



Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Le Phicomètre, outil de mesure de la résistance au cisaillement in situ

*Gestion des risques hydrologiques et des
ouvrages fluviaux*

CEREMA – Dter Med – 19 Novembre 2014

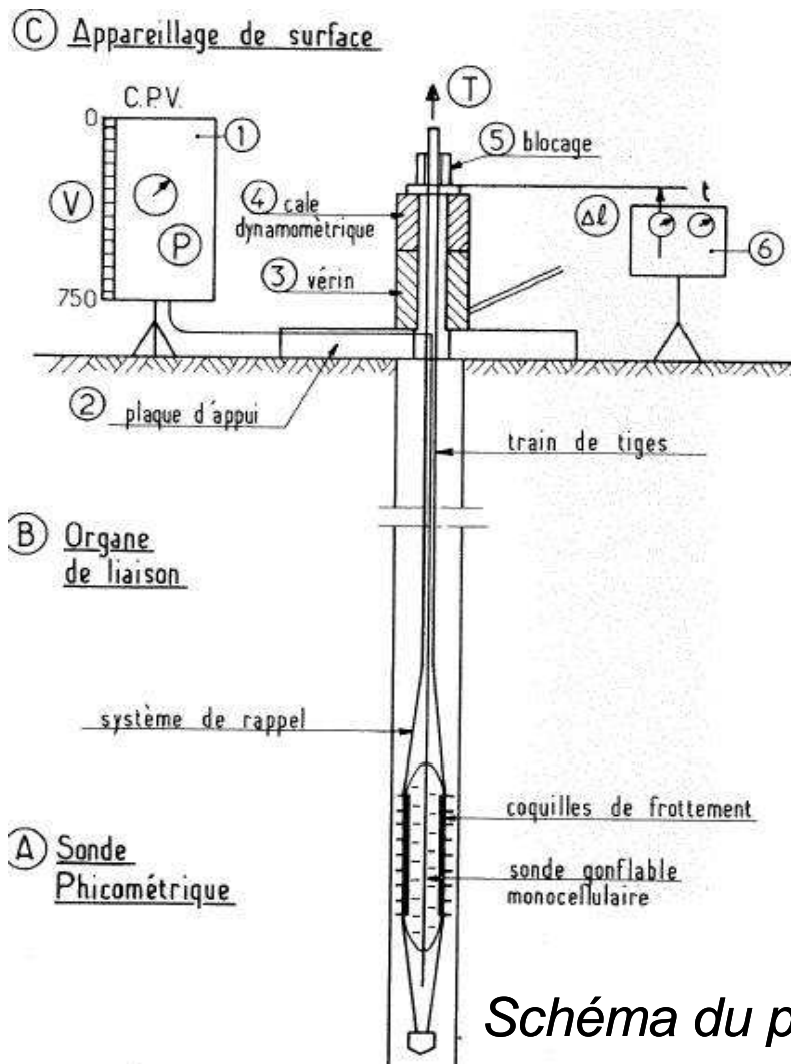
Sommaire

- 1. Introduction
- 2. Présentation du phicomètre
- 3. Objectifs du projet
- 4. Expérimentations
 - 4.1 Levée de Bou (45)
 - 4.2 Digue de Briennon (42)
 - 4.3 Barrage du Gast (14)
- 5. Analyse de résultats
- 6. Synthèse

Introduction

- Ouvrages hydrauliques potentiellement affectés par des instabilités de masse
- Diagnostic nécessite la connaissance des paramètres de cisaillement
- Essais de cisaillement en laboratoire imposent le carottage de sols complexes (graves, sous nappe) et hétérogènes
- Phicomètre, destiné à mesurer une cohésion et un angle de frottement interne
- Essai doté d'une norme expérimentale, mais peu usité

Présentation du phicomètre (1/2)



- Forage préalable type pressiométrique
- Ancrage de la sonde annelée au sein du sol par paliers successifs de pression radiale
- Cisaillement provoqué par traction en tête de la sonde, à vitesse constante, selon un programme de pressions radiales croissantes

Schéma du phicomètre (Source : Phillipponnat - 1986)

Présentation du phicomètre (2/2)

ϕ_i (°)	c_i (kPa)	Nature du sol	ϕ' (°)	c' (kPa)
≤ 15	≥ 20	Argile moyenne à raide	17	$c_i/4$
> 15 et ≤ 30	< 20	Autres sols lâches	$\text{Max}(25, \phi_i)$	0
> 15 et ≤ 30	≥ 20	Limon, complexes argilo-sableux	$\text{Max}(25, \phi_i)$	$c_i/3$
> 30	< 10	Sols granulaires	ϕ_i	0
> 30	≥ 10	Sols granulaires et cohérents sauf roches tendres	ϕ_i	$c_i/2$

*Estimation des caractéristiques effectives de cisaillement
(d'après Philipponnat et Zerhouni - 1993)*

- Effets de seuil pour l'angle de frottement, notamment pour les matériaux cohérents, ainsi que pour la cohésion
- Transposition plus directe pour les caractéristiques à court terme

Objectifs

- Fiabilité par procédure de répétabilité
- Représentativité par comparaison avec essais en laboratoire
- Conditions d'utilisation de l'outil (nature du sol, compacité)
- Influence du temps de drainage par mode opératoire modifié
- Influence de la procédure d'interprétation

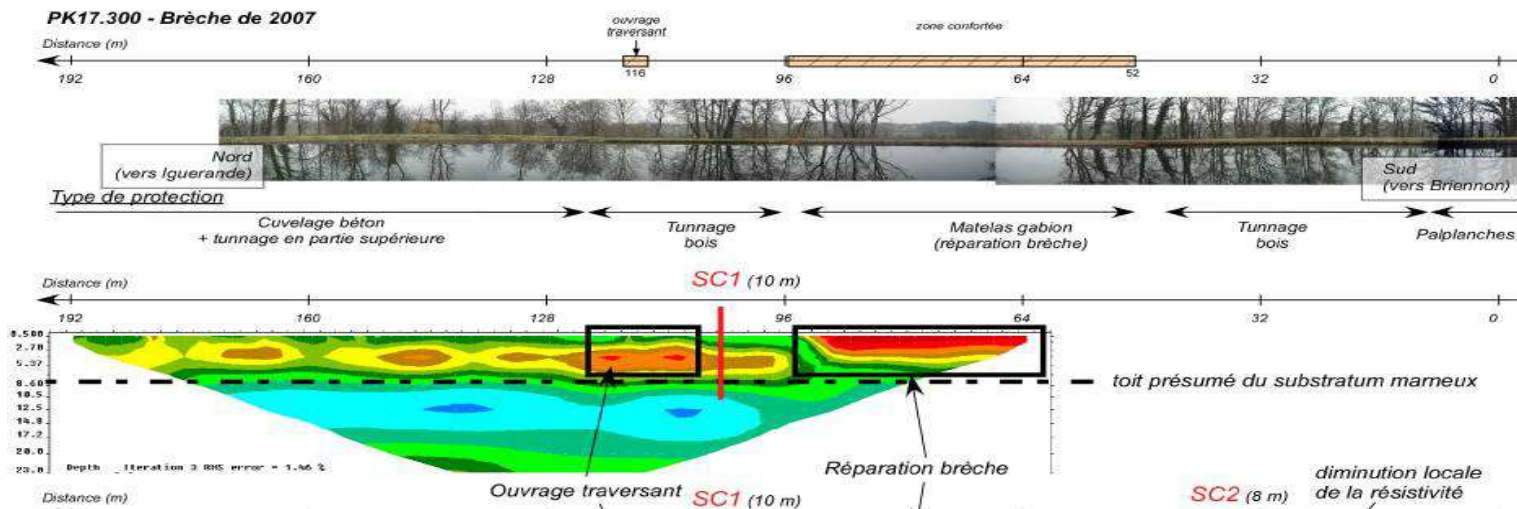
Expérimentation – levée de Bou



- Digue-route de lutte contre les inondations de la Loire
- Profil en trapèze, hauteur 3m, remblais sablo-limoneux peu compacts puis argile sableuse brune (épaisseur 4m).
- 10 essais selon 6 sondages pour 2 profils distincts

*Vue aérienne de la digue de Bou
(Source : IGN)*

Expérimentation – digue de Briennon



*Profil de la digue
(d'après LRPC Autun)*

- Digue de canal (voie navigable) en rive gauche de la Loire, hauteur 8m, matériaux argilo-limoneux sur un substratum marneux. Nombreux désordres (brèches, fuites)
- 15 essais dans 2 zones selon 9 sondages distincts

Expérimentation – Barrage du Gast

Profondeur (m)	Lithologie
0,0 - 1,0	Limon sableux marron-roux avec cailloutis
1,0 - 1,4	Grave sableuse marron clair
1,4 - 6,5	Limon argileux légèrement silteux marron-beige
6,5 - 7,0	Sable fin limoneux marron-roux avec cailloutis
7,0 - 11,0	Argile sableuse marron-beige à cailloutis
11,0 - 15,0	Limon légèrement silteux marron clair à cailloutis

Profil géotechnique du barrage du Gast

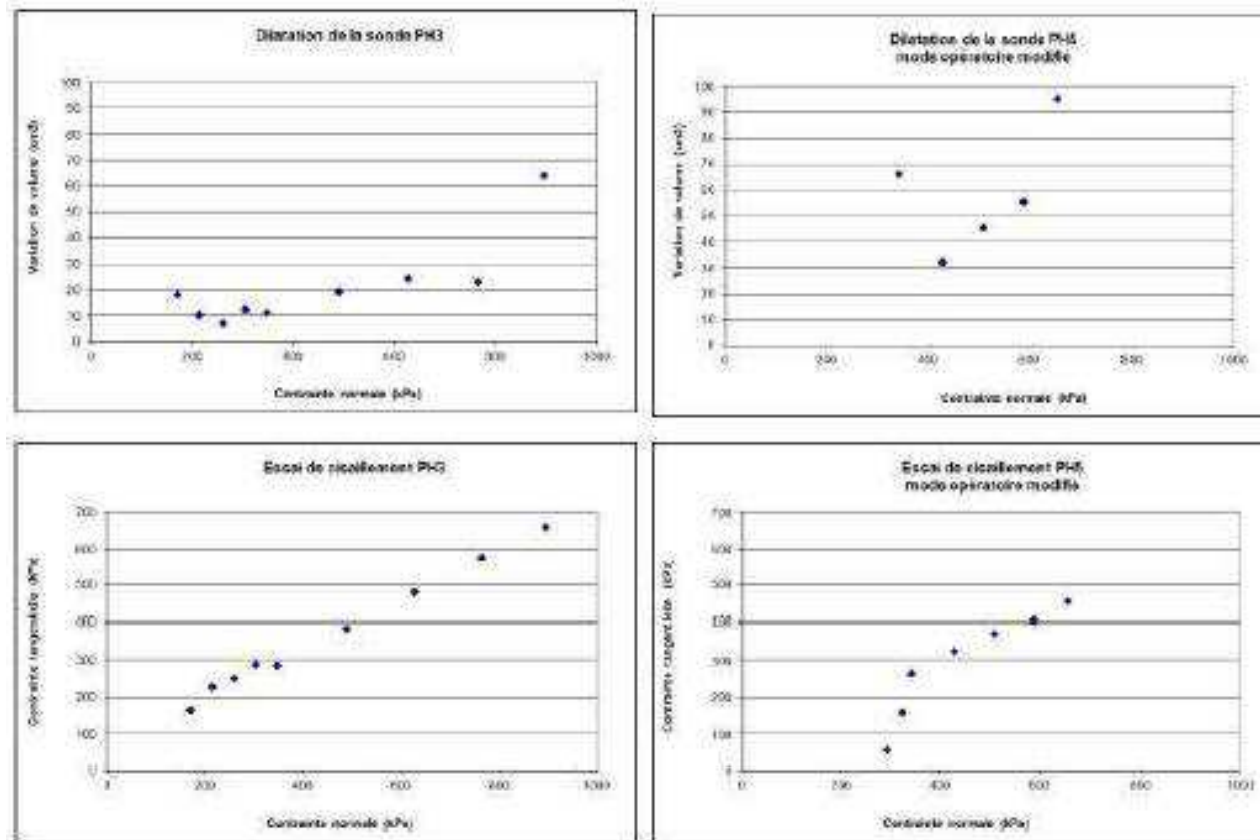
- Barrage en remblai compacté, situé sur la Sienne, destiné au soutien d'étiage, d'une hauteur maximale de 15m.
- Sol support constitué d'alluvions puis d'arènes granitiques.
- 6 essais selon 2 sondages distincts

Résultats – Levée de Bou (1/2)

Essais	Profondeur (m NGF)	Lithologie	Valeurs phicomètre		Valeurs phicomètre Philipponnat et al. 1993		Valeurs en laboratoire	
	Crête de digue 103,2		ci (kPa)	ϕ_i (°)	c' (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	ϕ' (°)
PH1	99,7	Sable limoneux	32	32	16	32	3	37
PH3	99,7	Sable limoneux	68	33	34	33	3	37
PH5	97,7	Argile sableuse	65	30	33	30	3	37
PH7	97,4	Argile sableuse	98	10	25	17	8	31
PH2	99,7	Sable limoneux	95	21	32	25	13	27
PH4	97,7	Argile sableuse	78	27	26	27	13	27
PH6	97,7	Argile sableuse	204	16	68	25	13	27
PH8	97,4	Sable limoneux	109	15	27	17	25	23
PH9	96,1	Argile plastique	85	17	28	25		
PH10	96,1	Argile plastique	61	14	15	17		

Campagne d'essais au phicomètre sur le site de Bou

Résultats – Levée de Bou (2/2)



Comparaison des essais de cisaillement PH3 et PH5 (mode opératoire modifié)

Synthèse (1/2)

- Conditions d'utilisation inadaptées pour les sols mous (Briennon) et les sols indurés (Gast)
- Influence du temps de drainage : échec du mode opératoire modifié
- Fiabilité et représentativité : bons résultats pour l'angle de frottement, dans le cas d'essais jugés fiables, médiocres pour la cohésion (surestimation)
- Interprétation : méthode RFG n°93 implique des effets de seuil artificiels. Méthode qualitative pour des situations à long terme

Synthèse (2/2)

Phicomètre, une méthode d'essai in situ pertinente pour les ouvrages hydrauliques, dont l'usage implique prudence et discernement

Merci de votre attention



www.cerema.fr