

Vibrations, résonances et ondes de surface

Journée Des Doctorants - 29 juin 2012

Emmanuelle BAZZALI

Doctorante en physique, 1ère année

sous la direction de:

Paul Gabrielli et Stéphane Ancey

*Projet Champs, Ondes, et Mathématiques Appliquées
UMR Sciences Pour l'Environnement 6134, Université de Corse*

- 1 Introduction
- 2 Applications
 - Contrôle non destructif
 - Sismologie générale
- 3 Modélisation mathématique et calcul numérique en dimension 2
- 4 Résultats, perspectives et conclusion

Plan

- 1 Introduction
- 2 Applications
 - Contrôle non destructif
 - Sismologie générale
- 3 Modélisation mathématique et calcul numérique en dimension 2
- 4 Résultats, perspectives et conclusion

Introduction

Notre étude concerne les **modes résonants d'objets élastiques** de géométrie sphérique et sphéroïdale, et plus particulièrement la compréhension des phénomènes conduisant à l'apparition d'**ondes de surface**.

La connaissance fine de ces phénomènes revêt une importance particulière en **contrôle non destructif** ainsi qu'en **sismologie générale**.

⇒ **Résolution de l'équation d'Helmholtz en élastodynamique**

Plan

- 1 Introduction
- 2 Applications
 - Contrôle non destructif
 - Sismologie générale
- 3 Modélisation mathématique et calcul numérique en dimension 2
- 4 Résultats, perspectives et conclusion

Plan

- 1 Introduction
- 2 Applications
 - Contrôle non destructif
 - Sismologie générale
- 3 Modélisation mathématique et calcul numérique en dimension 2
- 4 Résultats, perspectives et conclusion

Contrôle non destructif en mécanique

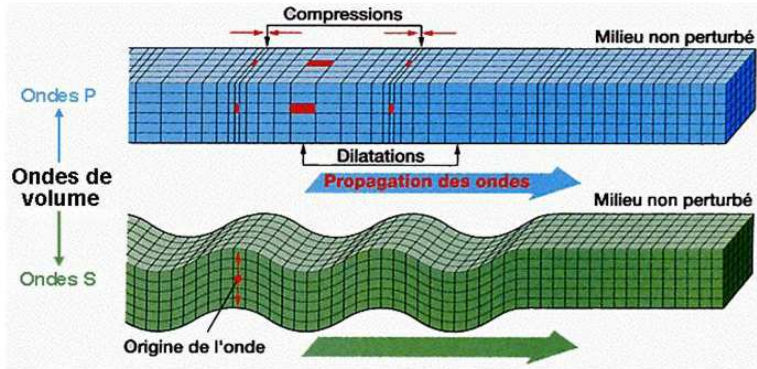
- Résonances mécaniques \leftrightarrow “signature” d’un objet
- Connaître les fréquences de résonance \leftrightarrow déceler les défauts, fissures, contraintes ou déformations d’un système mécanique
- Exemple: contrôle de pièces dans l’industrie aéronautique
- Savoir-faire expérimental: méthodes proches de celles mises en oeuvre dans le travail de thèse (mise en vibration, mesure sans contact...)

Plan

- 1 Introduction
- 2 Applications
 - Contrôle non destructif
 - Sismologie générale
- 3 Modélisation mathématique et calcul numérique en dimension 2
- 4 Résultats, perspectives et conclusion

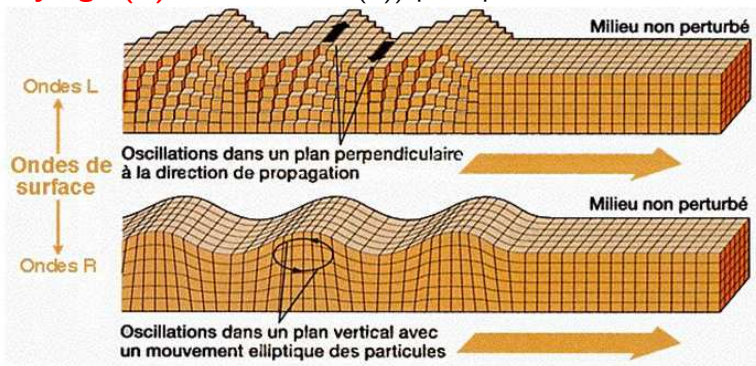
Sismologie générale

La Terre \approx objet solide élastique de géométrie sphéroïdale \rightsquigarrow propagation d'ondes de volume (longitudinales (P) et transversales (S)) lors des séismes.



Sismologie générale

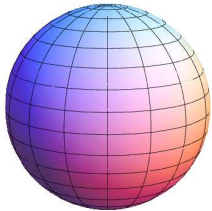
Plus intéressant: propagation d'ondes de surface (**onde de Rayleigh (R)**, onde de Love (L)) principalement observées.



Sismologie générale

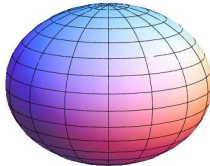
Géométrie sphérique $\xrightarrow{\text{cas réel}}$ **géométrie sphéroïdale**
(+milieu anisotrope, hétérogène, multicouches...)

Géométrie sphérique

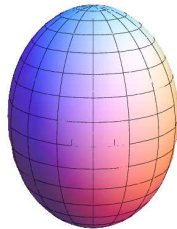


Sphère

Géométrie sphéroïdale



Sphéroïde
oblate
"galet"

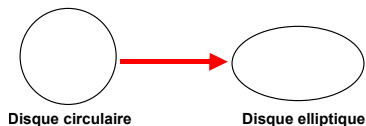


Sphéroïde
prolate
"ballon de rugby"

Plan

- 1 Introduction
- 2 Applications
 - Contrôle non destructif
 - Sismologie générale
- 3 Modélisation mathématique et calcul numérique en dimension 2
- 4 Résultats, perspectives et conclusion

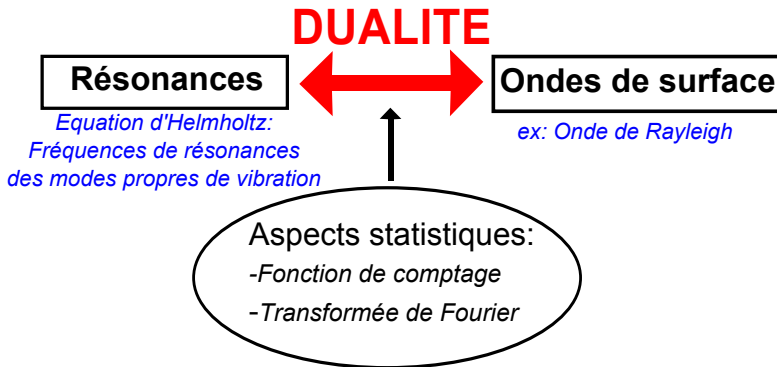
Du disque circulaire au disque elliptique



Importance du rôle des symétries

- **Théorie des groupes**
 - prise en compte des symétries avec la rigueur mathématique
 - classification des résonances
 - optimisation du temps de calcul numérique
- **Brisure de symétrie** : $O(2) \rightarrow C_{2v}$
 - levée de dégénérescence (séparation) des résonances
 - croisements des niveaux

Du disque circulaire au disque elliptique



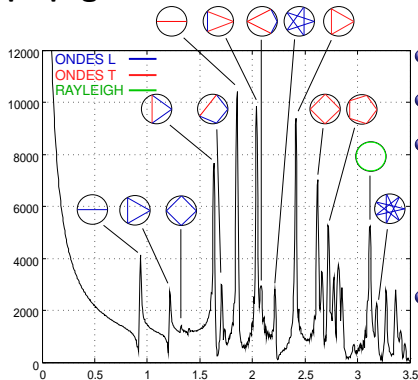
- Évolution de l'onde de Rayleigh au cours de la déformation
- Détails poster *Étude élastodynamique des résonances et des ondes de surface en géométrie circulaire et elliptique*

Plan

- 1 Introduction
- 2 Applications
 - Contrôle non destructif
 - Sismologie générale
- 3 Modélisation mathématique et calcul numérique en dimension 2
- 4 Résultats, perspectives et conclusion

Dualité spectre des résonances/spectre des longueurs des orbites périodiques pour le disque circulaire

Trajets géométriques associés aux différents types d'ondes se propageant à l'intérieur du matériau (Aluminium AG4MC)

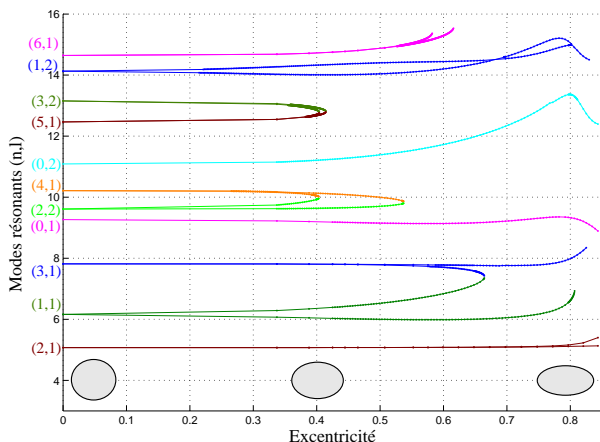


La position des différents pics correspond à des temps de parcours sans dimension sur l'échelle des abscisses

- Ondes **L**ongitudinales,
- Ondes **T**ransversales,
- Combinaisons ondes **L** et **T** avec conversion de modes lors de la réflexion interne,
- Onde de surface de **R**ayleigh.

Levée de dégénérescence et croisements des niveaux

Suivi de la fréquence des différents modes de vibration à mesure que l'excentricité augmente



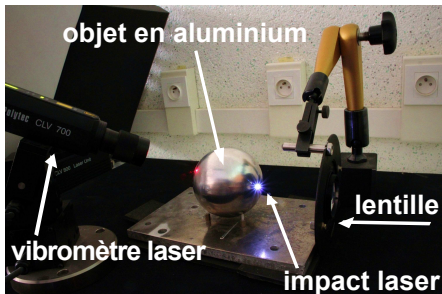
Perspectives: extension aux objets tridimensionnels

- De la sphère au sphéroïde: $O(3)$ brisure de symétrie $\rightarrow D_{\infty h}$



Perspectives: extension aux objets tridimensionnels

- Partie expérimentale:
 - excitation par impacts laser
 - mesure par vibrométrie laser
 - traitement des données par analyse de Fourier



Important: absence de contact pour l'excitation et la mesure

Conclusion

Étude des **ondes élastiques** en milieu solide
⇒ compréhension des **phénomènes de vibration**.

Applications pratiques importantes pour le **contrôle non destructif** et en **sismologie**

Merci pour votre attention!