



**HAL**  
open science

# Etude des effets d'Interactions Sol - Structure sous sollicitation sismique à l'échelle de l'agglomération lyonnaise

Julie Rodet, Stéphane Brûlé, Benoit Tauzin, Philippe Gueguen, Olivier Coutant

## ► To cite this version:

Julie Rodet, Stéphane Brûlé, Benoit Tauzin, Philippe Gueguen, Olivier Coutant. Etude des effets d'Interactions Sol - Structure sous sollicitation sismique à l'échelle de l'agglomération lyonnaise. 5èmes Rencontres Scientifiques et Techniques Résif, Nov 2021, Obernai (67210), France. hal-03481011

**HAL Id: hal-03481011**

**<https://hal.science/hal-03481011v1>**

Submitted on 15 Dec 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Etude des effets d'Interactions Sol - Structure sous sollicitation sismique à l'échelle de l'agglomération lyonnaise



Laboratoire de Géologie de Lyon  
Terre Planètes Environnement

Projet Distributed Acoustic Sensing Auvergne Rhône-Alpes (DASARA)

Julie Rodet<sup>1</sup>, Stéphane Brûlé<sup>2</sup>, Benoît Tauzin<sup>3</sup>, Philippe Guéguen<sup>4</sup>, Olivier Coutant<sup>4</sup>

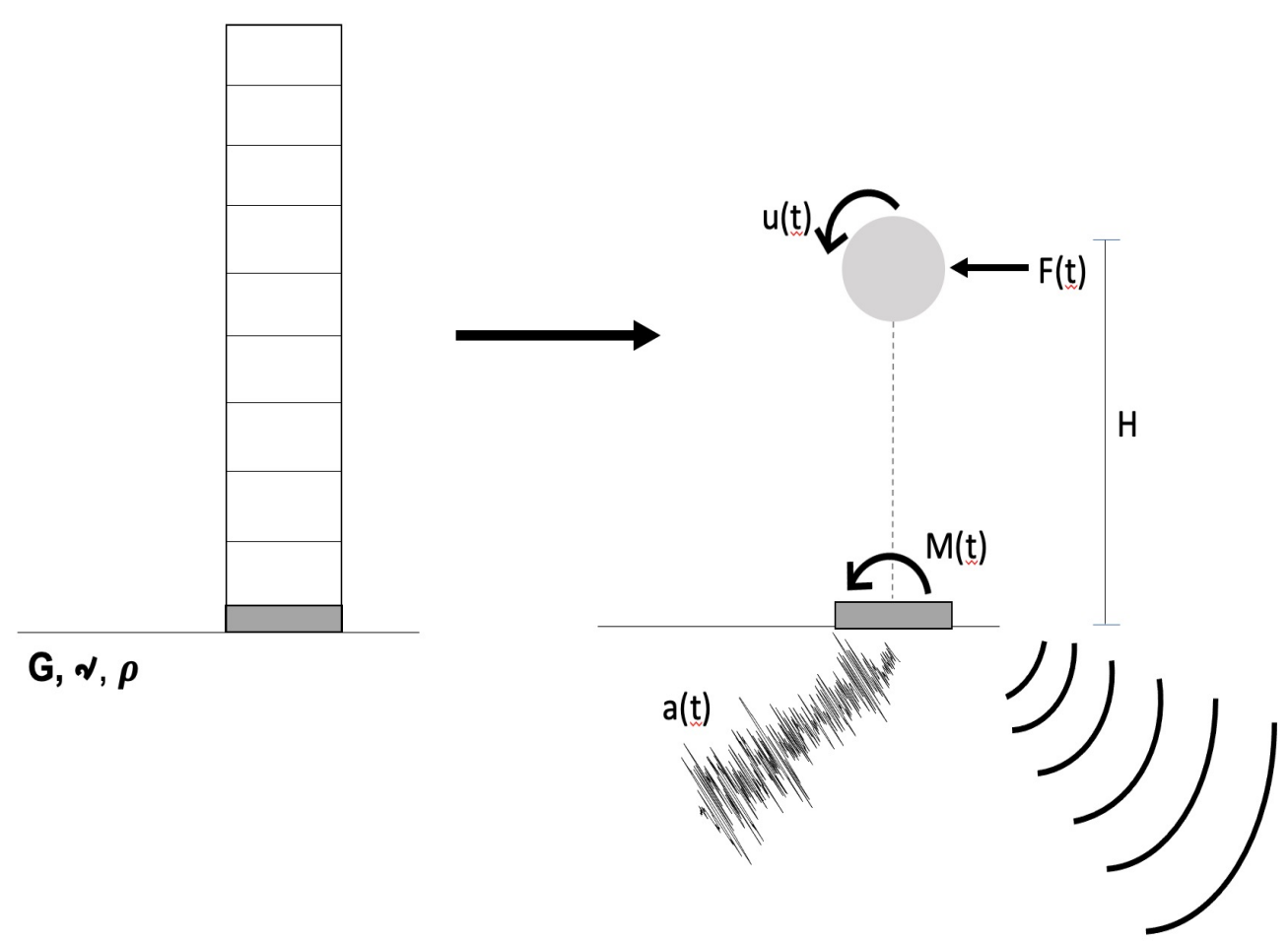
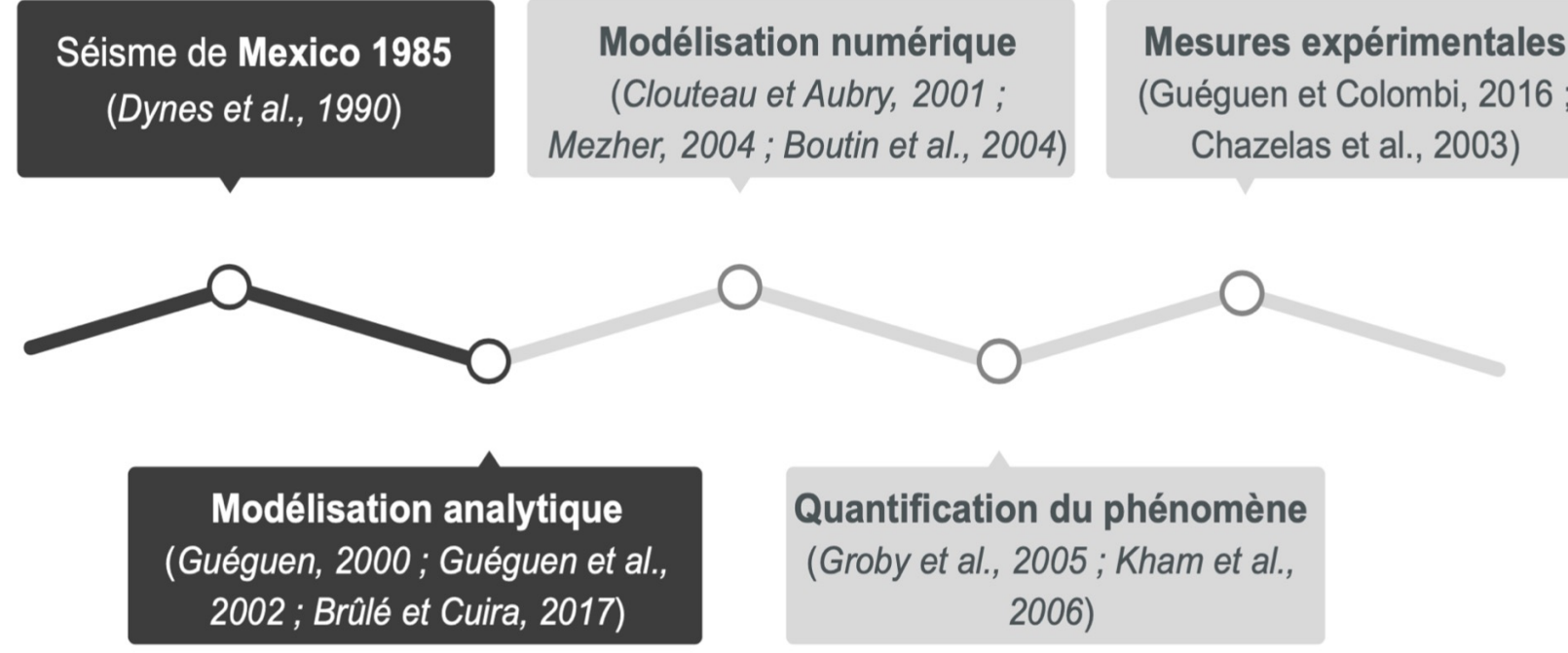
<sup>1</sup>ENS de Lyon, <sup>2</sup>Ménard, <sup>3</sup>LGLTPE - Université Claude Bernard Lyon 1, <sup>4</sup>ISTerre - Université Grenoble Alpes

## Introduction

- La propagation des ondes sismiques induit du **balancement** et du **glissement** au niveau des bâtiments ainsi que des **efforts internes** au niveau des fondations (Brûlé et Cuira, 2017).
- Soumis à des **forces d'inertie**, les bâtiments tentent de préserver leur équilibre en transmettant des efforts à leur sol support. Le **couplage** du système de fondation des bâtiments avec le terrain est ainsi à l'origine de l'interaction inertielle dans le cadre de laquelle la structure devient une **source d'oscillations dynamiques**.

## État de l'art et description des effets d'Interaction Sol-Structure (ISS)

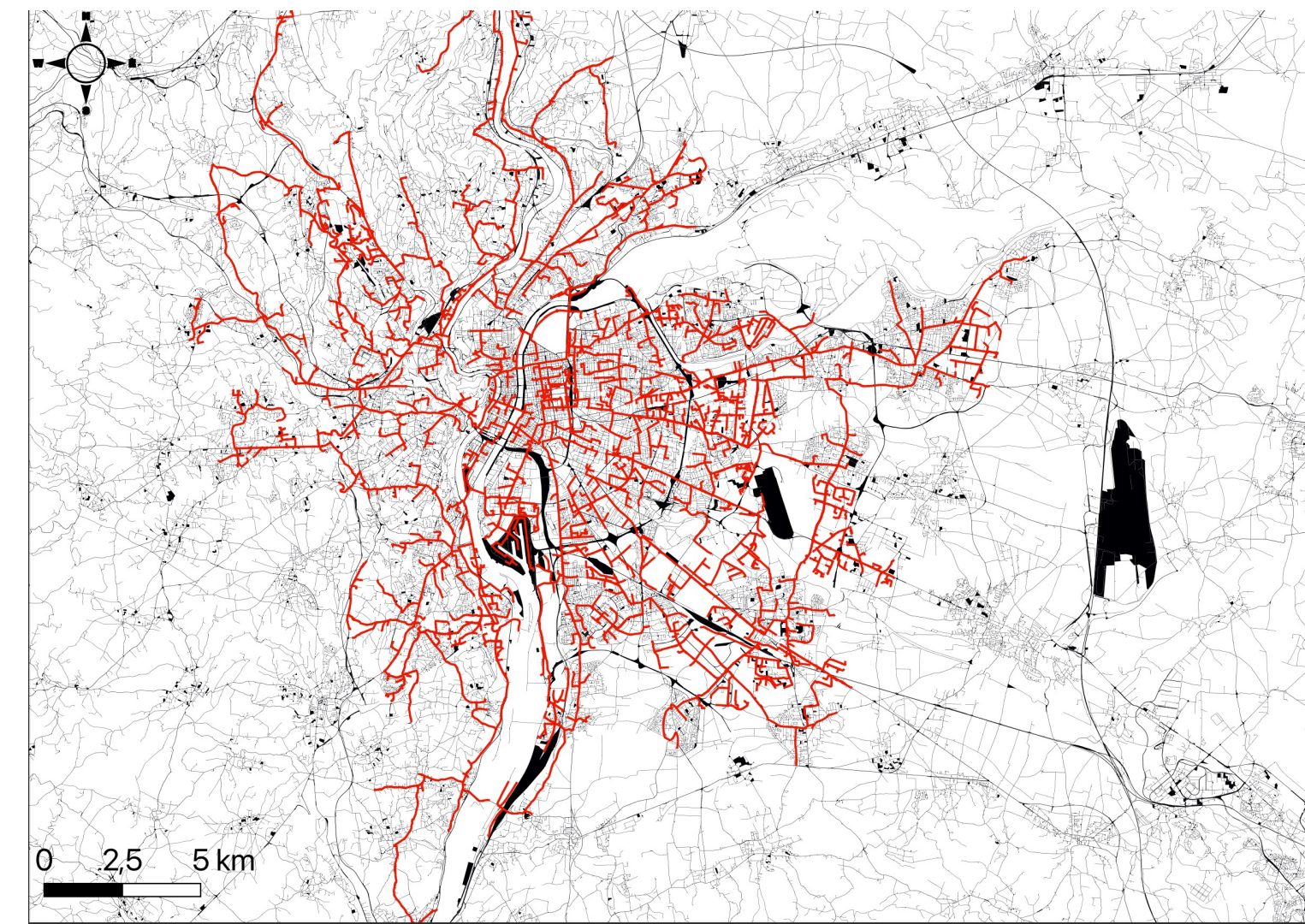
- Longtemps confondus avec les effets de site, les effets de ville ont été mis en évidence lors de la destruction sélective des bâtiments de Mexico en 1985.
- L'étude de l'influence des ondes de surface sur le mouvement des bâtiments et réciproquement celle de l'influence de la configuration d'une ville sur le mouvement du sol ont montré que les structures de surface influencent localement la propagation des ondes sismiques dans les couches de sol superficielles.



- Les effets de l'interaction inertielle entre les éléments de fondation et le sol peuvent être modélisés à l'aide d'oscillateurs analogiques.
- Ce type de modélisation permet de simuler les effets de l'interaction inertielle (Brûlé et Cuira, 2017) sans avoir recours aux éléments spectraux.
- Généralement favorables au dimensionnement des structures sous séismes, les effets d'ISS doivent être pris en compte lors de la conception d'ouvrages sujets à des déformations importantes comme les tours.

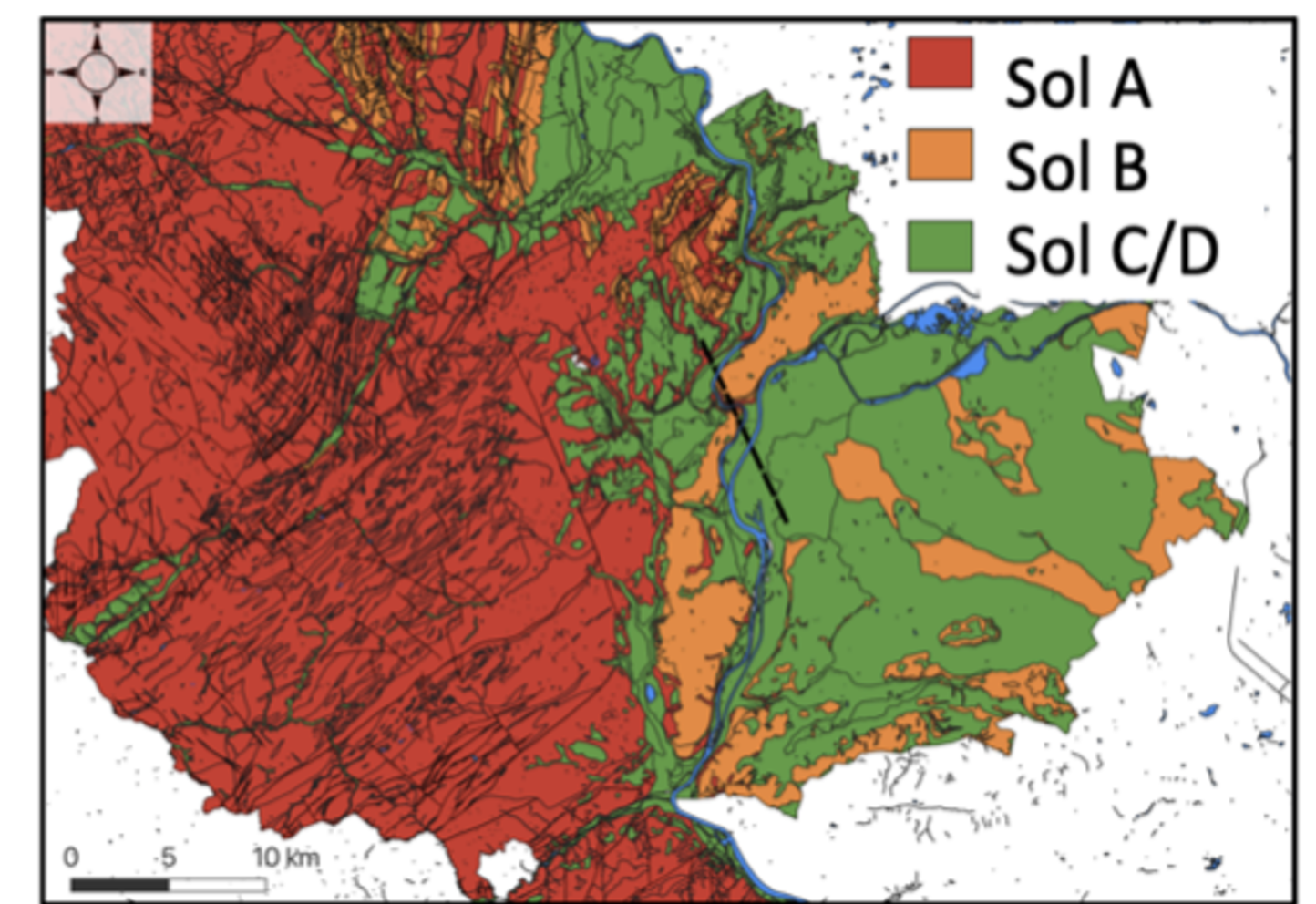
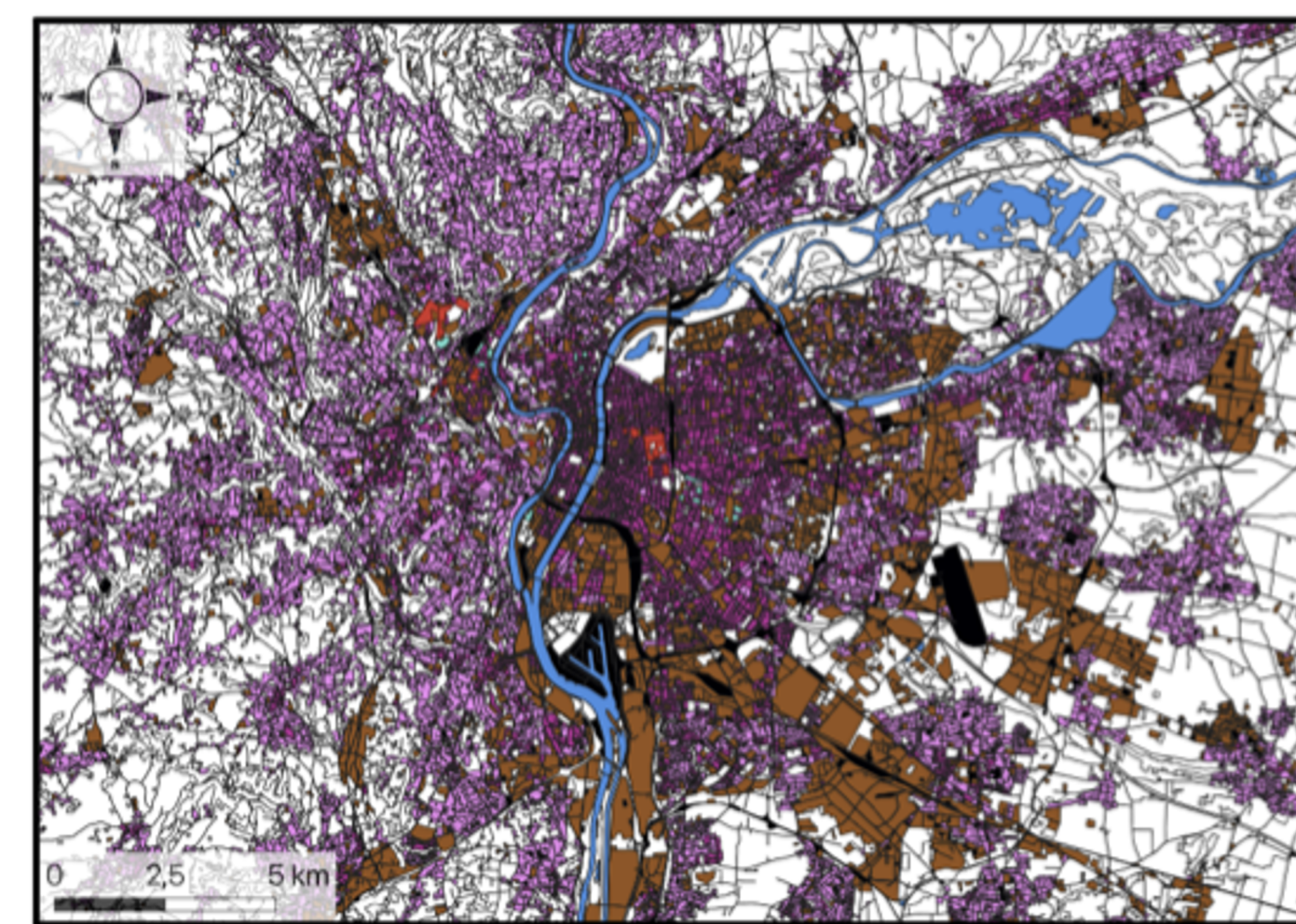
## Objectifs du projet DASARA

### Exploiter le réseau de fibre optique commercial lyonnais comme une antenne sismique géante

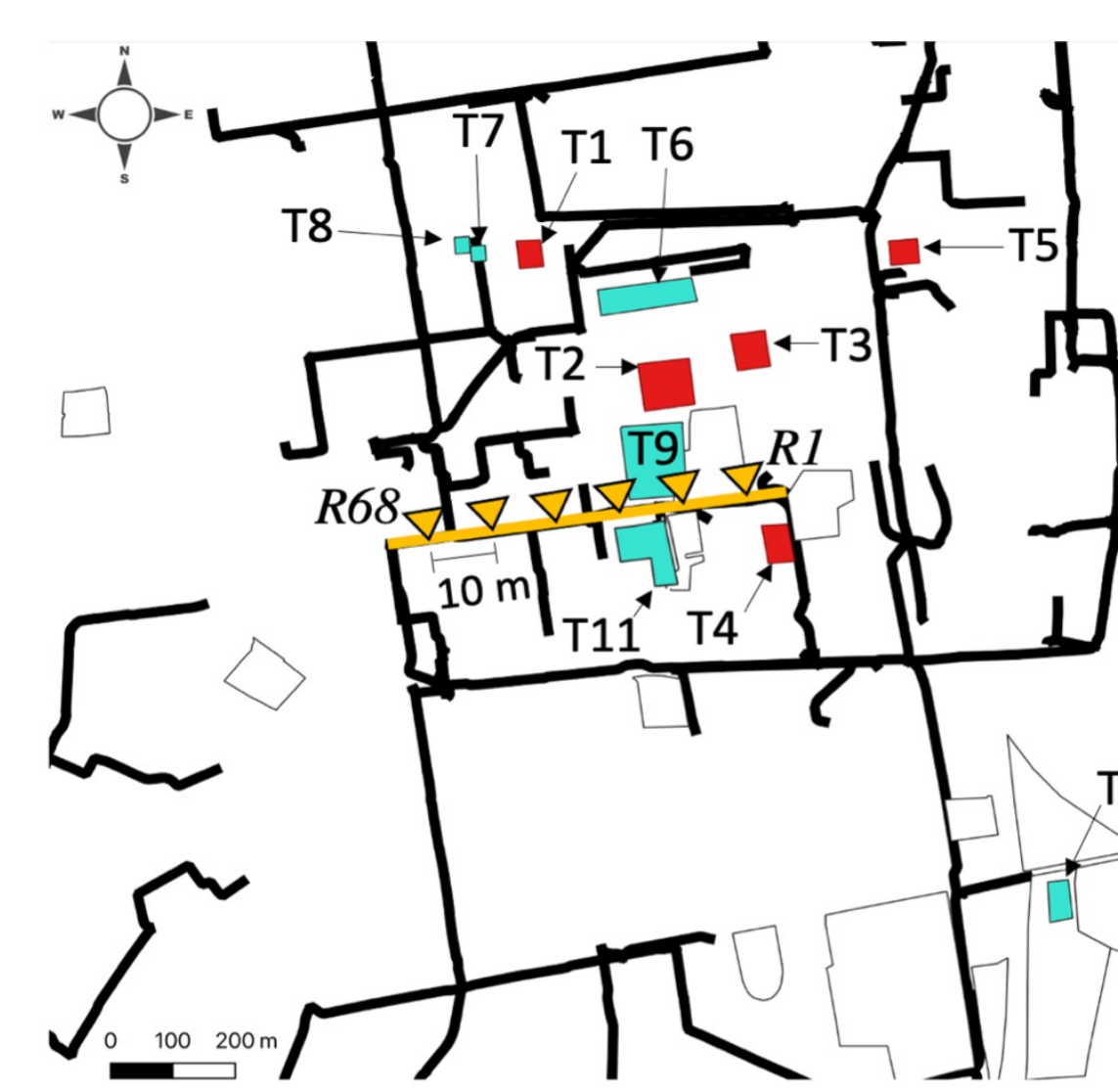
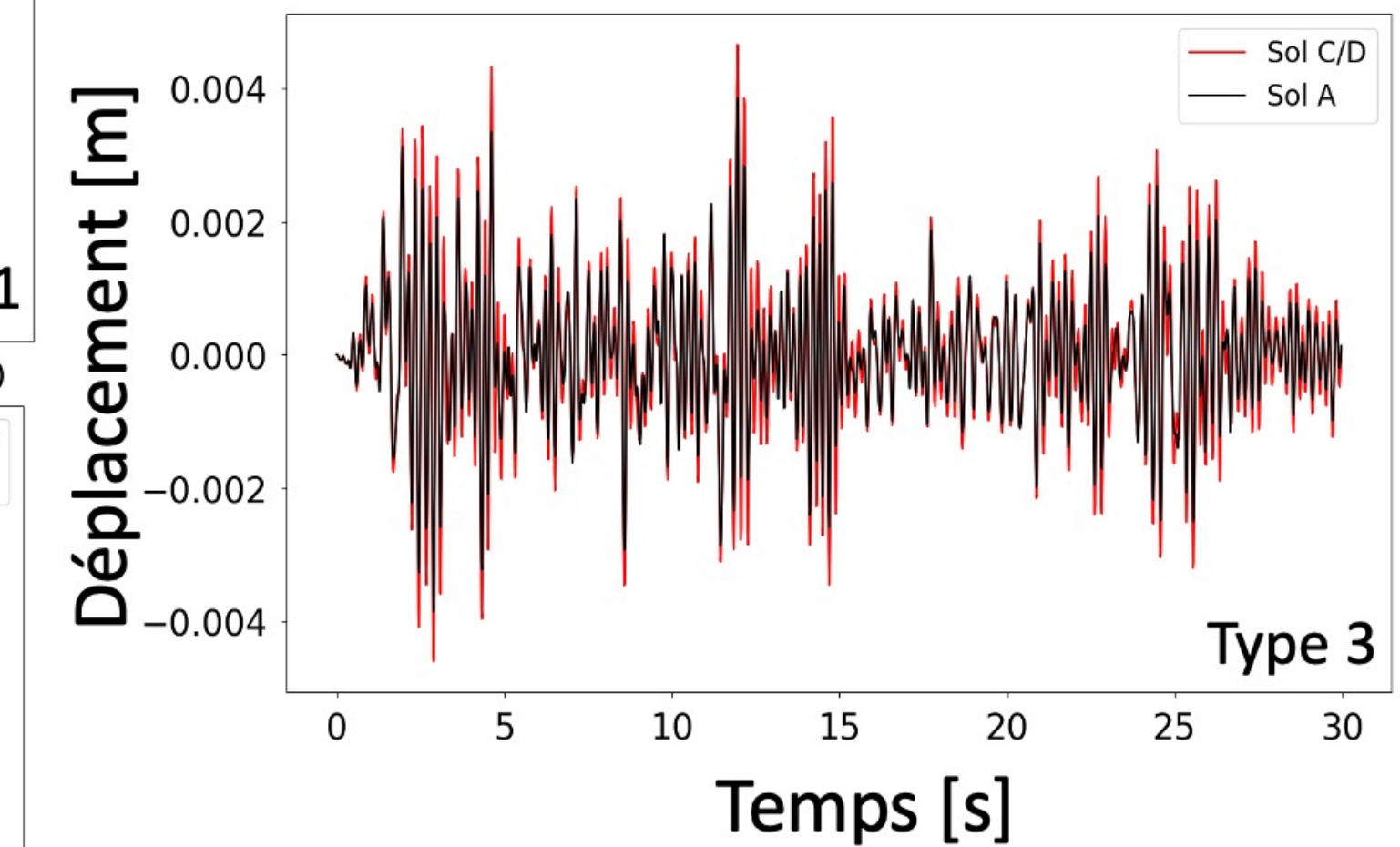
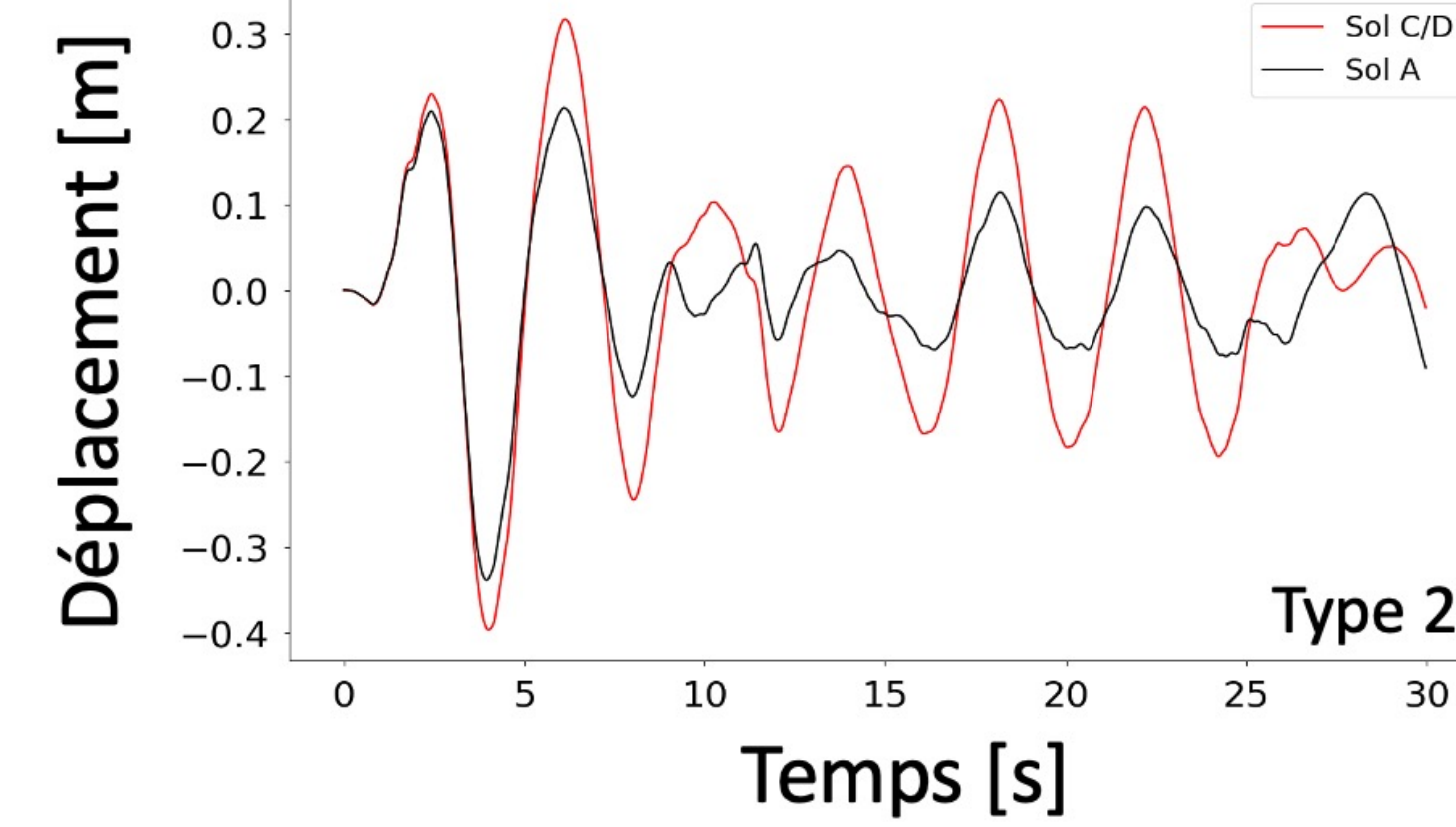
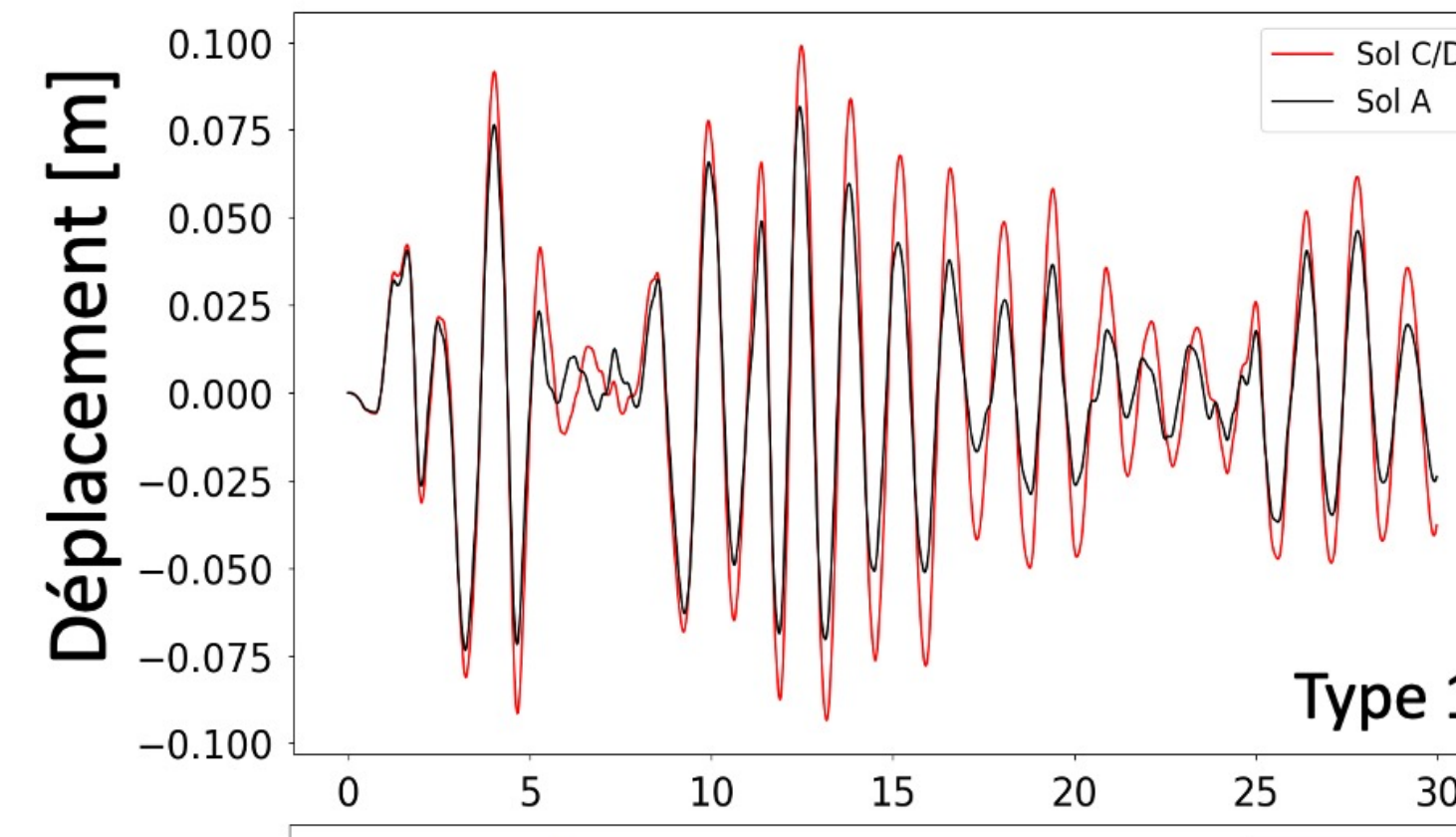


- Acquérir des données à partir d'une route optique commerciale en utilisant la technique de Distributed Acoustic Sensing (DAS)
- Identifier les signatures du bâti lyonnais et comprendre les effets du tissu urbain sur le signal (effets d'ISS)
- Comparer les signaux mesurés aux prédictions de modèles de subsurface
- Caractériser le sol à partir des mesures de déformation de la fibre

## Cartographie et application à la métropole de Lyon



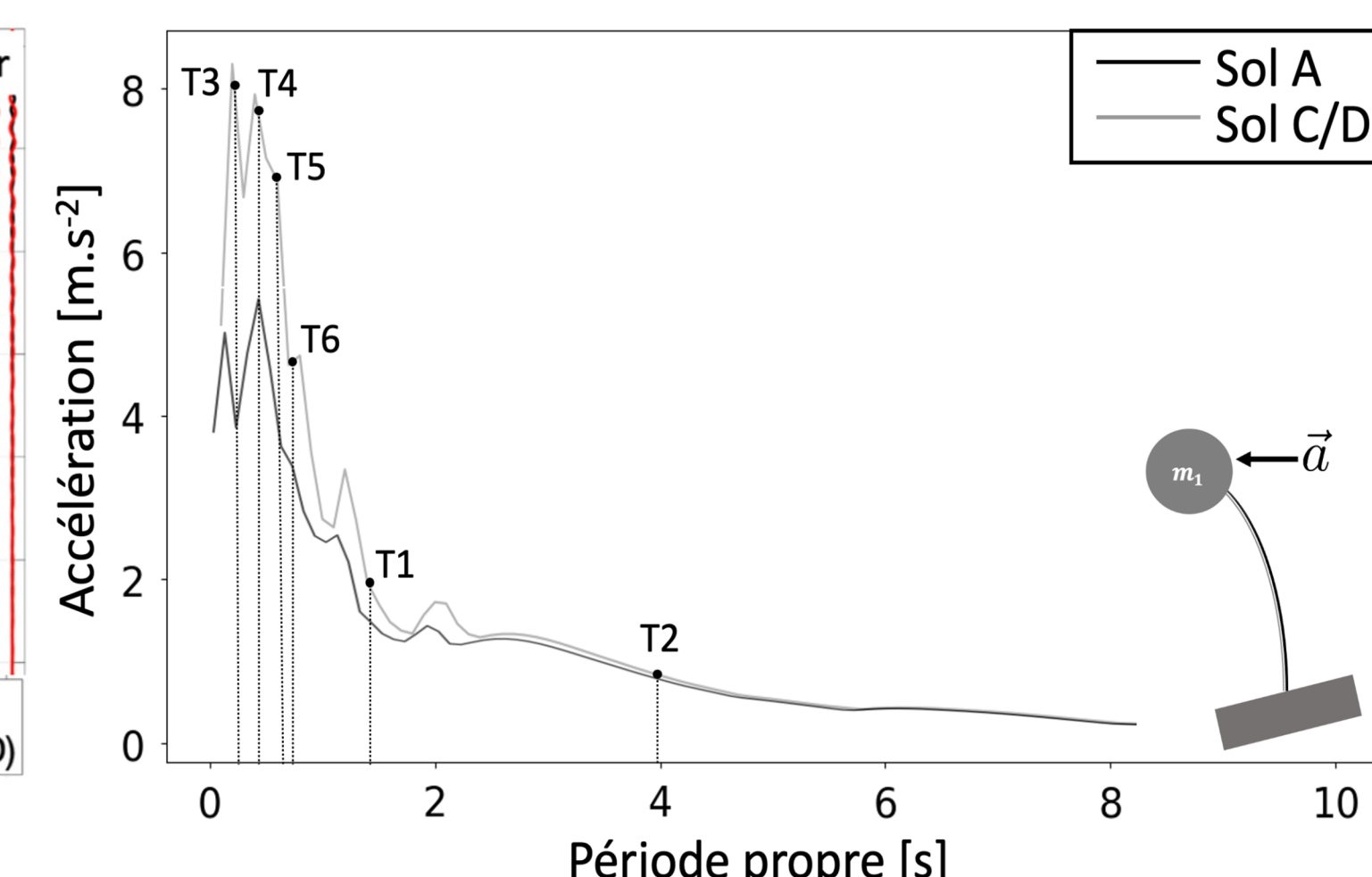
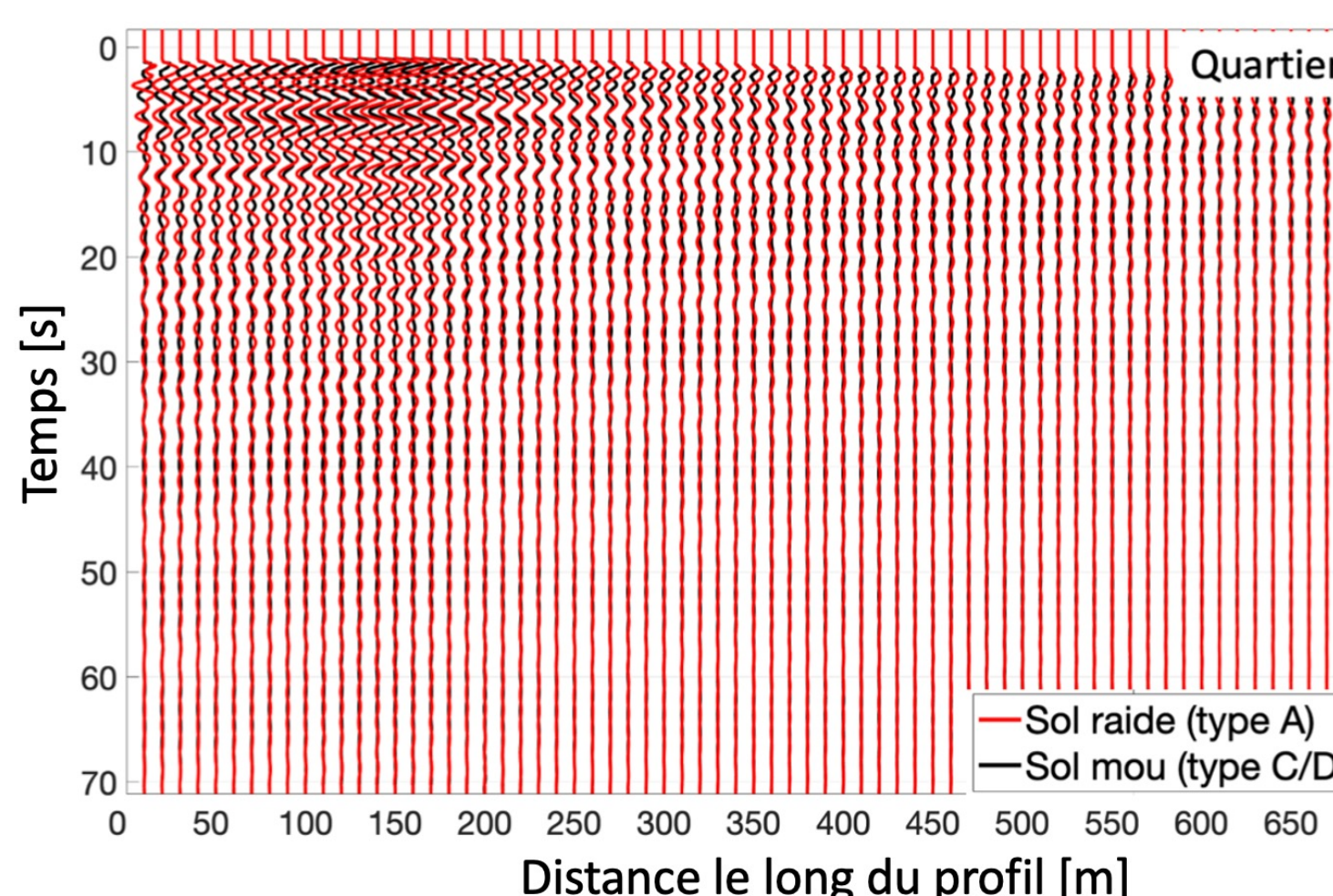
Type	Description	H <sub>bat</sub> m	T <sub>0</sub> s	n <sub>étage</sub> [-]	Surface m <sup>2</sup>
1	Tour de moyenne hauteur	49	1.39	15	225
2	Tour de grande hauteur	199	3.98	61	225
3	Bâtiment industriel	4	0.24	1	625
4	Bâti résidentiel dense	10	0.42	3	100
5	Bâti résidentiel peu dense	10	0.61	5	100



**Légende**

- Tours de moyennes hauteurs (> 55 m)
- Tours de grandes hauteurs (> 80 m)
- Réseau de fibre optique
- Capteur (R1 à R6)
- Rue du Docteur Bouchut

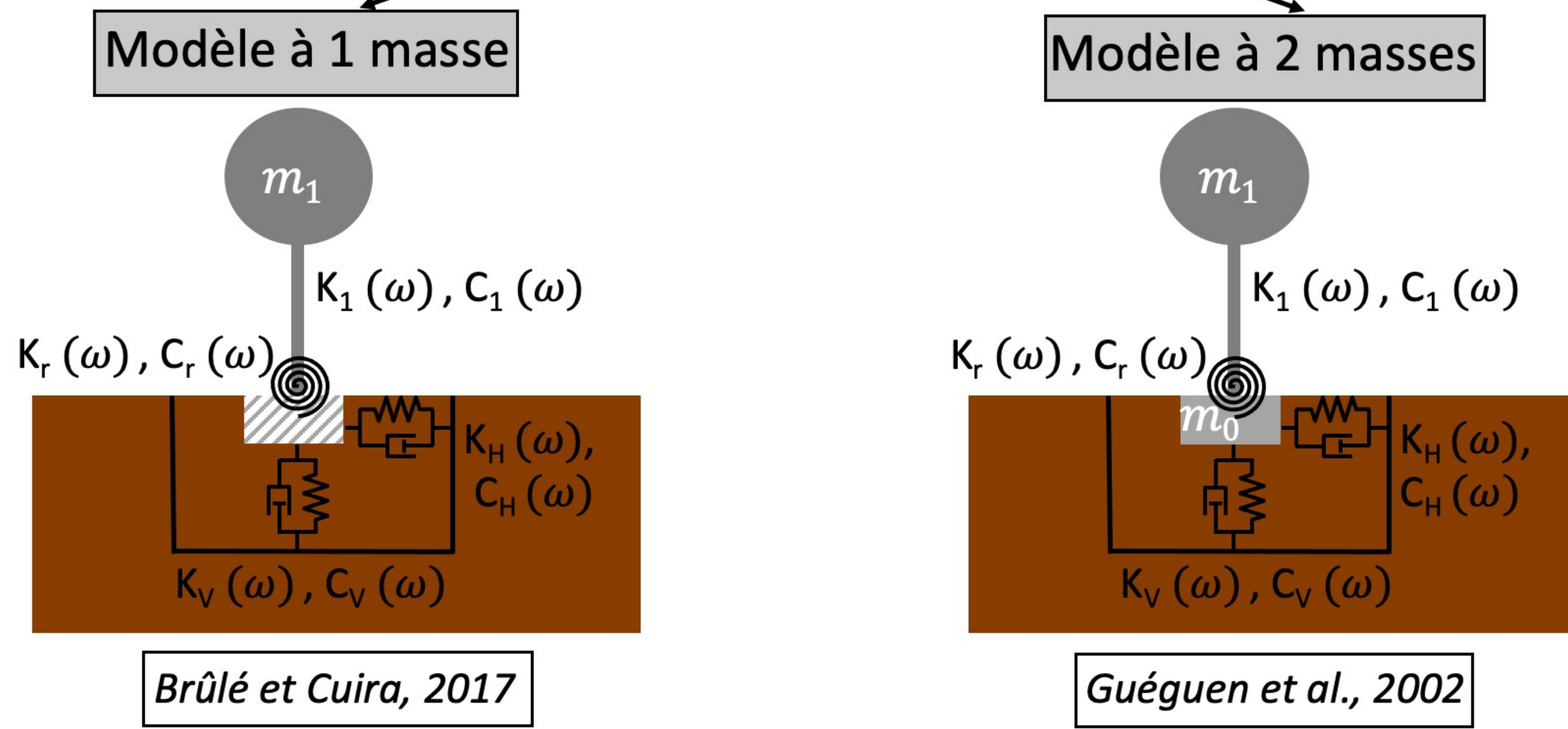
Número	Nom	H <sub>bat</sub> m	n <sub>étage</sub> [-]	Type
1	Tour Incity	200	36	2
2	Tour Part-Dieu	165	42	2
3	Tour Oxygène	117	28	2
4	Tour Silex 2	82	21	2
5	Tour Swiss Life	82	21	2
6	Le Britannia	66	15	1
7	Tour Caisse d'Epargne	63	14	1
8	Tour Lafayette	60	14	1
9	Cité administrative	58	12	1
10	Sky 56	56	14	1
11	Tour M+M	56	13	1



## Modélisation numérique des bâtiments

### Modèles d'oscillateurs à base mobile

- Milieu homogène, isotrope et viscoélastique
- Système { Masse(s) + Ressorts amortis de type Kelvin-Voigt }
- Fondations infiniment rigides et sollicitées horizontalement



Brûlé et Cuira, 2017

Guéguen et al., 2002

### Brûlé et Cuira, 2017

$$(1) X_1(\omega) = \frac{F_0}{K_{eq} - m_1 \omega_{eq}^2 + i \omega_{eq} C_{eq}}$$

$$(2) \begin{bmatrix} F_{x1} \\ F_{x0} \\ M_y \end{bmatrix}(\omega) = X_1(\omega) \begin{bmatrix} \omega_0^2 m_1 \\ \omega_0^2 m_1 H_{bat} \end{bmatrix}(\omega)$$

$$(3) \bar{k}_j = k_j(1 + 2i\beta_j) \quad \text{NEHRP, 2012}$$

### Guéguen et al., 2002

$$(4) \begin{pmatrix} X_1 \\ X_0 \\ \phi_{0y} \end{pmatrix}(\omega) = -([K] - [M]\omega^2)^{-1} \bar{m} X_g(\omega) \omega^2$$

$$(5) \begin{bmatrix} F_{x1} \\ F_{x0} \\ M_y \end{bmatrix}(\omega) = \begin{bmatrix} \bar{k}_1 & 0 & 0 \\ 0 & \bar{k}_x & 0 \\ 0 & 0 & \bar{k}_{yy} \end{bmatrix}(\omega) \begin{pmatrix} X_1 \\ X_0 \\ \phi_{0y} \end{pmatrix}(\omega)$$

$$(6) \bar{k}_j = \tilde{k}_j + i\omega \tilde{c}_j \quad \text{Gazetas, 1991}$$

## Détermination des signaux secondaires émis par les bâtiments

Sismogramme  $(x_S, x_R, t) =$  Fonction de Green  $(x_S, x_R, t) * \text{Source}(t)$

$$\begin{bmatrix} S_{x'} \\ S_{y'} \\ S_{z'} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_{xx'} & G_{zx'} \\ G_{xy'} & G_{zy'} \\ G_{xz'} & G_{zz'} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_x \\ M_y \end{bmatrix}$$

**Convolution** des signaux de force déterminés à l'aide des modèles de bâtiments avec des fonctions de Green (réponse impulsionnelle du milieu à une sollicitation ponctuelle) calculées à l'aide d'**Axitra** (O. Coutant 1994).

