



Créé en 2000 pour regrouper des forces marseillaises en photonique, électromagnétisme et traitement des images.



Effectifs.

Aujourd'hui : 175 personnes

83 permanents.

33 AMU : 27 E-C, 6 IATSS,

28 CNRS : 18 chercheurs, 10 ITAs,

22 ECM : 21 E-C, 1 IATSS.

92 non permanents dont 53 doctorants.

Plus de vingt nationalités.

En 2000 : 75 personnes environ

50 permanents (9 CNRS, 22 univ., 19 ECM)

25 doctorants.



- Polarisation et cohérence optique
- Télécommunications et traitement d'antennes
- Traitements et modèles pour la télédétection
- Éléments méthodologiques pour l'image et le signal multi-dimensionnel

TRAITEMENT DE L'INFORMATION ET ONDES ALÉATOIRES

- Etude du vivant
- Instrumentation
- Reconstruction numérique

IMAGERIE AVANCÉE ET VIVANT

IMAGES

ELECTROMAGNÉTISME ET MÉTAMATÉRIAUX

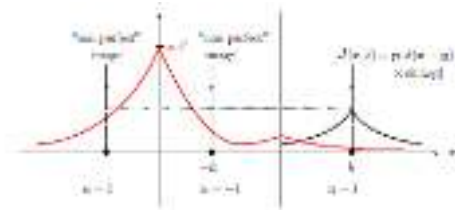
- Modèles et fondamentaux en électromagnétisme
- Méthodes numériques
- Réseaux de diffraction et fibres micro-structurées
- Métamatériaux, invisibilité et protection

NANOPHOTONIQUE ET COMPOSANTS OPTIQUES

- Interaction lumière matière aux échelles nanométriques
- Thermoplasmoniques et nano résonateurs optiques
- Couches minces optiques
- Interaction lumière-matière aux forts flux

COMPOSANTS

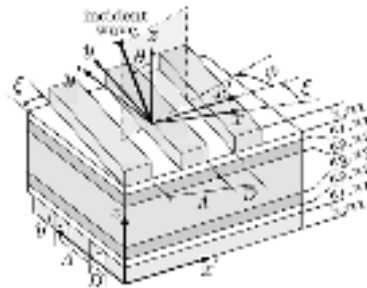
Electromagnétisme et métamatériaux



- Modèles et fondamentaux en électromagnétisme



- Méthodes numériques



- Réseaux de diffraction et fibres microstructurées



- Métamatériaux, invisibilité et protection

Elastodynamique transformationnelle (1)

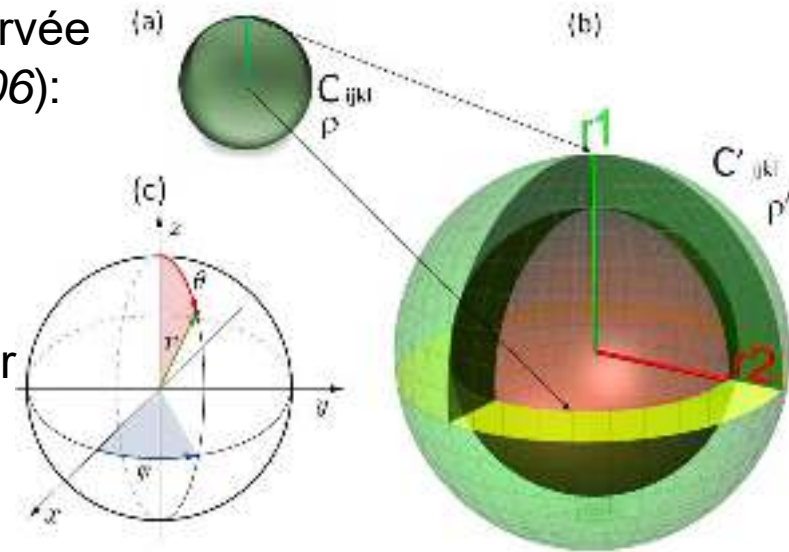
Considérons la transformation de coordonnées sphériques qui applique une sphère pleine de rayon $r < R_2$ sur une sphère évidée $R_1 < r' < R_2$:

$$r' = \frac{r_2 - r_1}{r_2} r + r_1$$

Défi: En règle générale, l'équation de Navier n'est pas invariante par changement de coordonnées. La symétrie du tenseur d'élasticité n'est préservée que pour l'équation de Willis (*Milton et al., 2006*):

$$\begin{aligned} \nabla' \cdot \sigma' &= -i\omega \rho' \mathbf{u}' & \sigma' &= \mathbf{C}' : \nabla' \mathbf{u}' + \mathbf{S} \mathbf{u}' \\ \rho' &= \mathbf{D} \nabla' \mathbf{u}' - i\omega \rho \mathbf{u}' & \mathbf{u}' &= \mathbf{A}^{-T} \mathbf{u} \end{aligned}$$

Si **A est l'identité**, alors Navier est invariante par changement de coordonnées **mais le tenseur d'élasticité transformé est non symétrique** (*Brun et al. 2009; Diatta & Guenneau, 2014*):



$$\nabla \cdot \mathbf{C} : \nabla \mathbf{u} + \rho \omega^2 \mathbf{u} = \mathbf{0} \longrightarrow$$

$$\nabla \cdot \mathbf{C}' : \nabla \mathbf{u} + \rho' \omega^2 \mathbf{u} = \mathbf{0}$$

\mathbf{C}' a 81 coefficients en coordonnées cartésiennes
 ρ' est scalaire (mais hétérogène)



Elastodynamique transformationnelle (1)

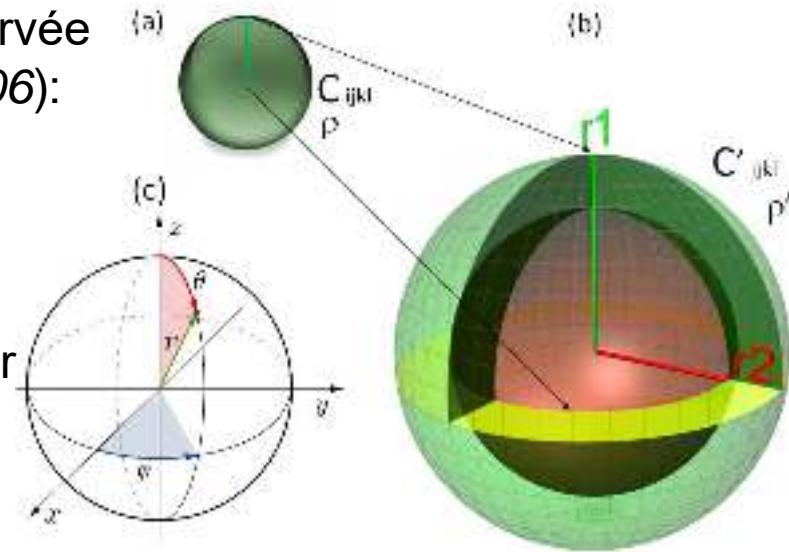
Considérons la transformation de coordonnées sphériques qui applique une sphère pleine de rayon $r < R_2$ sur une sphère évidée $R_1 < r' < R_2$:

$$r' = \frac{r_2 - r_1}{r_2} r + r_1$$

Défi: En règle générale, l'équation de Navier n'est pas invariante par changement de coordonnées. La symétrie du tenseur d'élasticité n'est préservée que pour l'équation de Willis (*Milton et al., 2006*):

$$\begin{aligned} \nabla' \cdot \sigma' &= -i\omega \rho' \mathbf{u}' , & \sigma' &= \mathbf{C}' : \nabla' \mathbf{u}' + \mathbf{S} \mathbf{u}' \\ \rho' &= \mathbf{D} \nabla' \mathbf{u}' - i\omega \rho \mathbf{u}' , & \mathbf{u}' &= \mathbf{A}^{-T} \mathbf{u} , \end{aligned}$$

Si **A est l'identité**, alors Navier est invariante par changement de coordonnées **mais le tenseur d'élasticité transformé est non symétrique** (*Brun et al. 2009; Diatta & Guenneau, 2014*):



$$\nabla \cdot \mathbf{C} : \nabla \mathbf{u} + \rho \omega^2 \mathbf{u} = \mathbf{0} \longrightarrow$$

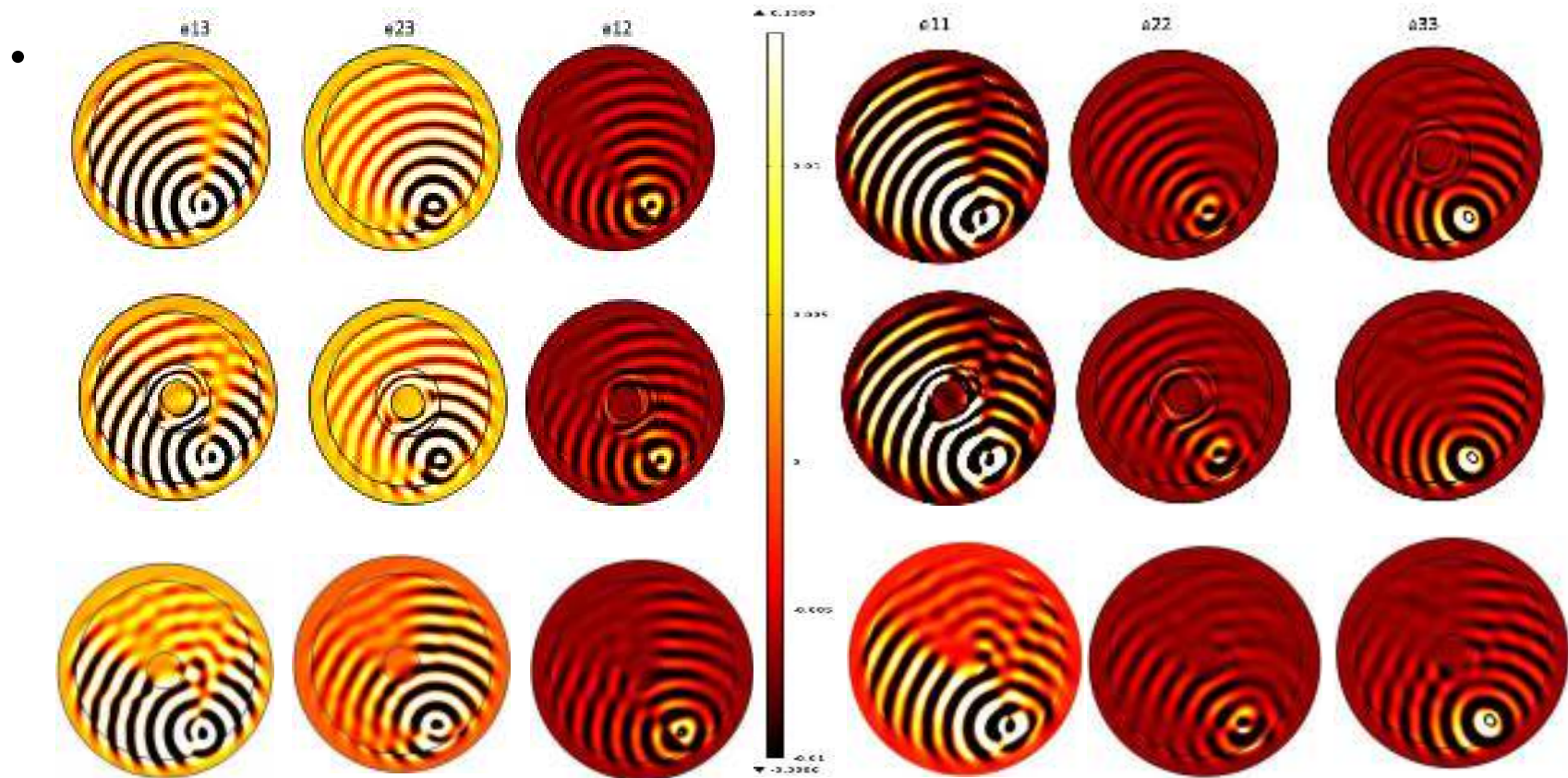
$$\nabla \cdot \mathbf{C}' : \nabla \mathbf{u} + \rho' \omega^2 \mathbf{u} = \mathbf{0}$$

\mathbf{C}' a 81 coefficients en coordonnées cartésiennes
 ρ' est scalaire (mais hétérogène)



Elastodynamique transformationnelle (2)

$$\mathbf{e} := \frac{1}{2}(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)$$



Plot of entries of the strain tensor for a point force on its own (upper row), in presence of a soft obstacle surrounded by a cloak (middle row) and in presence of a soft obstacle without cloak (lower panel).

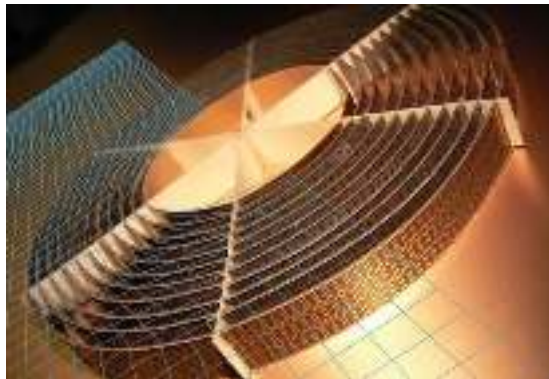


European Research Council

En pratique le milieu transformé est un métamatériau!

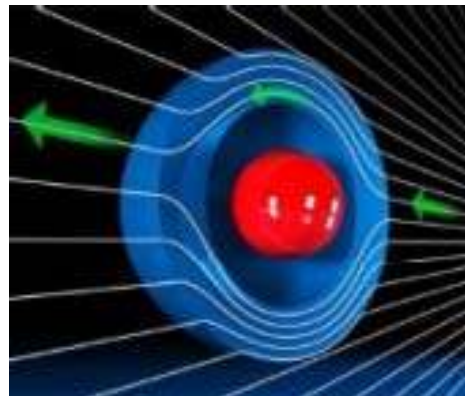
- *En électromagnétisme, la cape d'invisibilité requiert un indice de réfraction qui est une matrice produit de la permittivité ϵ et de la perméabilité μ*
- *En hydrodynamique, l'invisibilité requiert une matrice de viscosité effective*

Cape micro-ondes @ 8.5 GHz
(magnétisme artificiel avec μ)

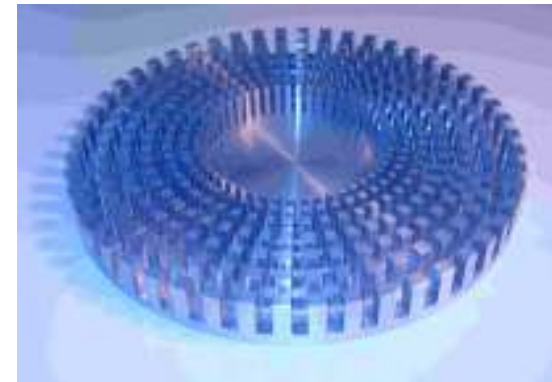


Duke University, Imperial College 2006

Anisotropie artificielle
pour guider les ondes



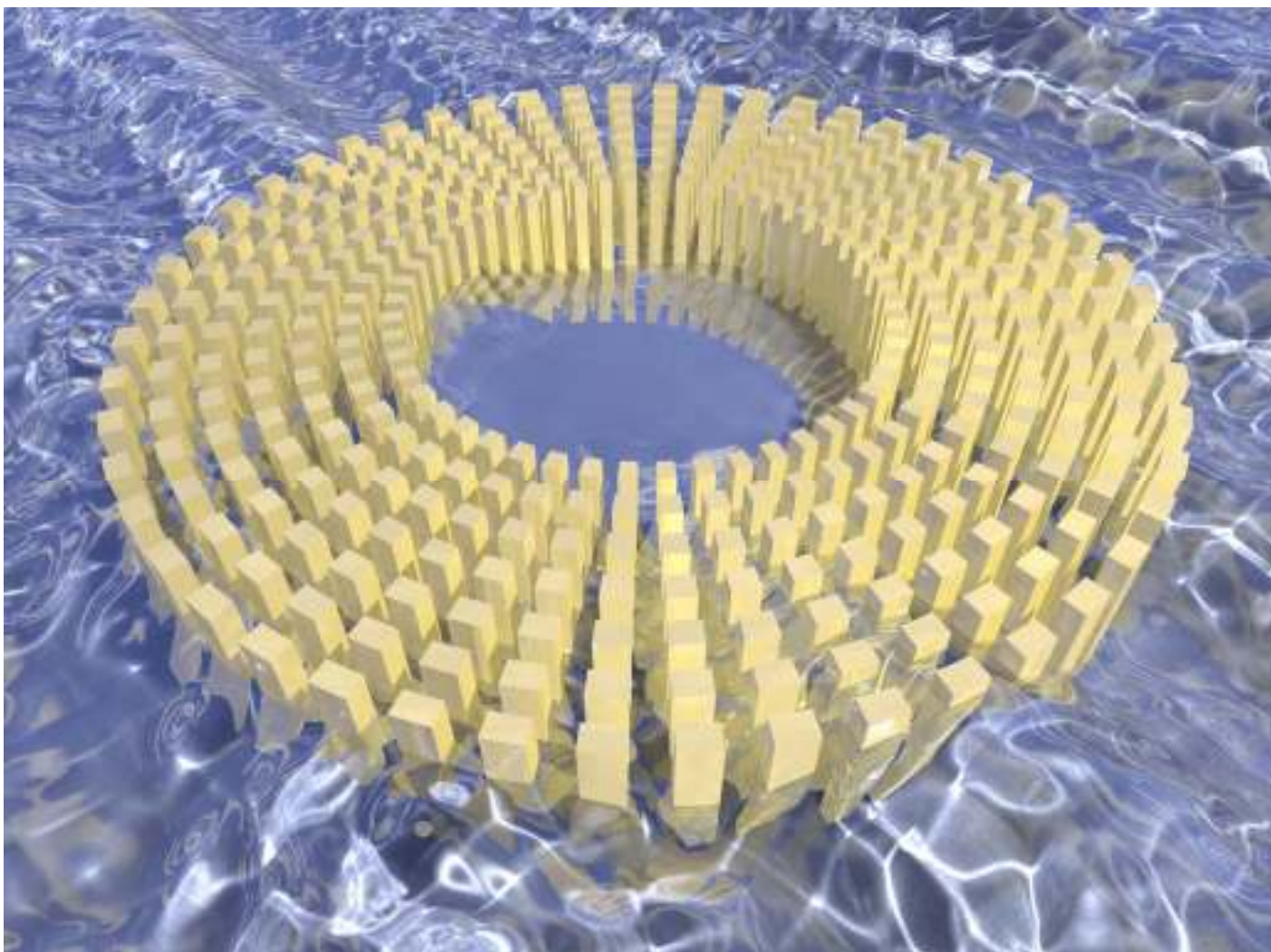
Cape à vagues (5-15Hz)
(fluide effectif anisotrope)



Institut Fresnel (IF), Liverpool University 2008

***Mais l'invisibilité n'est pas qu'un jeu d'ondes et de lumière,
derrière cet effet mirage il y a des enjeux de société...***

L'invisibilité appliquée à la protection contre les vagues

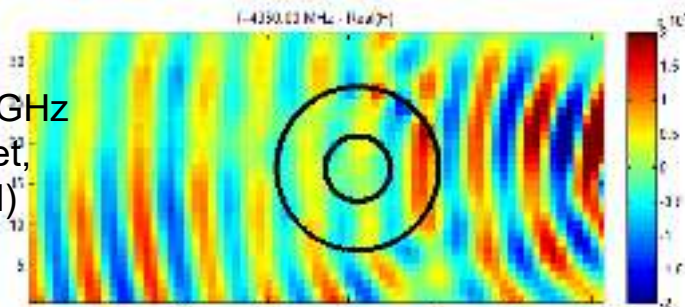
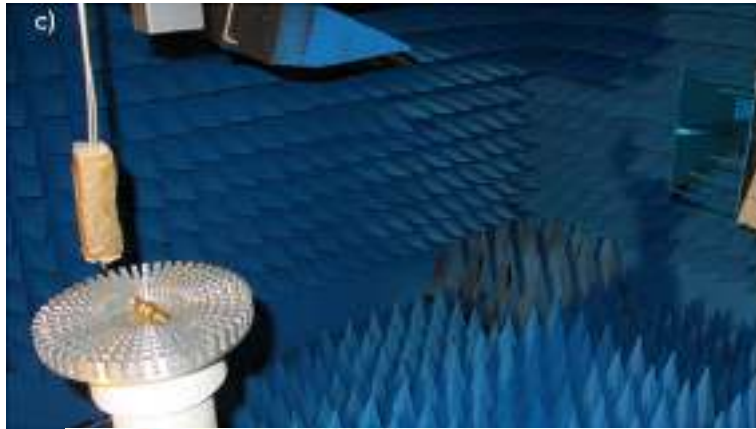


Infographie de la cape à vagues de IF par le groupe de Wegener (KIT)

Un brevet a été déposé en 2015 pour la protection contre les vagues océaniques avec une cape d'invisibilité et une maturation de la SATTSE est en cours avec l'Institut Fresnel et l'Institut de Recherche des Phénomènes Hors Equilibre IRPHE (avec un chercheur CDD: Guillaume Dupont).

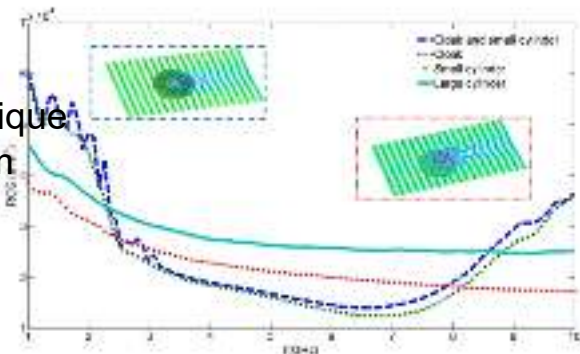
Autres applications de la cape à vagues: invisibilité micro-ondes et sonore

Invisibilité micro-ondes (3-8 GHz)

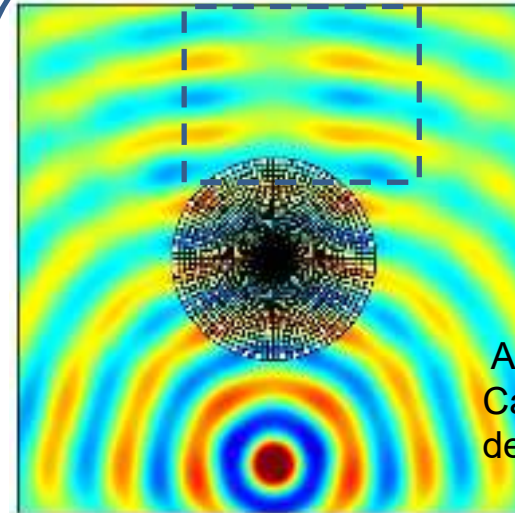


Mesure @4.3 GHz
(Elodie Georget, Institut Fresnel)

Simulation numérique
Redha Abdeddaim
(Institut Fresnel)

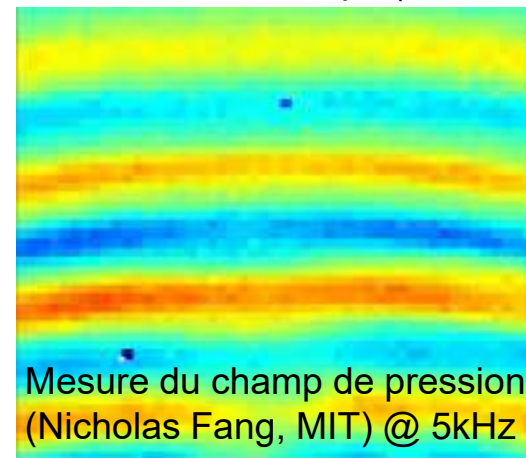


Invisibilité sonore (2-7 kHz)



Simulation numérique (Fresnel)

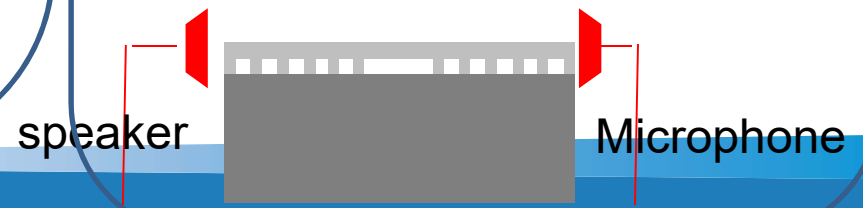
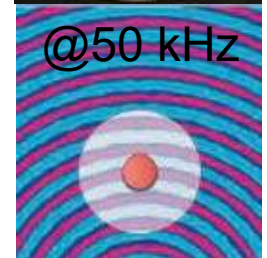
Autre réalisation
Cape acoustique
de Nicholas Fang
(PRL 2011)



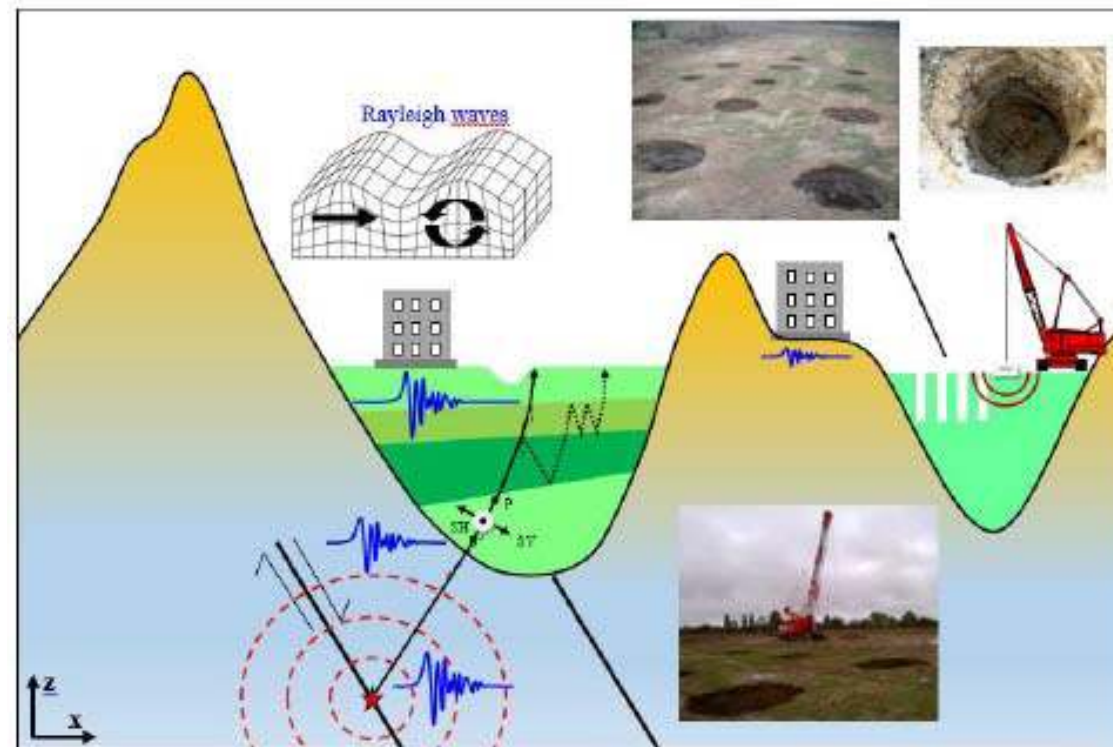
Mesure du champ de pression
(Nicholas Fang, MIT) @ 5kHz



@50 kHz

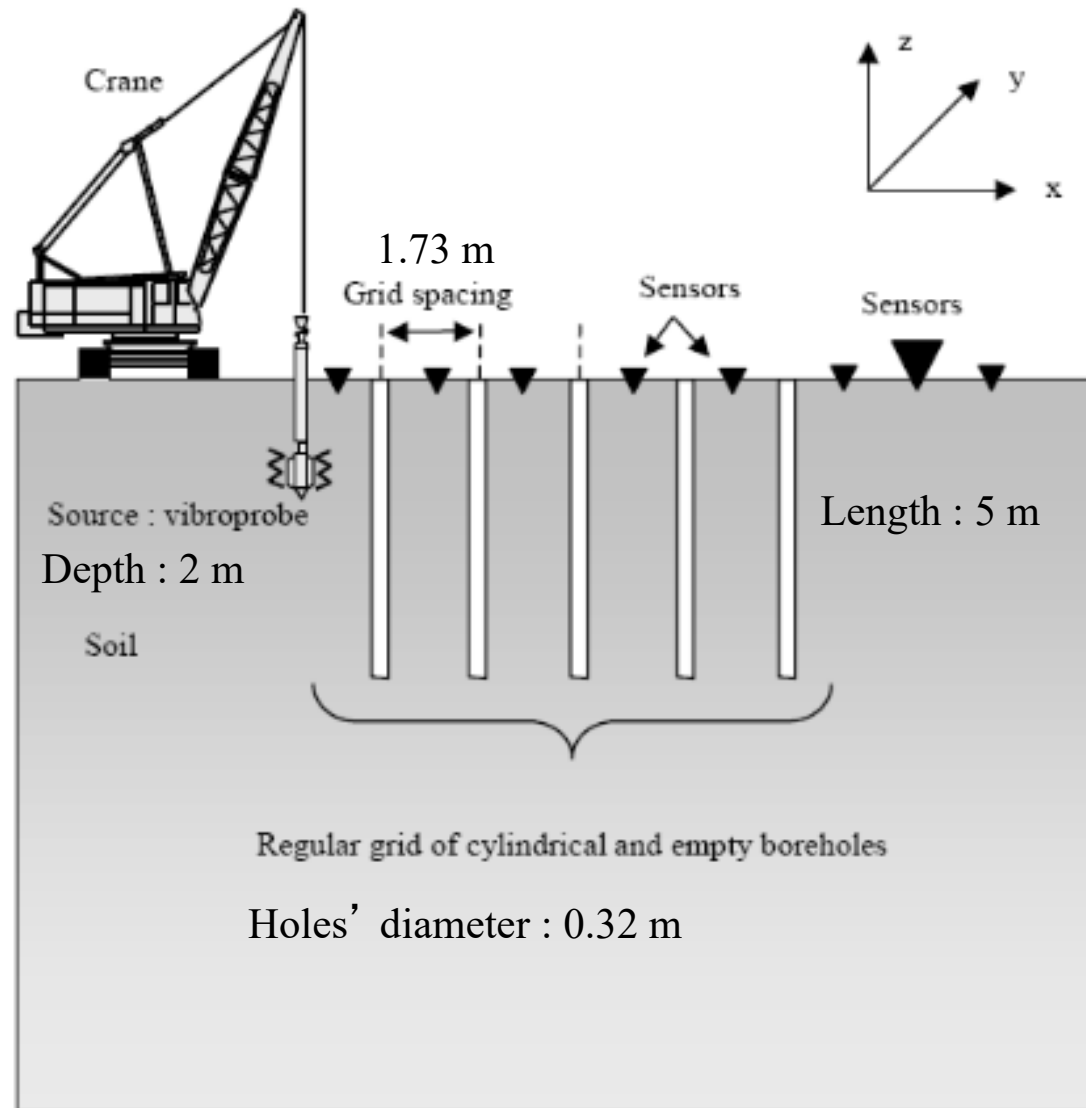
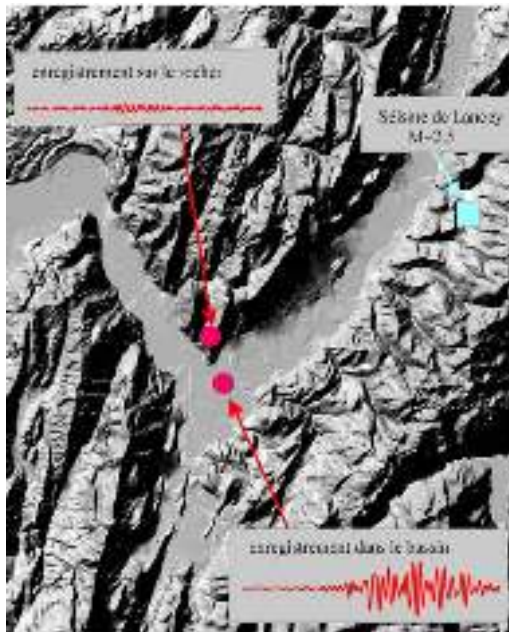


Pertinence des métamatériaux sismiques pour les effets de site en bassin sédimentaire



Infographie de Stéphane Brûlé (laboratoire de dynamique des sols, entreprise Ménard)

1^{er} test de métamatériau sismique (Ménard, Grenoble, août 2012)



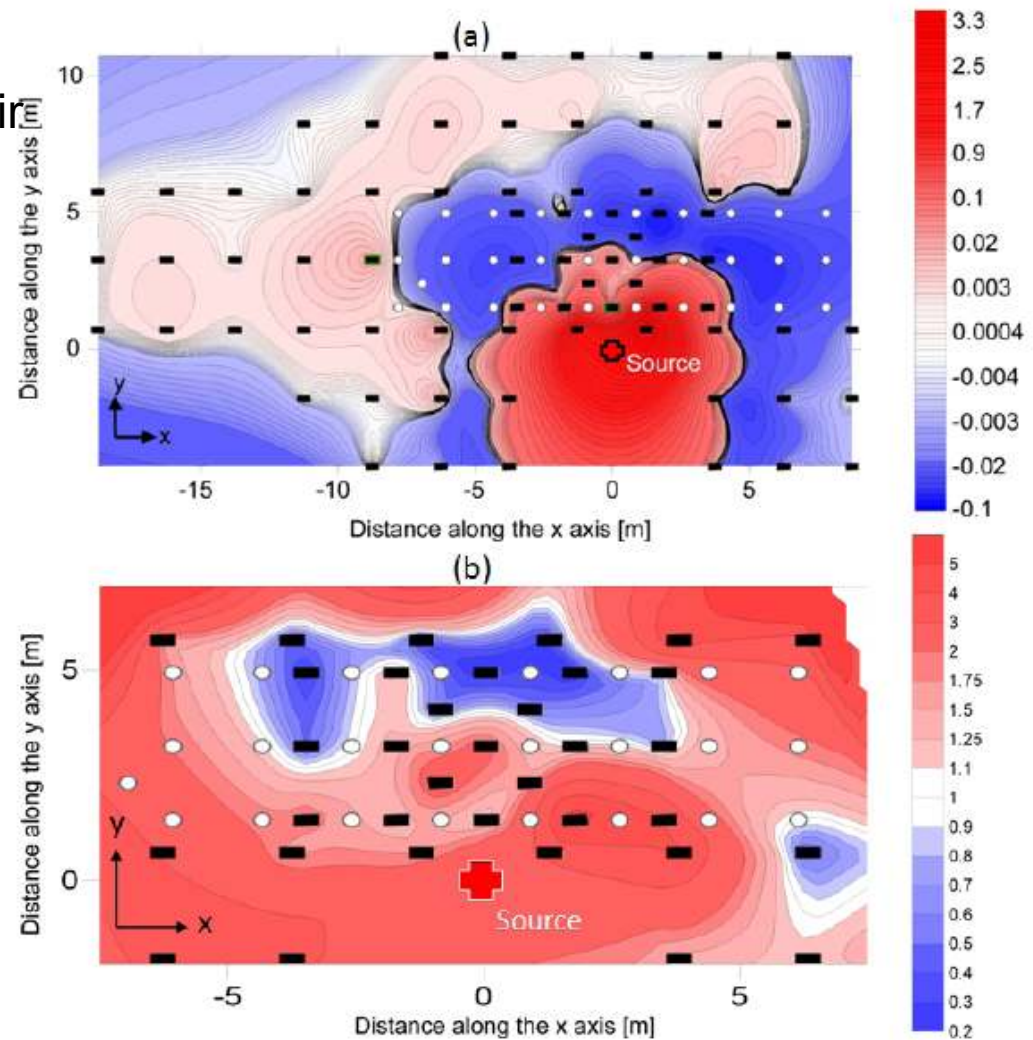
Photographies du terrain d'expérimentation grenoblois



Cartes de champ d'énergie (équipe de Stéphane Brûlé, Ménard) pour un écran sismique

Carte d'NRJ ($J_2 - J_1$) obtenue à partir du champ de vitesses où J_2 est la distribution d'NRJ en présence de trous et J_1 celle sans les trous.

Carte d'NRJ (J_2/J_1) où J_2 est la distribution d'NRJ en présence de trous et J_1 celle sans les trous. $0.2 < J_2/J_1 < 1$ dans les régions en bleu c'est à dire qu'il y a jusqu'à 5 fois moins d'NRJ



Rectangles noirs: vélocimètres

Disques blancs: trous

Quel futur pour les métamatériaux sismiques?

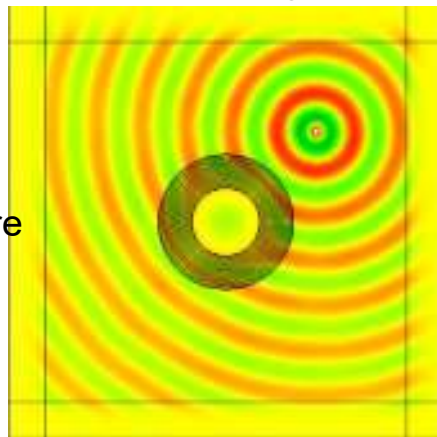
Chapes sismiques avec des colonnes de béton



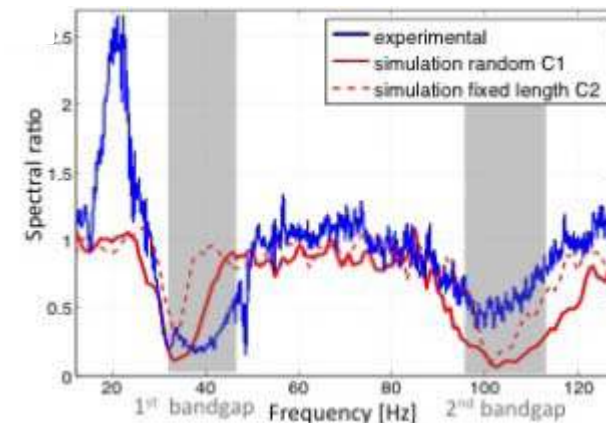
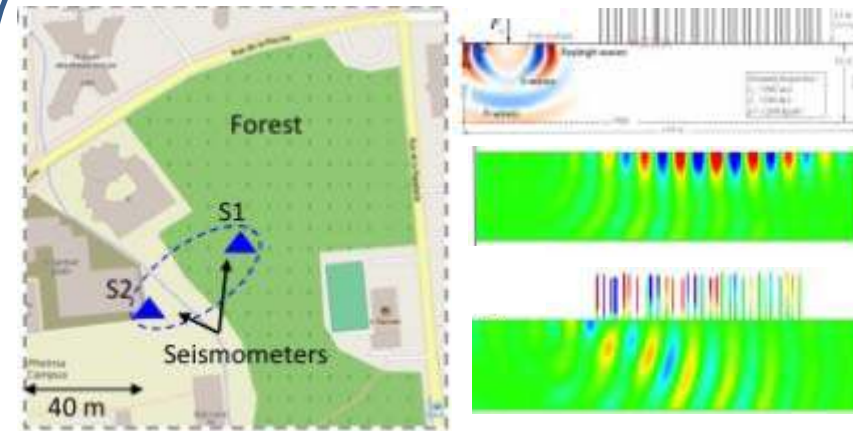
Institut Fresnel, La Recherche, 2012&2015

Travail de recherche en cours avec l'équipe de Stéphane Brûlé de l'entreprise Ménard, le groupe de Philippe Roux à ISTERre (Grenoble) et le groupe de Richard Craster à Imperial College London.

Objectif:
Chape sismique:
~100m de diamètre
pour l'intervalle:
1-15 Hz



Ecrans sismiques avec des forêts d'arbres



Les données expérimentales du groupe de Philippe Roux (ISTERre, Grenoble) sont en bon accord avec les simulations numériques d'Andrea Colombi (Imperial College London).