

Demi - journée Scientifique et Technique - 18 octobre 2019

Histoire et Géotechnique

Investigation et calcul des ouvrages anciens sur fondations en bois : effet de groupe

Tianyu WANG (MASTER MSROE ECOLE DES PONTS PARISTECH)
Julien GABRIELLI (SNCF RÉSEAU)
Chi-Wei CHEN encadrant (SNCF RÉSEAU)
Philippe REIFFSTECK (IFSTTAR - DEPT GERS - LAB SRO)





Sommaire:

- Patrimoine SNCF
- > Etat des connaissances et projet Pieux Bois
- Maintenance : Pathologie et régénération
- Méthodologie possible
- Conclusion, perspectives et discussions



PATRIMOINE OUVRAGE D'ART

CONTEXTE SNCF RÉSEAU

- En quelques chiffres...
 - 30 000km de ligne exploitée
 - 100 000 ouvrages d'art
- + 27 000 Soutènement ou Ouvrages de revêtement (certains avec des structures bois)
- + 1 500 tunnels
- + 40 000 Petits Ouvrages sous Voie
- + 32 000 ponts (H>2m)
 - •7 500 ponts avec fondation en site aquatique
 - 1 500 ponts avec fondation inspectée par du personnel hyperbare
 - Dont 1000 sur pieux bois si accord DET => « Fondation particulièrement exposée » : Visite Annuelle (VI), Visite détaillé en cycle court avec relevé topo de précision

Ancienneté du Patrimoine:

Exemple des Ponts métalliques :

- + Près de 50 % construit avant 1900
- + 20 % entre 1900 et 1950
- + 30 % après 1950









Ouvrages hydrauliques (1,98m) / Amiens





Affouillement



Mur de soutènement / Pyrénèes





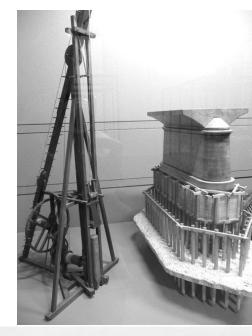


Platelage Bois



ACTIONS RÉCENTES PROJET PIEUX BOIS

- DATES 2010-2013
- PARTENAIRES:
 - IFSTTAR, LERMAB/ENSTIB/Batiplus/Grouazel/Canonica
- CONTENUS,
 - essais de laboratoire
 - développement d'une technique d'instrumentation
 - essais de pieux :
 - différentes essences,
 - différentes sols,
 - collecte d'une base de données internationales
 - calage de la méthode de dimensionnement directe pressiométrique













ACTIONS RÉCENTES PROJET PIEUX BOIS

- LIVRABLES PUBLIÉS (WWW.GEOTECH-FR.ORG)
 - technique des pieux en bois
 - Méthode d'inspection
 - retour d'expérience
 - additif nf p 94-262

BILAN APRÈS 6 ANS

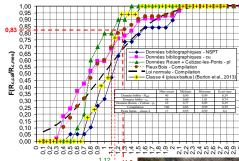
- accueil favorable des tenants de la construction à faible impact environnemental.
- accueil peu favorable de la cnjog à comparer à l'eurocode, les normes anglaises, hollandaises canadiennes
- accueil mitigé des bureaux de contrôle se protégeant par le FD P20-651et demandant de valider des cahiers des charges!

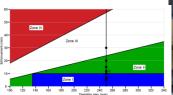
Mais l'effort continue

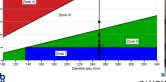
- compréhension du fonctionnement global,
- application de la technique d'inspection,
- durabilité pour prouver que les pieux des ouvrages sont toujours là!















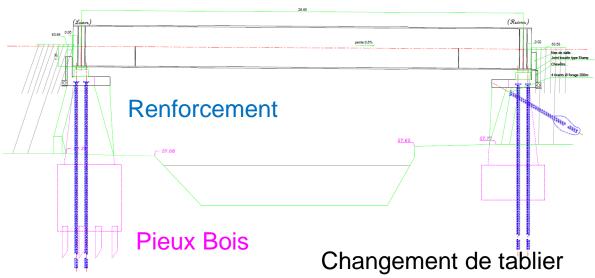
PATRIMOINE OUVRAGE D'ART

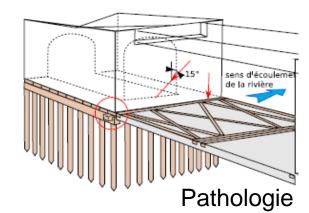
ENJEUX SNCF RÉSEAU

Sécurité = Surveillance + Maintenance (Entretien, réparation, régénération)



- +Connaissance du patrimoine (où et combien)
- +Avoir les outils adaptés aux diagnostiques (matériaux et recalcul)





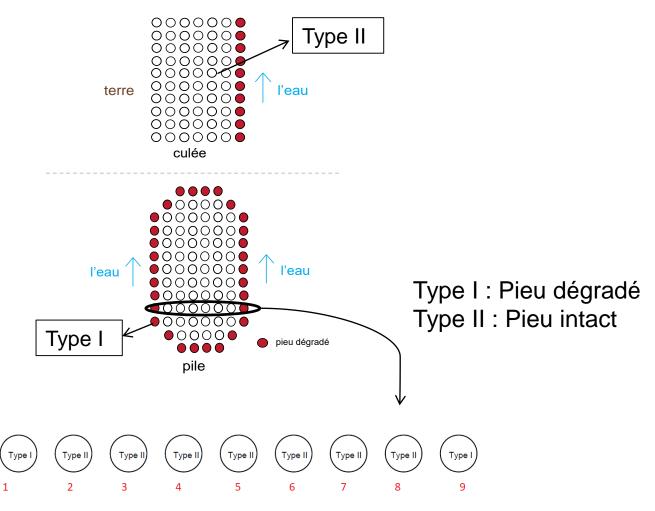


MODÉLISATION NUMÉRIQUE 2D



1.1 ETUDES PARAMÉTRIQUES

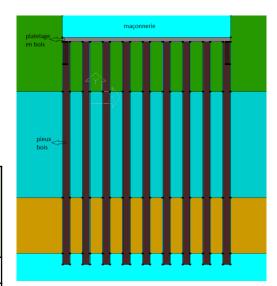
Différents scénarios de la dégradation





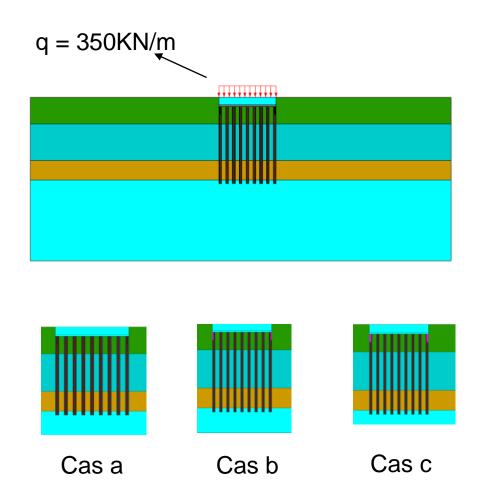
Matrice de décision

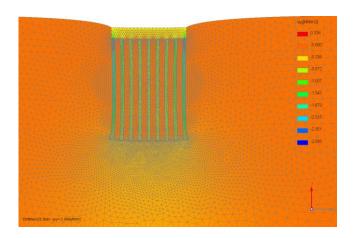
Composant	Maçonnerie (Par inspection visuelle)	Platelage en bois (radier)	Pieux	Cas de calcul
			bon	Cas a
	bon	bon	Mauvais (type I=10cm	Cas b
État de matériaux			Mauvais (type I= 20cm)	Cas c
		mauvais	mauvais	-
	mauvais	mauvais	mauvais (type I et II E 凶)	Cas a_100
	(E 为)	(E 71)	mauvais (type I=10cm + type I et II E ᠘)	Cas b_100





Exemple de résultats de calcul

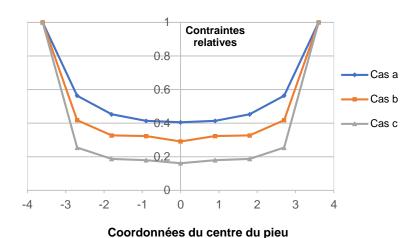




Maillage déformé et contraintes verticales



Distribution des charges



Cas a:

Maçonnerie + pieux intacts

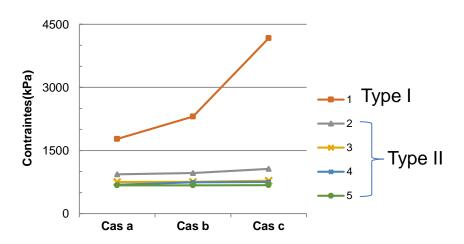
Cas b:

Maçonnerie+ 10cm dégradation (Type I)

Cas c:

Maçonnerie+ 20cm dégradation (Type I)

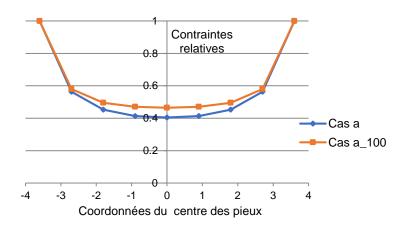
• Contraintes sur la tête de chaque pieu selon différents cas de dégradation

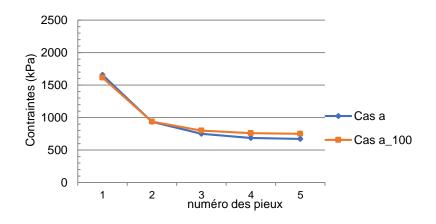


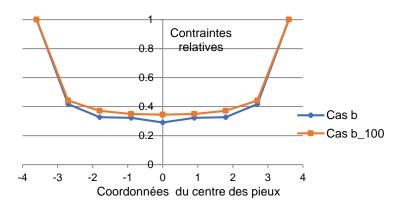


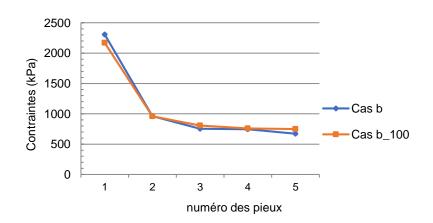
Après 100 ans de construction

Si la maçonnerie et le bois sont tous en mauvais état (E以)











1.2 ETUDES DE CAS – PRA SUR L'ISAC

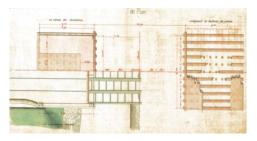
Ligne 470 000 Savenay – Landerneau , PK 501+500

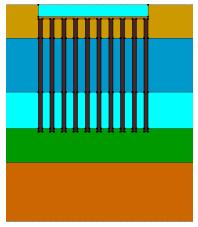
Caractéristiques géométriques des pieux :

Profondeur (m)	9,6
Diamètre (m)	0,3
L'entraxe (m)	1
Nombre total des pieux	10*11





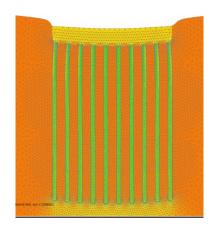


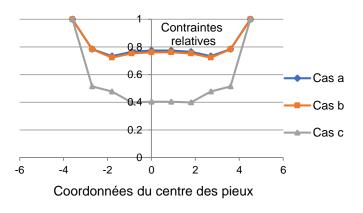




Résultats

Distribution des charges





Cas a:

Maçonnerie + pieux intacts

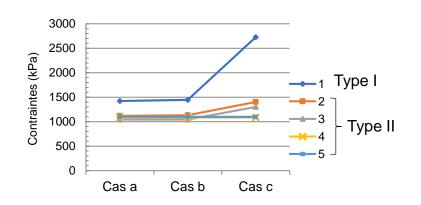
Cas b:

Maçonnerie+ 10cm dégradation (Type I)

Cas c:

Maçonnerie+ 20cm dégradation (Type I)

Evolution des contraintes

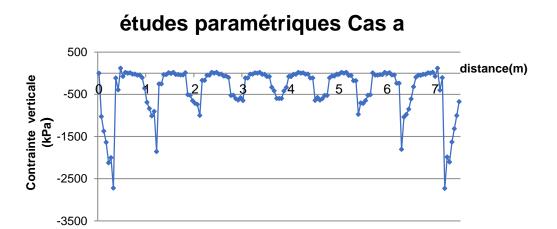


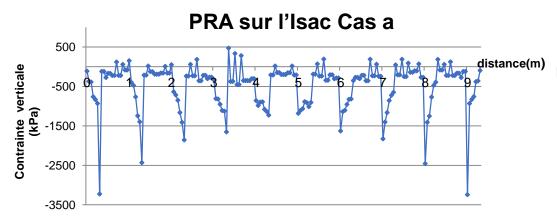
- Les pieux dans la périphérie reprennent toujours plus de charge que les pieux centraux
- Plus les pieux sont nombreux dans un rang, moins la dégradation des pieux dans la périphérie influence la stabilité de la fondation



Fonctionnement en fondation mixte

Contraintes verticales sur le platelage en bois (radier)





o —	charge prise par les pieux
$\rho =$	charge totale appliquée

		ρ
Étude paramétrique Cas a		99,9
	Cas a	90,4
Pra sur l'Isac	Cas b	85
	Cas c	81

- Avec la dégradation des pieux bois, le platelage reprend plus de charge
- Le fonctionnement d'une fondation mixte dépend forcément de la nature du sol

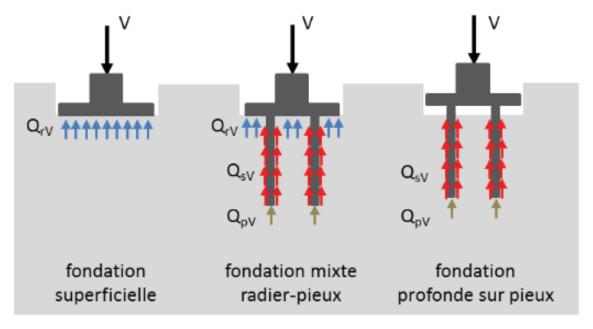


2

MODÉLISATION NUMÉRIQUE 3D



Définition d'une fondation mixte



(Borel, 2001)

Groupe de pieux : Radier est sans contact avec le sol

Fondation mixte: Radier est en contact avec le sol

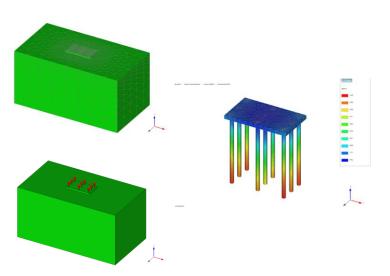


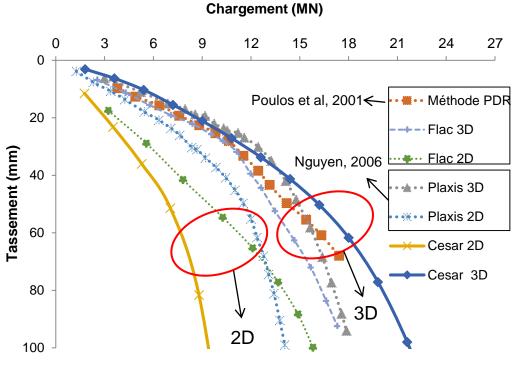
2.1 ETUDES PARAMÉTRIQUES

Vérification en 3D pour une fondation mixte

Poulos et al, (2001), Nguyen (2008)

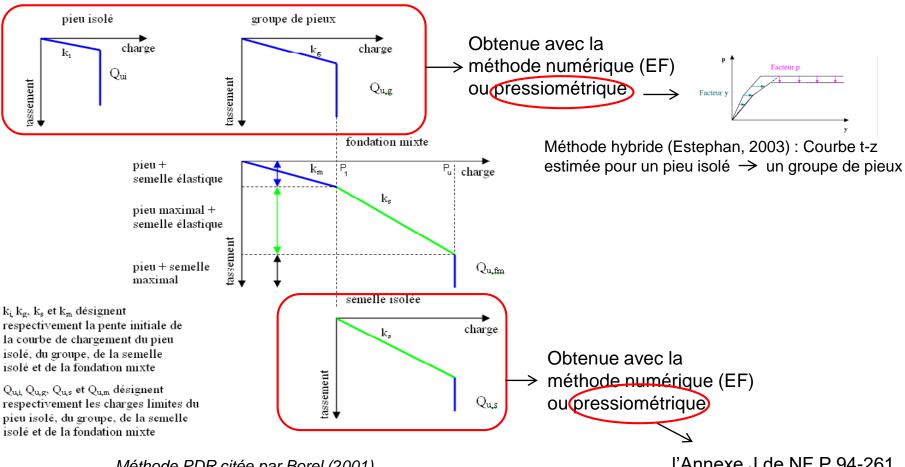
Profondeur (m)		10	
Diamètre (m)		0,5	
L'entraxe (m)		2 et 4 suivant les deux directions	
Nombre total pieux	des	3*3	







Méthode PDR (Poulos-Davis-Randolph)



Méthode PDR citée par Borel (2001)

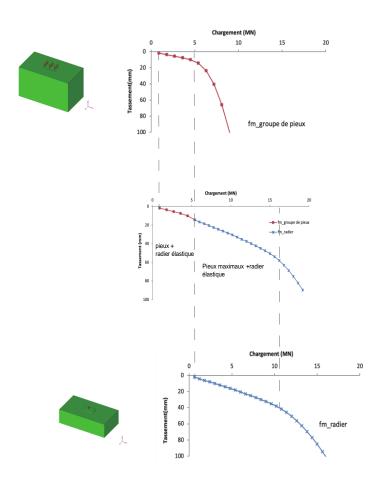
La charge limite d'une fondation mixte = la charge limite du semelle + la charge limite du groupe de pieux

l'Annexe J de NF P 94-261

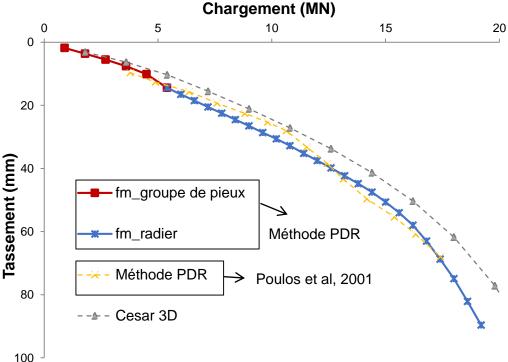
Le temps de calcul va être forcément diminué avec la méthode pressiométrique



Application la méthode PDR avec la méthode numérique (Cesar)



Comparer avec le résultat de la fondation mixte,

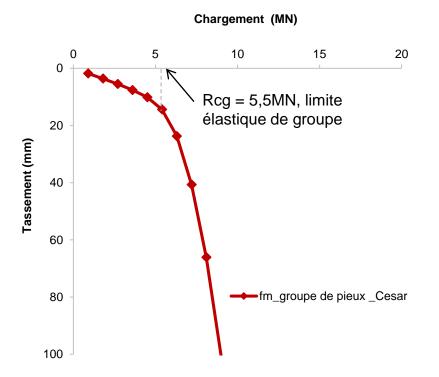


 La méthode PDR peut très bien estimer le tassement d'une fondation mixte si on peut déterminer la réponse de tassement pour un groupe de pieux et un radier.



Application la méthode PDR avec la méthode pressiométrique

Coefficient d'efficacité de groupe C_q



$$C_g = \frac{charge\ limite\ du\ groupe}{somme\ des\ charges\ limites\ des\ n\ pieux}$$

- Converse-Labarre :

$$C_g = 1 - \frac{\arctan(\frac{B}{d})}{\frac{\pi}{2}} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) = 0.85$$

avec

m = le nombre de lignes de pieux

n = le nombre de pieux par lignes

B = diamètre des pieux

d = l'entraxe des pieux

Pour notre exemple :

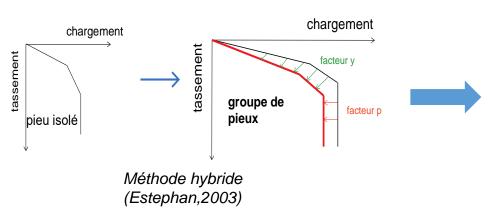
 $R_c = 716,3$ KN pour un pieu isolé Soit 6,44 MN pour la somme des charges limites des 9 pieux $R_{cq} = 5,5$ MN avec le coefficient de Converse-Labarre

C_a définit la limite élastique d'un groupe de pieux



Application la méthode PDR avec la méthode pressiométrique

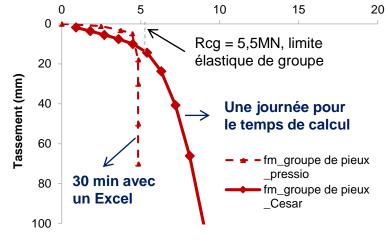
Groupe de pieux



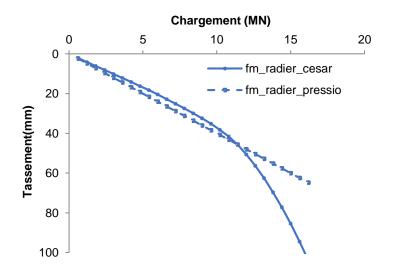
Le facteur y et le facteur p sont considérés égale à C_g

Radier

l'Annexe J de NF P 94-261



Chargement (MN)





2.2 APPLICATION AU VIADUC DES BAS-VALS

Ligne 334 000 Paris St-Lazare- Mantes , PK 36+721

Caractéristiques géométriques des pieux sous la pile P1

Profonde	ur (m)		8,4
Diamètre	(m)		0,3
L'entraxe	(m)		1
Nombre pieux	total	des	6*14

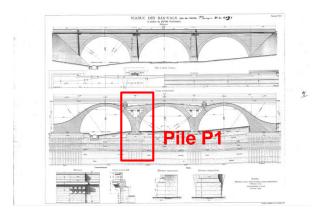
Descente de charge

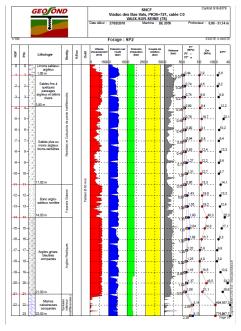
Poids propre (Pierre)	11,4MN
Surcharge ferroviaire transmise par la SNCF	150KN/m * 7m =1,05 MN

En total : 12,45MN

Portance d'un pieu isolé avec la méthode pressiométrique

R _b (kN)	295
R _s (kN)	328
R _c (kN)	623

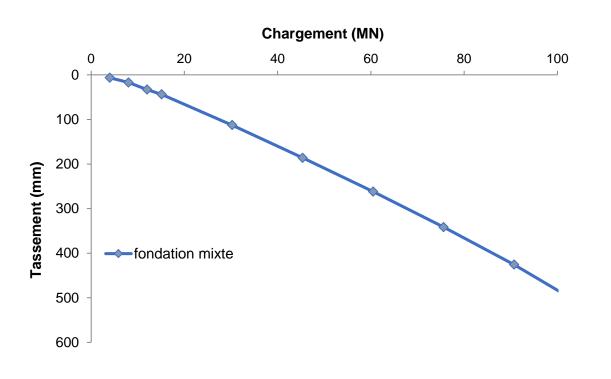


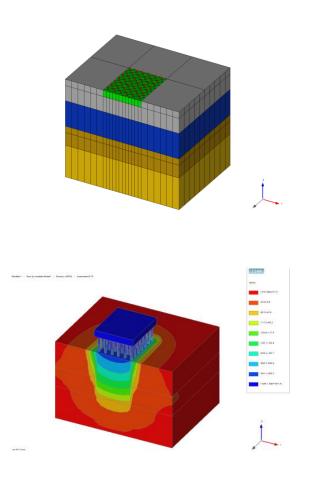




Réponse charge-tassement de la fondation sous la pile P1

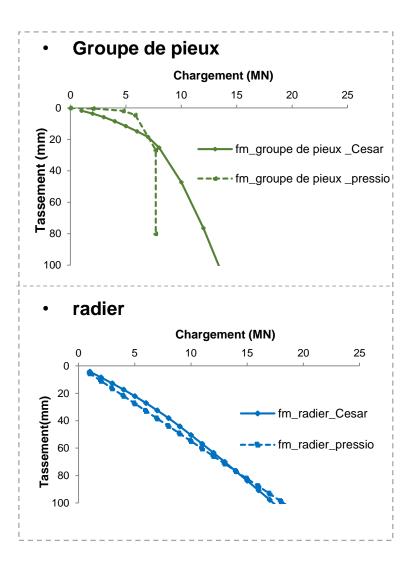
La modélisation est faite en une symétrie avec 42 pieux





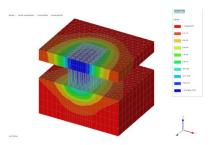


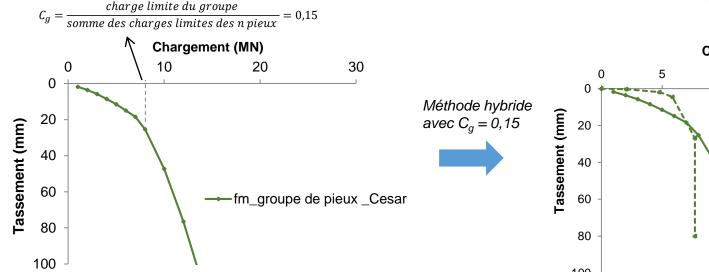
Méthode PDR avec Cesar et pressiomètre

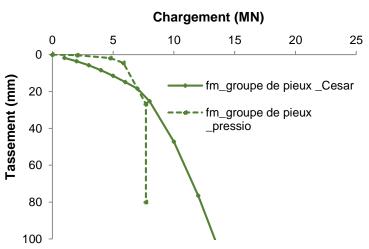




De la méthode numérique à la méthode pressiométrique pour un groupe de pieux







D'après le résultat de Cesar, le $C_g = 0,15$ au lieu de 0,66 qui est donné par la formule Converse-Labarre



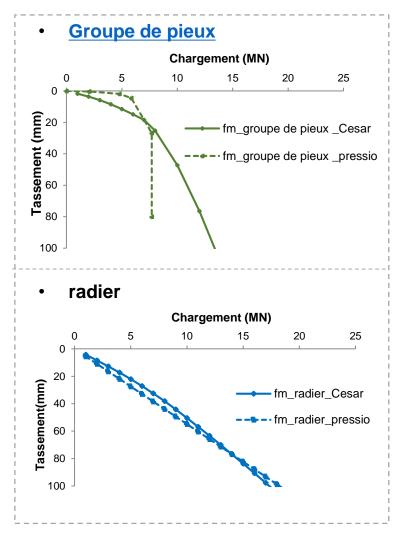
La formule de Converse – Labarre ne fonctionne plus quand il s'agit d'un grand nombre de pieux (une centaine en général pour un groupe en pieux bois)



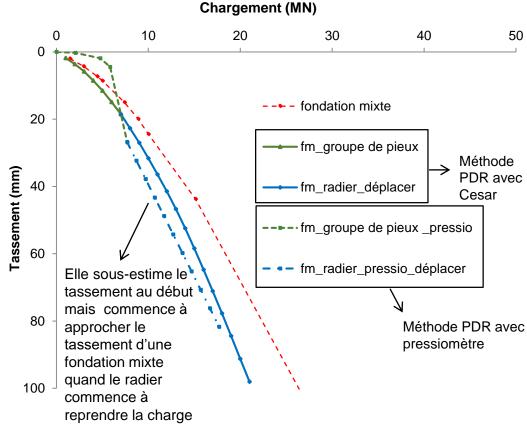
C_g =0,15 est proposé pour un groupe de pieux en bois dans un premier temps



Méthode PDR avec Cesar et pressiomètre



Comparaison des différentes méthodes





Conclusions de l'étude 2019 :

- Si les pieux sont dégradés dans la périphérie, il n'y a pas une augmentation de contrainte évidente chez les pieux centraux, par contre, c'est plutôt pour les pieux de Type I qu'il y a un risque de rupture si le bois est dégradé
- 10% à 20% de charge va être transférer au platelage en bois d'après les études de cas sur le PRA sur l'Isac
- La combinaison de la méthode pressiométrique et de la méthode PDR peut très bien estimer la portance et le tassement d'une fondation mixte

Quelques perspectives sur l'étude

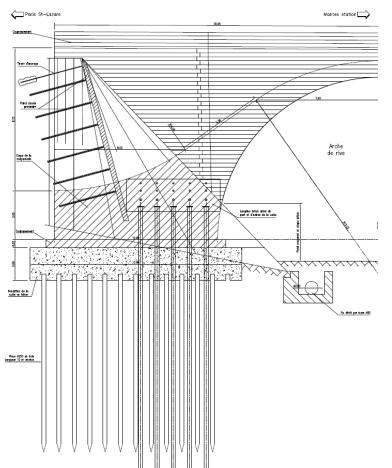
Le changement de certaines propriétés pour le bois et aussi pour la maçonnerie pour trouver le tassement relatif Une validation expérimentale des paramètres et des lois de dégradation de la résistance et de diminution des modules du bois

Changer le critère à Tresca ou Von-Misès pour la partie maçonnerie, si un effet du temps dois être prendre en considération pour le calcul Le coefficient d'efficacité 0,15 proposé pour un groupe de pieux en bois ne vient que d'un seul exemple pour l'instant. Il faut le valider sur d'autres ouvrages



CONCLUSION, PERSPECTIVES ET DISCUSSIONS

Sécurité = Surveillance + Maintenance (Entretien, réparation, régénération)





- +Méthodologie de recalcul des Pieux Bois
- +Méthodologie d'inspection des Pieux Bois
- +Potentiel travail entre SNCF Réseau et IFSTTAR sur le vieillissement des caractéristique des pieux bois (en discussion)



MERCI DE VOTRE ATTENTION



Bibliographie

Borel S. (2001), Comportement et dimensionnement des fondations mixtes, Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées, pp.13-56

Estephan R. (2003), Contributions aux méthodes de calcul des groupes et des réseaux de micropieux, Thèse de Doctorant, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées,

Frank R., Zhao S.R. (1982), Estimation par les paramètres pressiométriques de l'enfoncement sous charge axiale de pieux forés dans des sols fins. Bulletin de liaison Laboratoire Ponts et Chaussées, n° 119, pp. 17-24.

GEOSOND (2018), Confortement de la culée C0 de Viaduc des Bas-Vals, Ligne 334 000 Paris St-Lazare à Mantes par Conflans, PK 36+721, Rapport d'étude géotechnique mission G2PRO, pp.20, 45-46

IFSTTAR (2014), Additif pieux en bois à la NF P 94-262, (2014), Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'Eurocode 7- Fondation profondes

Nguyen N.T. (2008), Modélisation du comportement des fondations profondes dans les argiles molles, Thèse de Doctorant, Institut Polytechnique de Grenoble, pp.135-140

Poulos H.G., Davis E.H. (1980). Pile foundation analysis and design. New York, John Wiley. pp. 20-32,

Poulos H.G., Carter J.P. and Small J.C. (2001). Foundations and retaining structures – Research and practice. Proc. XV Int. Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineering, Istanbul, 4, pp. 2527-2606

Ukritchon B., Faustino J., Keawsawasvong S., (2015), A numerical study of load distribution of pile group foundation by 2D model, Walailak Journal of Science and Technology, pp. 669-688

