vérification des critères retenus en phase service a permis de limiter les travaux d'inclusions rigides sous remblai. Un suivi des tassements du sol naturel au droit

de la plateforme a été effectué après montée des remblais au moyen de trois tassomètres à pige. Les mesures d'altimétries relevées régulièrement jusqu'à stabilisation des tassements ont permis de confirmer le comportement attendu.

La plateforme de travail remblayée est délimitée en bordure sud par un mur de soutènement provisoire de type mur en « L » préfabriqué, présentant notamment l'avantage de la rapidité de mise en œuvre. Afin de garantir la stabilité et les tassements minimaux du mur, un renforcement de sols par inclusions rigides Dn 400 a été mis en œuvre, associé à un matelas de répartition sous semelles.

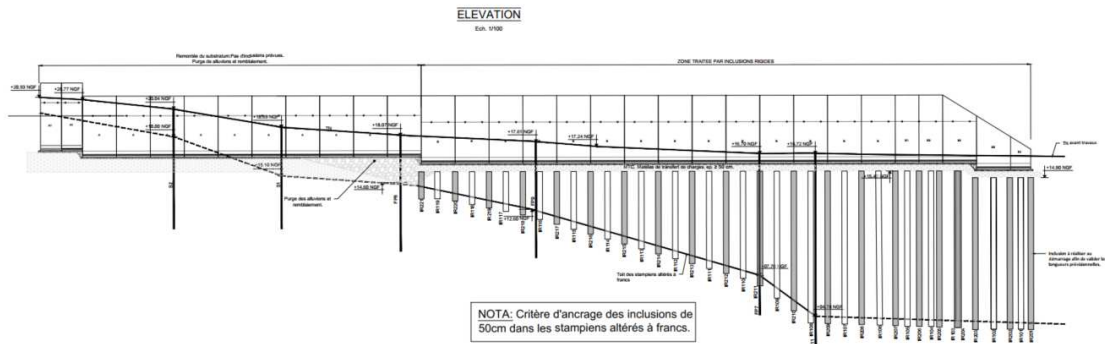


Figure 11 : Aperçu des inclusions rigides sous mur de soutènement provisoire

7. Autres ouvrages

En amont, un tir de microtunnelier est à réaliser pour finaliser le raccordement du futur réseau hydraulique du quartier.

Le microtunnelier permettra de raccorder le collecteur C5 au bassin de rétention par la réalisation d'une conduite souterraine DN1200mm sous l'avenue de Cap Pinède.

Le dispositif est constitué d'un puits d'attaque côté bassin, d'un tir de 365 ml avec puits intermédiaire et d'un puits d'arrivée au niveau de la connexion Micro/CollecteurC5.

Le forage est ascendant à + 0.8% et réalisé dans les formations du Stampien. Les 20 derniers mètres et le puits de sortie sont dans les couches meubles de surface.

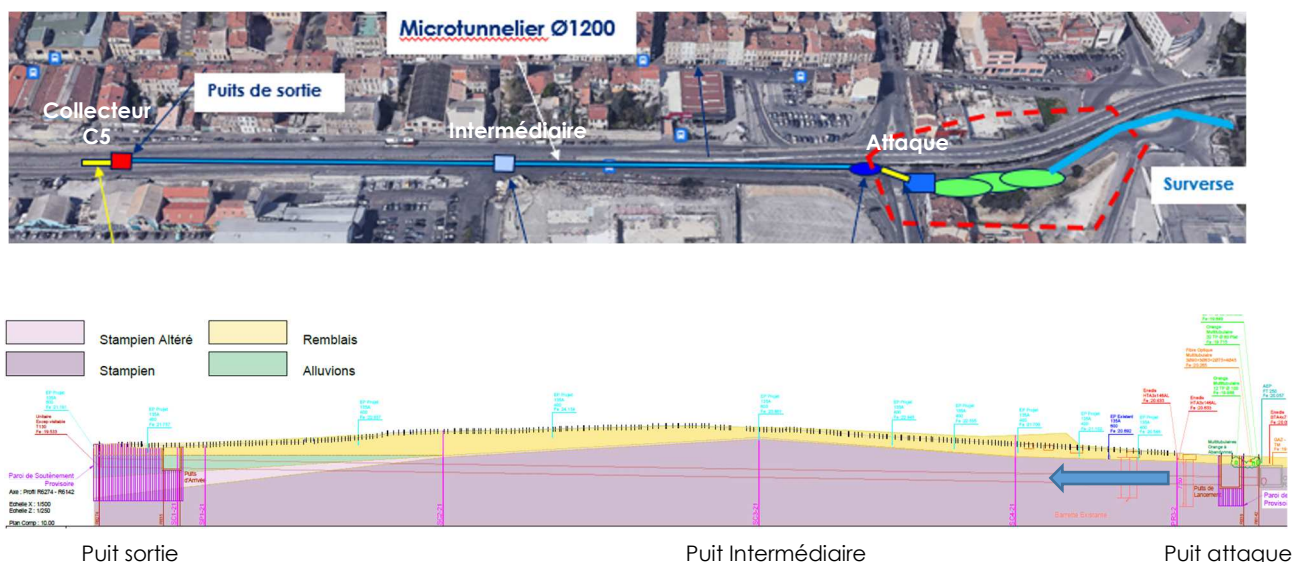


Figure 12 : Tracé du microtunnelier

Les puits sont initialement prévus à l'abri de blindages en pieux sécants pour soutènement des formations meubles et prévenir des circulations d'eaux.

Du fait de la nécessité de maintenir une transparence hydraulique vis-à-vis des avoisinants au droit du puits de sortie (gestion des tassements), ainsi qu'une position de

nappe plus basse que prévue et d'une hauteur de terrain de couverture plus faible que prévu, les puits seront réalisés en méthode traditionnelle.

8. Etudes d'exécution et méthodes – sismique

L'ensemble des ouvrages géotechniques réalisés par NGE FONDATIONS ont été vérifiés par des membres de sa Direction Technique Interne. Les calculs de Génie Civil ont été menés par le bureau d'étude COGECI.

Les ouvrages géotechniques ne nécessitant pas de fondations spéciales (talus des zones Ouest) ont été justifiés par le bureau d'étude interne NGE GC - PACA.

A la demande du client, cet ouvrage enterré supportant un axe important de circulation urbaine a fait l'objet d'une vérification sismique à l'aide d'une modélisation globale. Ces calculs complexes ont été réalisés par le bureau d'étude Géodynamique et Structures spécialiste des calculs de grands ouvrages, nucléaires, maritimes et stratégiques dans des contextes sismiques à enjeux.

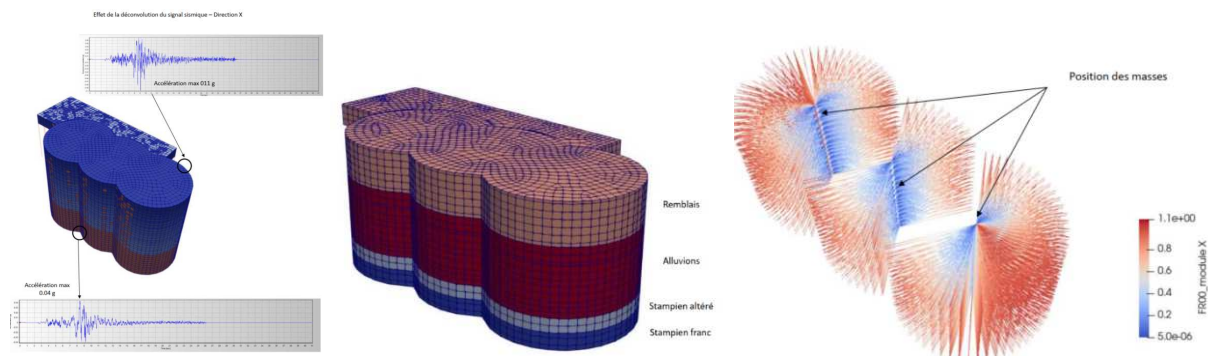


Figure 13. Aperçu de la modélisation sismique du bassin – Note GDS

Le calcul mené sur le Bassin de Gèze a confirmé le caractère non dimensionnant du séisme pour cet ouvrage enterré en zone de faible sismicité (zone 2).

9. Conclusion

A date de rédaction de cet article, les travaux de génie civil sont en cours pour une livraison du projet prévue dans les délais impartis au 14/02/2025.

Enfin, les auteurs remercient le maître d'ouvrage, Métropole AMP et EUROMEDITERRANE), le groupement de maîtrise d'œuvre SUEZ CONSULTING-ARTELIA, son sous-traitant IMEOH pour la conception du Génie Civil ainsi que le titulaire de la mission G4 FONDASOL pour les riches échanges ayant permis de mener à bien ce projet.



Figure 14. Avancement du chantier au 11/01/24