

INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT CONFRONTÉES AU RISQUE HYDRAULIQUE



Jeudi 26 novembre 2015

Journée technique sous l'égide de la CoTITA



Cerema

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

Direction territoriale Méditerranée

Prise en compte et modélisation des effets hydrauliques sur les ouvrages

cas des ouvrages géotechniques

D. Batista, J. Saliba,
Service Géotechnique et Mécanique des Sols, DTerMed

26 novembre 2015

Infrastructures de transport confrontées
au risque hydraulique

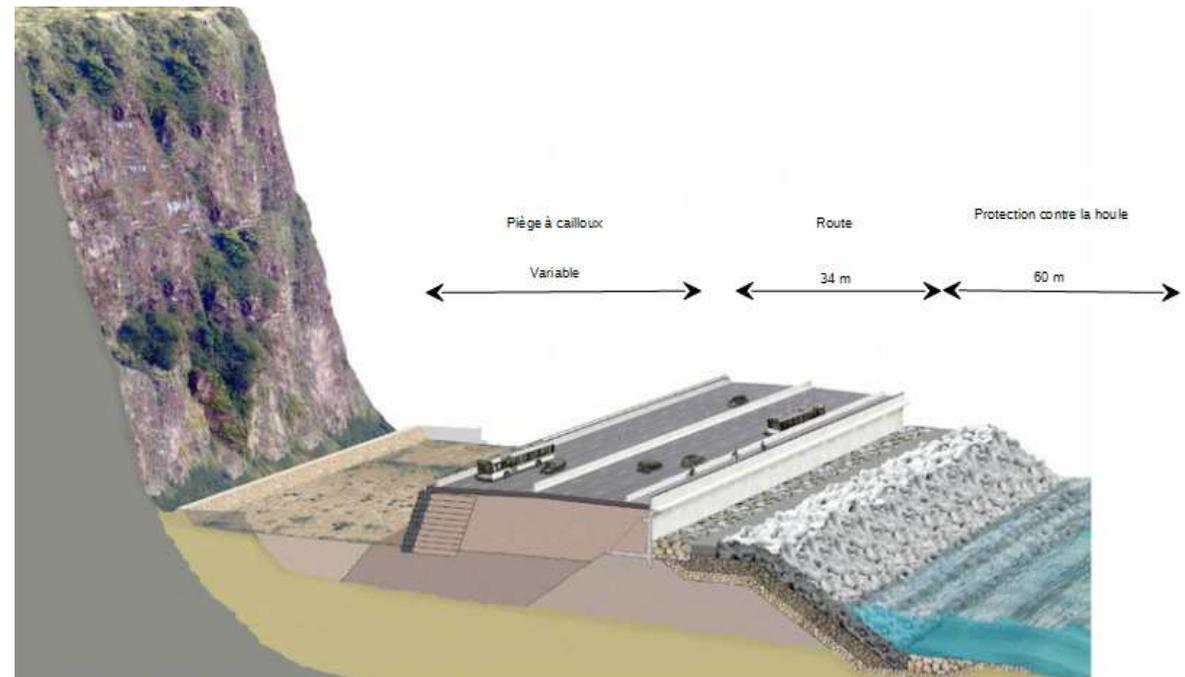
Plan de la présentation

- Écoulements hydrodynamiques dans le corps d'une digue maritime
- Modifications d'écoulement dans le sol : l'effet barrage

Digue de la Nouvelle Route du Littoral – écoulements hydrodynamiques dans la digue

- La stabilité de la digue est influencée par la houle et sa pénétration dans le corps de digue, différents problèmes se posent :

- ⇒ L'affouillement
- ⇒ La stabilité de la carapace
- ⇒ La stabilité globale
- ⇒ *La stabilité des murs vis à vis des actions hydrodynamiques*

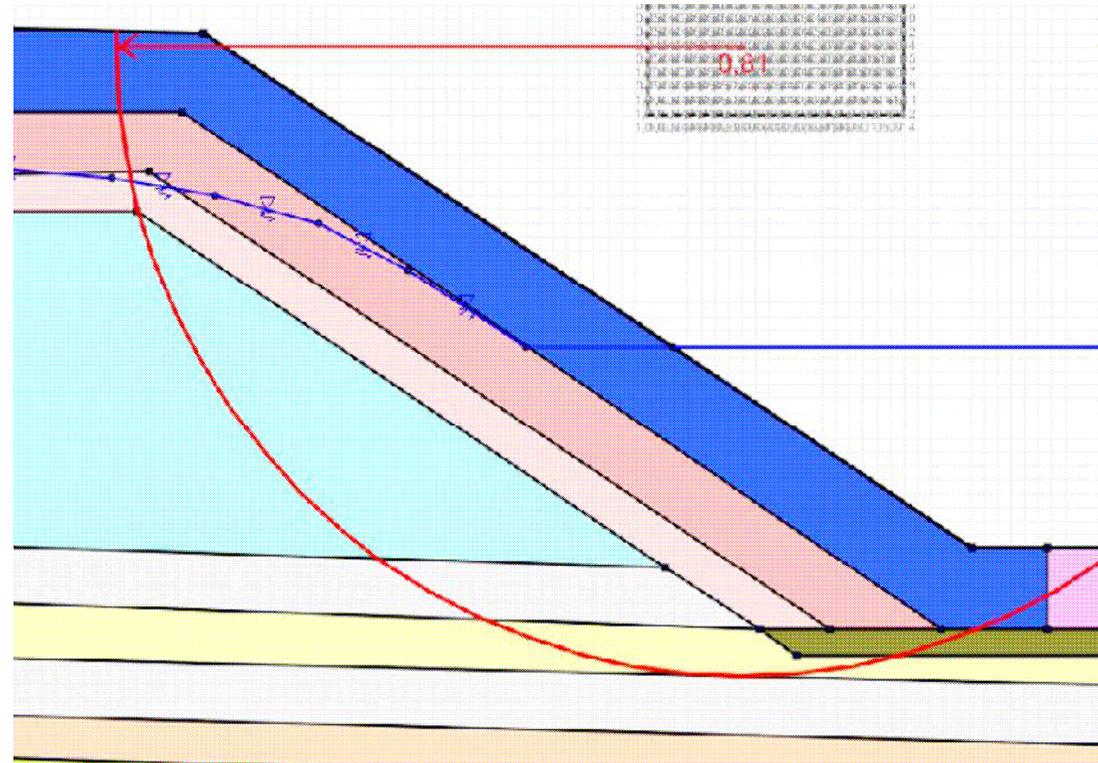


Digue de la Nouvelle Route du Littoral – écoulements hydrodynamiques dans la digue

- La stabilité de la digue est influencée par la pénétration de la houle dans le corps de digue

⇒ Modèles réduits

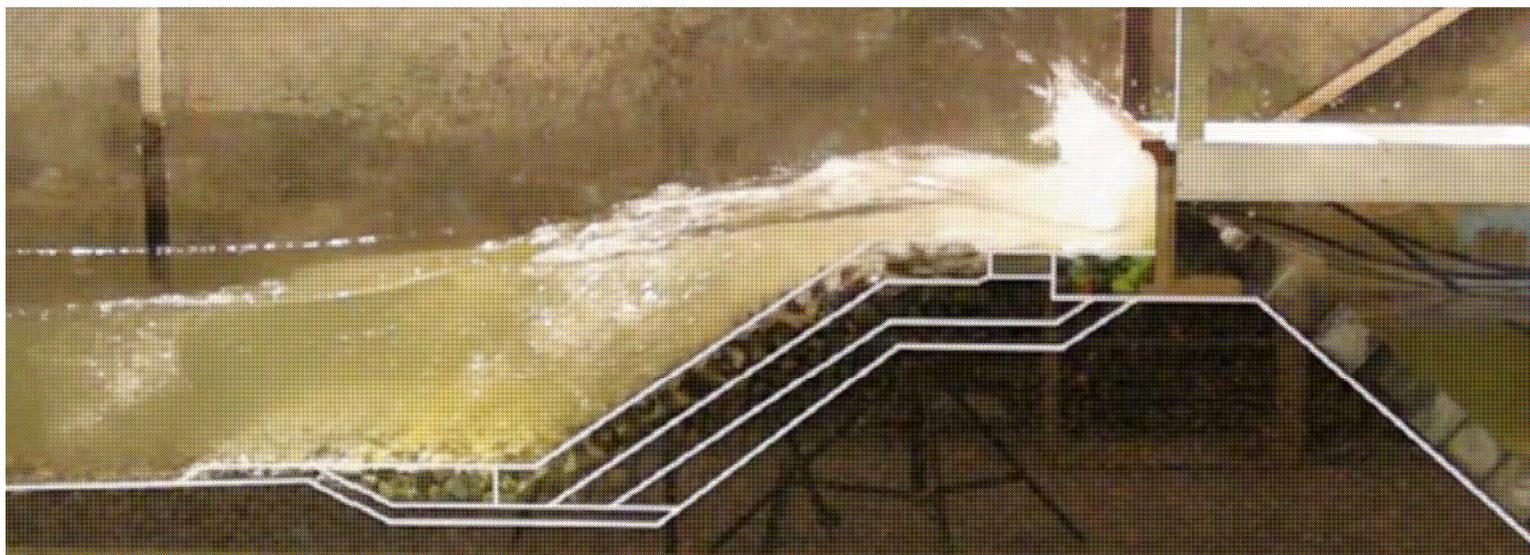
⇒ Modèles numériques



Digue de la Nouvelle Route du Littoral – écoulements hydrodynamiques dans la digue

- La stabilité de la digue est influencée par la pénétration de la houle dans le corps de digue

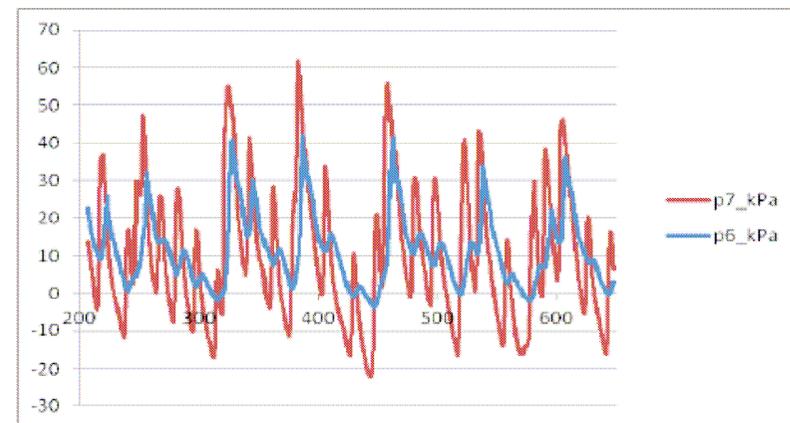
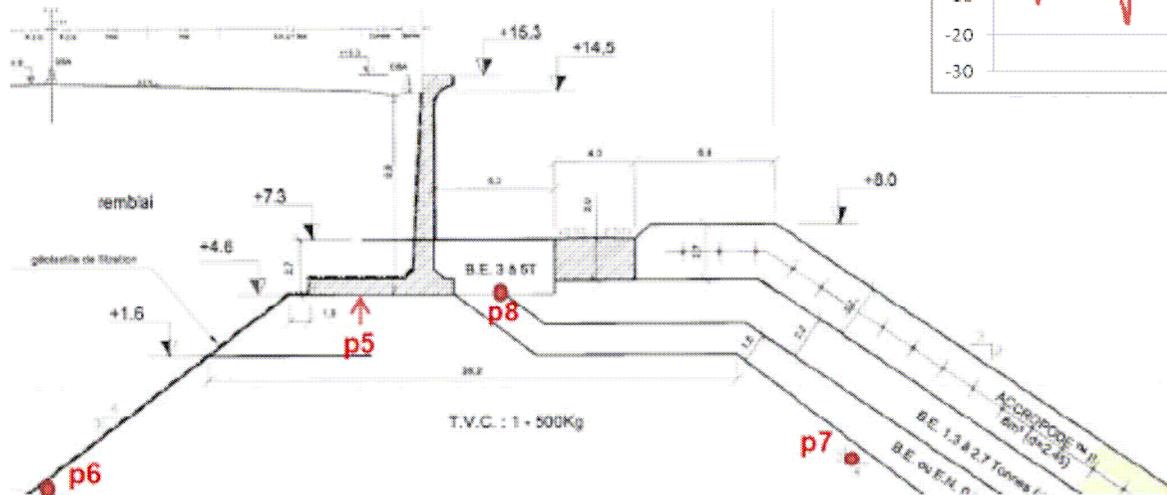
⇒ Modèles réduits



Digue de la Nouvelle Route du Littoral – écoulements hydrodynamiques dans la digue

- La stabilité de la digue est influencée par la pénétration de la houle dans le corps de digue

⇒ Modèles réduits :
distributions de pressions hydrodynamiques

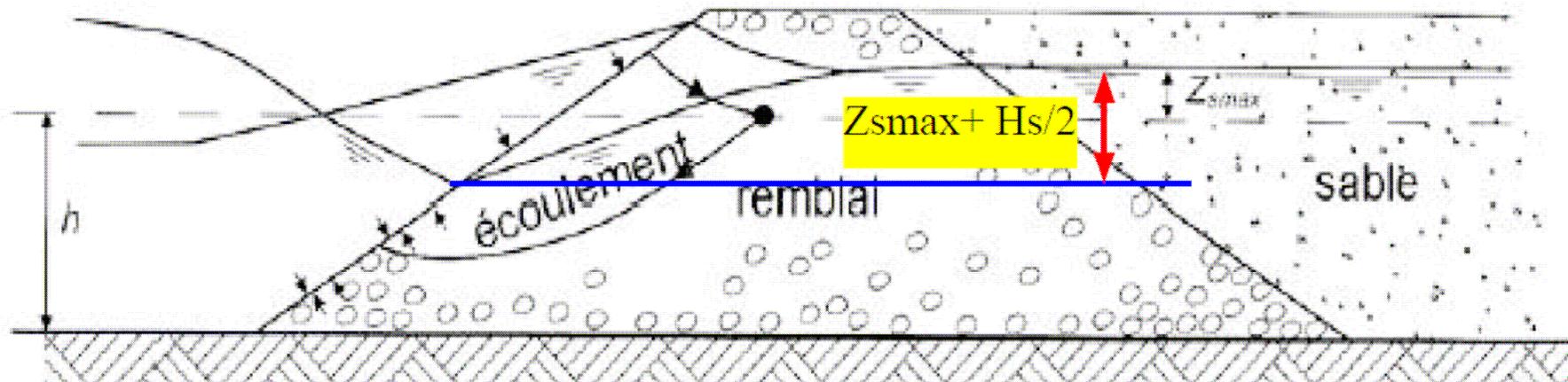


Digue de la Nouvelle Route du Littoral – écoulements hydrodynamiques dans la digue

- pénétration de la houle dans le corps de digue

⇒ Modèles numériques basés sur la théorie de Forchheimer :
 La pénétration de la houle sur le talus incliné de la digue coté Océan induit une surélévation mécanique du niveau d'eau dans le corps de digue. Cette surélévation « Z_{max} » est ici évaluée sur la base des relations proposées dans ICE (1988) et rappelée dans le Rock Manual :

$$z_{s,max} = h \cdot \left(\sqrt{1 + \delta_w \cdot F(B / L_{ph})} - 1 \right)$$



Digue de la Nouvelle Route du Littoral – écoulements hydrodynamiques dans la digue

- pénétration de la houle dans le corps de digue

$$z_{s,max} = h \cdot \left(\sqrt{1 + \delta_w \cdot F(B / L_{ph})} - 1 \right)$$

- $\delta_w = \frac{c \cdot H_s^2}{10 \cdot \eta_v \cdot L_{ph} \cdot h \cdot \tan \alpha}$
- $L_{ph} = \sqrt{\frac{T \cdot h \cdot k}{\pi \cdot \eta_v}}$

avec

h	hauteur d'eau (m) profondeur 11,00m/ réchauf. ... +2,20m	
δ_w	paramètre d'amplitude de la houle ()	
<i>c</i>	C ^{ste} dépendant de l'entraînement d'air et du run-up/run-down $c > 1$	
H_s	Hauteur significative de la houle au niveau du talus (m)	
L_{ph}	longueur de stockage phréatique (m)	
α	angle du talus (°)	3H2V
$F(B/L_{ph})$	cf. figure 5-152 <i>Rock Manual</i>	
<i>T</i>	période de la houle (s)	
η_v	porosité de couche de l'ouvrage	
<i>B</i>	largeur de l'ouvrage (m)	
<i>k</i>	coefficient de perméabilité de Darcy linéarisé (m/s) cf. figure 5-139 <i>Rock Manual</i>	

Digue de la Nouvelle Route du Littoral – écoulements
 hydrodynamiques dans la digue

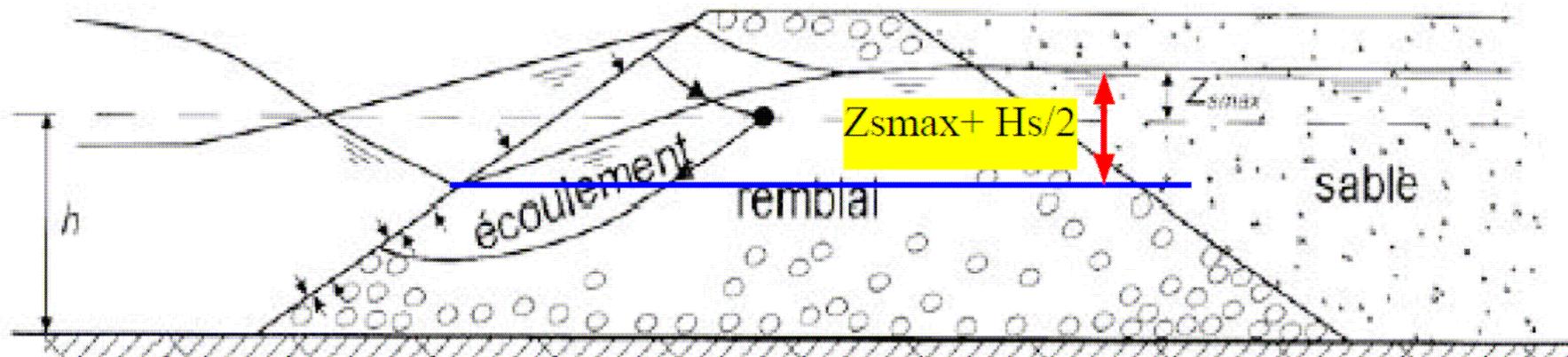
- pénétration de la houle dans le corps de digue

$$z_{s,max} = h \cdot \left(\sqrt{1 + \delta_w \cdot F(B / L_{ph})} - 1 \right)$$

La surélévation dans le corps de digue est de $Z_{s,max} = 2.4\text{m}$

Ce résultat est très sensible à l'évaluation de la perméabilité linéarisée de la digue. Si l'on retient

- une perméabilité linéarisée de 0.2m/s, la surélévation s'élèvera à 3m
- une perméabilité linéarisée de 0.1m/s, la surélévation s'élèvera à 4m.



- pénétration de la houle dans le corps de digue

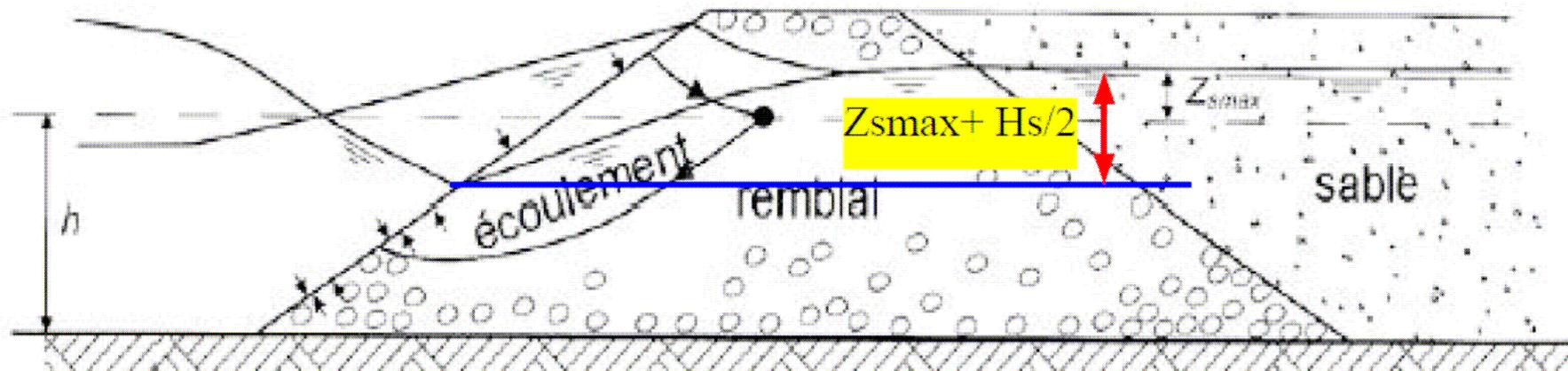
L'amortissement de la houle dans le corps de digue peut être modélisé par une décroissance exponentielle :

$$\frac{H_x}{H_0} = \exp\left(\frac{-x}{L_{ph}}\right)$$

Où L_{ph} désigne la longueur de stockage phréatique L_{ph} ($L_{ph} = 7.7\text{m}$)

⇒ les houles seront très atténuées au delà de 2 à 3 L_{ph} .

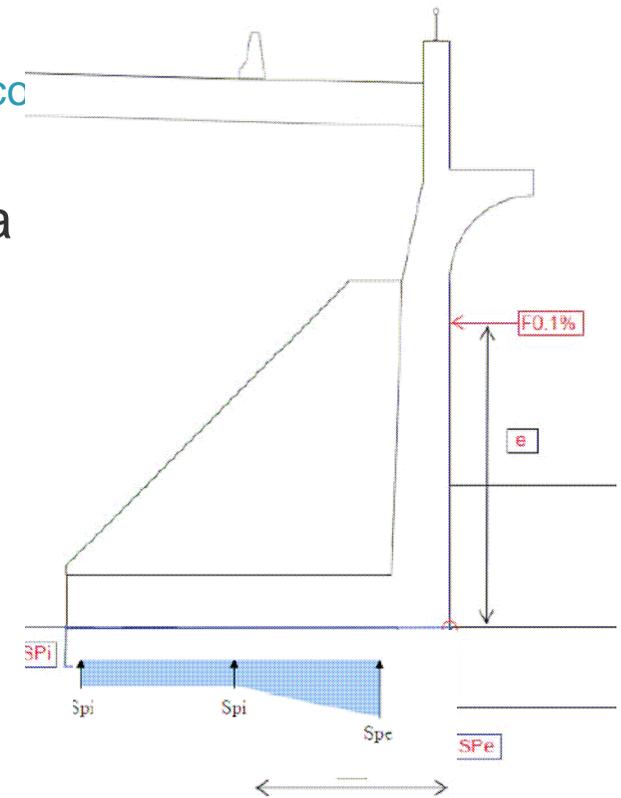
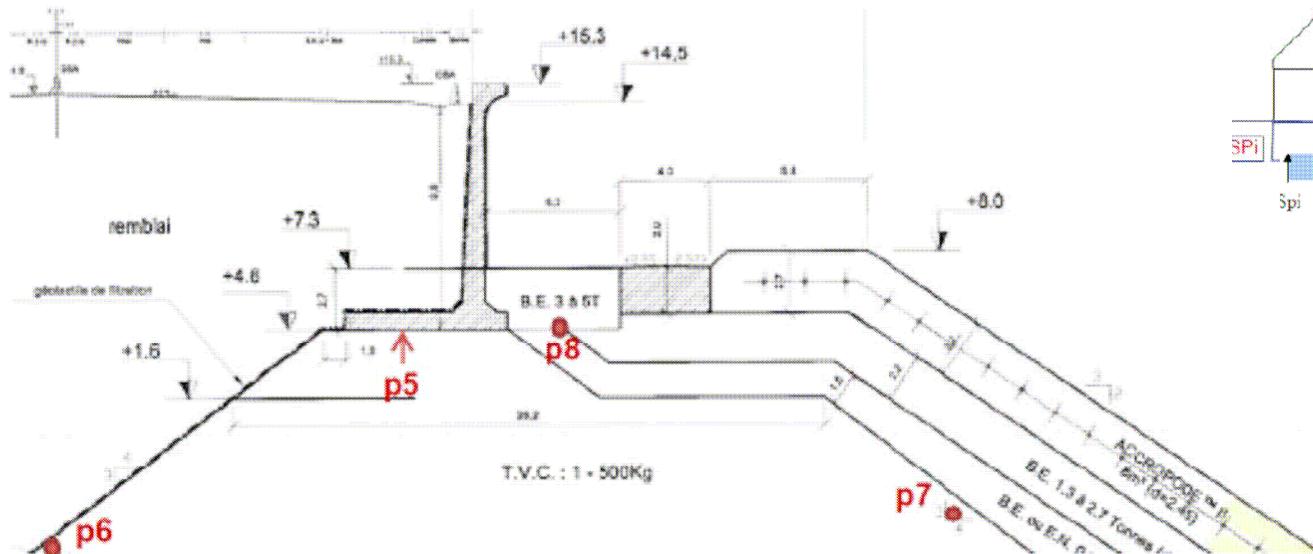
⇒ Le différentiel maximal de charge est ainsi de $z_{s,max} + H_s / 2 = 7,2\text{m}$ soit un gradient hydraulique de l'ordre de 0,3 à 0,45...



Digue de la Nouvelle Route du Littoral – écoulements hydrodynamiques dans la digue

- La pénétration de la houle conditionne également la murs soutenant la route :

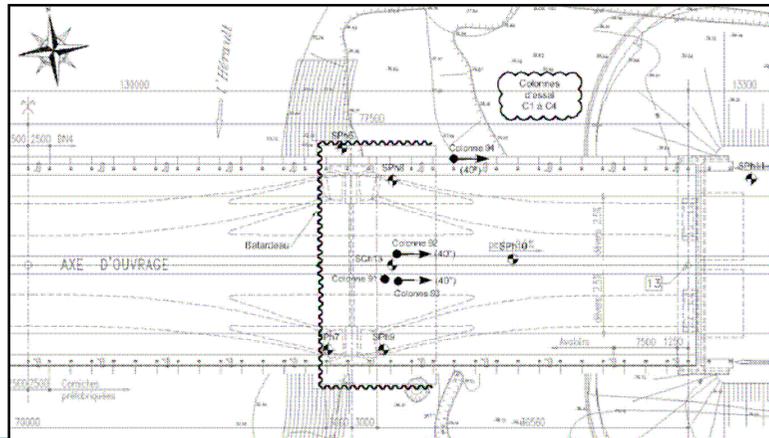
⇒ Sous pressions à la base du mur



Pont du Languedoc à Gignac (34) Avis sur expertise – volet hydrogéologique

Contexte de l'étude

- Modification du projet de fondations en phase d'exécution
Pieux => colonnes de sols-ciment réalisées par jet (2x45 colonnes)

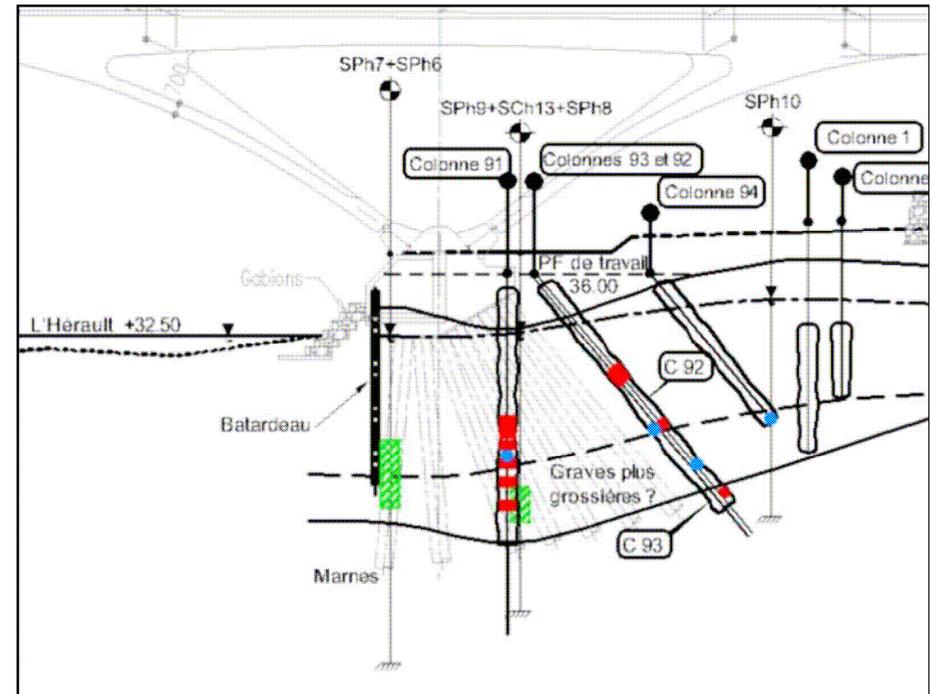


Pont du Languedoc à Gignac (34) -Avis sur expertise – volet hydrogéologique

- Difficultés à réaliser les fondations (arrêt de chantier)
Suspicion d'érosion interne du coulis

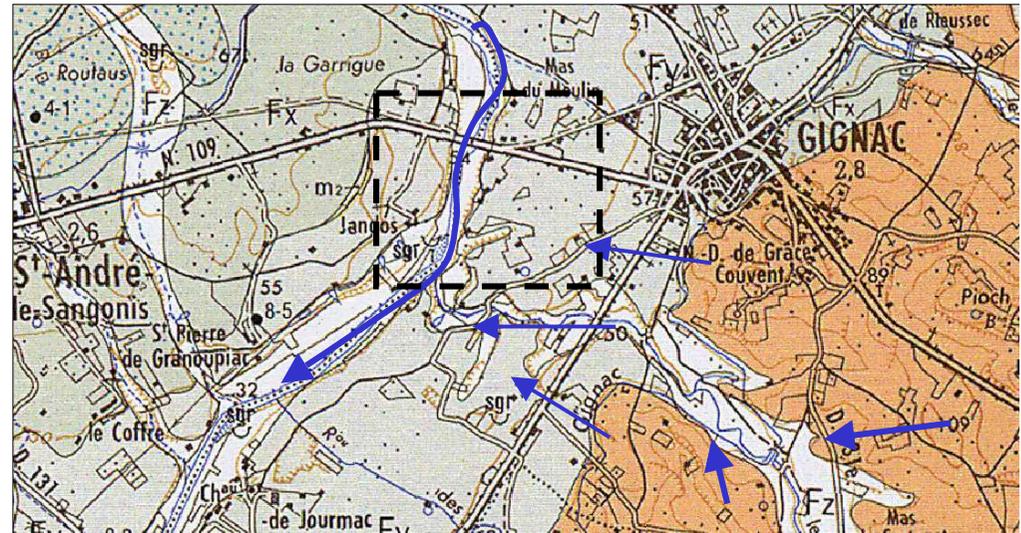
⇒ Expertise

- Évaluation de l'impact de la présence du batardeau sur les écoulements
- Éléments hydrauliques contestables (gradient de 13%, vitesse de 3mm/s)
- Approche analytique en 2D



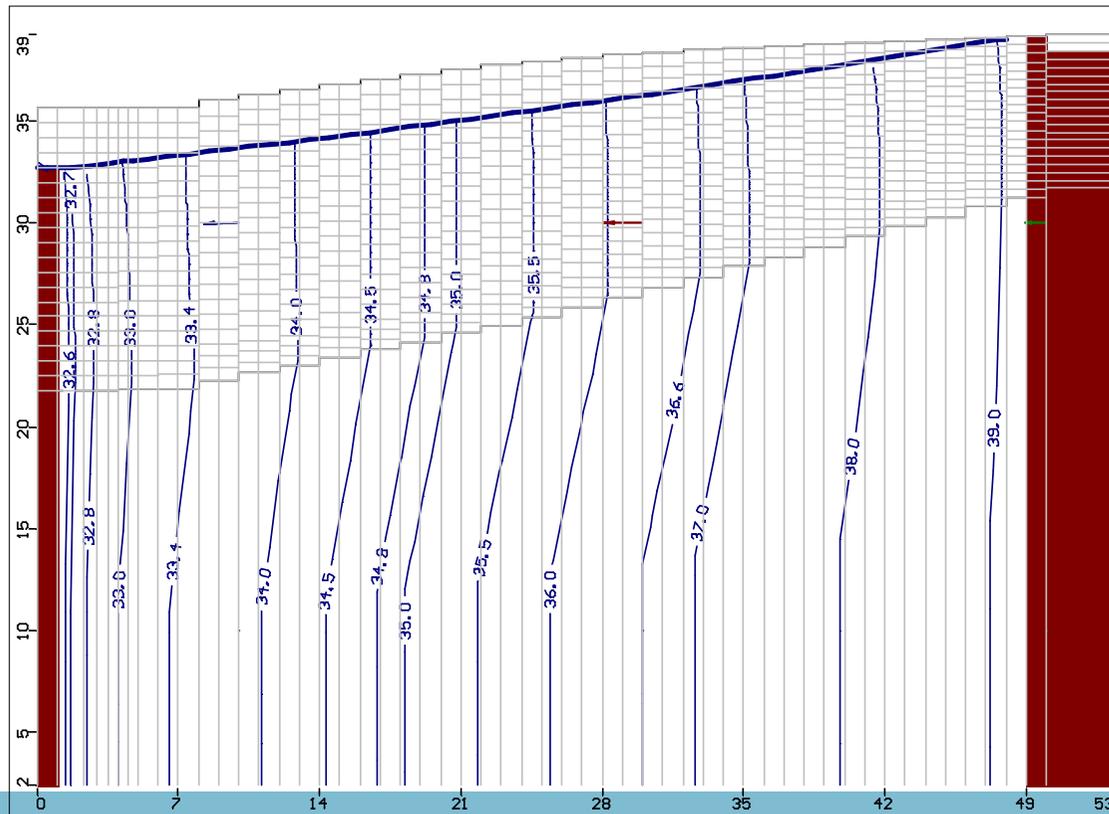
Pont du Languedoc à Gignac (34) -Avis sur expertise – volet hydrogéologique

- Décision de modéliser les réseaux d'écoulement en 3 D (différences finies)
- Contexte
 - alimentation par les coteaux d'âge miocène à l'Est
 - niveau imposé par l'Hérault
- Hypothèses
 - potentiel imposé à l'amont et à l'aval
 - calculs en régime permanent
 - Perméabilités déduites d'essais (micromoulinet, prélèvements)



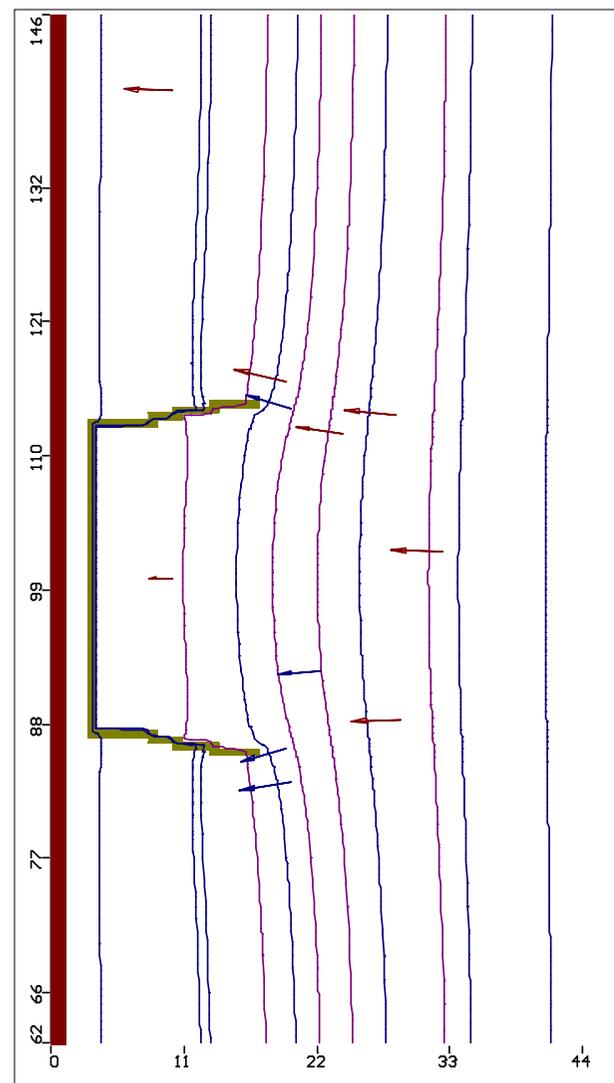
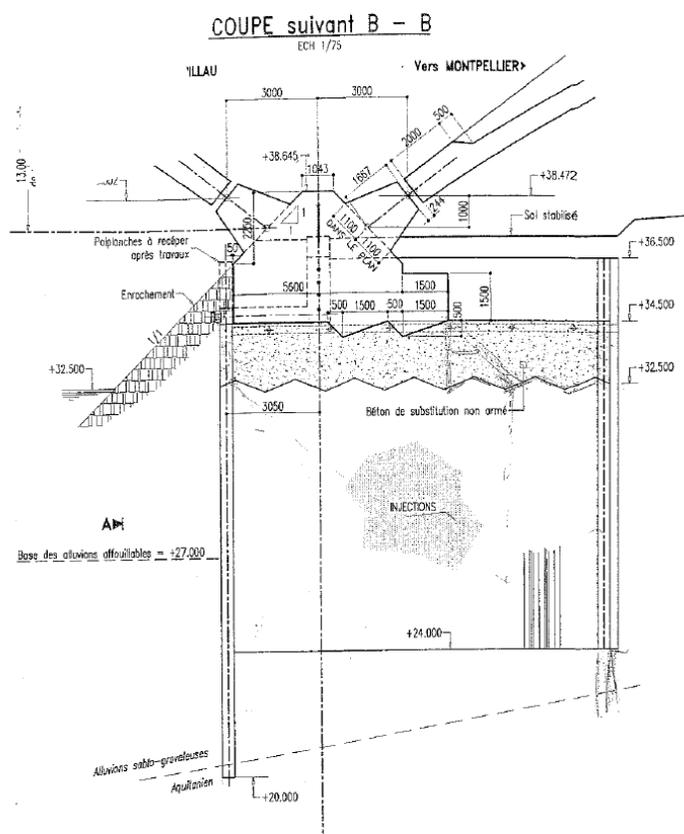


Calage du modèle en régime permanent sans batardeau



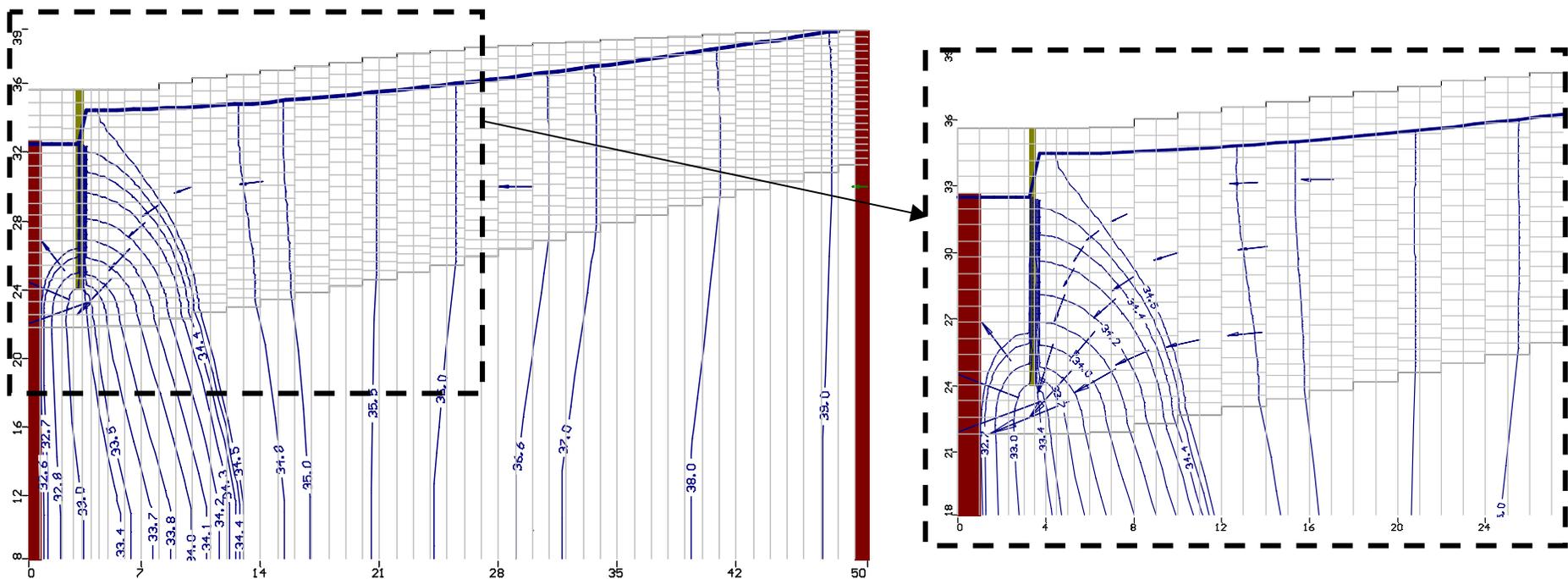
Pont du Languedoc à Gignac (34) -Avis sur expertise – volet hydrogéologique

- Impacts du batardeau
- Réhausse hydraulique à l'amont
- Contournement du batardeau



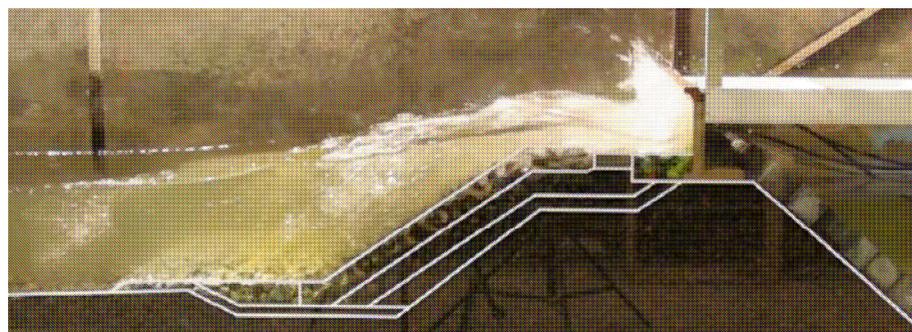
Pont du Languedoc à Gignac (34) -Avis sur expertise – volet hydrogéologique

- Impact du batardeau sur la vitesse de circulation négligeable
 $V_{\max} = 0,2 \text{ mm/s}$ (contre 2,6mm/s dans le rapport d'expertise)



Dominique Batista

06.24.83.11.89



Jérôme Saliba

