



Tunnel Brazza

Rencontre ASTEE – AFGC du 28 novembre 2019

Le tunnel Brazza

Déroulement de la matinée :

- Présentation du contexte du projet
- Présentation du projet / film général en préalable
- Points techniques spécifiques :
 - Microtunnelier
 - Hydraulique
 - BIM

M. Bouyer – Bordeaux Métropole

P. Lalanne – Suez & S. Decaux – Eiffage

J. Aubert – Eiffage

F. Neveu – Eiffage & P. Lalanne

T. Stablon – Arcadis & M. Bouyer



Le tunnel Brazza

Présentation du contexte du projet :

Délibération des élus de Bordeaux Métropole en 2012 sur l'abandon d'un projet de station d'épuration située en zone urbaine dans le périmètre du bassin de collecte (Unesco).

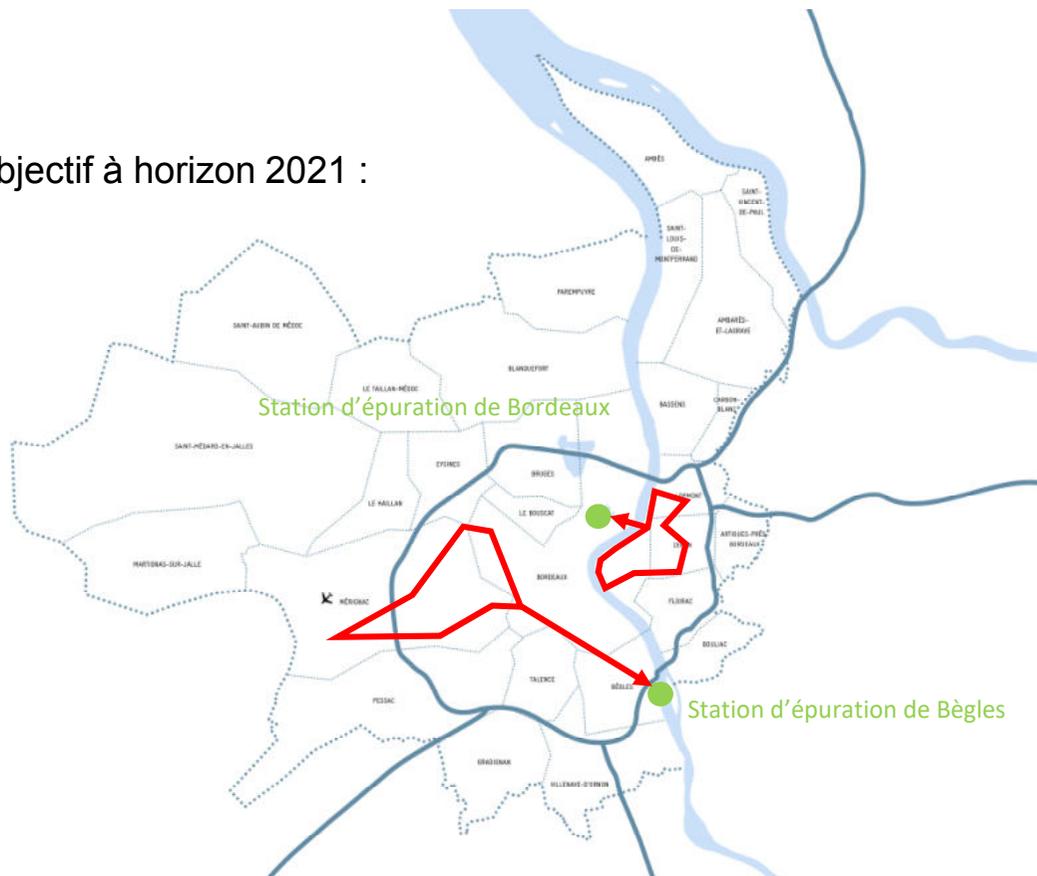


- Décision de transfert des effluents vers la station d'épuration existante et remise aux normes en rive gauche de Garonne (step Louis Fargue)
- En parallèle, déconnexion d'un bassin de collecte en séparatif vers le sud (step Clos de Hilde)

Le tunnel Brazza

Présentation du contexte du projet :

Objectif à horizon 2021 :



Programme initial de l'opération :

- Transférer vers la rive gauche par pompage depuis la rive droite
- Refoulement doublé (croissance progressive du débit entre 2020 et 2030 et nécessité d'entretien)

→ 1 station de pompage EU avec deux canalisations de refoulement en $\varnothing 400$



Le tunnel Brazza

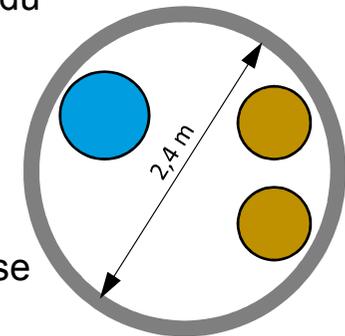
Présentation du contexte du projet :

Comment faire la traversée de Garonne pour l'assainissement ?

- Une campagne d'investigations géotechniques en Garonne de grande ampleur (sondages sur barge)
- Traversée en souille (galerie ou canalisations) : difficultés liées au franchissement des quais et du tramway, aux contraintes de navigation
- Traversée en forage dirigé : difficultés liées au franchissement des quais, à la longueur du tir, aux emprises nécessaires sur les deux rives, aux conditions d'exploitation

En cours de définition, identification d'un nouveau besoin pour le service de l'eau potable : interconnexion sur le réseau structurant $\varnothing 500$

- Le creusement d'une galerie mutualisée pour l'ensemble des besoins ressort de l'analyse multicritère au stade des études préliminaires / son gabarit et sa longueur (750 m) sont compatibles avec la technique de réalisation au microtunnel
- L'utilisation des puits pour l'intégration des équipements sur les deux rives fait partie des avantages identifiés



Le tunnel Brazza

Présentation du contexte du projet :

Les moyens principaux pour la réalisation :

- Maîtrise d'ouvrage : Direction de l'eau de Bordeaux Métropole
- Maîtrise d'œuvre : Suez / Fondasol (géotechnicien) / Atelier Schweitzer architectes
- Entreprise de travaux : Eiffage génie civil, dans le cadre d'un marché de travaux de 20,3 M€HT

Délai : 27 mois, y compris période d'observation de 5 mois

Le tunnel Brazza

Présentation du projet

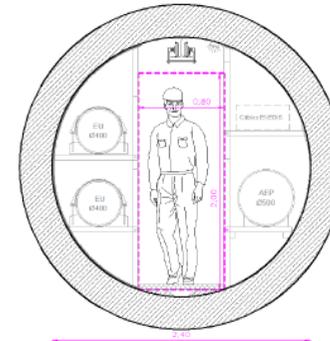


Le programme :

- Une galerie sous fluviale à vocation multi-réseaux réalisée au microtunnelier
- 2 puits réalisés en parois moulées
- 2 stations de pompage : 1 pompage des eaux usées de transfert des effluents vers la rive gauche, 1 pompage/relevage des eaux pluviales pour évacuation en Garonne
- 1 bâtiment mixte mutualisé : exploitation assainissement, exploitation du pont Chaban Delmas et accueil des visiteurs

Le tunnel Brazza

La trajectoire



Gabarit à 2.40m
intérieur
(3.00 m extérieur)

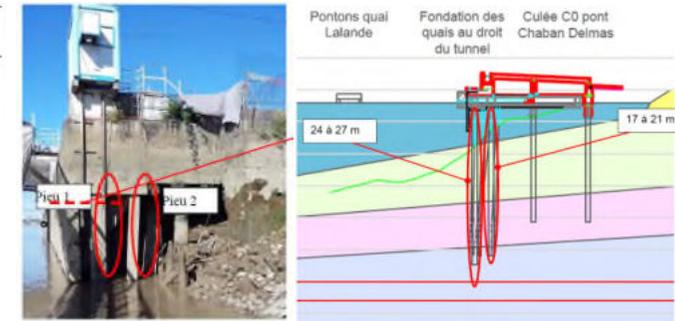
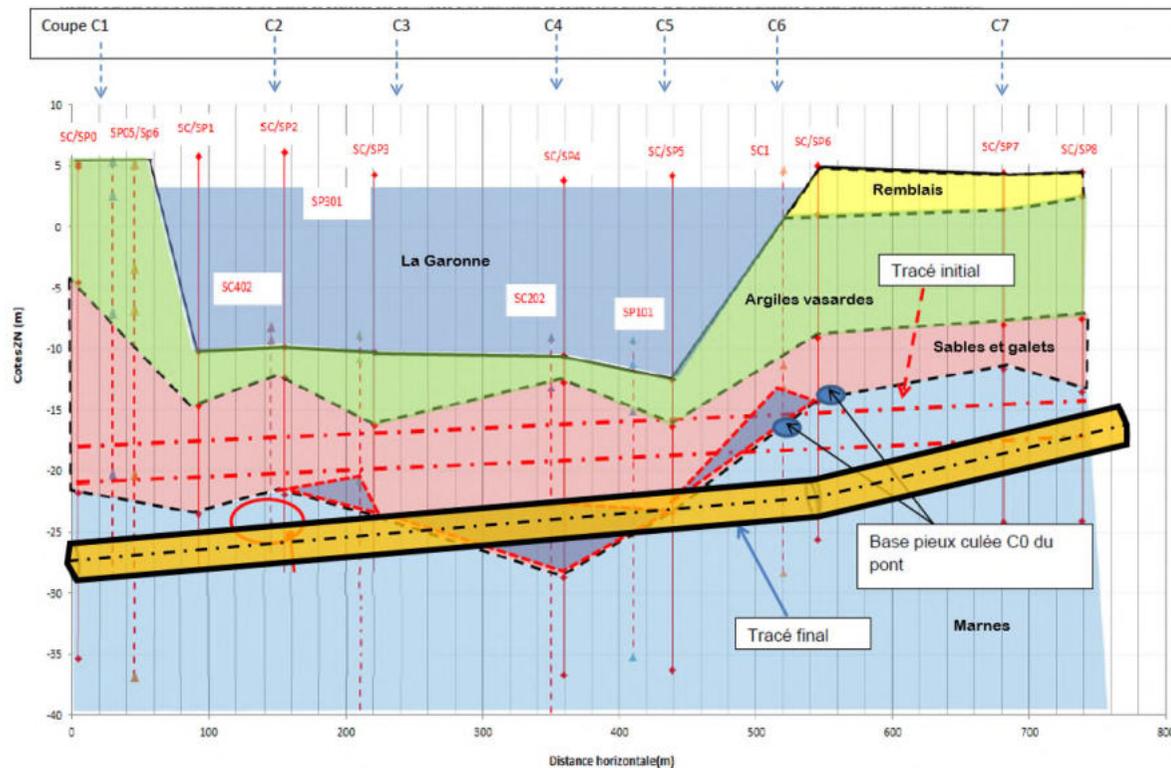
Des points de départ et d'arrivée fixes (réseaux en attente) - Une distance de 750 mètres environ

Un tracé dicté par l'évitement et l'éloignement des obstacles et avoisinants mais aussi un objectif de rester sous le domaine public

Une trajectoire en « S » avec des courbes limitées à 400 m de rayon de courbure

Le tunnel Brazza

Le profil en long

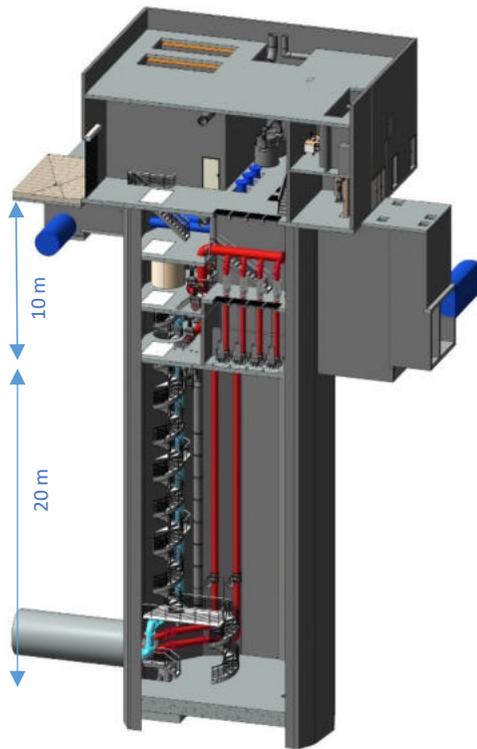


Un profil montant (gestion hydraulique, sécurité)

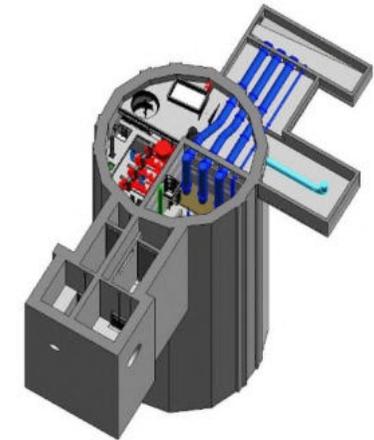
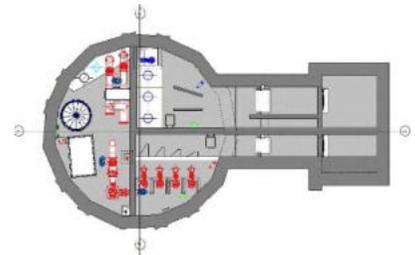
Un profil approfondi pour sécuriser le creusement (géotechnique) et s'écarter des bases des pieux des quais en rive gauche

Le tunnel Brazza

Stations de pompage, le défi : loger 2 stations de pompage dans le puits d'entrée

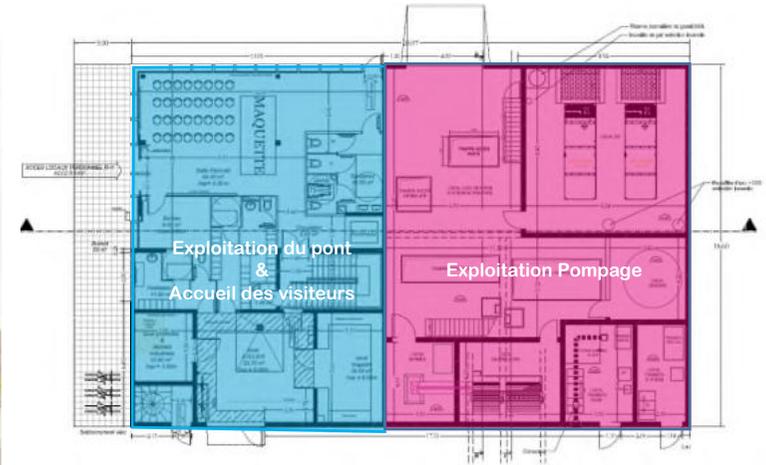


- 1 station de pompage eaux usées de 400 l/s et 1 station de pompage eaux pluviales de 1200 l/s intégrées dans le puits d'entrée de 11 m de diamètre
- Implantation du pompage et des équipements sur les niveaux supérieurs du puits d'entrée
- Refoulement eaux usées en « siphon » via la galerie sous fluviale 2 x Ø400 PRV
- Divers équipements associés : dégrillage, ventilation-désodorisation, raclage, secours électrique, ...
- Une conception avec l'aide du BIM du fait de l'agencement imbriqué des équipements sur différents niveaux et de l'encombrement général



Le tunnel Brazza

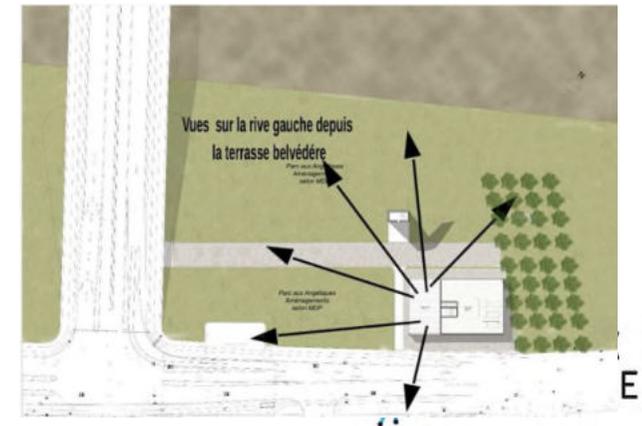
Le bâtiment



Un bâtiment d'exploitation et d'accueil des visiteurs du pont Chaban Delmas

Intégration dans son environnement : Parc aux Angéliques, pont Chaban Delmas, futur quartier Brazza

Traitement architectural par façades végétales – Terrasse belvédère tournée vers le Pont Chaban Delmas et la rive gauche



Le tunnel Brazza

Un projet technique et pluridisciplinaire

- Déviation des réseaux existants – continuité de service du réseau EP Ø2000
- Soutènement des puits d'entrée et de sortie en paroi moulée
- Terrassement des puits en grande profondeur
- Raccordement au réseau existant EU Ø1000 par microtunnelier DN800
- Réalisation de la galerie technique par microtunnelier DN2400
- Études, fourniture, pose et mise en service de l'ensemble des équipements hydrauliques de la station de pompage y.c ventilation, désodorisation et électricité
- Réalisation du gros-œuvre hors d'eau hors d'air du bâtiment d'exploitation
- La mise en œuvre, gestion et le suivi jusqu'au DOE d'une maquette numérique BIM

Le tunnel Brazza

Présentation du projet :

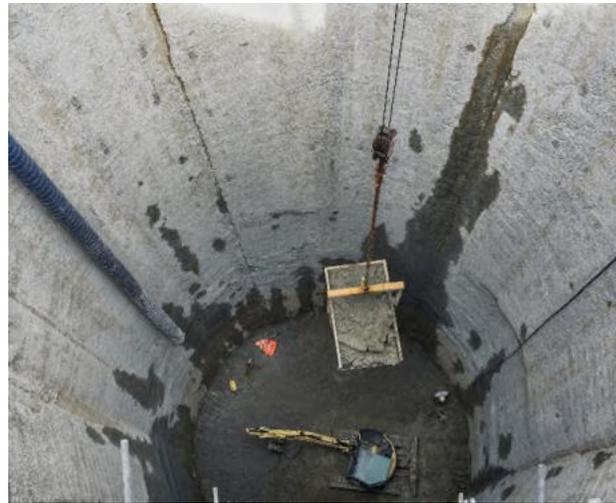
- Soutènement des puits d'entrée et de sortie en paroi moulée
 - Puits d'entrée : panneaux de 80cm d'épaisseur et 43m de profondeur
 - Utilisation d'une fraise hydraulique afin de respecter une tolérance de verticalité de 0,5%
 - Évacuation des déblais par clapage en Garonne



Le tunnel Brazza

Présentation du projet :

- Terrassement des puits de grande profondeur à la pelle « caméléon » et à la benne autovide
- Réalisation du radier en fond de puits d'1,20m d'épaisseur, dimensionné pour résister à la sous-pression hydraulique



Le tunnel Brazza

Présentation du projet :

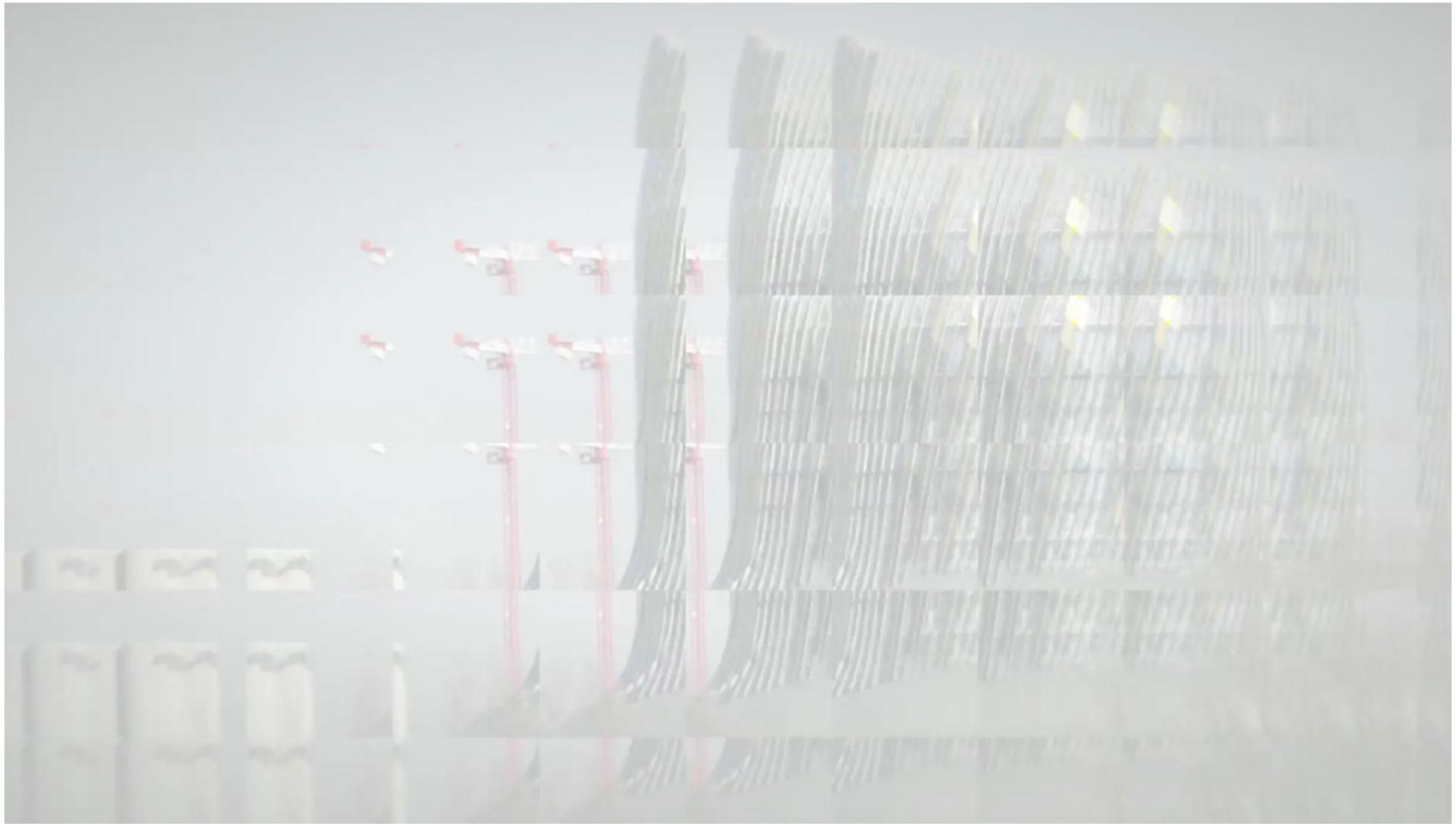
- Raccordement au réseau existant EU Ø1000 par microtunnelier
 - Utilisation de l'ouvrage de raccordement en paroi moulée comme puits d'entrée
 - Réalisation du puits de sortie quai de Brazza en pieux sécants
 - Traversée du quai de Brazza par microtunnelier Ø1000 sans interruption de trafic



Le tunnel Brazza

Présentation du projet :

- Les démarches environnementales :
 - Diminution de l’empreinte carbone du chantier par le remplacement des groupes électrogènes par des solutions alternatives :
 - Réalisation d’un bypass gravitaire en lieu et place d’un pompage provisoire (durée 6 mois)
 - Raccordement de postes HT sur le réseau ENEDIS pour les travaux de creusement de la galerie au microtunnel
 - Revalorisation des déblais de terrassement des puits et de la galerie technique :
 - Stockage des argiles pour réemploi par Bordeaux Métropole (réparation de digues)
 - Remblaiement de carrières
 - Évacuation des déblais de paroi moulée par barge, soit une centaines de camions de moins sur le réseau routier de la métropole de Bordeaux.



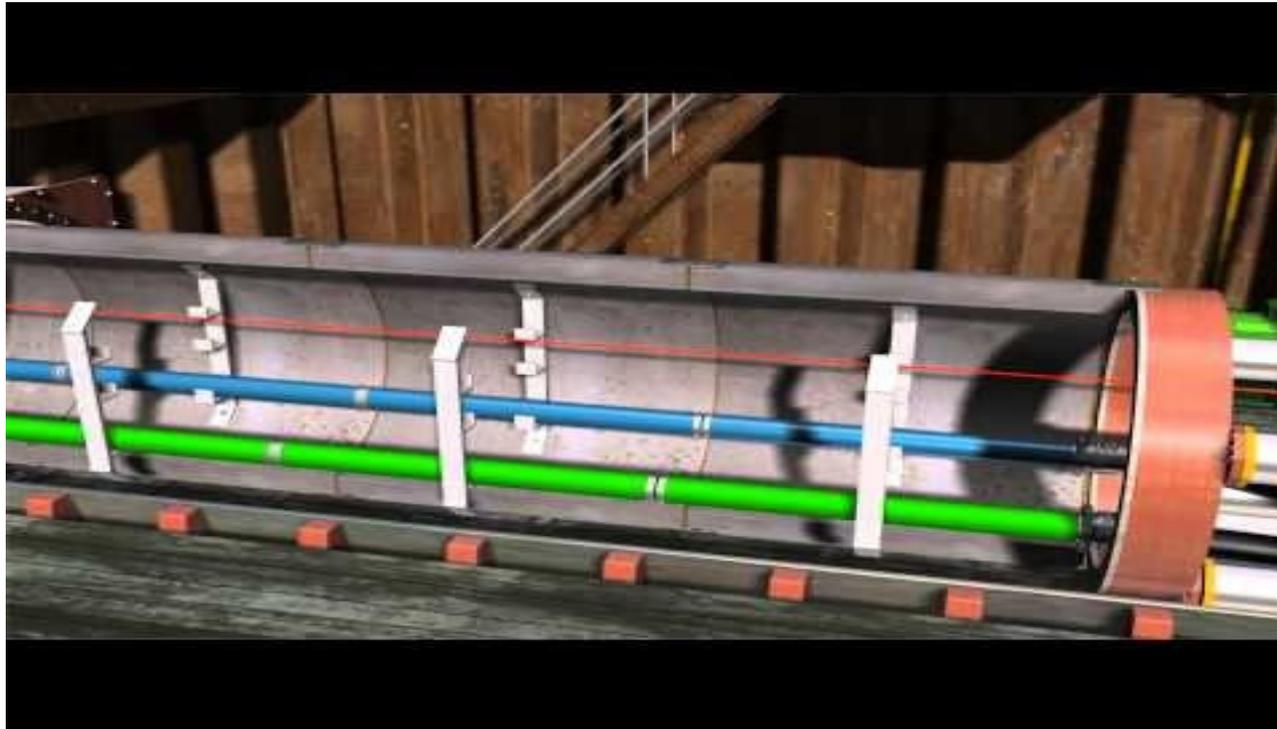


Le microtunnelier



Le tunnel Brazza

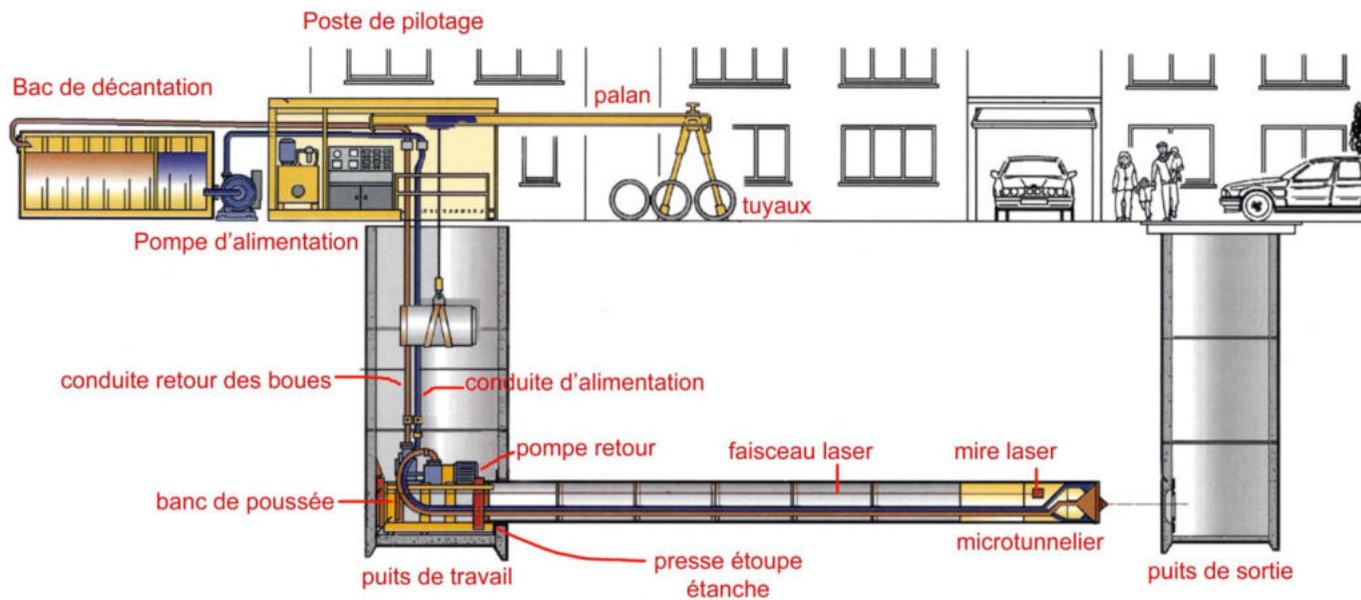
Microtunnelier : Principe de fonctionnement. Technique de fonçage



3:50 Poussée
5:52 Marinage et Désableur
10:00 Lubrif + SPI

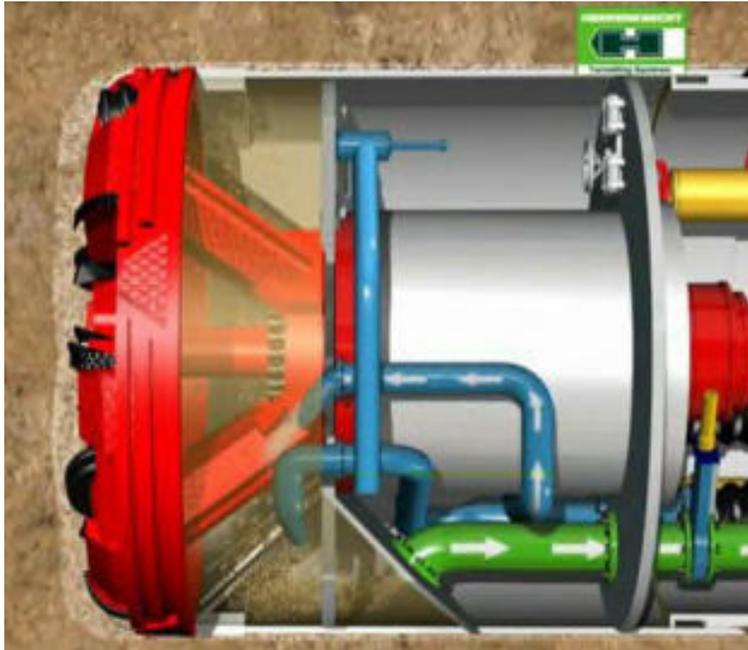
Le tunnel Brazza

Microtunnelier : Principe de fonctionnement. Technique de fonçage



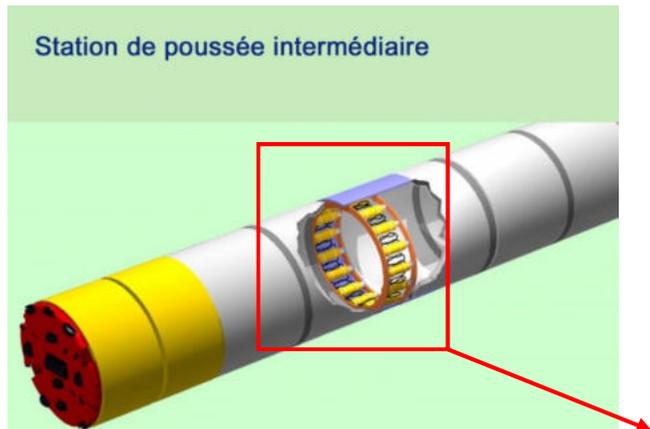
Le tunnel Brazza

Microtunnelier : Principe de fonctionnement. Excaver les déblais grâce au marinage



Le tunnel Brazza

Focus technique : la longueur de 745 mètres. Renforcer les efforts de poussée



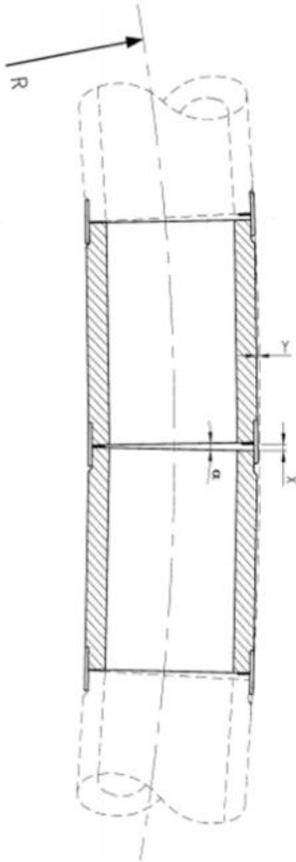
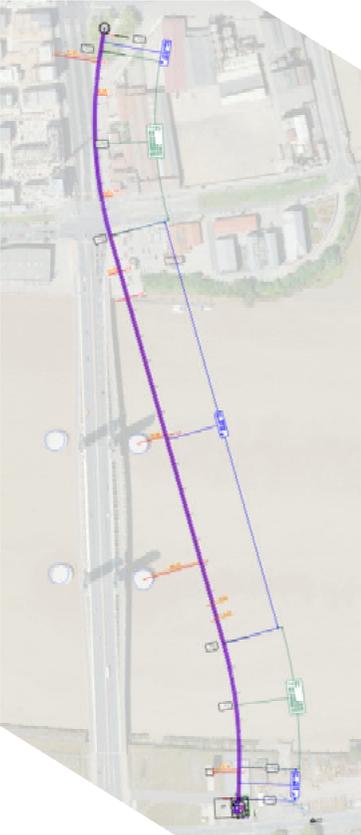
Le tunnel Brazza

Focus technique : la longueur de 745 mètres. Diminuer les frottements



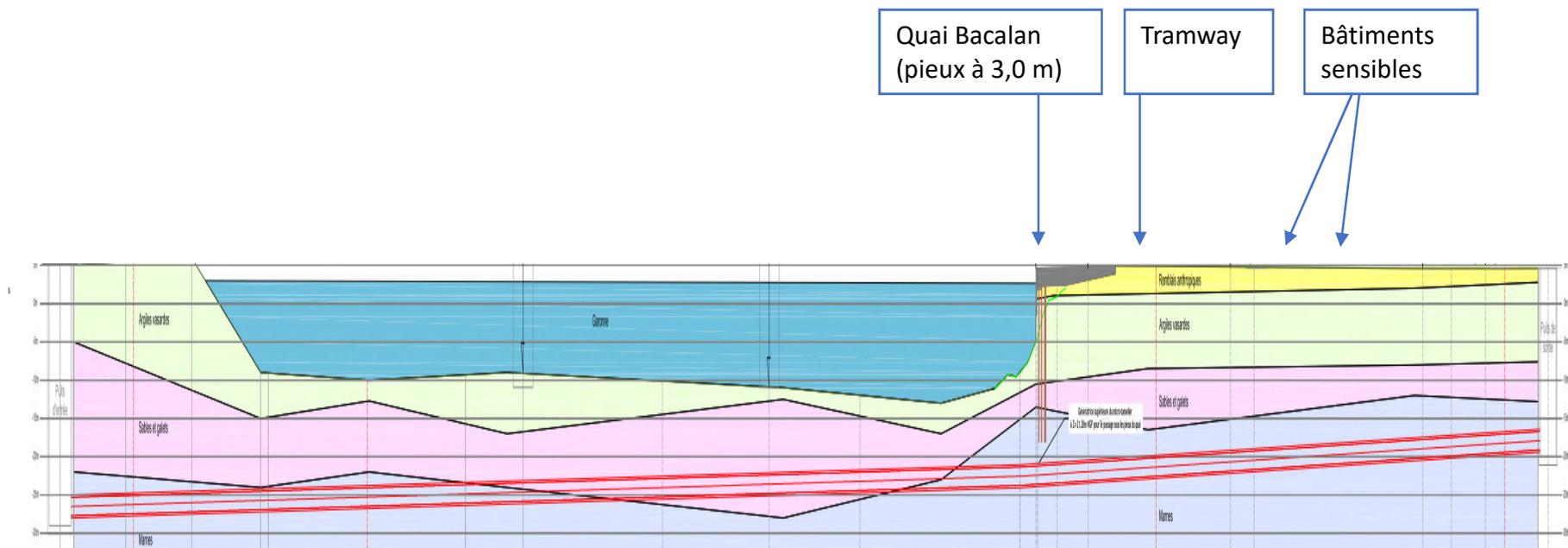
Le tunnel Brazza

Focus technique : la courbe en S. Encaisser les efforts sans casser les tuyaux



Le tunnel Brazza

Focus technique : la géologie particulière. **Adéquation du matériel au terrain**



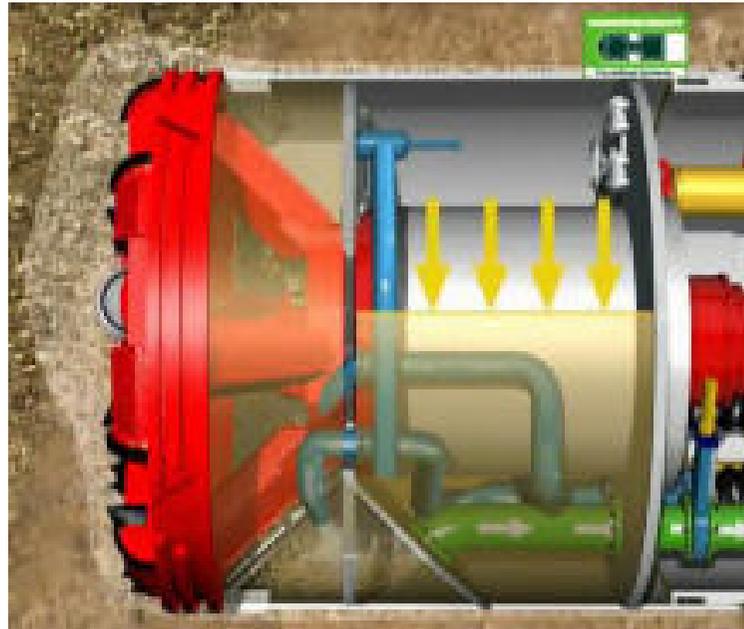
Le tunnel Brazza

Focus technique : la géologie particulière. Adéquation du matériel au terrain



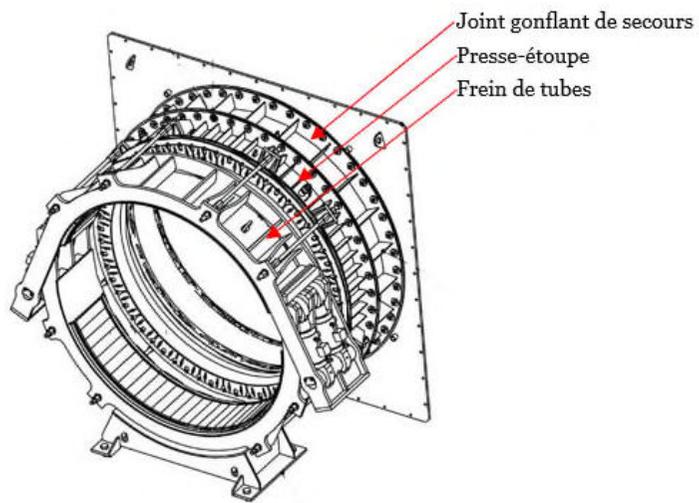
Le tunnel Brazza

*Focus technique : la traversée sous-fluviale à 30m de profondeur. **Contrer la pression***



Le tunnel Brazza

*Focus technique : la traversée sous-fluviale à 30m de profondeur. **Contrer la pression***



Le tunnel Brazza

*Focus technique : intervenir en front de taille pour inspecter les outils. **Hyperbarie***



Le tunnel Brazza

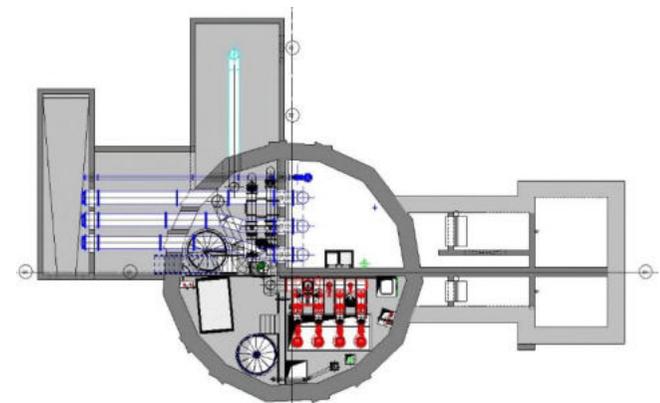
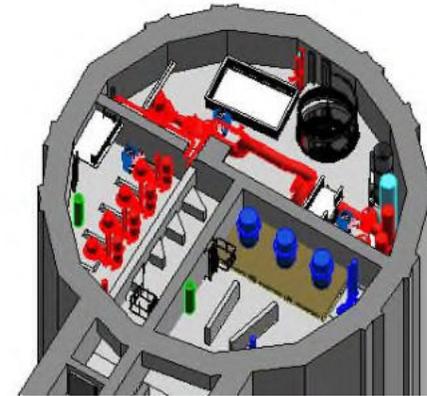
Hydraulique – Principes de conception

Le pompage :

- Pompage eaux usées de type centrifuge /Pompage eaux pluviales de type axial (pompes à hélice)
- Refoulement eaux usées : 2 canalisations $\varnothing 400$ pour gérer le court terme et le moyen terme, faciliter et sécuriser le fonctionnement et l'exploitation
- Intégration à demeure d'un dispositif de raclage par obus pour l'entretien préventif du réseau de refoulement
- Traitement spécifique du débouché des eaux usées dans le puits de sortie avec désodorisation

Les équipements :

- agencement sur 3 niveaux en partie supérieure du puits d'entrée
- gestion combinée des cheminements pour l'accès à la galerie, accès secours à la galerie et accès aux équipements hydrauliques pour la maintenance



Le tunnel Brazza

Hydraulique – Courantologie des bâches de pompage

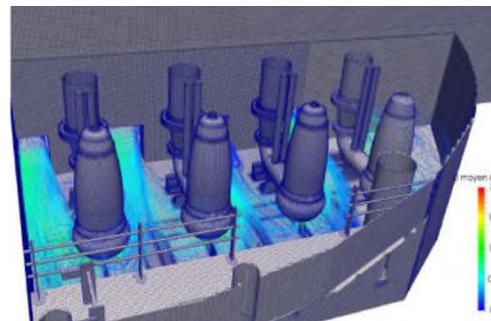
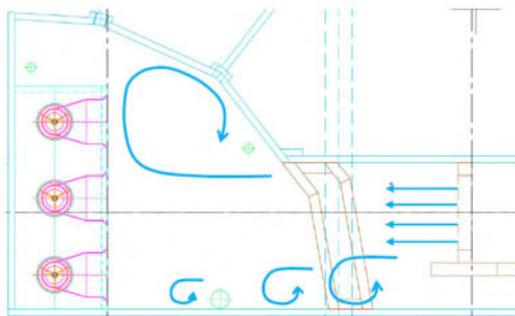
Géométrie de bâches contrainte et pouvant favoriser l'apparition de phénomènes hydrauliques préjudiciables au bon fonctionnement des pompes

Pompes eaux pluviales (pompes à hélice) avec forte sensibilité à l'hydraulique de la bêche

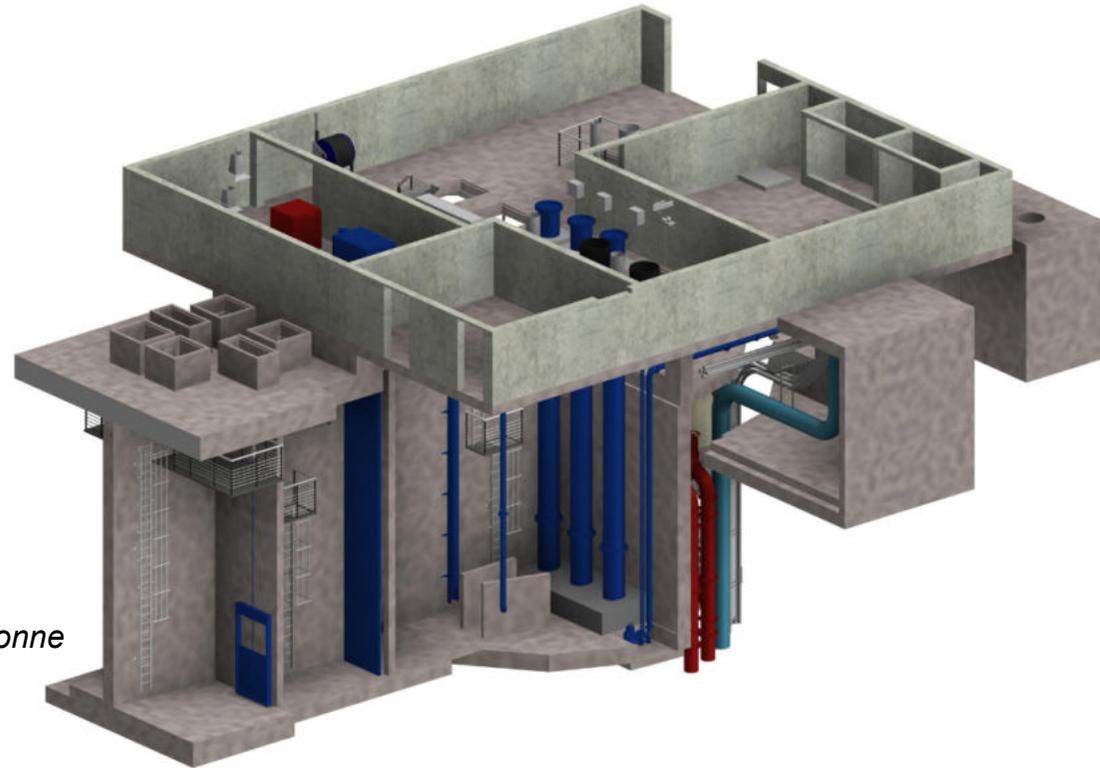
Audit des principaux constructeurs de pompes en phase de conception pour calage des requis minimaux et propositions de pompes adaptées

Demande de production d'une numérisation numérique préliminaire en phase de consultation des entreprises en appui aux propositions alternatives d'agencement

Exigence de réaliser des études de mise au point sur modèle physique de l'aménagement des bâches EU et EP et de canaux d'amenée dans le cadre des études d'exécution



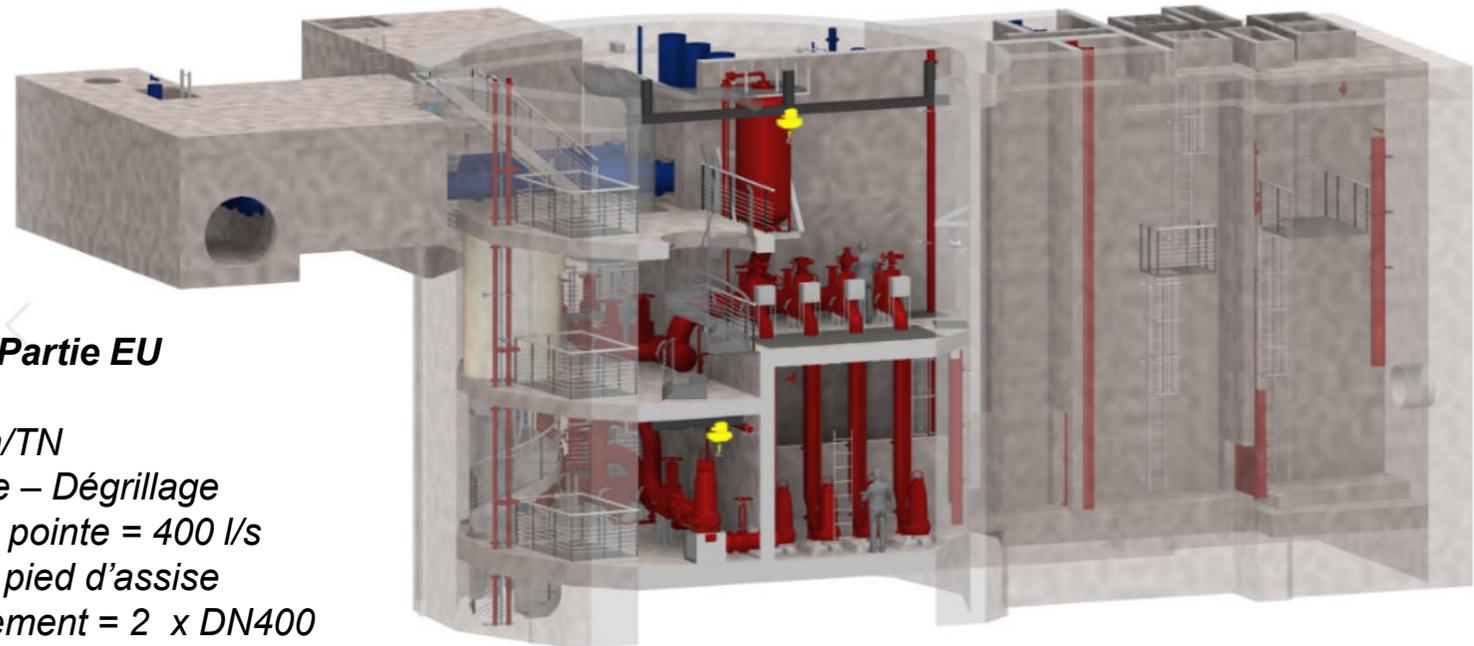
Le tunnel Brazza



Puits d'entrée – Partie EP

- Radier – 10 m/TN*
- Canal d'entrée – Dégrillage*
- Pompage – Q pointe = 1,2 m³/s*
- 3 pompes en tube – Relevage vers la Garonne*

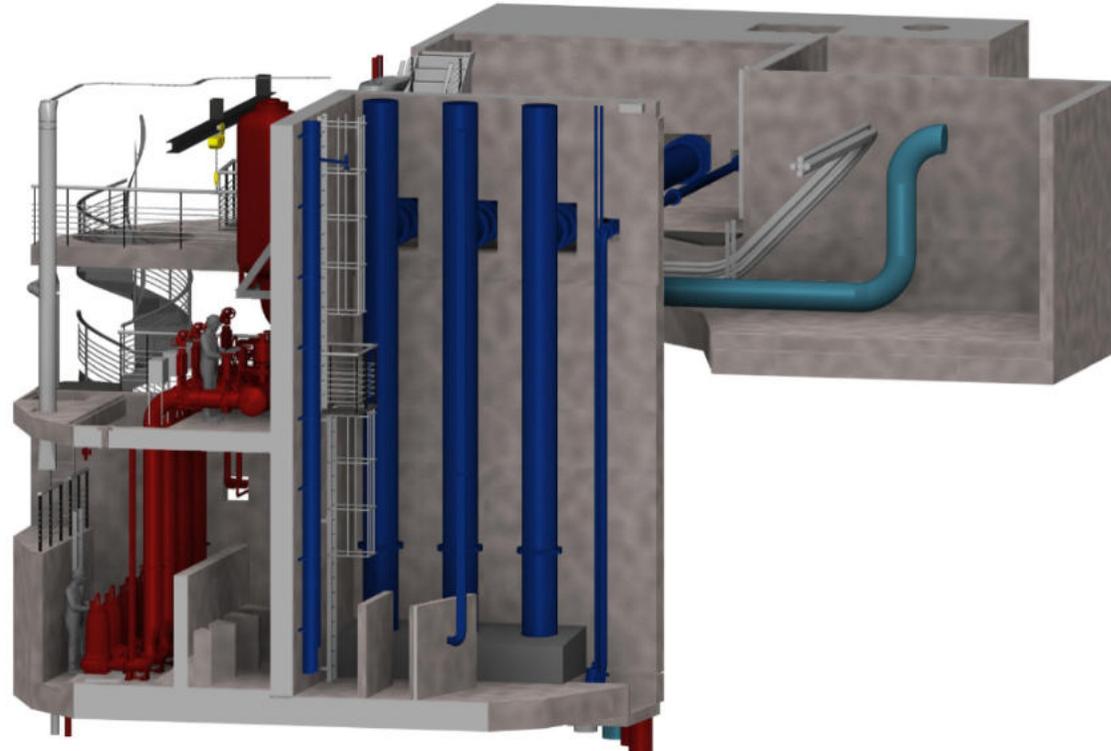
Le tunnel Brazza



Puits d'entrée – Partie EU

- Radier – 10 m/TN
- Canal d'entrée – Dégrillage
- Pompage – Q pointe = 400 l/s
- 4 pompes sur pied d'assise
- Départ refoulement = 2 x DN400
- Gare de raclage
- Dispositif anti-bélier
- Tuyauterie – Robinetterie
- Désodorisation physico-chimique 3500 m³/h
- Équipements de manutention
- Accès vers fond de puits et galerie

Le tunnel Brazza



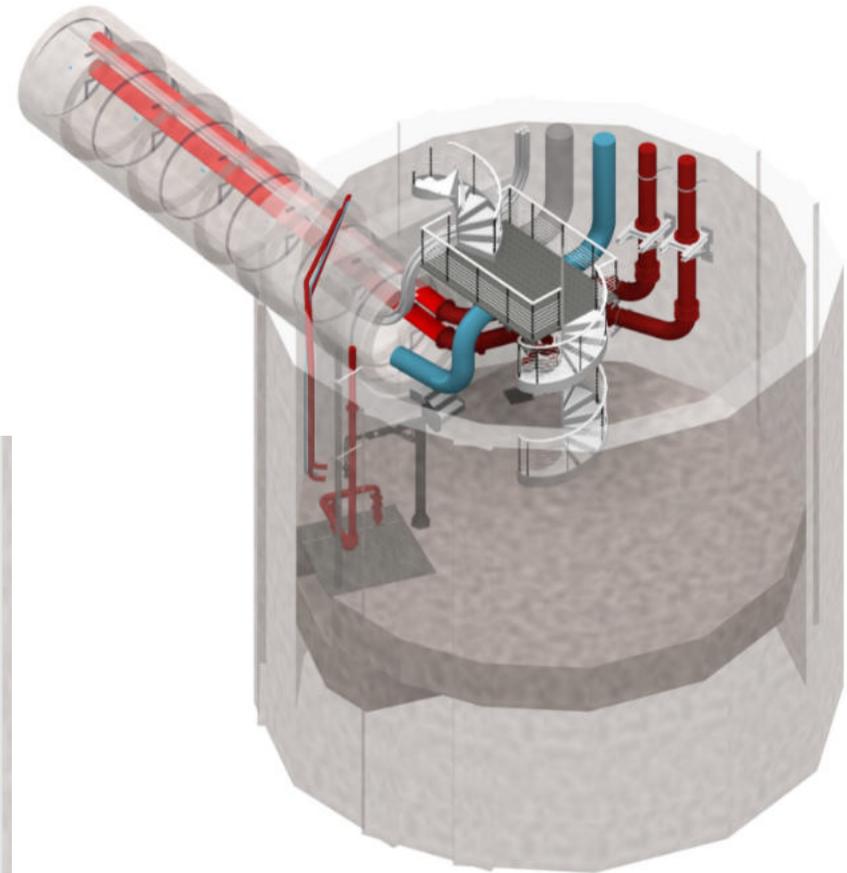
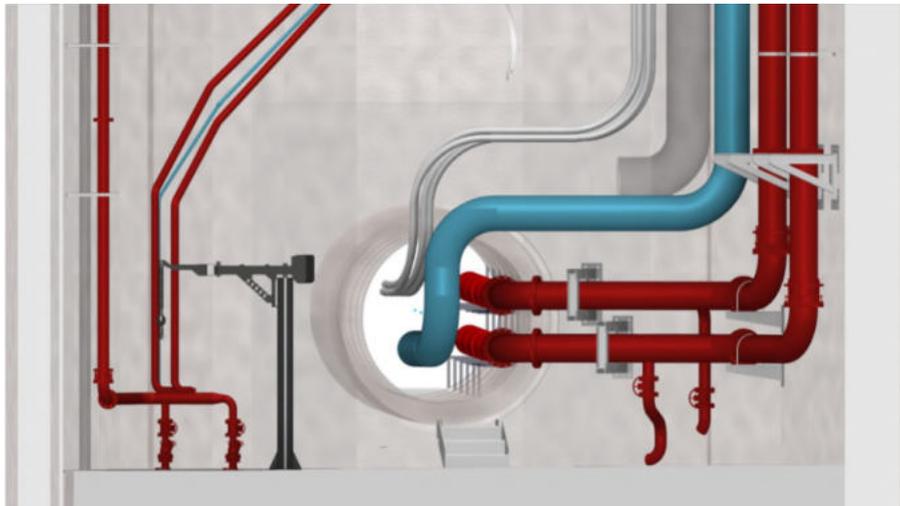
Contraintes

- Fonctionnalité hydraulique*
- Sécurité de fonctionnement*
- Accessibilité maintenance / exploitation / ergonomie*
- Exigences SDIS*
- Servitudes futures (AEP DN400, liaison HT ENEDIS)*

Le tunnel Brazza

Galerie sous-fluviale

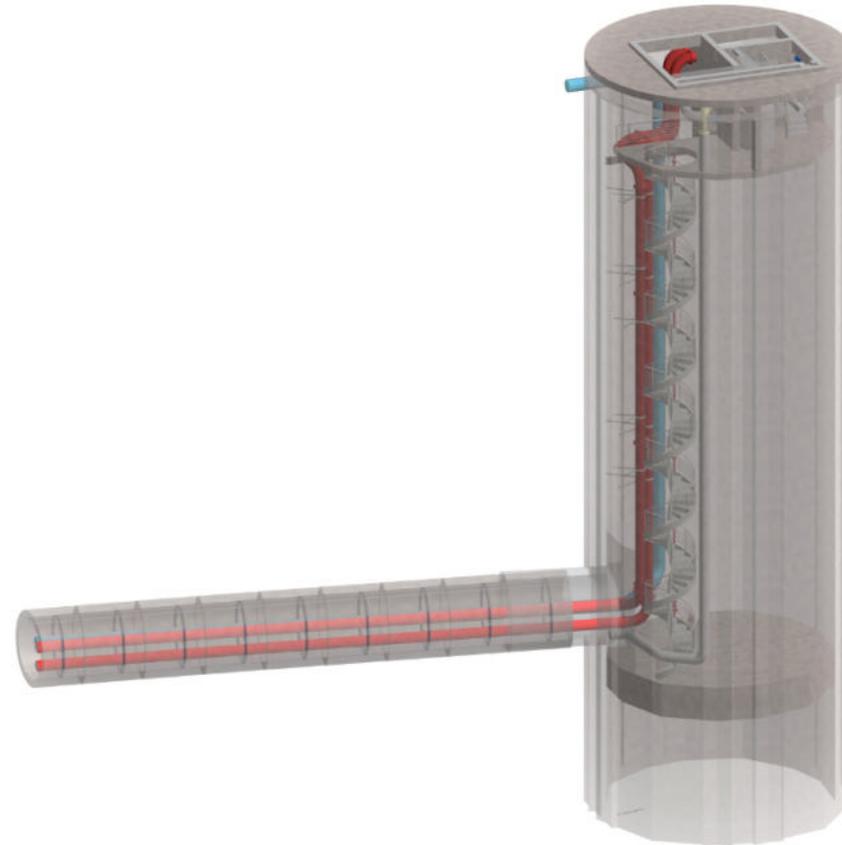
- ❑ *Accès galerie rive gauche*



Le tunnel Brazza

Puits de sortie Ouvrage de pompage EU – EP

- Diam. int. 9 m*
- Profondeur 25 m*
- Chambre de rejet – Réception raclage*
- Désodorisation sur charbon actif*



Le tunnel Brazza

Études hydrauliques spécifiques

- Pré-modélisation numérique des bâches de pompage EU et EP
- Modèle physique ouvrage d'arrivée – canal dégrillage – bêche de pompage EU et EP
- Modélisation numérique chambre de rejet EU (puits de sortie)
- Études des régimes transitoires et protection anti-bélier
- Études de flexibilité & supportage canalisations



Le tunnel Brazza

- ❑ *Modèle physique EU – Échelle 1/4*
- ❑ *Config. C et D*



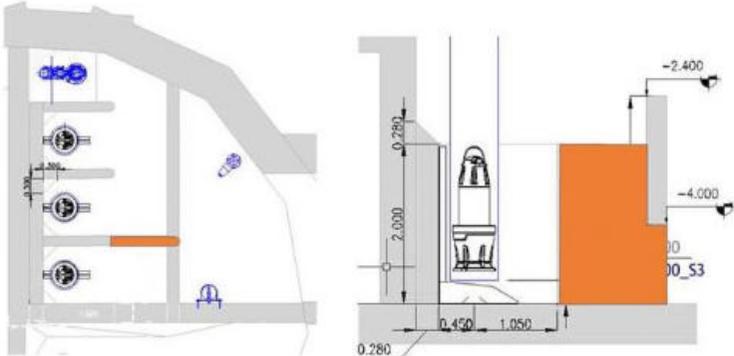
Le tunnel Brazza

- ❑ *Modèle physique EP – Échelle 1/8*
- ❑ *Config. initiale*



Le tunnel Brazza

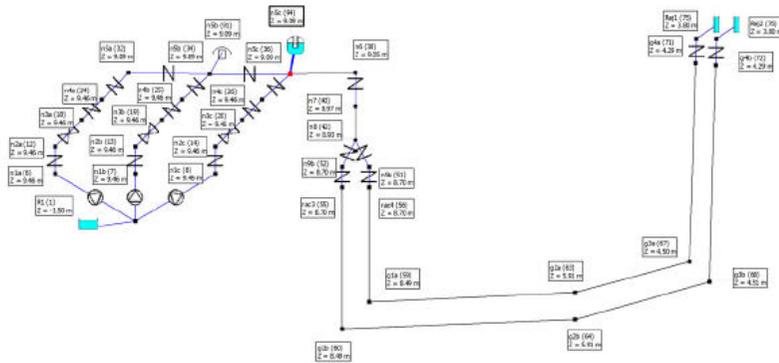
- ❑ *Modèle physique EP – Échelle 1/8*
- ❑ *Config. C*



Le tunnel Brazza

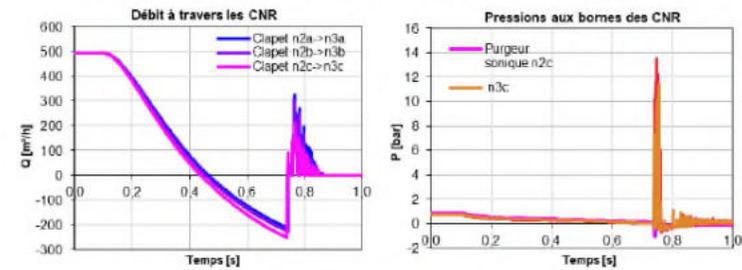
Etude régime transitoire

Schéma du modèle



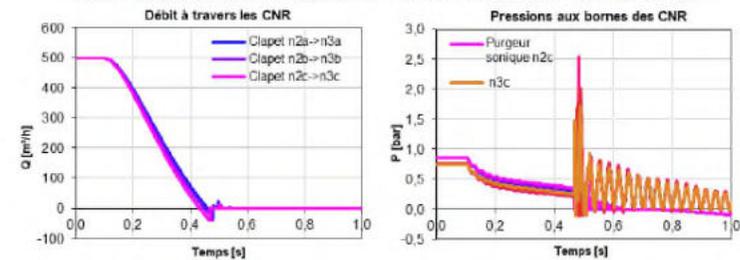
Solution avec clapet à simple battant Awastop B680 (cf. RS3)

Données clapet : DN350, $V_0 = 2,3 \text{ m/s}$, $C_d = 0,25 \text{ s}$, $\alpha = 13,44 \text{ mCE}/(\text{m}^3/\text{s})^2$



Solution avec clapets plus performants Surgebuster 7200 (cf. RS4)

Données clapet : DN350, $V_0 = 3,6 \text{ m/s}$, $C_d = 0,025 \text{ s}$ environ, $\alpha = 3,84 \text{ mCE}/(\text{m}^3/\text{s})^2$



Le tunnel Brazza

- Etude de flexibilité & supportage canalisations

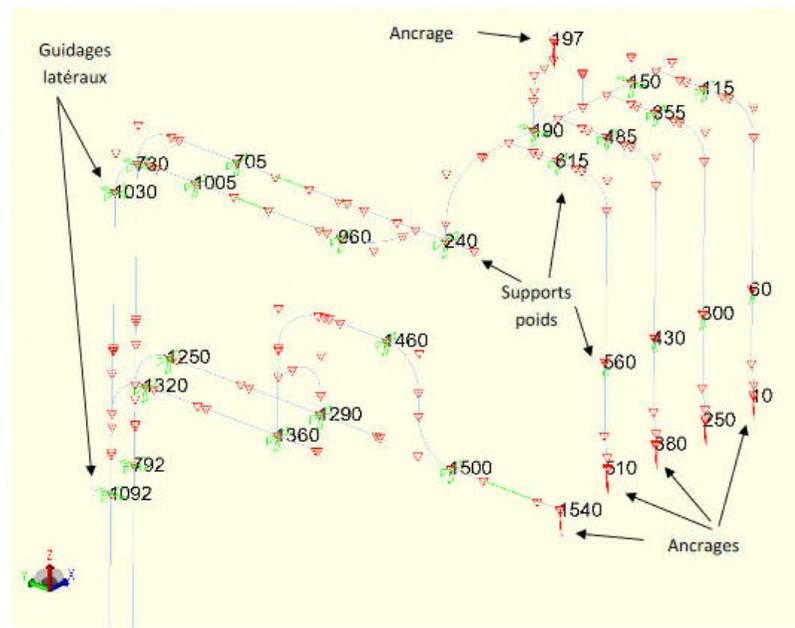


Figure 9 - Puits d'entrée – Partie supérieure/équipements

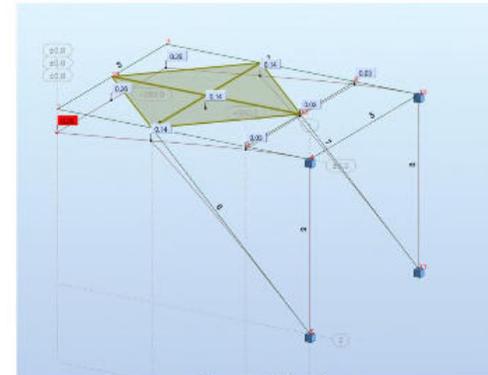


Figure 2 : Déformée

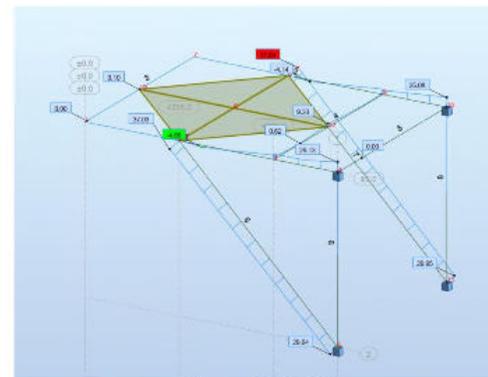


Figure 3 : Contraintes

Le tunnel Brazza

Sécurité de fonctionnement

- Redondance pompes EU et EP*
- Redondance automate*
- By-pass sur canal dégrillage EP*
- Redondance mesures de niveau analogique + secours poires*
- Sécurisation alimentation électrique par 2 GE 500 kVA*

Le tunnel Brazza

L'ambition de notre approche BIM

Le BIM à Bordeaux Métropole :

- Une démarche au stade expérimental, en fonction des opportunités
- 2 projets de bâtiment en phase conception (direction des bâtiments)
- 4 projets d'assainissement dont 3 en phase exécution (direction de l'eau)
- Des partenariats avec des maîtres d'ouvrages sur des opérations d'urbanisme pour le positionnement des réseaux sous domaine public (CIM)

Le tunnel Brazza

L'ambition de notre approche BIM

Les enjeux

Conception en infrastructure :

- Volume contraint et superposition d'équipements : risque de conflit génie civil, hydrauliques, électromécaniques
- Infrastructure multi-réseaux (eaux usées, eau potable et électricité) et multi MOA (BM, Suez, Enedis)

Exploitation et évolution de l'infrastructure :

- Aide à l'anticipation des conditions d'intervention en phase de maintenance et à l'ergonomie
- Centralisation de l'information avec un DOE unique
- Niveau de détail des équipements compatible avec GMAO de l'exploitant

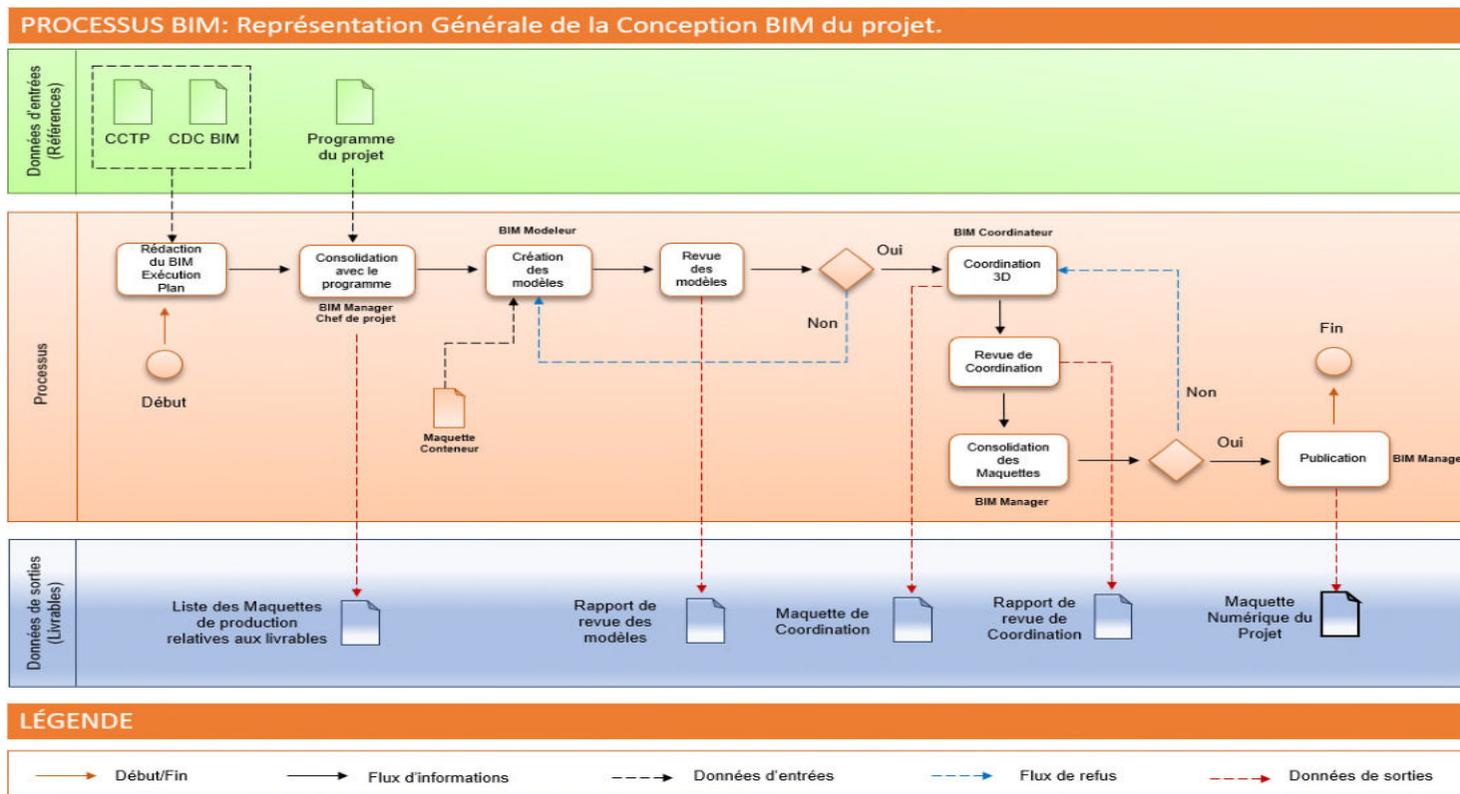
Communication :

- Mettre en avant le projet via divers supports de communication (films, vidéos immersives, visuels 3D texturés) : la maquette numérique est un outil de base qui permet d'aboutir facilement à ces supports



Le tunnel Brazza

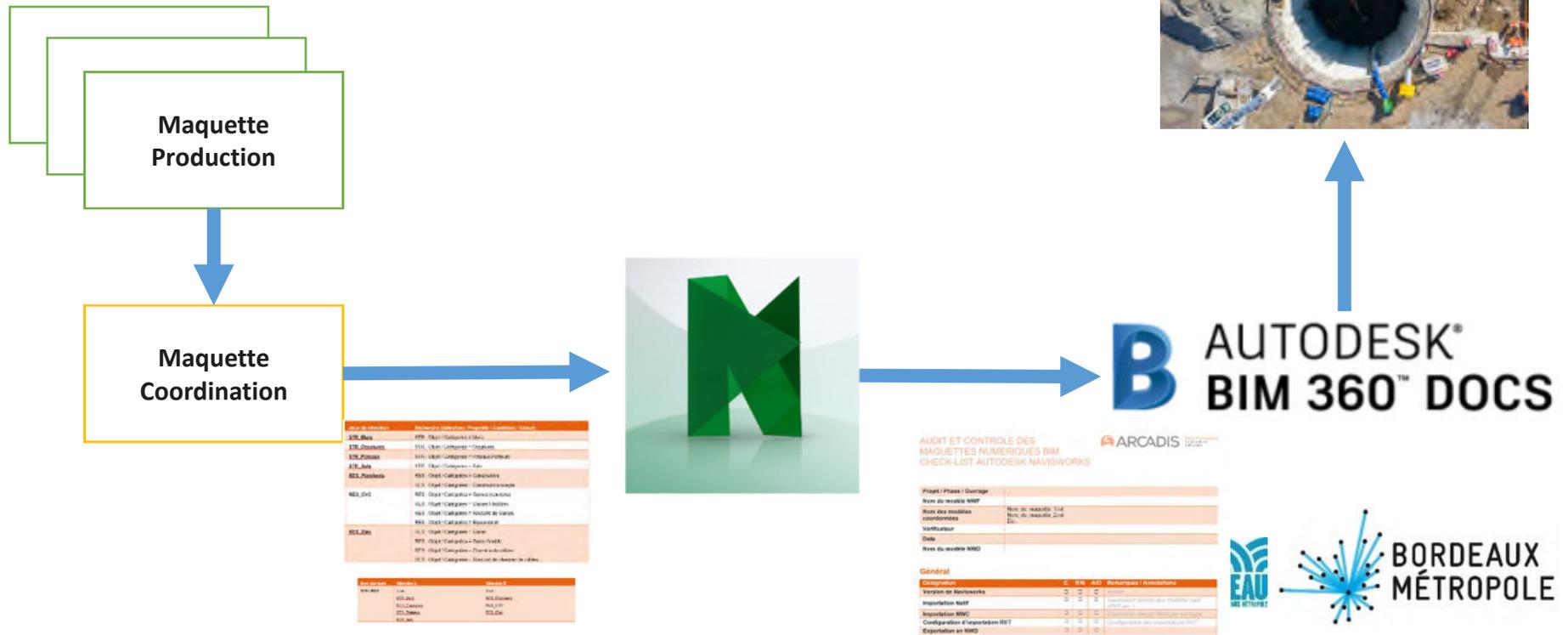
L'ambition de notre approche BIM L'organisation



Le tunnel Brazza

L'ambition de notre approche BIM

Une plateforme d'échange commune



Le tunnel Brazza

L'ambition de notre approche BIM

Les usages du BIM

RASSEMBLER

■ collecter ■ gérer ■ acquérir

Recueillir ou organiser les informations disponibles relatives aux installations pendant le cycle de vie.

Par exemple :

- Déterminer l'état actuel d'une installation comme donnée d'entrée pour le processus de conception ou le processus de gestion de l'installation
- Déterminer les quantités comme donnée d'entrée pour les calculs des coûts

AVANTAGES

- Informations structurées, actualisées et fiables, disponibles pour les processus BIM et accessibles à tous les acteurs du projet



GÉNÉRER

■ créer ■ rédiger ■ modéliser ■ spécifier

Créer ou rédiger des informations concernant une installation.

Toutes les parties prenantes sont en mesure de générer de nouvelles informations. Par exemple :

- Pendant la phase de conception, la maîtrise d'œuvre sera l'entité fournissant principalement les informations
- Pendant la phase de construction, les entreprises et leurs sous-traitants généreront la majorité des informations
- Pendant la phase d'exploitation, ces informations seront générées par ceux en charge de la maintenance de l'installation en fonction de leurs interventions

AVANTAGES

- La création d'informations est plus aisée, flexible et de meilleure qualité
- Les informations créées sont disponibles en un seul endroit, mais à usage multiple
- Les nouvelles informations seront intégrées dans le canevas BIM. Ces informations sont combinées, contrôlées et structurées avec les informations déjà disponibles, et utilisables pour les différents usages du BIM



ANALYSER

■ examiner ■ simuler ■ comprendre

Examiner les éléments d'une installation pour acquérir une meilleure compréhension de celle-ci.

Dans le cadre des usages analytiques du BIM, les données d'entrées, recueillies ou générées, sont converties en un format adapté pour l'analyse et la suite du processus décisionnel.

AVANTAGES

- Le BIM permet d'effectuer une recherche méthodique sur des objets relativement simples et compréhensibles par toutes les parties prenantes d'un projet
- Le comportement d'un ouvrage et de ses éléments peut être anticipé lorsqu'un ajustement est encore possible



COMMUNIQUER

■ échanger

Présenter des informations relatives à une installation suivant une méthode d'échange et de partage.

AVANTAGES

- Communication plus efficace à travers l'utilisation d'une source de données unique (le BIM) qui permettra de réduire les erreurs/coûts dans les étapes futures



RÉALISER

■ mettre en œuvre ■ exécuter ■ accomplir

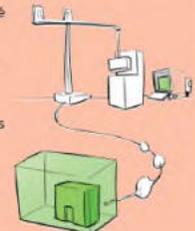
Construire ou contrôler un élément physique au moyen des informations relatives à une installation.

Par exemple :

- Automatiser la production d'une installation ou d'un ou plusieurs de ses éléments
- Aider la gestion et l'utilisation d'éléments de construction pendant tout le cycle de vie
- Utilisation du BIM pendant les phases de construction

AVANTAGES

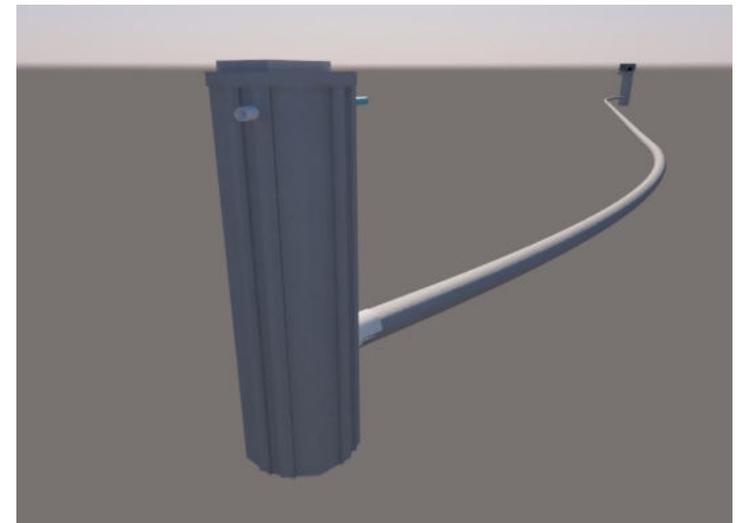
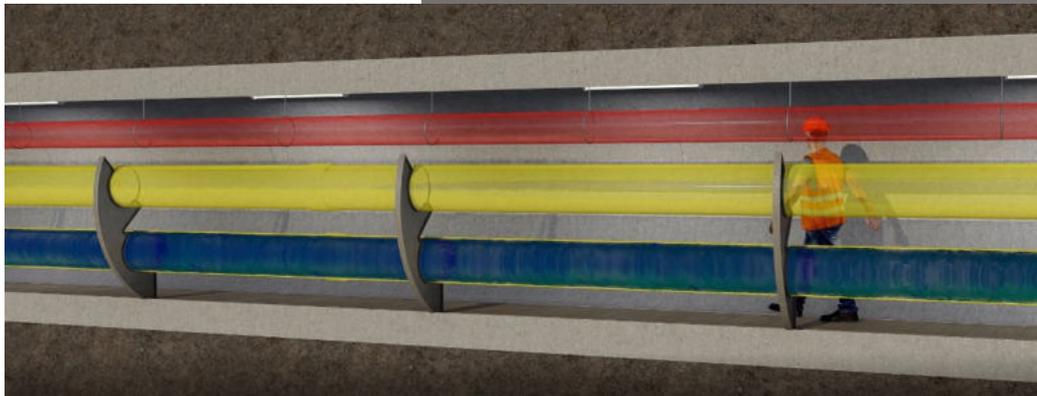
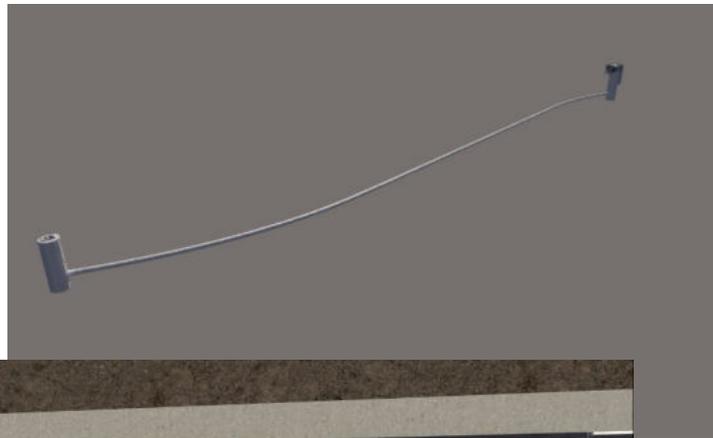
- Améliorer la productivité du secteur de la construction et le rapport qualité-prix des installations
- Soutenir la gestion professionnelle et intégrée des installations et des actifs



Le tunnel Brazza

L'ambition de notre approche BIM

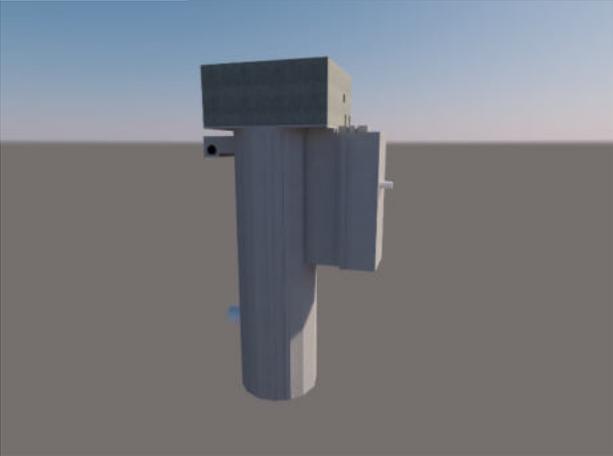
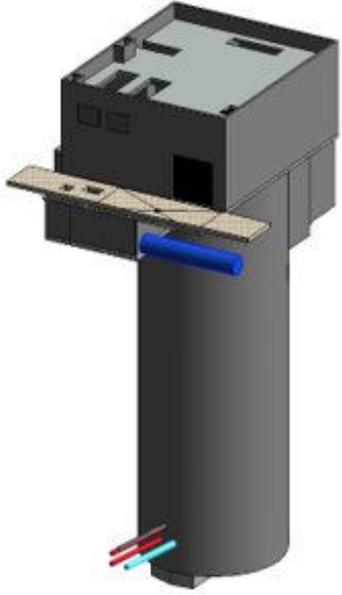
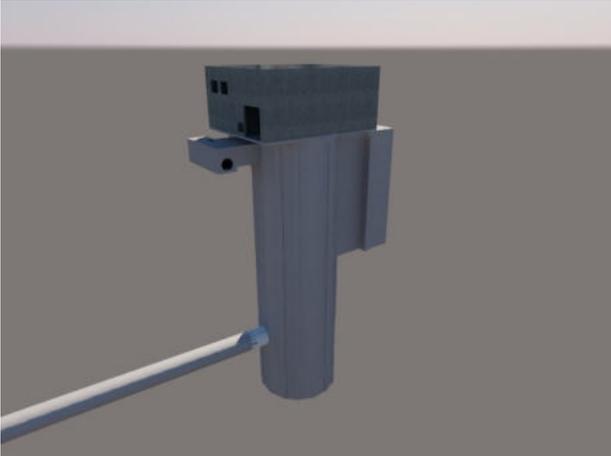
Vue modèle Structure Tunnel



Le tunnel Brazza

L'ambition de notre approche BIM

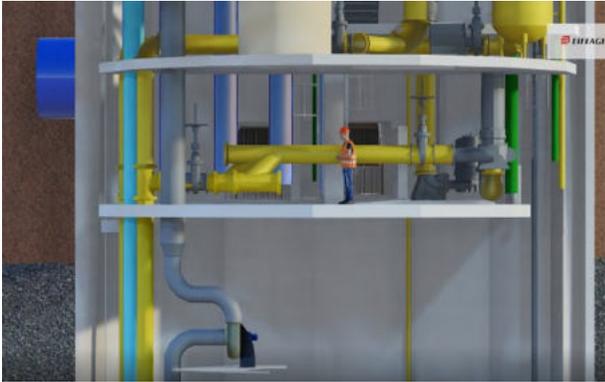
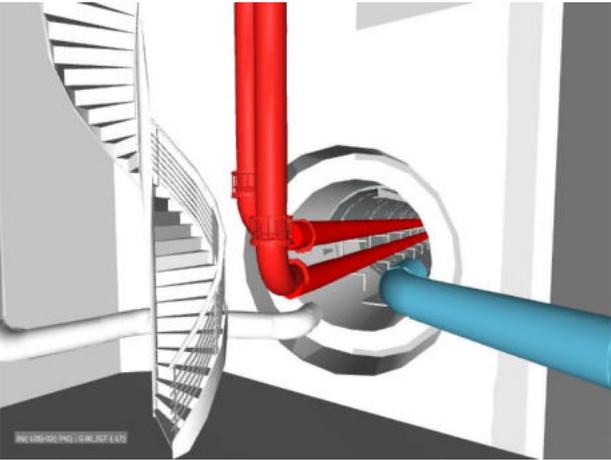
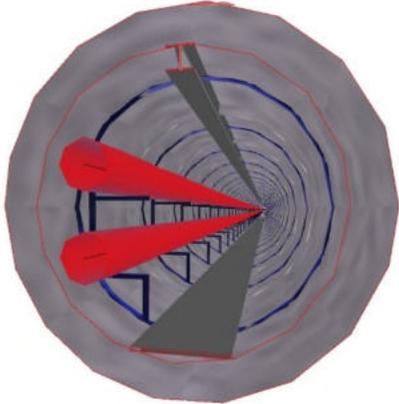
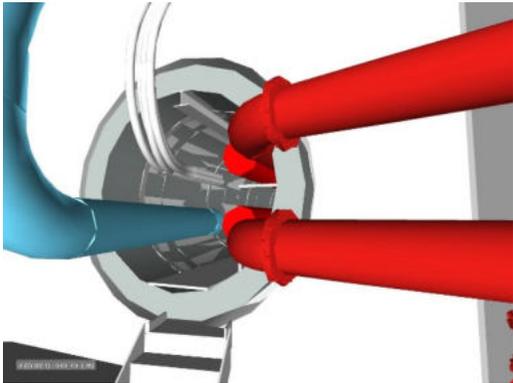
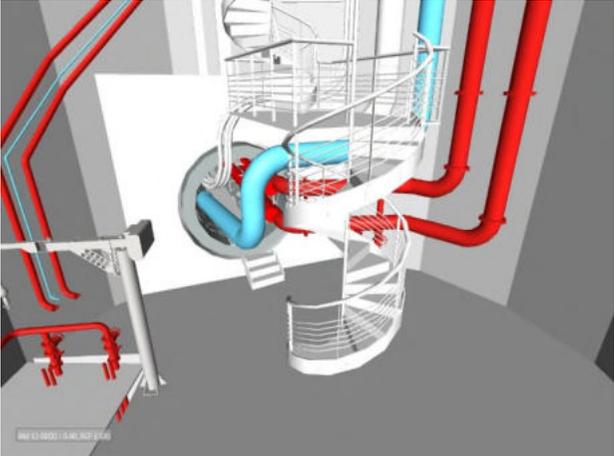
Vue modèle Structure Puits



Le tunnel Brazza

L'ambition de notre approche BIM

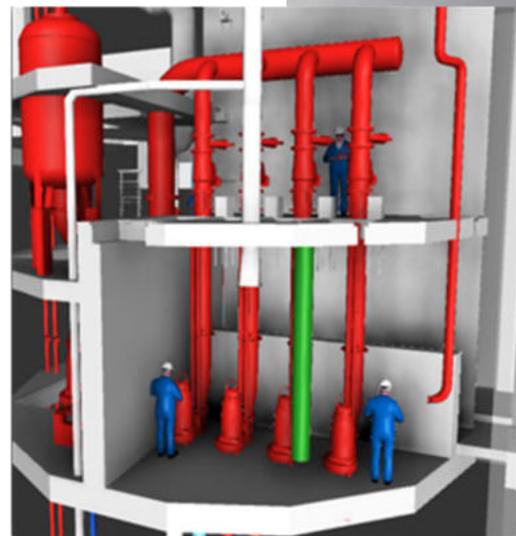
Vue modèle MEP



Le tunnel Brazza

L'ambition de notre approche BIM

Vue modèle MEP



Le tunnel Brazza

L'ambition de notre approche BIM

Les perspectives

Conception en infrastructure :

- Intégration dans les outils de modélisation hydraulique
- Intégration du phasage de réalisation
- Ajout d'information complémentaire et amélioration du requêtage

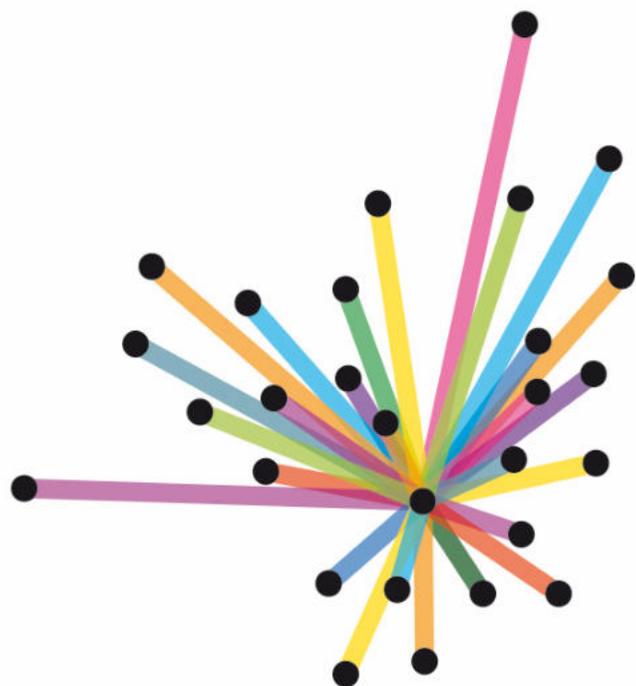
Exploitation et évolution de l'infrastructure :

- Utilisation du DOE à travers la maquette BIM -> Anticipation des interventions et ergonomie en phase de maintenance
- Exploitation & Maintenance à court terme / Entretien maquette sur la durée de vie
- Suivi du génie civil

Bâtir un retour d'expérience pour Bordeaux Métropole :

- Confirmer le besoin et les usages
- Pédagogie et mise en avant du projet





**BORDEAUX
MÉTROPOLE**