

Journées Techniques Ouvrages d'Art 2015



Application de la méthode
en poussée progressive
pour le diagnostic sismique
d'un portique en béton armé

Denis Davi - CEREMA DTer Méditerranée

Présentation de l'ouvrage :

Le pont de St-André de la Roche (06)

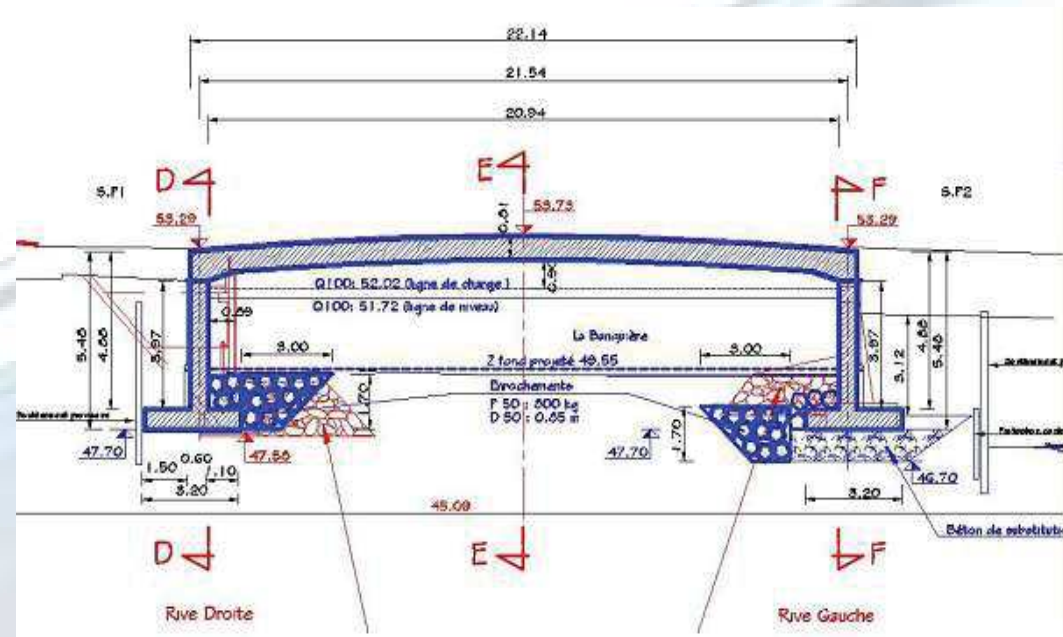


- Portique droit BA, ouverture 21,54 m
- Hyp. PS92 :
 - Zone II, classe B, sol S1
 - Conception élastique ($q=1$)

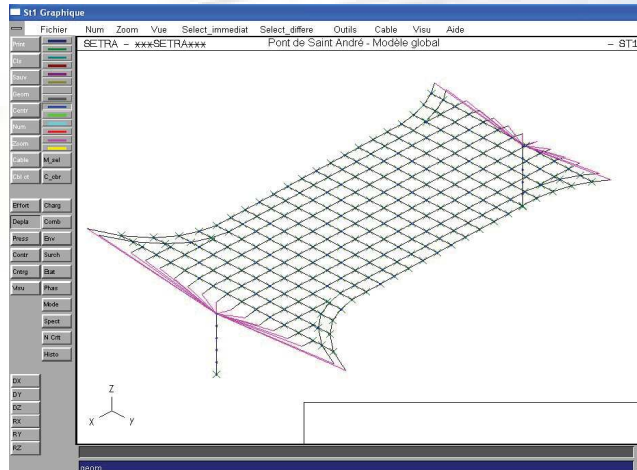
EC8 et nouvelle législation sismique nationale :

- Zone 4 (moyenne), cat. II, sol B
- $q=1$ (portique enterré à + de 80%)

Présentation de l'ouvrage :



Coupe longitudinale de l'ouvrage (source : POA, CETE Méd., mars 2007)



Structure non justifiée au sens des règles de dimensionnement des ouvrages neufs de l'EC8 : **critère de stabilité au glissement des semelles superficielles non vérifié**

Principes/objectifs de la démarche

Étude de diagnostic

- Basée sur les caractéristiques réelles de la structure (*matériaux, ferrailage, dimensions*)
- Doit fournir une appréciation réaliste de son niveau de performance/vulnérabilité

➔ **Ne pas s'arrêter au 1^{er} critère non vérifié**

Principes/objectifs de la démarche

- ➔ **Décrire la chronologie complète de l'endommagement structural progressif sous sollicitation sismique croissante, en prenant en compte les effets bénéfiques liés :**
 - à la redondance (*ou hyperstaticité*) de la structure
 - aux possibles redistributions d'efforts après plastification de certains éléments (*approche par itérations successives*)

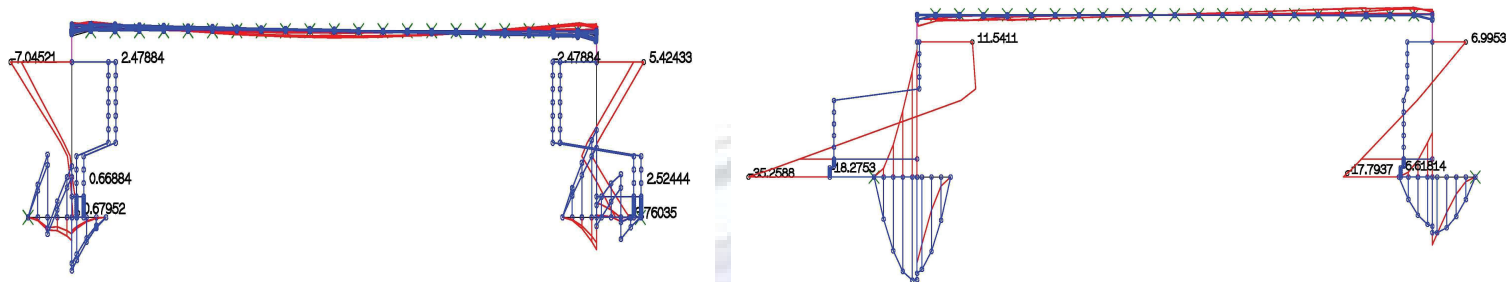
- ➔ **Évaluer les conséquences de telle ou telle défaillance locale à l'échelle globale de l'ouvrage**

Fonctionnalité / Intégrité

Application au cas d'étude

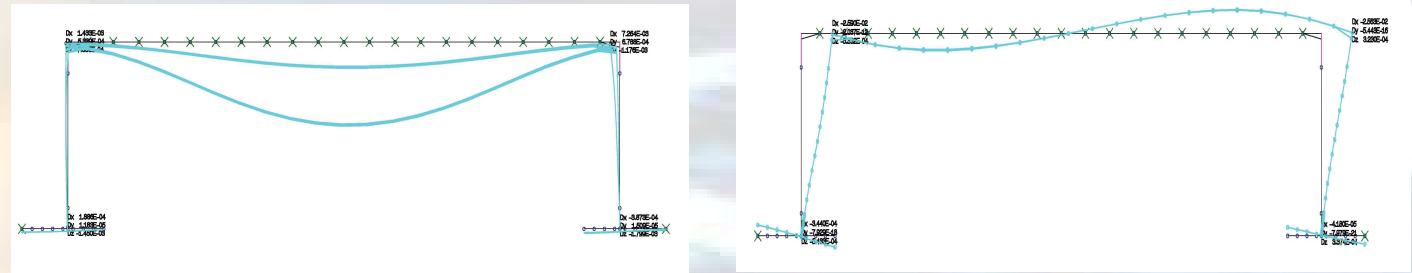
Distribution initiale des efforts internes

- Efforts tranchants et moments fléchissants (direction longitudinale)



| | | | |
|---|--------------|-------------------------------------|--------------------|
| Charges permanentes + direction de séisme d'accompagnement | | Séisme longitudinal (pour $k_h=1$) | |
| T_x (MN) | M_y (MN.m) | T_x / k_h (MN) | M_y / k_h (MN.m) |

- Déformation



| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--|
| Charges permanentes + direction de séisme d'accompagnement | | Séisme longitudinal (pour $k_h=1$) | |
| d_x (m) | | d_x / k_h (m) | |

Application au cas d'étude

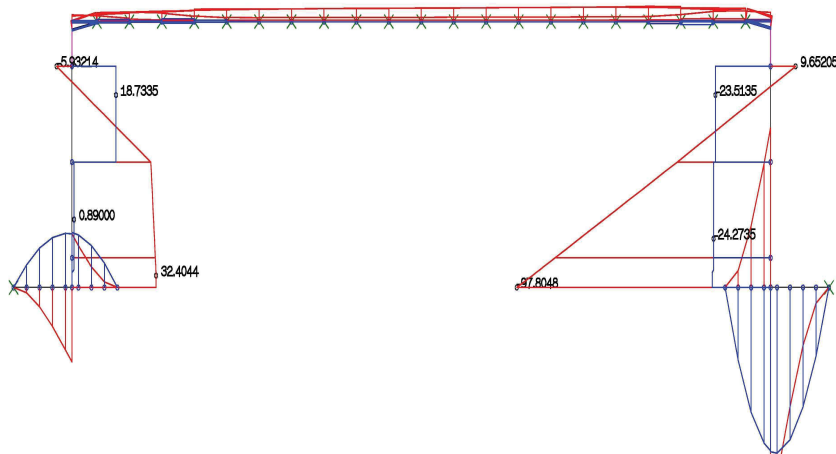
Seuils limite associés aux différents éléments résistants

| | | <u>Piédroit RG</u> | | <u>Piédroit RD</u> | |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | | Valeurs limites | k_{h_crit} (g) | Valeurs limites | k_{h_crit} (g) |
| Structure portique | | | | | |
| Tête | M_{y_fiss} (MNm) | 3,41 | 0,91 | 3,38 | 0 |
| | M_{y_Rd} (MNm) | 13,48 | 1,78 | 47,13 | 5,96 |
| | θ_{pu} (rad) | 0,036 | - | 0,036 | - |
| | V_{Rd} (MN) | 58,79 | 122 | -58,78 | 10,74 |
| Pied | M_{y_fiss} (MNm) | -3,54 | 0,12 | -3,46 | 0,41 |
| | M_{y_Rd} (MNm) | -13,70 | 0,41 | -13,50 | 0,97 |
| | θ_{pu} (rad) | 0,031 | - | 0,043 | - |
| | V_{Rd} (MN) | -62,60 | 3,46 | -62,70 | 9,85 |
| Fondations | | | | | |
| | Glissement : V/N | 0,46 | 0,13 | 0,46 | 0,65 |
| | Glissement : d (m) | 0 | 0,13 | 0 | 0,65 |
| | Poinçonnement : α | 1 | 0,16 | 1 | 0,49 |
| Remblai | | | | | |
| | Déstruct surf / Chaussée : d (mm) | 50 | 1,99 | 50 | 2,22 |
| | Activation butée active : d (mm) | - | - | 168 | 6,79 |
| | Rupture : d (mm) | 500 | 19,36 | 500 | 19,64 |

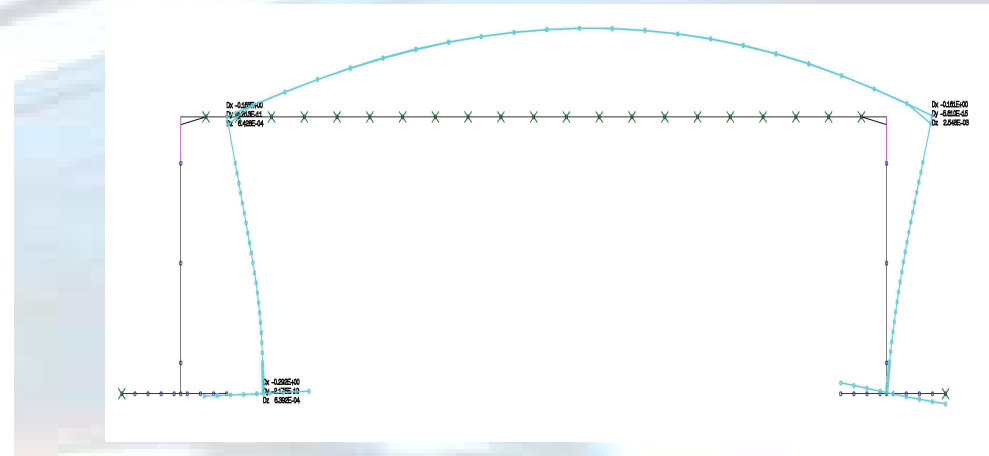
Application au cas d'étude

Itérations successives...

- **Itération 3** : Libération de la translation en pied de piedroit RG
(⇒ induit une inversion bénéfique du signe des moments et efforts tranchants dans cet appui!!)



M_y / k_h (MN.m)
 T_x / k_h (MN)



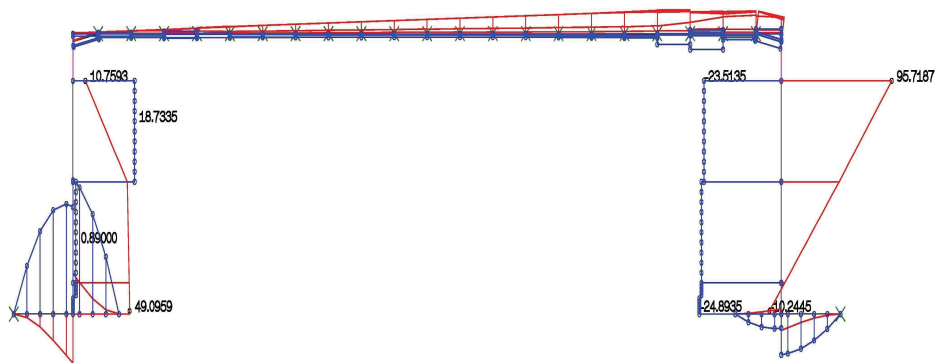
d_x / k_h (m)

Répartition de l'incrément des sollicitations sismiques

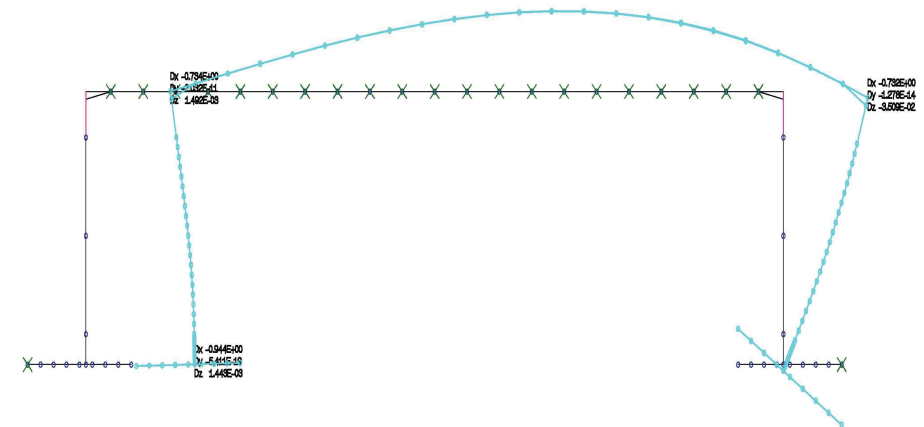
Application au cas d'étude

Itérations successives...

- **Itération 5** : Poinçonnement en pied de piédroit RD



My / kh (MN.m)
Tx / kh (MN)



dx / kh (m)

Répartition de l'incrément des sollicitations sismiques

Application au cas d'étude

Itérations successives...

- **Itération 6** : Libération de la translation en pied de pignon RD, avant activation de la butée active du remblai en rive droite



M_y / k_h (MN.m)

T_x / k_h (MN)

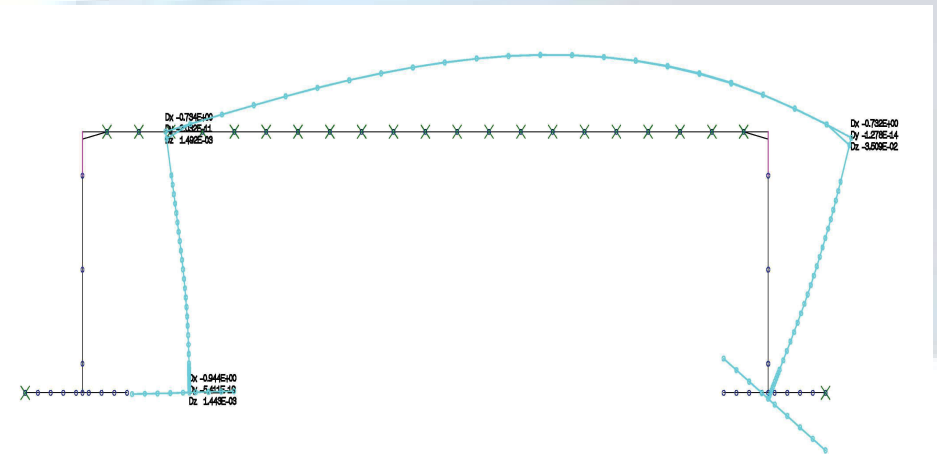
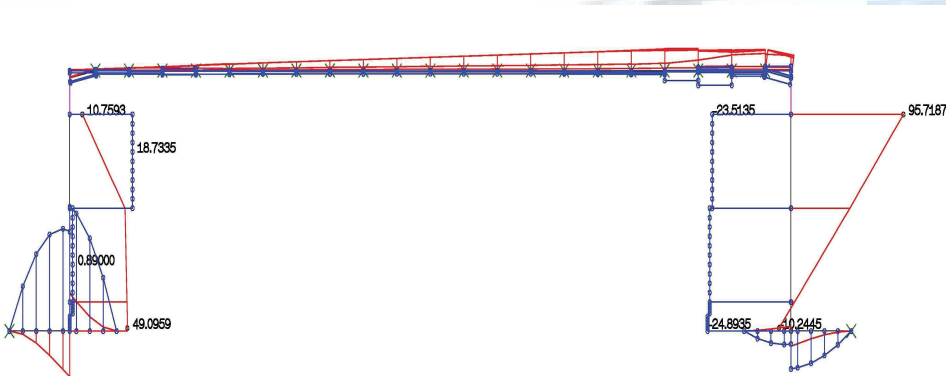
d_x / k_h (m)

Répartition de l'incrément des sollicitations sismiques

Application au cas d'étude

Itérations successives...

- **Itération 7 :** « Re-blocage » de la translation en pied de piedroit RD



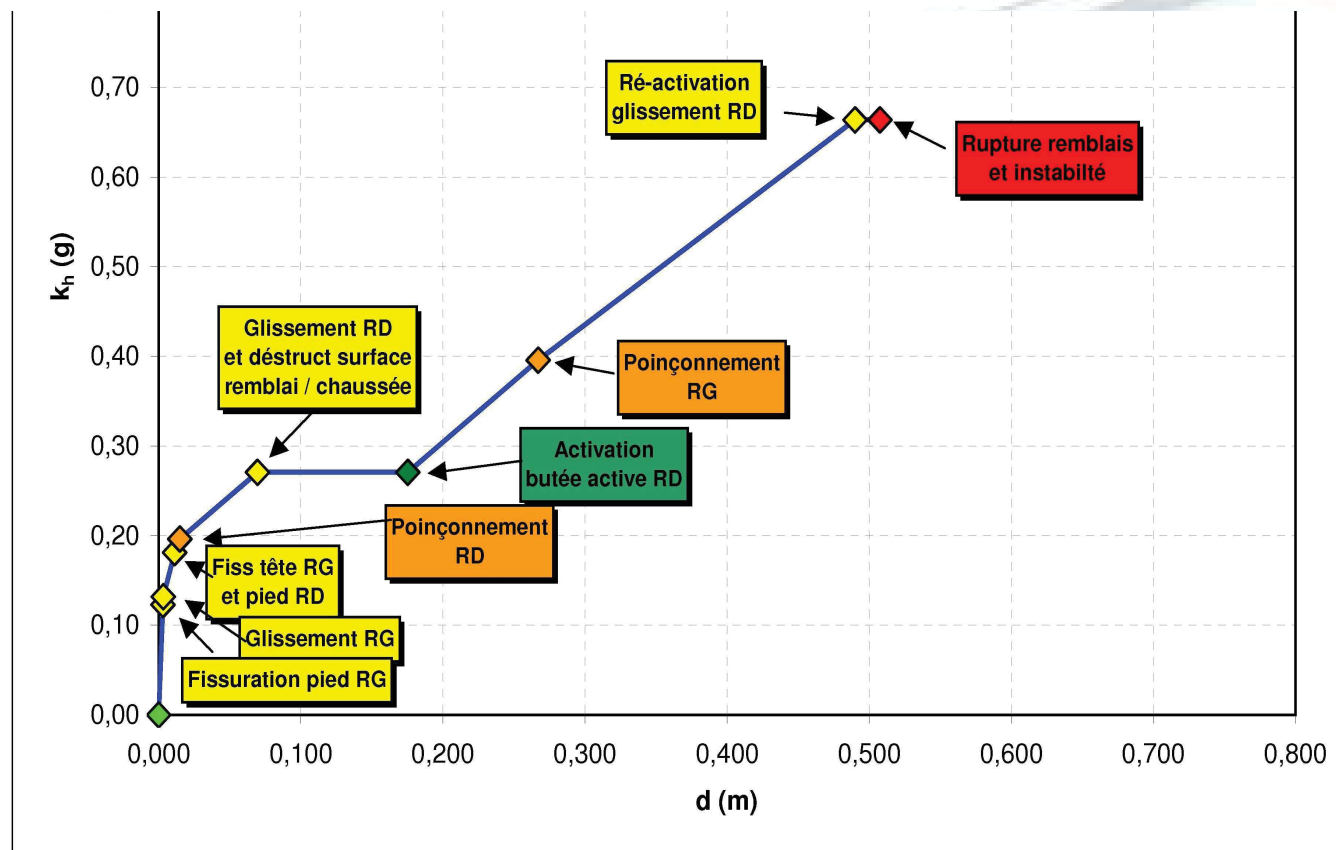
My / kh (MN.m)
Tx / kh (MN)

dx / kh (m)

Répartition de l'incrément des sollicitations sismiques

Application au cas d'étude

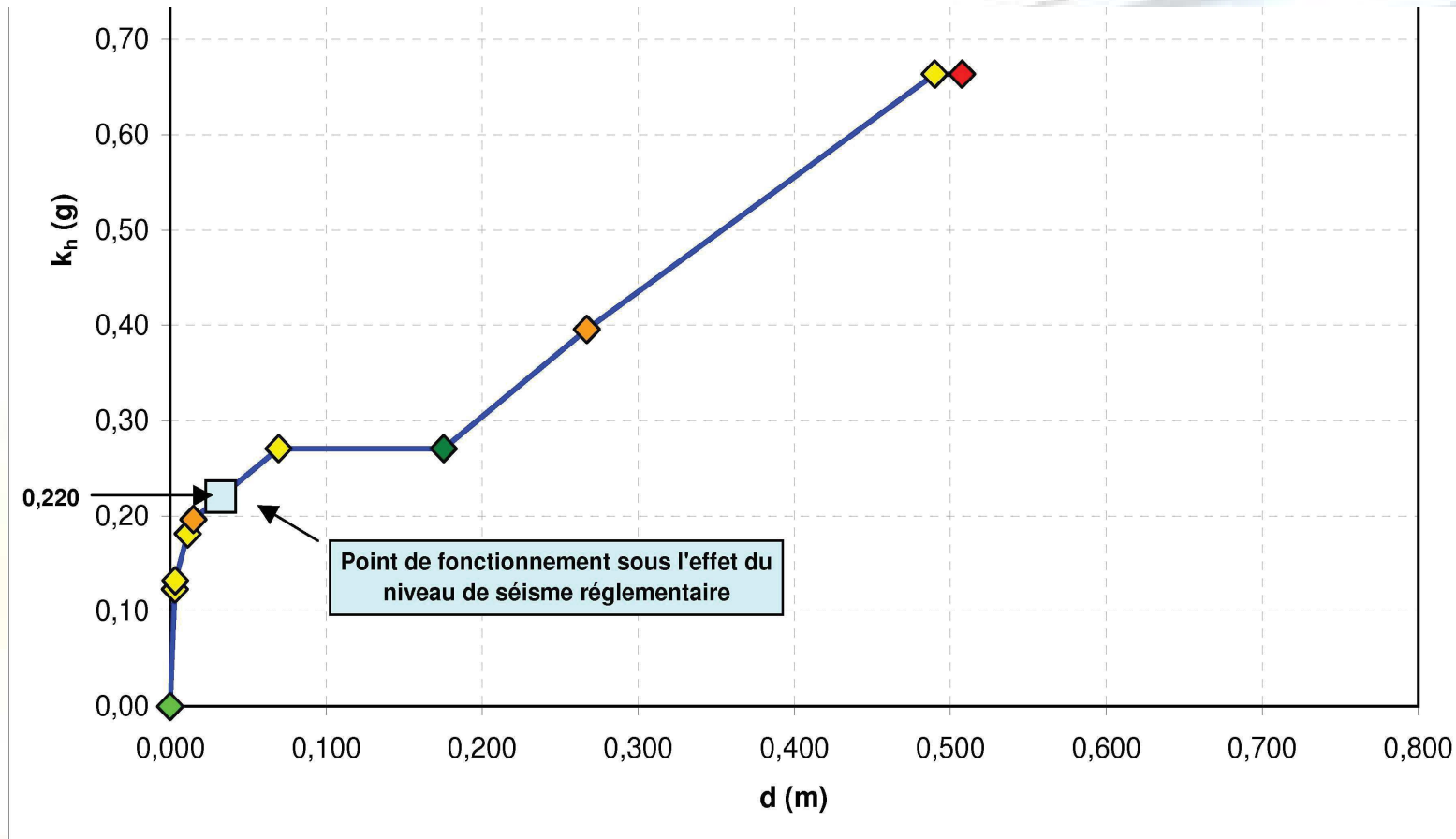
Courbe de capacité globale et point de fonctionnement



Application de la méthode en poussée progressive pour le diagnostic sismique d'un portique en béton armé_DD

Application au cas d'étude

Courbe de capacité globale et point de fonctionnement



Application de la méthode en poussée progressive pour le diagnostic sismique d'un portique en béton armé_DD

Conclusions

- ➔ Méthode en poussée progressive très efficace et bien adaptée au diagnostic des ouvrages existants (*mais nécessite une bonne connaissance des données structurales d'entrée*)
- ➔ Un peu plus complexe à mettre en œuvre qu'une analyse élastique linéaire classique (*itérations successives*)
- ➔ Permet de mieux représenter la résistance réelle de la structure (*redistributions d'efforts internes après défaillance locale de certains éléments*)

Enseignements pour l'ouvrage étudié

➔ Quelques désordres sous sollicitations sismiques réglementaires

- Fissuration des piédroits
- Glissement d'une semelle et poinçonnement de l'autre selon les critères de justification de l'EC8 (*plus sévères que PS92*)

➔ Pas de nature à remettre en cause l'intégrité structurale de l'ouvrage ni sa fonctionnalité pour les premiers secours

(déformation maxi en tête limitée à 3 cm environ hors prise en compte de l'effet cyclique favorable des sollicitations sismiques)

Enseignements pour l'ouvrage étudié

- ➔ Marge de sécurité très conséquente (*ouvrage capable de supporter plus de 3 fois le niveau de séisme réglementaire avant rupture*)
- ➔ Confirmation de la très faible vulnérabilité sismique de ce type d'ouvrages courants
- ➔ *A noter enfin que la prise en compte de l'interaction sol-structure (assouplissement local lié à l'endommagement des fondations) empêche ici la mobilisation de la capacité d'amortissement ductile (formation de rotules plastiques) dans les piédroits*

Merci de votre attention



Denis DAVI

Cerema / Direction territoriale Méditerranée

PCI « Vulnérabilité des ouvrages de Génie Civil
aux aléas sismiques et hydrauliques »

04 42 24 76 81 ou 04 72 14 32 25

denis.davi@cerema.fr