



Journée technique du CFMS du 5 décembre 2017

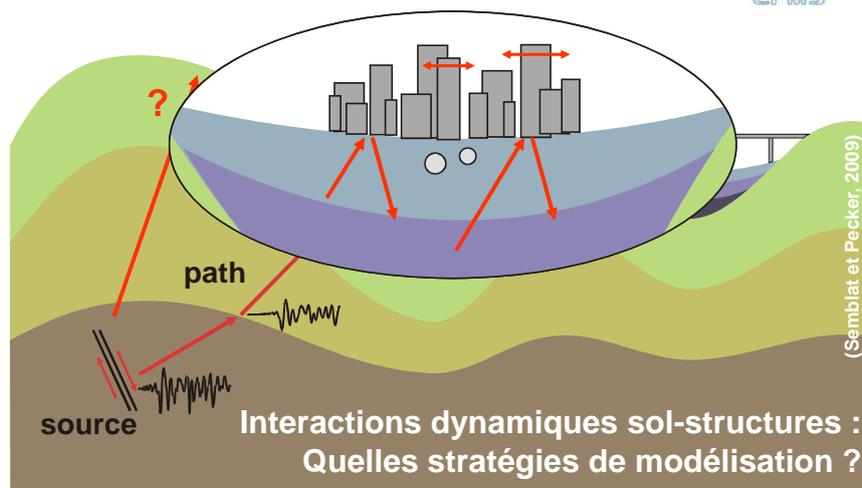
« *Pratique de l'interaction sol-structure sous sollicitations statiques et sismiques* »

Interactions multiples sol-structures sous séismes

J.F.Semblat⁽¹⁾, Y.Abboud⁽²⁾, M.P.Santisi⁽³⁾, R.Fares⁽³⁾, C.Varone⁽⁴⁾ et al.

⁽¹⁾ ENSTA-ParisTech, ⁽²⁾ Terrasol, ⁽³⁾ Université Côte d'Azur, ⁽⁴⁾ ESITC-Paris

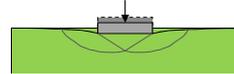
Introduction



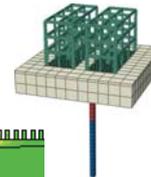
Contenu



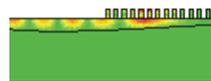
1. Modélisation des fondations



2. Interactions sol-structures



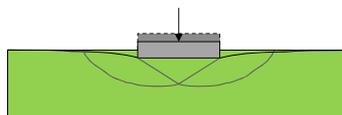
3. Interaction site-ville



4. Conclusions/perspectives



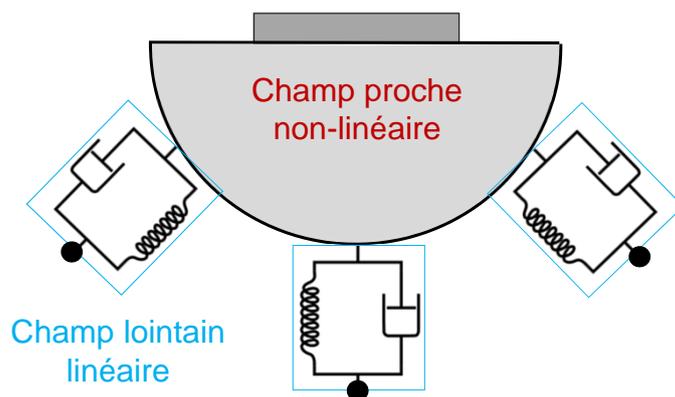
1/ Modélisation des fondations



1/ Modélisation des fondations



- Approche « macro-élément » :



Journée Technique du CFMS du 5 décembre 2017 – Interaction Sol-Structure

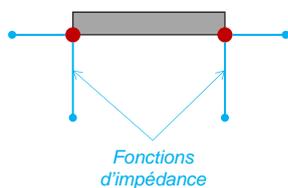
5

1/ Modélisation des fondations

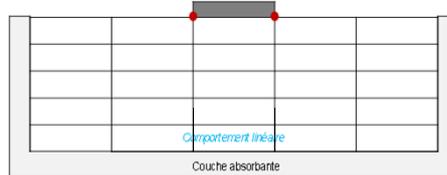


- Approche « macro-élément » :

Méthode classique (SMM)



Nouvelle approche hybride (HMM)



(Abboud et al., 2015)

- 3 mécanismes plastiques :
 - glissement,
 - capacité portante,
 - basculement

Journée Technique du CFMS du 5 décembre 2017 – Interaction Sol-Structure

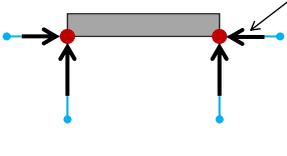
6

1/ Modélisation des fondations

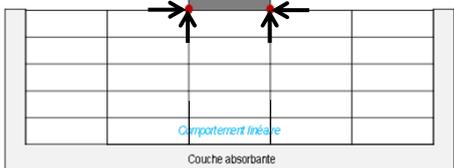


- Macro-élément : calcul des forces nodales

$$\int_{\Omega-\{ME\}} [K^E] \{u\} + \sum_{ME} \{F\} = \int_{\Omega} f_{vol} + \int_{\partial\Omega} f_{sur}$$



Approche classique (SMM)



Nouvelle approche hybride (HMM)

(Abboud et al., 2015)

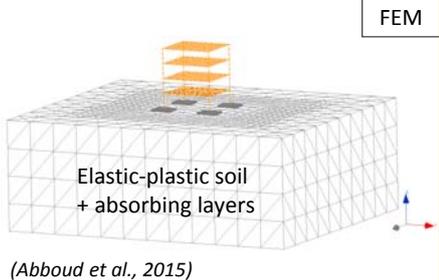
Journée Technique du CFMS du 5 décembre 2017 – Interaction Sol-Structure 7

1/ Modélisation des fondations



- Macro-élément : alternatives

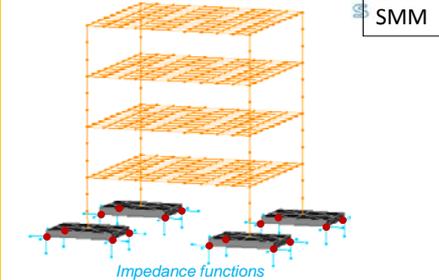
FEM



Elastic-plastic soil
+ absorbing layers

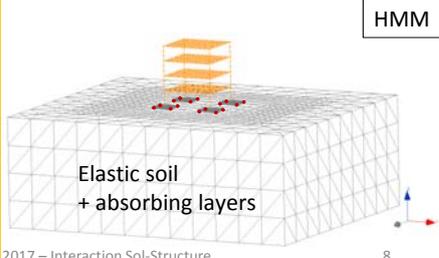
(Abboud et al., 2015)

SMM



Impedance functions

HMM



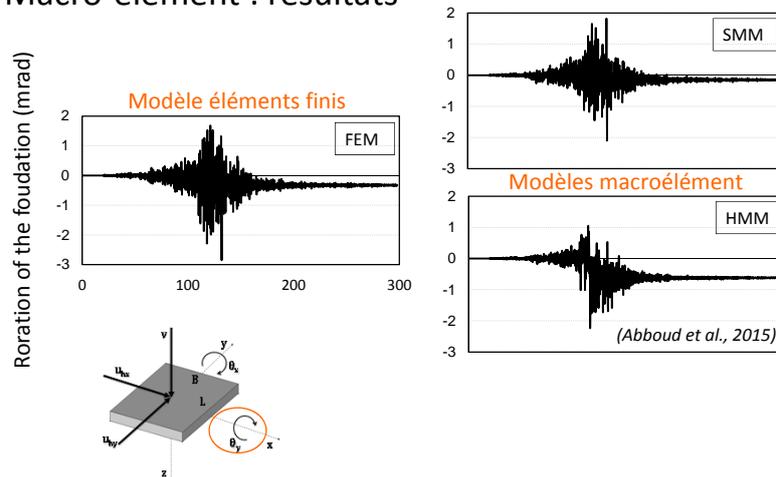
Elastic soil
+ absorbing layers

Journée Technique du CFMS du 5 décembre 2017 – Interaction Sol-Structure 8

1/ Modélisation des fondations



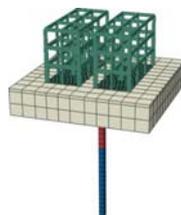
- Macro-élément : résultats



Journée Technique du CFMS du 5 décembre 2017 – Interaction Sol-Structure

9

2/ Interactions sol-structures



Journée Technique du CFMS du 5 décembre 2017 – Interaction Sol-Structure

10

2/ Interactions sol-structures

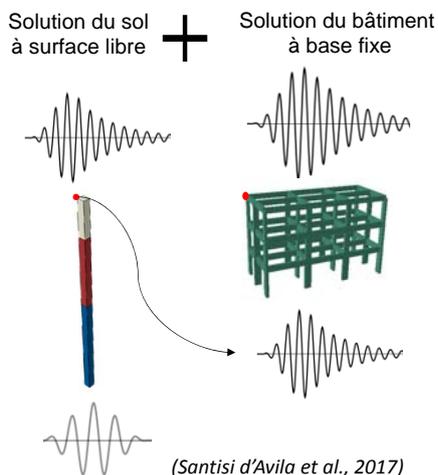


- Sol : colonne 1D

- Analyse : chaînage

- Limitations :

1. Une seule composante
2. Comportement NL 3D sol
3. Sol 1D
4. Prise en compte ISS dynamique

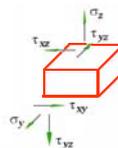
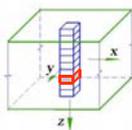


2/ Interactions sol-structures



- Sol : colonne 1D/approche « 3C »

Séisme :
3 composantes



Réponse sol :
Trajet charg^t 3D

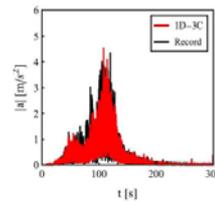
(Santisi d'Avila et al., 2012)

2/ Interactions sol-structures

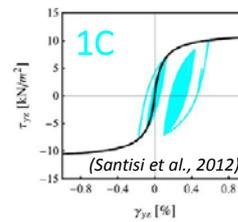
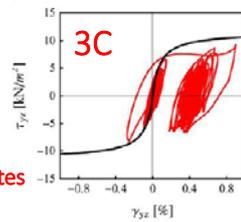


- Sol : colonne 1D/approche « 3C »

Séisme de Tohoku (2011)



1D-3C:
composantes
couplées



1D-1C:
superposition
composantes

(Santisi et al., 2012)

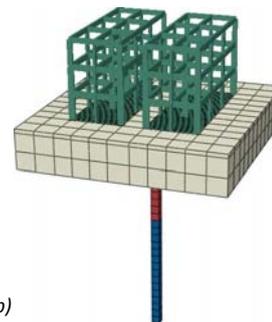
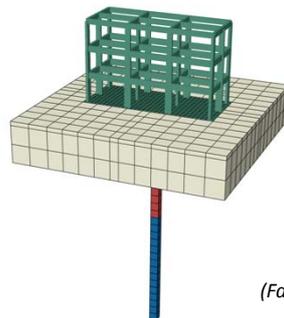
Journée Technique du CFMS du 5 décembre 2017 – Interaction Sol-Structure

13

2/ Interactions sol-structures



- ISS : modèle en « T »



(Fares et al., 2017a,b)

- Réponse de la **fondation superficielle** peut être prise en compte
- L'interaction **structure-sol-structure** peut être étudiée
- **Réduction du temps de modélisation / calcul** (7 fois plus faible)

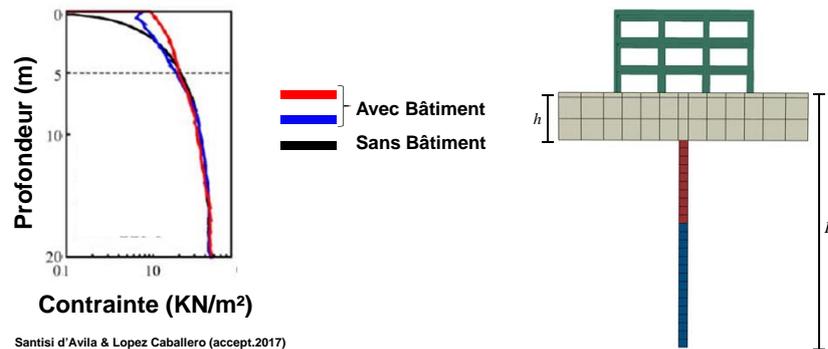
Journée Technique du CFMS du 5 décembre 2017 – Interaction Sol-Structure

14

2/ Interactions sol-structures



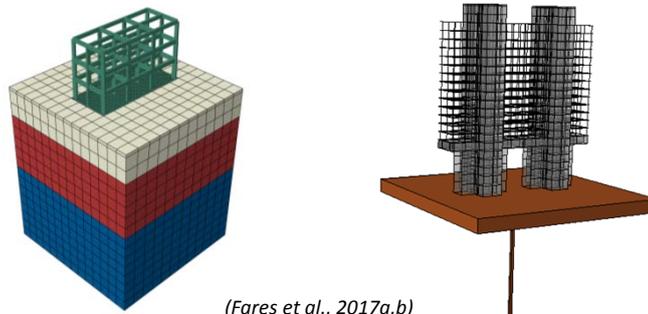
- ISS : modèle en « T »
- Interaction entre bâtiments et sol : premiers mètres



2/ Interactions sol-structures



- ISS : modèle en « T »
- Mise en œuvre : préfecture de Nice

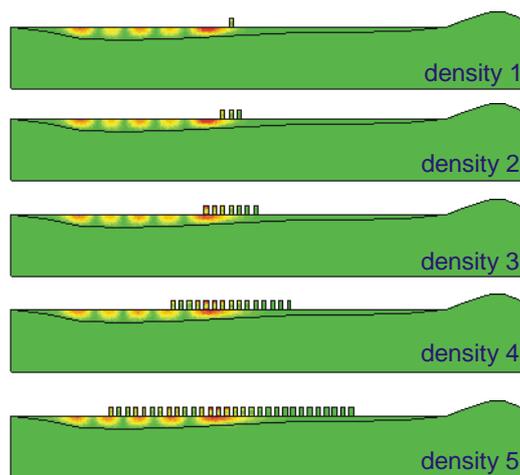




3/ Interactions site-ville

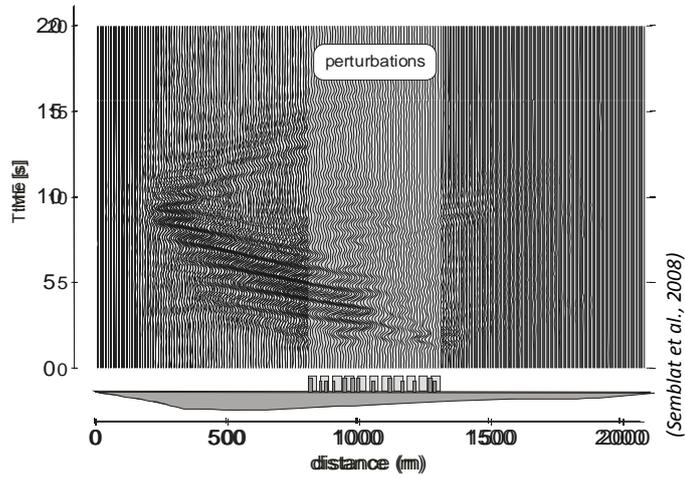


3/ Interactions site-ville (Nice)

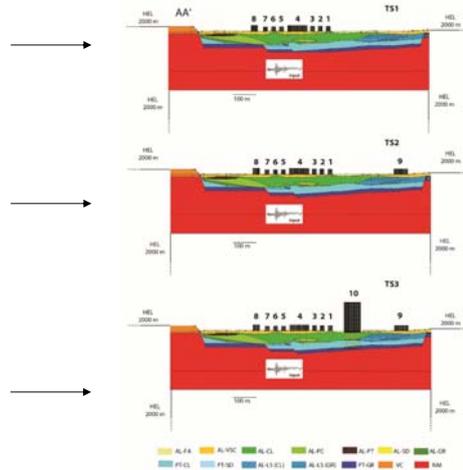


(Semblat et al., 2008)

3/ Interactions site-ville (Nice)



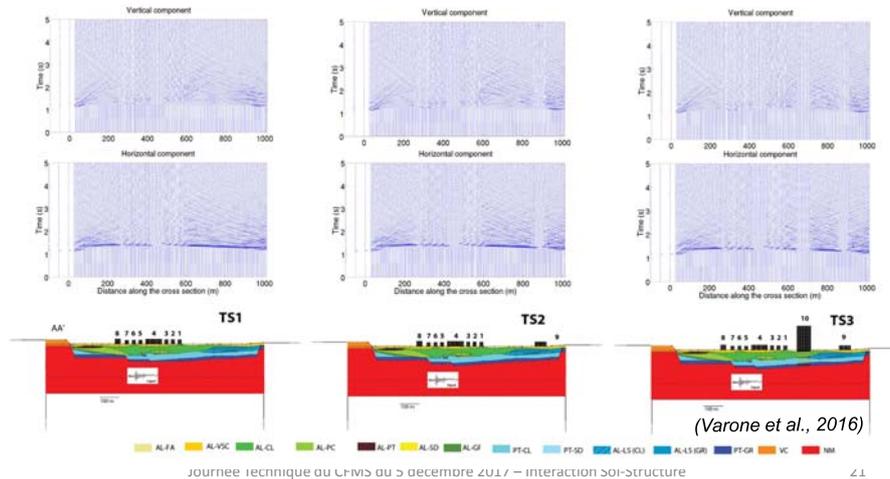
3/ Interactions site-ville (Rome)



3/ Interactions site-ville (Rome)



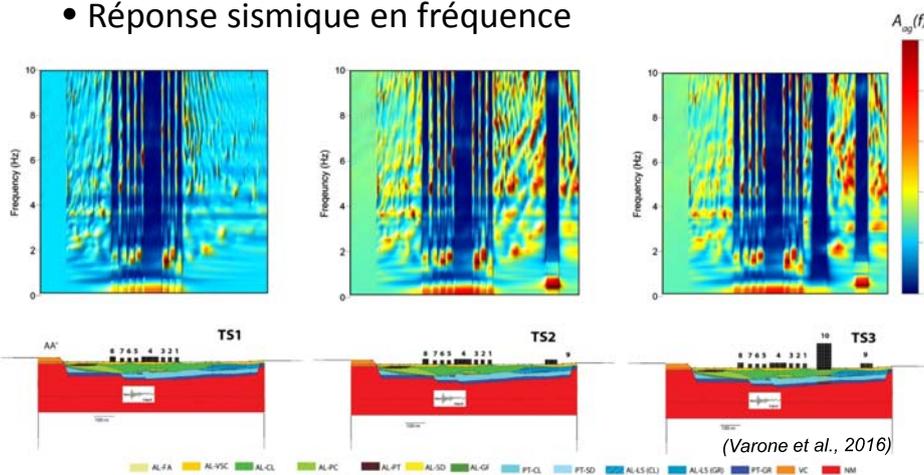
- Réponse sismique en temps



3/ Interactions site-ville (Rome)



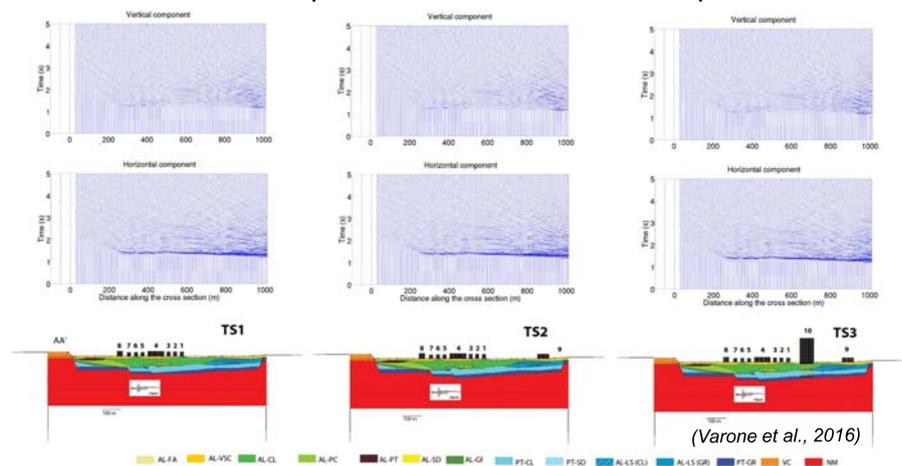
- Réponse sismique en fréquence



3/ Interactions site-ville (Rome)



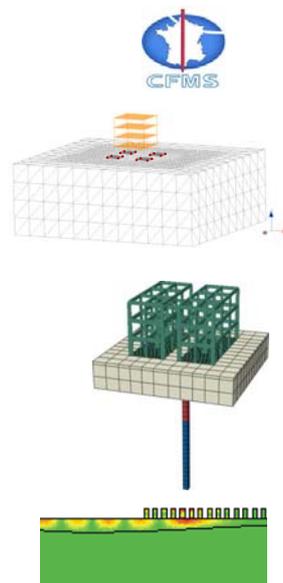
- Perturbations = réponse avec structures – champ libre



23

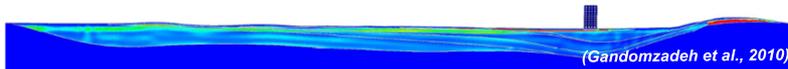
Conclusions

- Modélisation des fondations :
 - Approche macro-élément
 - Modèle hybride : ISS multiple
- Interactions sol-structures :
 - Modèle 1D-3C (validé)
 - Modèle en « T » (en cours)
- Interaction site-ville :
 - ISSS, réduction mouv^t sismique



Perspectives

- Effets des fondations : pieux, multi-supports, macro-éléments
- Influence liquéfaction : approches simplifiées, ANR Isolate, PN barrages
- Effets non linéaires à grande échelle : enjeux, stratégie de modélisation, volume de données considérable !

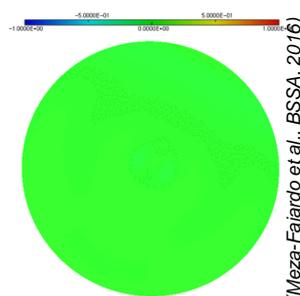


Journée Technique du CFMS du 5 décembre 2017 – Interaction Sol-Structure

25

Questions

https://www.researchgate.net/profile/Jean-Francois_Semblat



Jean-François Semblat
ENSTA-ParisTech
Institut des Sciences de la Mécanique
et Applications Industrielles
F-91120 Palaiseau
jean-francois.semlat@ensta-paristech.fr



Journée Technique du CFMS du 5 décembre 2017 – Interaction Sol-Structure

26

Références

https://www.researchgate.net/profile/Jean-Francois_Semblat



- Abboud Y., Burlon S., Semblat J-F.** (2015). Développement d'un macroélément 3D pour l'analyse du comportement sismique des fondations superficielles, *9^{ème} Colloque National de Génie Parasismique (AFPS)*.
- Chaillat S., Bonnet M., Semblat J.F.** (2009). A new fast multi-domain BEM to model seismic wave propagation and amplification in 3D geological structures, *Geophys. Journal Int.*, 177(2): 509-531.
- Fares R, Santisi d'Avila MP, Deschamps A** (2017a). Advantages and detriments of 1-directional 3-component wave propagation approach for soil-structure interaction modeling, *Procedia Engineering*, 199: 2426-2432.
- Fares R, Santisi d'Avila MP, Deschamps A** (2017b). 1D-3C wave propagation model for Structure-Soil-Structure Interaction analysis, *Engineering Structures*, soumis.
- Gandomzadeh A., Semblat J.F., Lenti L., Santisi d'Avila M.P., Bonilla F.** (2010). Influence of the soil nonlinearities on dynamic soil-structure interaction, *OECD/NEA IAGE/IAEA ISSC Workshop on Soil Structure Interaction Effect on NPPs Structures and Components*, Ottawa, 6-8 Oct.
- Javelaud E., Semblat J-F** (2017). Effets de site sismique pour les ouvrages de surface, *Techniques de l'Ingénieur*.
- Meza-Fajardo KC, Semblat JF, Chaillat S., Lenti L.** (2016). Seismic wave amplification in 3D alluvial basins: 3D/1D amplification Ratios from Fast Multipole BEM Simulations, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 106(3): 1267-1281.
- Santisi d'Avila MP, Lopez Caballero F** (2017). Analysis of nonlinear Soil-Structure Interaction effects: 3D frame structure and 1-Directional propagation of a 3-Component seismic wave, *Computers & Structures*, accept.
- Santisi d'Avila M.P., Lenti L., Semblat J.F.** (2012). Modeling strong seismic motion: 3D loading path vs wavefield polarization, *Geophys. Jnl Int.*, 190: 1607-1624.
- Semblat J.F., Lenti L., Gandomzadeh A.** (2011). A simple and efficient absorbing layer method in elastodynamics, *Int. J. for Numerical Methods in Eng.*, 85(12): 1543-1563.
- Semblat J.F., Pecker A.** (2009). *Waves and vibrations in soils: Earthquakes, Vibrations, Shocks, Construction works*, IUSS Press, Pavia, Italy, 499 p.
- Semblat J.F., Kham M., Bard P.Y.** (2008). Seismic wave propagation in alluvial basins and influence of Site-City Interaction, *Bull. Seism. Soc. of America*, 98(4).
- Varone C., Lenti L., Martino S., Semblat J.F.** (2015). Interaction site-ville à Rome : modélisation géologique et numérique des effets de l'urbanisation récente. *9^{ème} Colloque National de Génie Parasismique (AFPS)*.
- Varone C., Lenti L., Martino S., Semblat J.F.** (2016). Site-City Interaction in a recent urbanized area: preliminary results for the case study of Rome (Italy). *ESG 5 - IASPEI/IAEE International Symposium: Effects of Surface Geology on Seismic Motion*, Taipei, Taiwan.