Les 70 ans du CFMS

4 octobre 2018

La parole aux régions : le sud-ouest – Construire sur des sols compressibles

Thierry FREMONT - GEOTEC

Comité Français
de Mécanique des Sols
et de Géotechnique

CFMS

FÊTONS ENSEMBLE LES 70 ANS DU CFMS
LE 4 OCTOBRE 2018 À PARIS !

Construire sur les sols compressibles

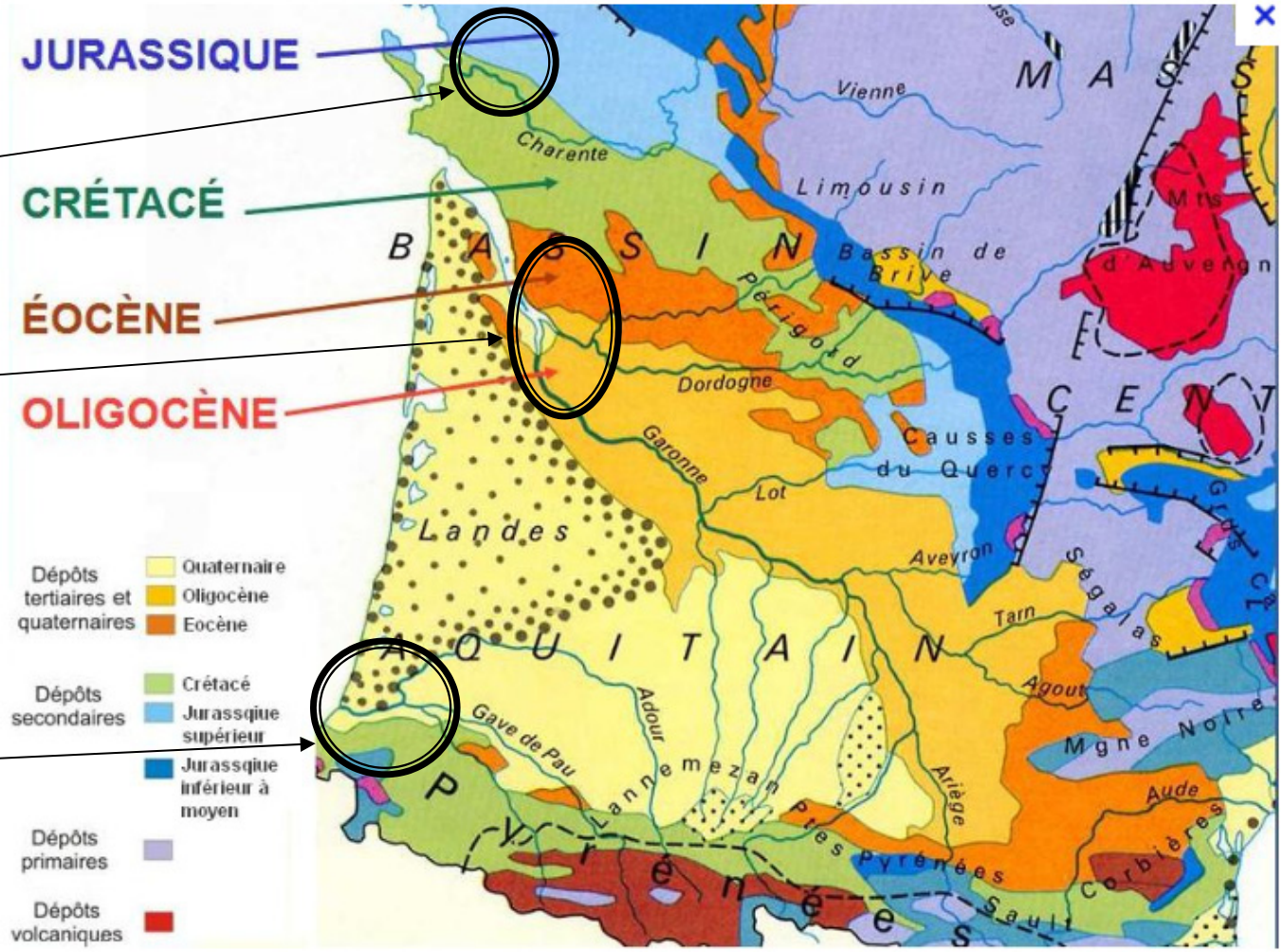
- Définition d'un sol compressible
- Des exemples singuliers du Sud –Ouest :
  - Ordre de grandeur la centrale nucléaire du Blayais,
  - Le pont de pierre à Bordeaux,
  - D'autres exemples.
- Le mode opératoire d'une étude sur sol compressible
- Conclusion

La géologie du bassin aquitain

La vallée de la Charente

La vallée de la Dordogne, de la Garonne et l'estuaire de la Gironde

La vallée de l'Adour



Définition d'un sol compressible

- Ces sols se caractérisent par trois aspects comportementaux :
  - une déformabilité élevée, fonction de la charge appliquée (et même sans charge !) et du temps : des tassements importants à très importants, des tassements longs à très longs;

Tassements visibles sur des ouvrages à Bordeaux

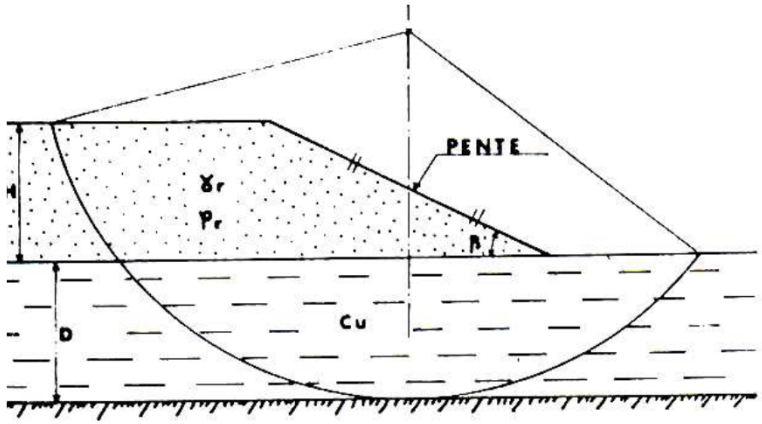
Définition d'un sol compressible

- une faible perméabilité, qui varie avec les déformations du sol : des tassements longs à très longs (fluage) ;

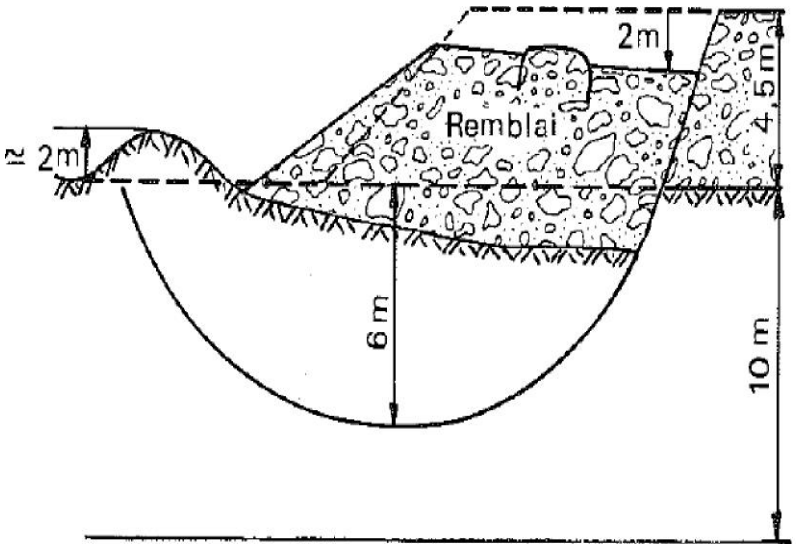
Tassement de fluage d'un ouvrage en remblai….sinistre en cours

Définition d'un sol compressible

- une résistance limitée, qui croît en général avec la profondeur : une stabilité à court terme très faible.



$$N = \frac{Cu}{\gamma r . H}$$

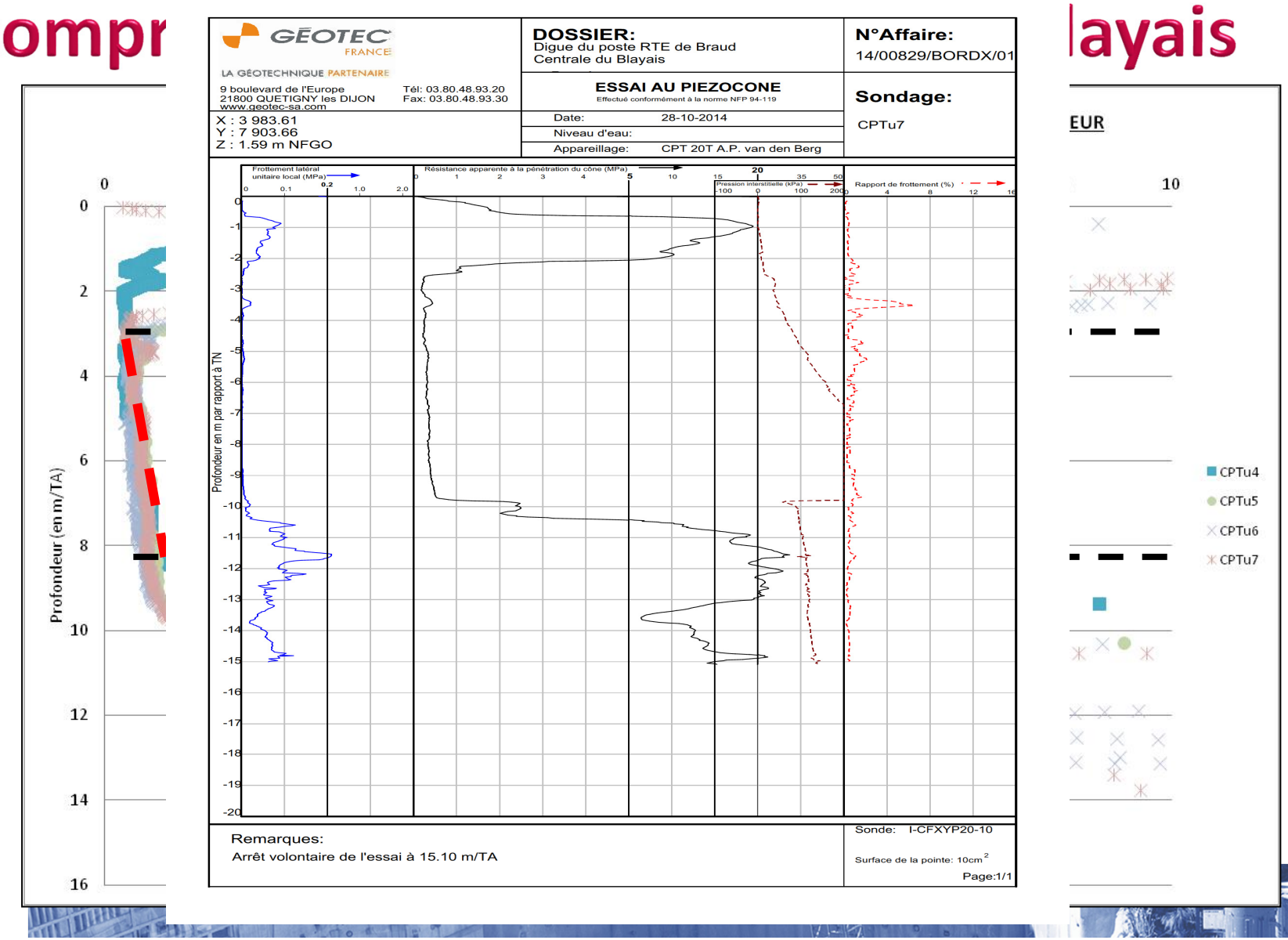


Ordre de grandeur des sols compressibles – centrale EDF du Blayais

Formation	Caractéristiques géotechniques retenues		
	Epaisseur moyenne (*)	Nature et classe de sol selon fascicule 62 titre V	Cohésion Cu
	m		kPa
Remblais de débris de démolition à matrice sableuse	3.8	-	-
Tourbe	Epaisseur variable (0.2 à 1.6 m au droit des reconnaissances) à purger intégralement en phase travaux	Argiles molles A	-
Argile vasarde	**8.2**	Argiles molles A	**15 kPa puis augmentation de 1.5 kPa/m**
Sable et graviers	> 3.0	Sables Compacts C	-

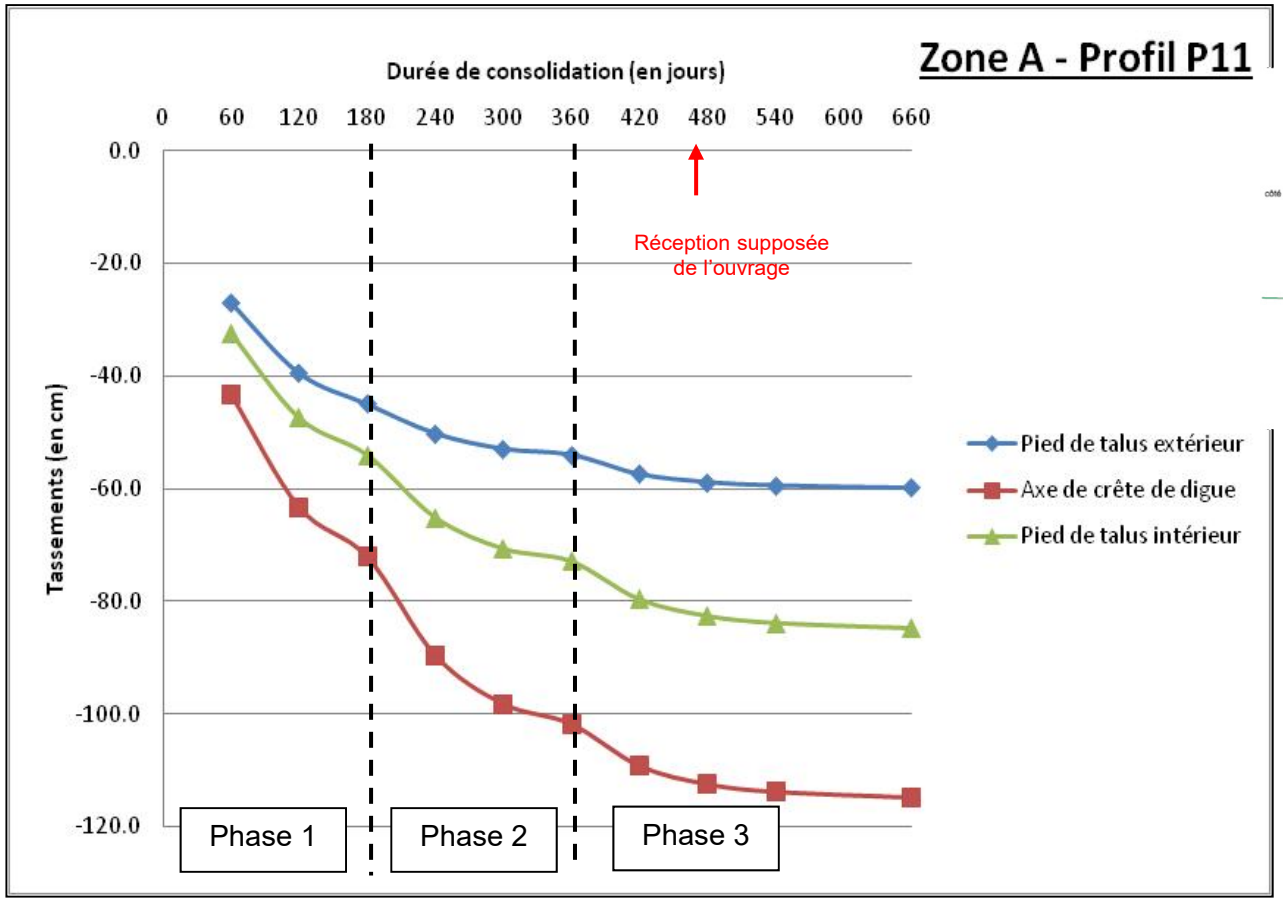
Formation	Indice de compression C_c	Indice de gonflement C_s	Coefficient de consolidation verticale C_v	Coefficient de consolidation radiale C_r	Perméabilité verticale k_v	Perméabilité horizontale k_h
			m^2/s	m^2/s	m/s	m/s
Tourbe	2.841	0.362	-	-	-	-
Argile vasarde	**0.070**	0.644	**$1.7 * 10^{-8}$**	$1.4 * 10^{-8}$	$4.0 * 10^{-10}$	$1.3 * 10^{-9}$

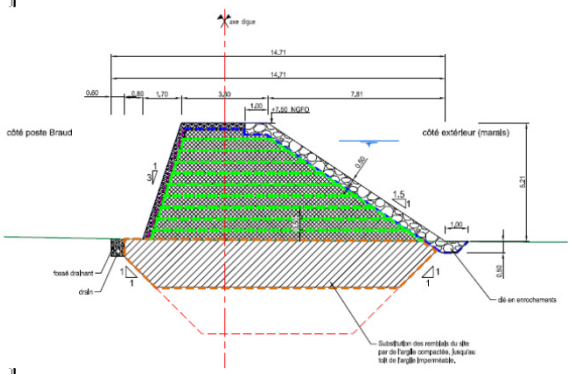
Ordre de grandeur des sols



Ordre de grandeur des sols compressibles – centrale EDF du Blayais

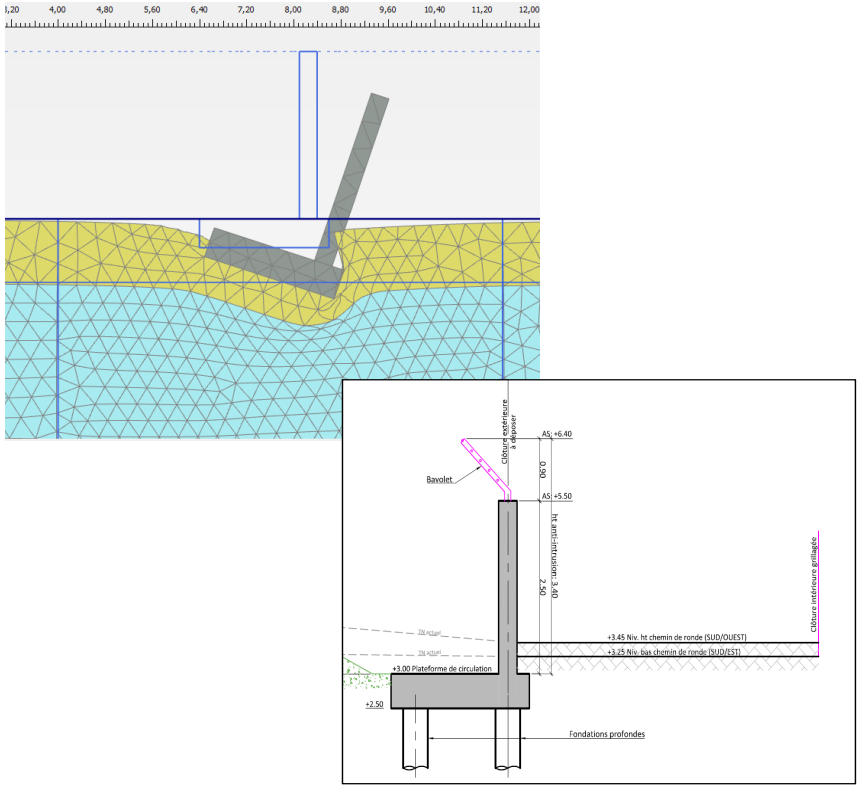
- Pour une digue de 6m de hauteur avec drainage :

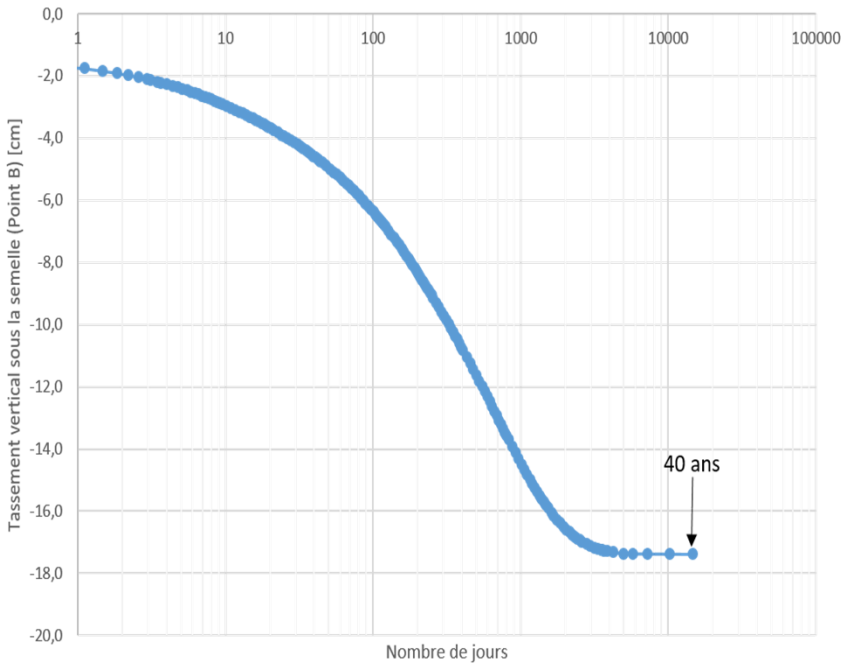




Ordre de grandeur des sols compressibles – centrale EDF du Blayais

- Pour un mur de soutènement anti inondation de 3 m de hauteur :





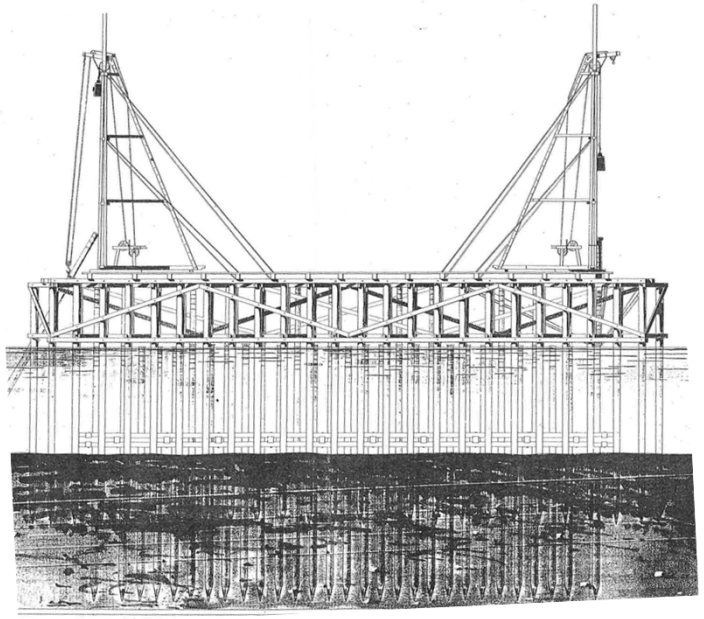
Pont de pierre à BORDEAUX

Vue de l'ouvrage depuis la rive droite

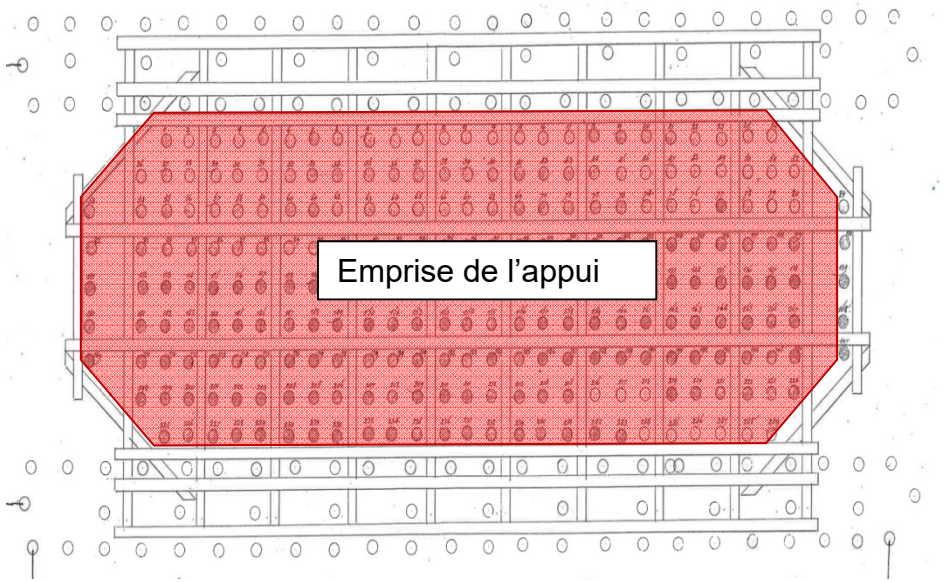
- mesure 487 m de long, 14,80 m de large entre parapets et possède 18 arches en maçonnerie de pierres et de briques, dont les ouvertures varient de 20,80 à 26,50 m.
- Chaque pile reprend une charge de 6000 t environ, dont 250 t pour les surcharges selon les règlements actuels.

Pont de pierre à BORDEAUX

- Chaque pile repose sur environ 250 pieux en pin (répartis suivant un maillage de 0,90 m X 0,85 m) plantés par le gros bout, ancrés dans les sables à graviers vers 10 à 15 m de profondeur



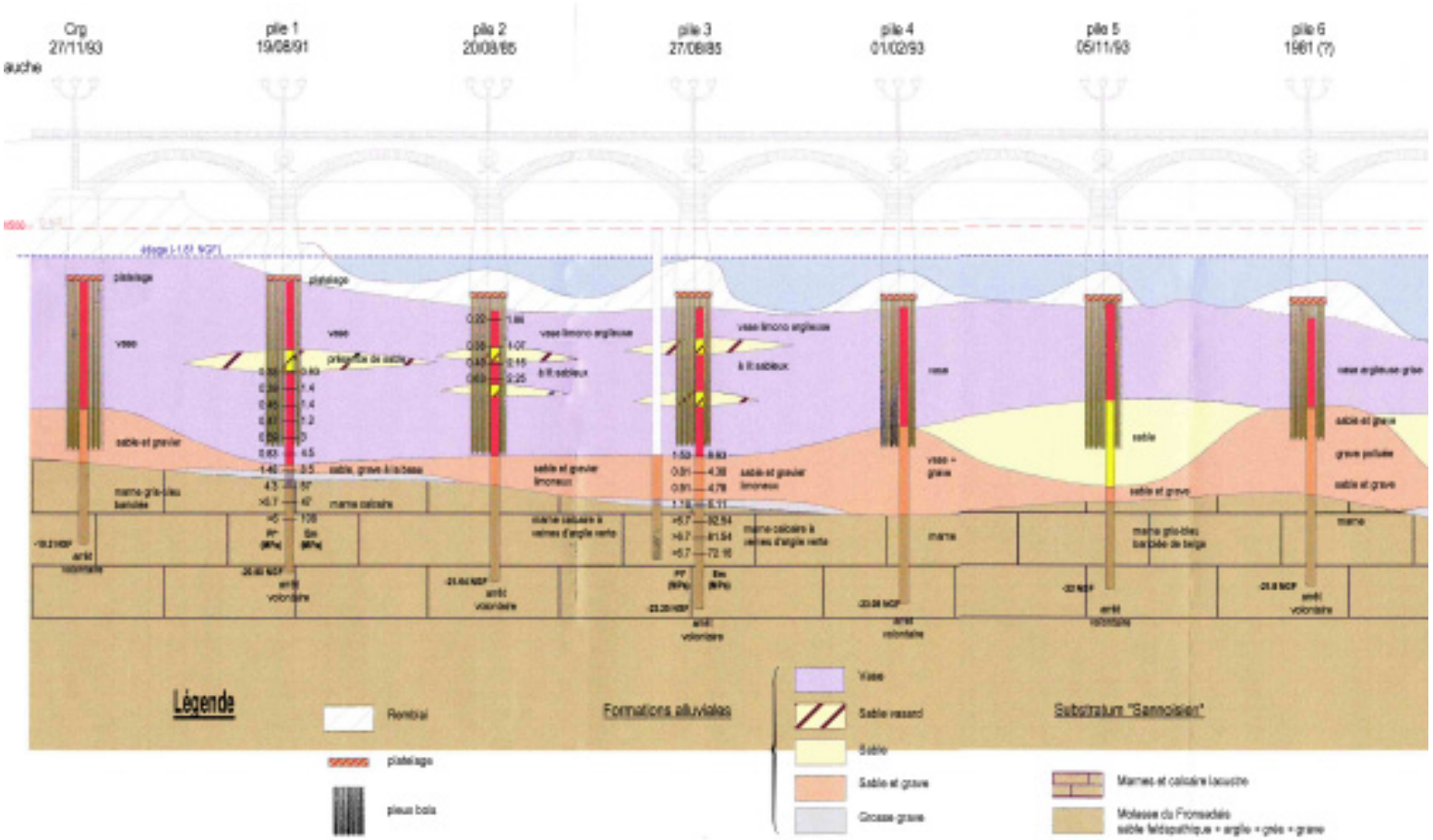
Croquis du matériel de battage



Pile 6 – Emprise de l'appui

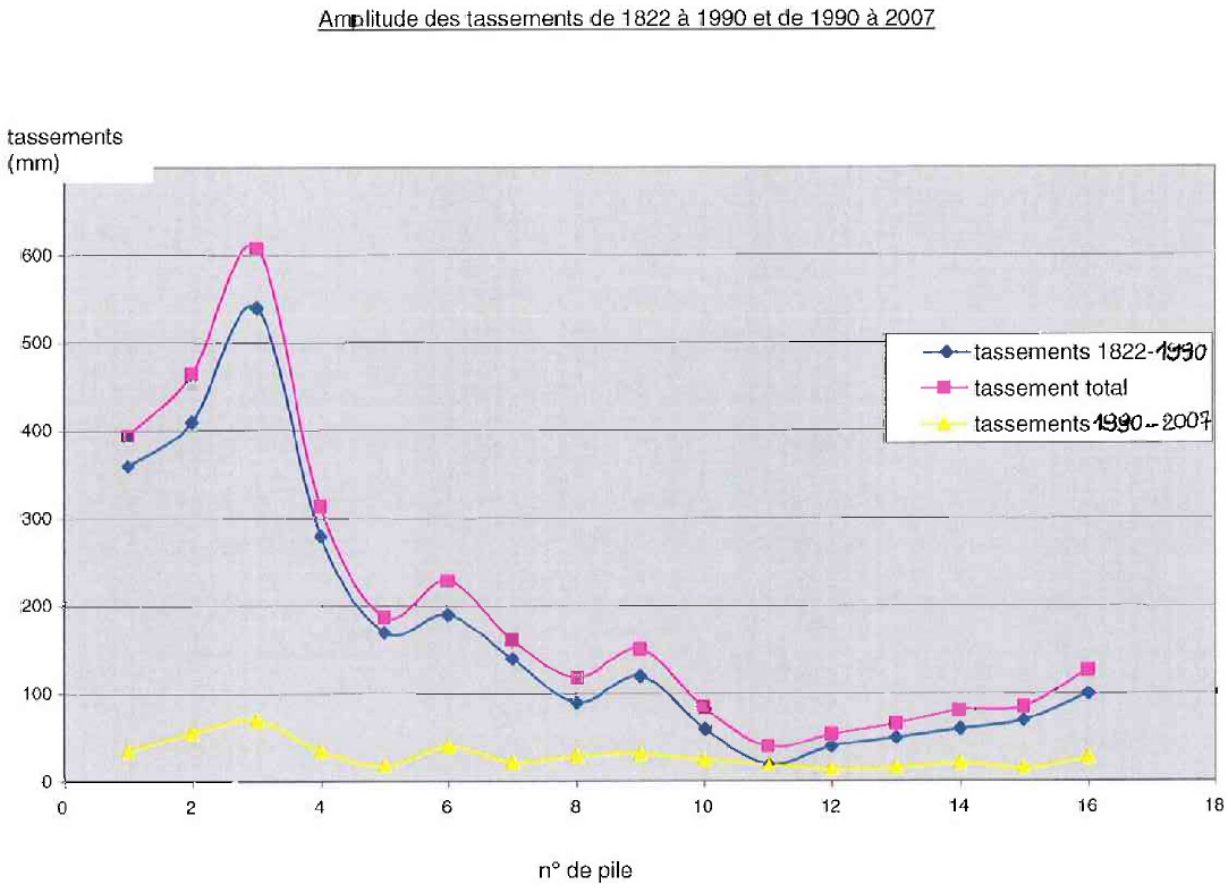
Pont de pierre à BORDEAUX

- Contexte géotechnique –rive droite



Pont de pierre à BORDEAUX

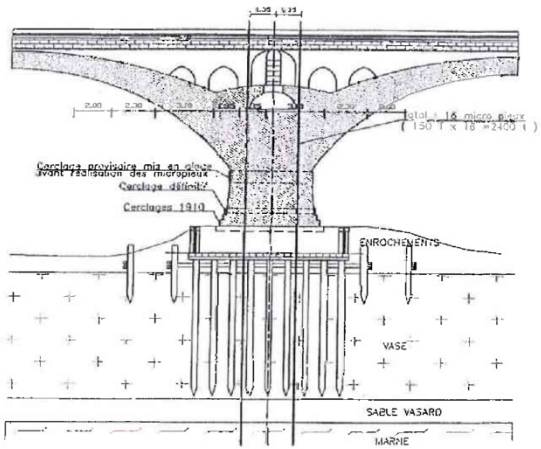
- Amplitude des tassements



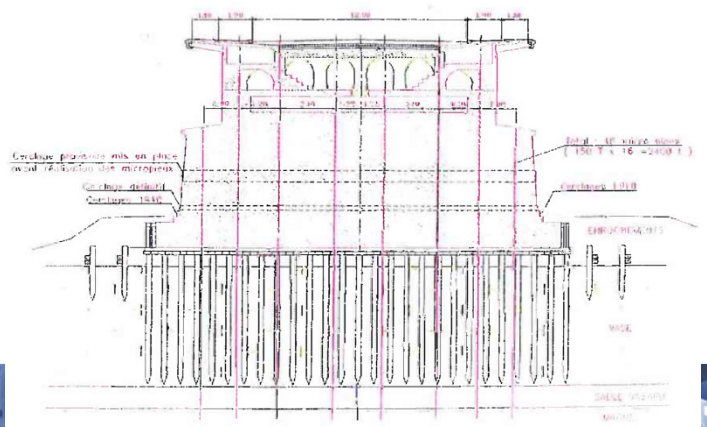
Pont de pierre à BORDEAUX

- Le renforcement des piles 1 à 6 par micropieux
  - piles 2 et 3 de décembre 1992 à juin 1993 ;
  - piles 1 et 4 de septembre 1993 à mars 1994 ;
  - piles 5 et 6 d'avril à septembre 2002.
- Sur chaque pile, ont été réalisées deux files de 8 micropieux à armature tubulaire de 178 mm de diamètre). Chaque micropieu reprend à la rupture une charge de 3 MN.

Coupe longitudinale

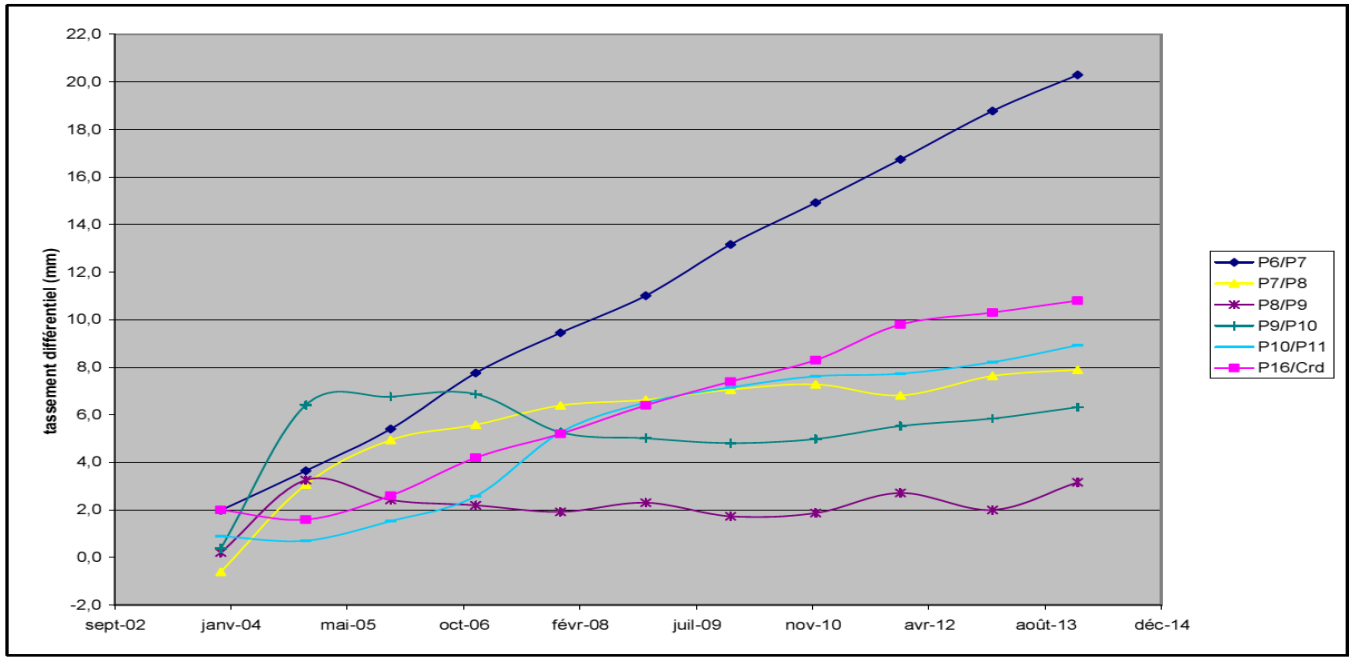


Coupe transversale



Pont de pierre à BORDEAUX

- Depuis le renforcement, le tassement différentiel entre appuis est le suivant, avec un tassement différentiel très marqué entre la zone renforcée (pile 6) et la zone non renforcée (pile 7).



- De nouveaux renforcements à prévoir

D'autres exemples

- BAYONNE (64) : Le viaduc de Mousserole sur l'A63, la zone commerciale IKEA, remblais sur sols compressibles avec des tassements de l'ordre de 1,5 m,
- CUBZAC LES PONTS (33): Ligne LGV SEA renforcement par des inclusions rigides préfabriquées,
- Les digues de la Charente, renforcement de l'après Xynthia,
- BLAYE : Les renforcements des digues de la centrale nucléaire,
- BORDEAUX : Le projet Belvédère de Bordeaux, nouvelle zone d'aménagement urbain,
- A chaque fois l'ingénierie géotechnique accompagne les projets.

Mode opératoire : étude sur sols compressibles

- La définition du modèle géotechnique :
  - Les sondages carottés,

  - Les essais en laboratoires (GTR et mécanique),

  - Les essais in situ : CPT, les scissomètres

Mode opératoire : étude sur sols compressibles

- La définition du modèle géotechnique
  - Synthèse morphologique du secteur,
  - Synthèse géologique,
  - Analyse statistique et critique des essais in situ et en laboratoire
  - Corrélation des différents essais,

- Calculs géotechniques en particulier les études de stabilité en rupture et les études de déformation,

Mode opératoire : étude sur sols compressibles

- Mise en place des méthodes d'exécution et de renforcements si nécessaire,
- Plots d'essais,
- Suivi observationnel pour vérifier le comportement de l'ouvrage (Tassomètres de surface et multipoint, profilomètres, CPI, capteurs de pression interstitielle ou total, inclinomètres, …)
- Adaptation pendant le chantier,

Mode opératoire : étude sur sols compressibles

- Réception de l'ouvrage,
- Définition des éléments géotechniques nécessaires à l'établissement du Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) et du Dossier d'Interventions Ultérieures sur l'Ouvrage (DIUO).
- L'ensemble des missions géotechniques G2, G3 et G4 doivent être suivies …..comme habituellement mais encore plus dans ce domaine. Le géotechnicien apporte une plus value au projet !

Construire sur les sols compressibles

- Le sud-ouest : une « terre » de zones compressibles,
- Le sud-ouest a contribué depuis plus 70 ans au développement des techniques de calcul et de constructions sur les zones compressibles (ex : remblai expérimental CETE de CUBZAC LES PONTS en 1962),
- Le sud-ouest des projets d'ampleur qui ont permis de mettre en valeur la géotechnique.
- Le géotechnicien doit être un acteur majeur de l'acte de construire.

Construire sur les sols compressibles

- Venez nous rejoindre dans le Sud-Ouest !