

Mesure de la dispersion d'ondes guidées

B. Morvan

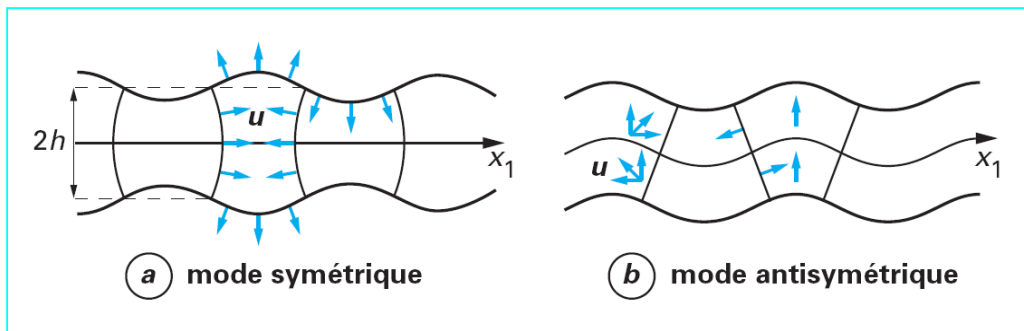


Ondes guidées et dispersion

Dans un milieu élastique borné, les interférences conduisant à un caractère dispersif sont d'origine géométrique et sont produites par des phénomènes de réflexions multiples.

Exemples d'ondes guidées : Les ondes de plaque (appelées aussi **ondes de Lamb**, du nom de celui qui les découvrit en 1917), affectent toute l'épaisseur d'une plaque lorsque cette épaisseur est de l'ordre de quelques longueurs d'onde ;

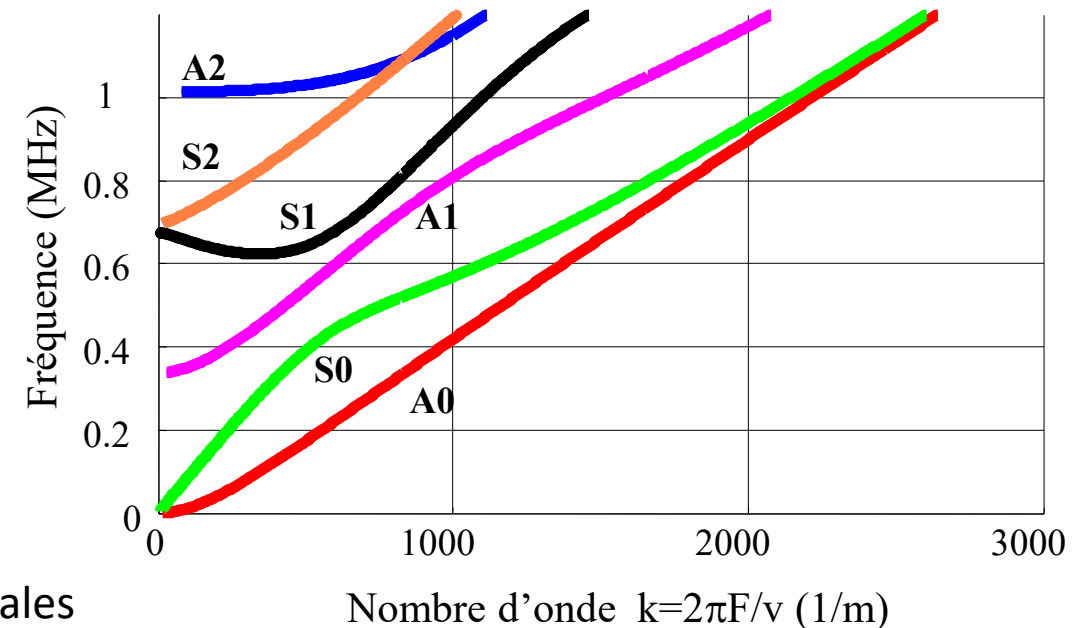
Il existe deux types de mode de Lamb :

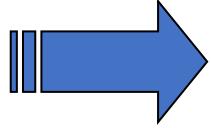


Ces ondes sont des combinaisons d'ondes transverses et longitudinales

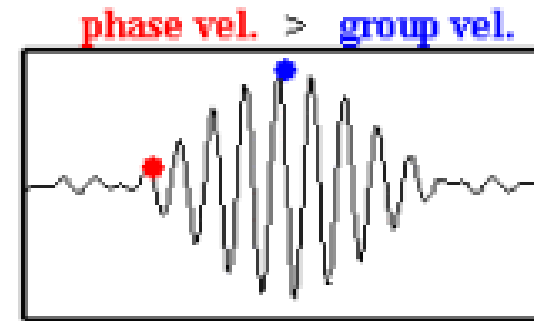
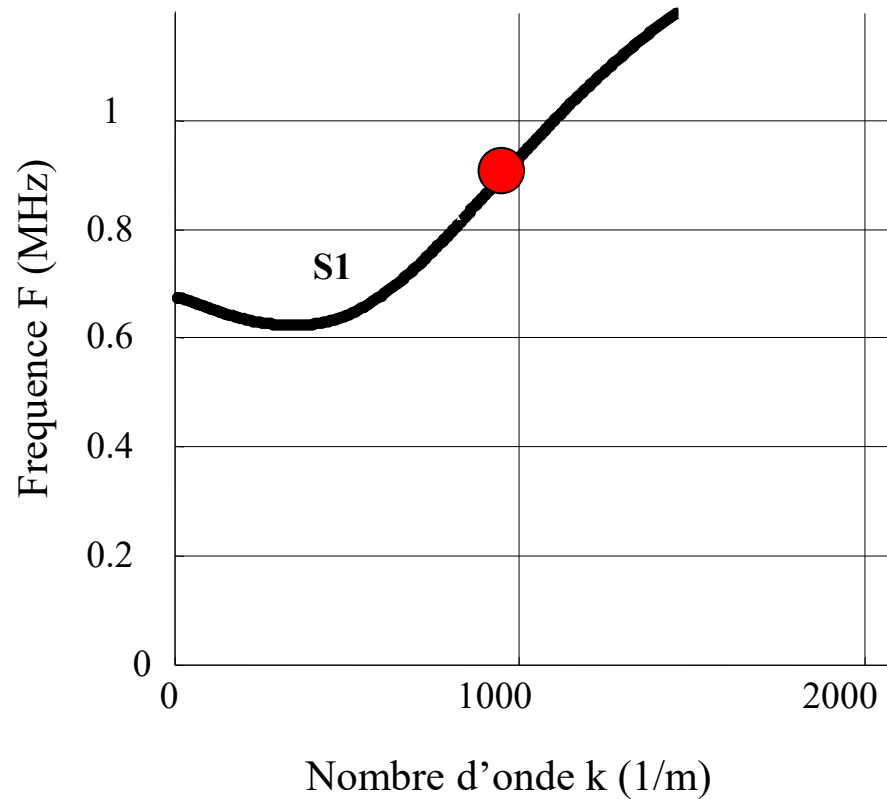
- Equation de dispersion pour les modes symétriques

$$\frac{\tan \left[\pi F E \sqrt{\frac{1}{v_T^2} - \frac{1}{v^2}} \right]}{\tan \left[\pi F E \sqrt{\frac{1}{v_L^2} - \frac{1}{v^2}} \right]} = \frac{-4 \sqrt{\frac{1}{v_L^2} - \frac{1}{v^2}} \sqrt{\frac{1}{v_T^2} - \frac{1}{v^2}}}{v^2 \left(\frac{2}{v^2} - \frac{1}{v_T^2} \right)^2}$$





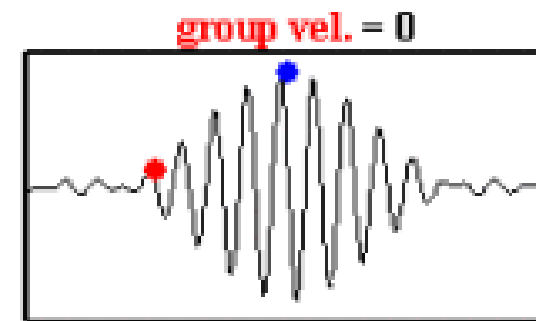
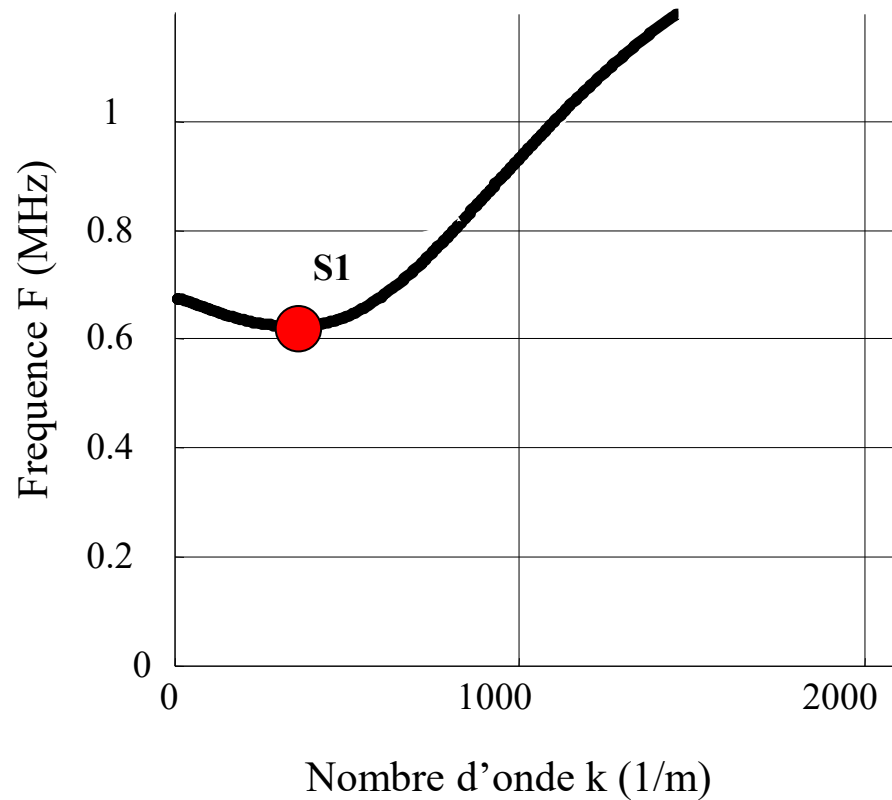
On s'intéresse à l'onde S1 qui présente une courbe de dispersion particulière



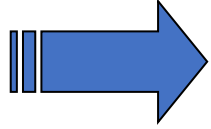
Vitesse de phase $v_\phi = \frac{\omega}{k}$
Vitesse de phase $v_g = \frac{d\omega}{dk}$



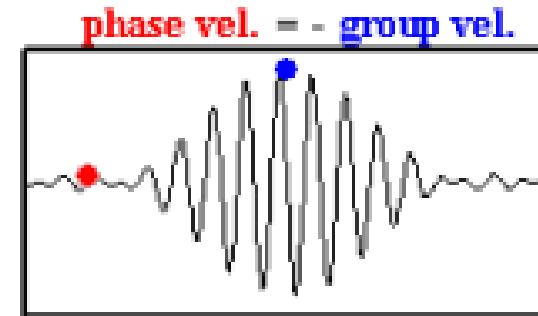
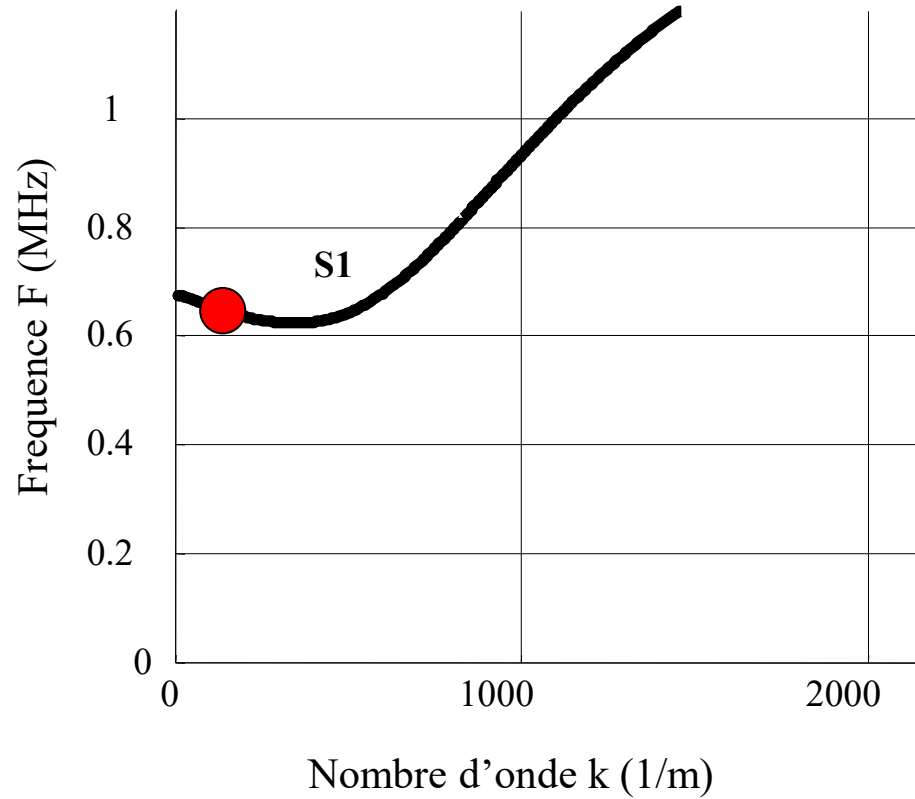
On s'intéresse à l'onde S1 qui présente une courbe de dispersion particulière



Vitesse de phase $v_\phi = \frac{\omega}{k}$
Vitesse de phase $v_g = \frac{d\omega}{dk}$

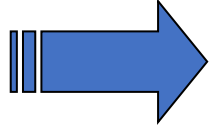


On s'intéresse à l'onde S1 qui présente une courbe de dispersion particulière

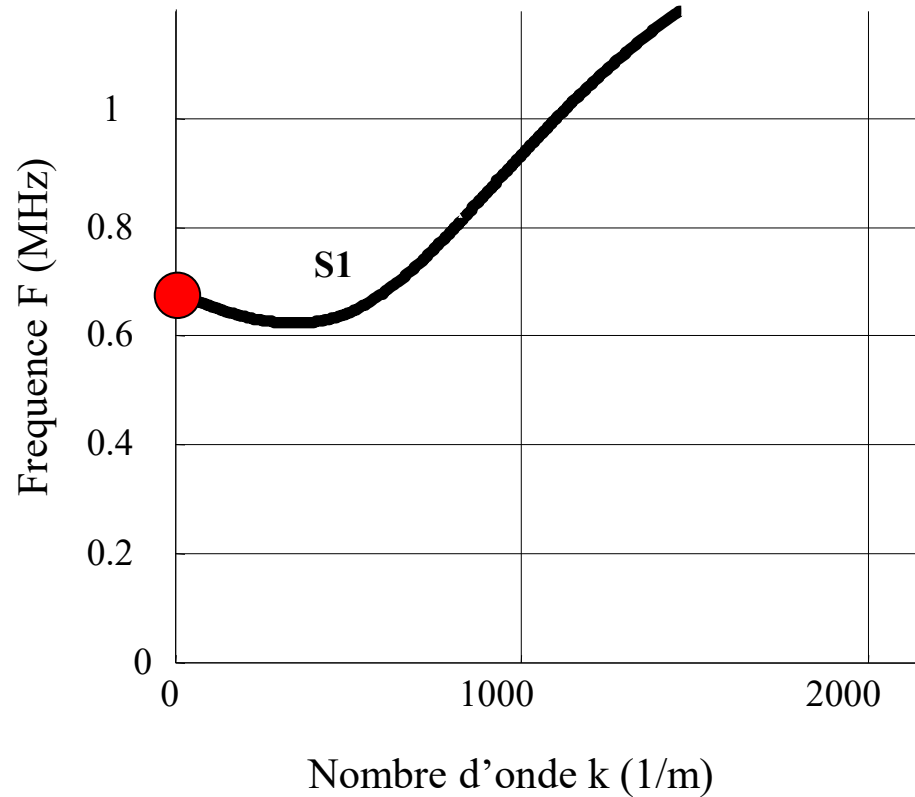


Vitesse de phase $v_\phi = \frac{\omega}{k}$

Vitesse de phase $v_g = \frac{d\omega}{dk}$



On s'intéresse à l'onde S1 qui présente une courbe de dispersion particulière

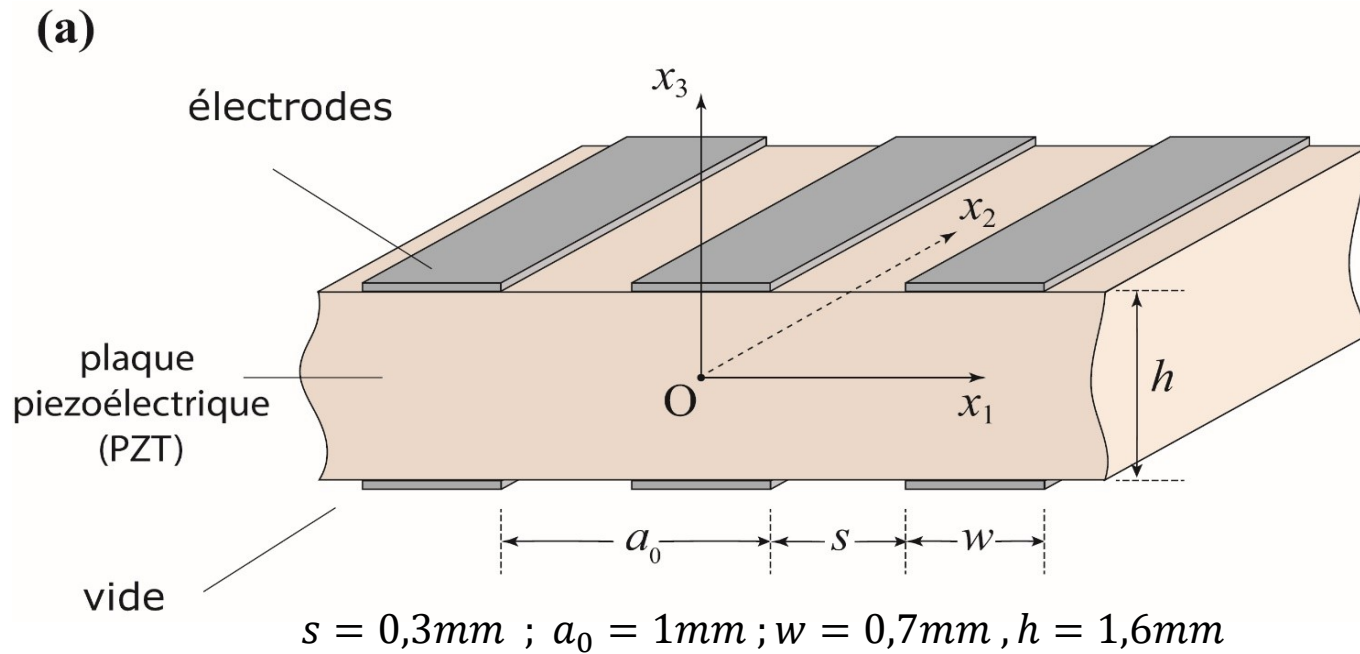


Vitesse de phase et longueur d'onde infinies !!

$$\text{Vitesse de phase } v_{\phi} = \frac{\omega}{k}$$
$$\text{Vitesse de phase } v_g = \frac{d\omega}{dk}$$

Comment mesurer cette dispersion ?

- Présentation de la plaque étudiée



Représentation schématique du cristal piézoélectrique unidimensionnel

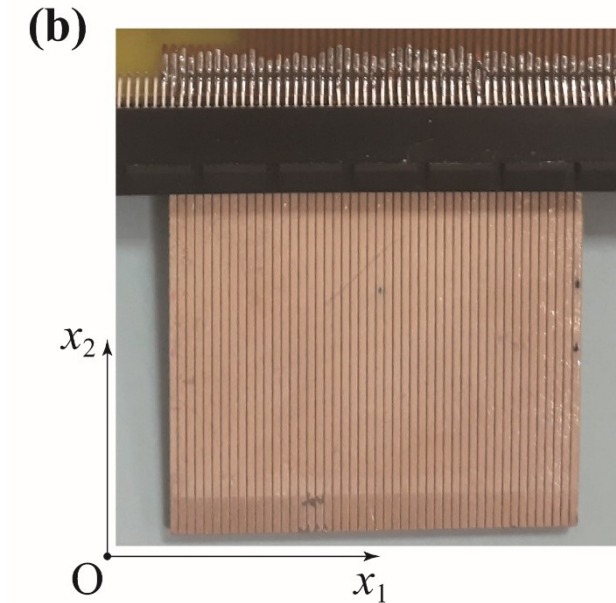
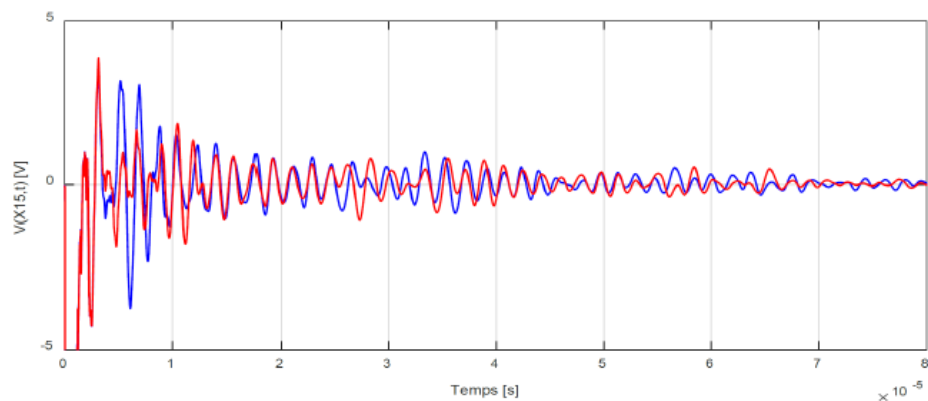
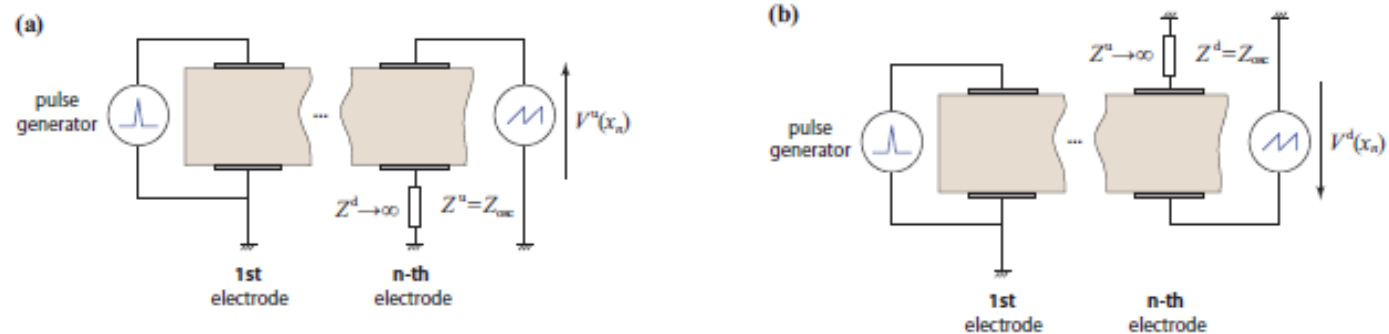


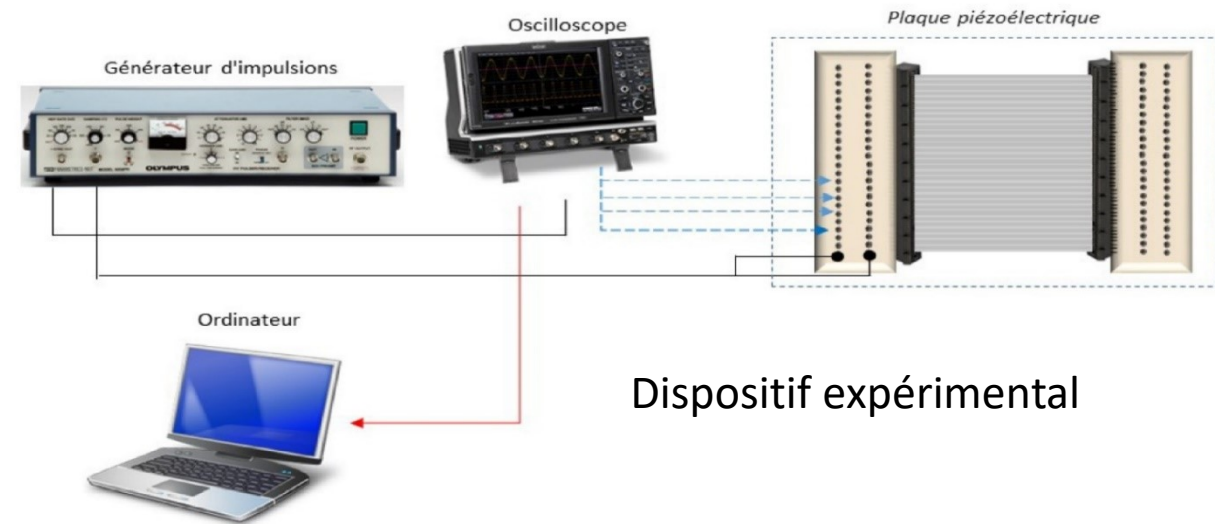
Photo de la plaque piézoélectrique insérée dans un connecteur de type carte PC .

- Détermination de la dispersion des ondes de Lamb par la mesure de potentiels électriques

Configuration expérimentale pour la mesure sur les surfaces inférieures (b) et supérieures (a) des plaques.



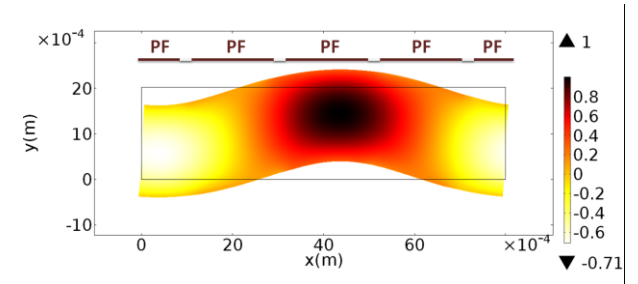
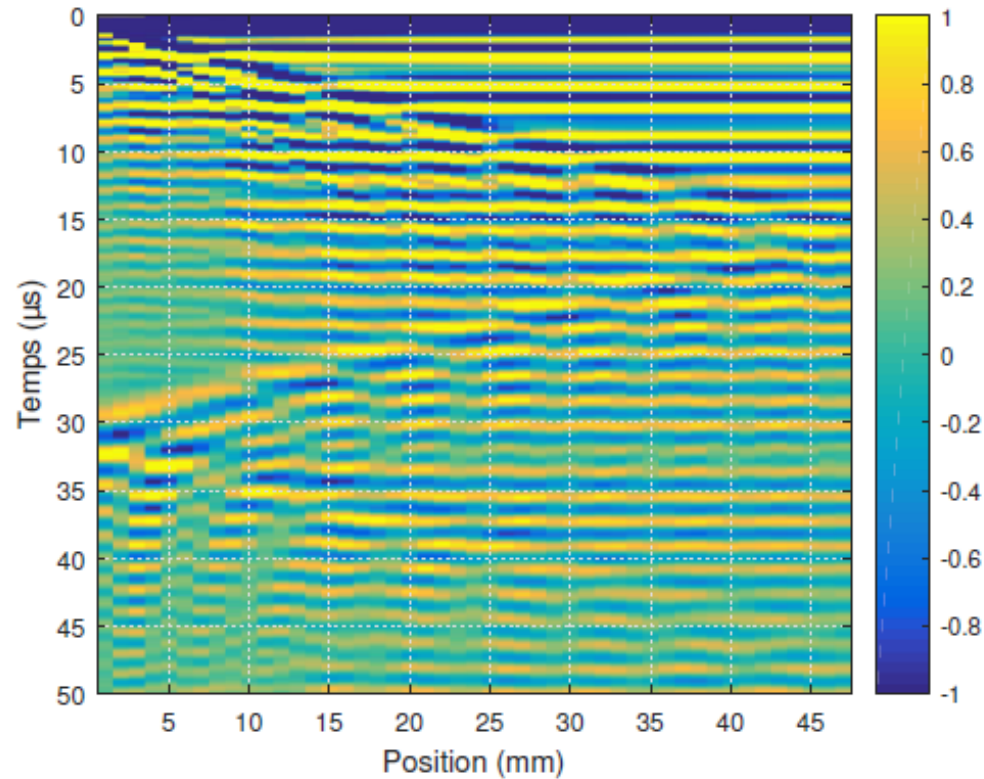
Le potentiel électrique mesuré en face supérieure $V^u(x_{15}, t)$ en bleu et en face inférieure $V^d(x_{15}, t)$ en rouge.



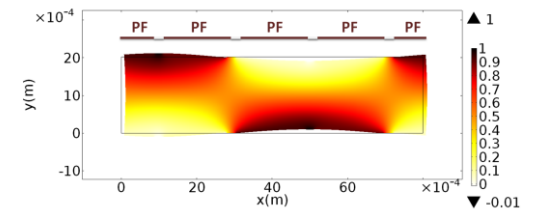
Dispositif expérimental

- Détermination de la dispersion des ondes de Lamb par la mesure de potentiels électriques

Image spatio-temporelle du potentiel électrique mesuré $V^u(x_n, t)$

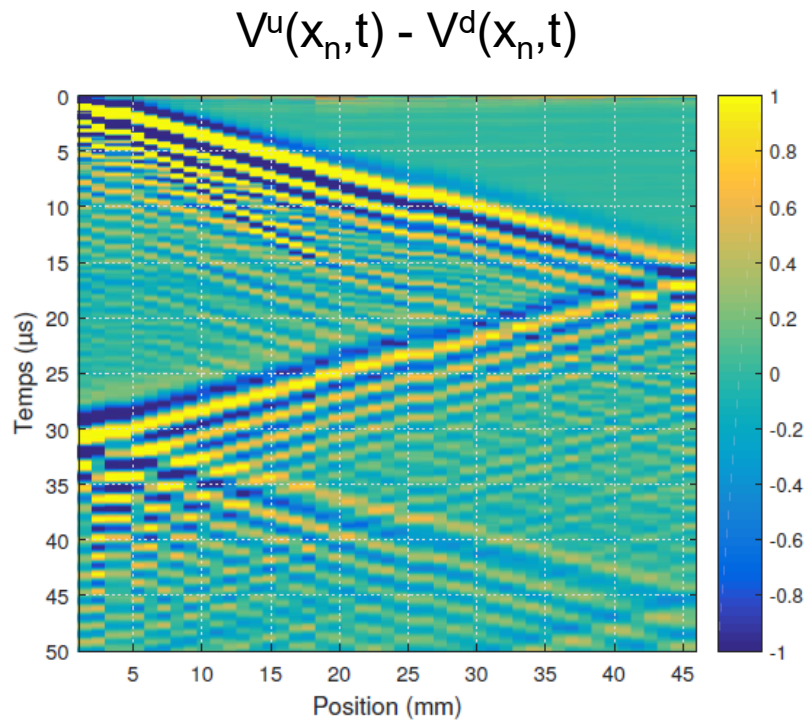


Mode de flexion

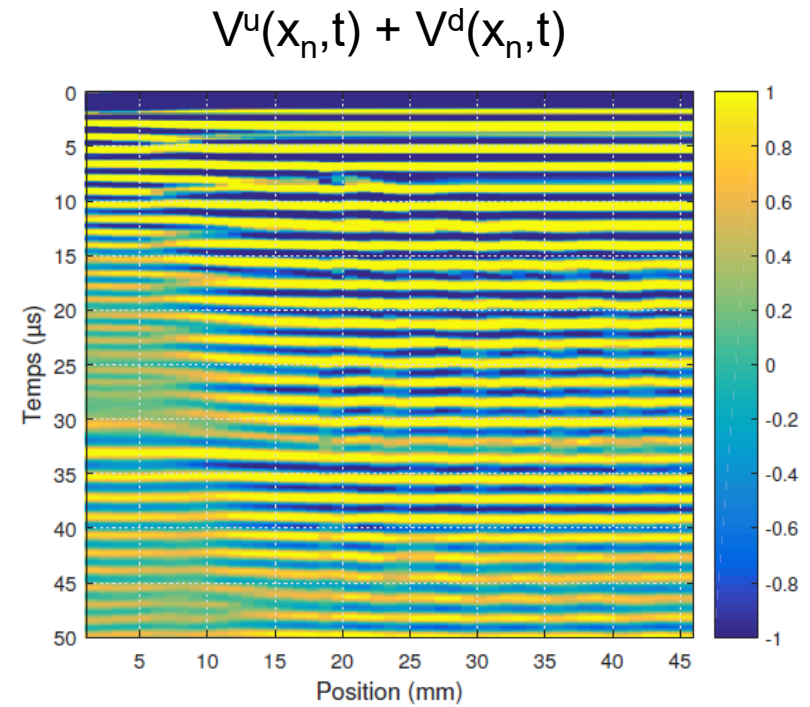
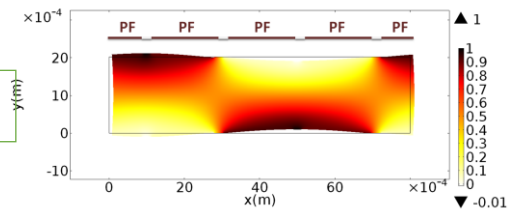


Mode de compression

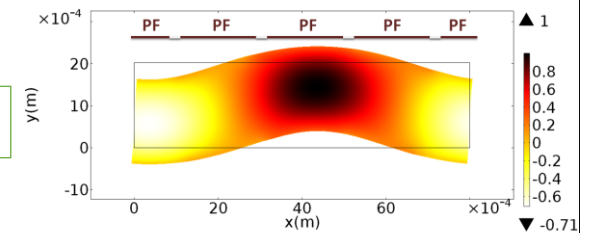
- Détermination de la dispersion des ondes de Lamb par la mesure de potentiels électriques



Mode de compression

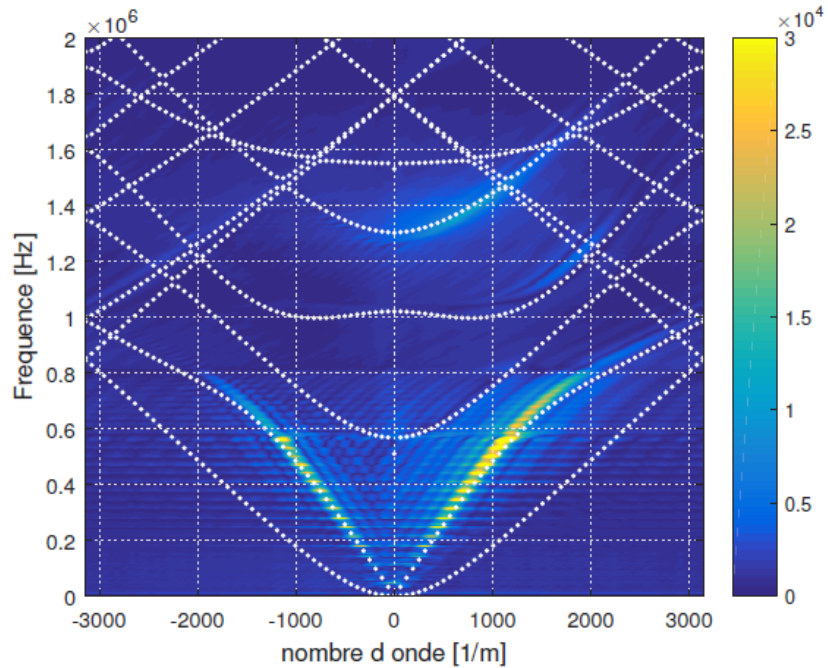


Mode de flexion

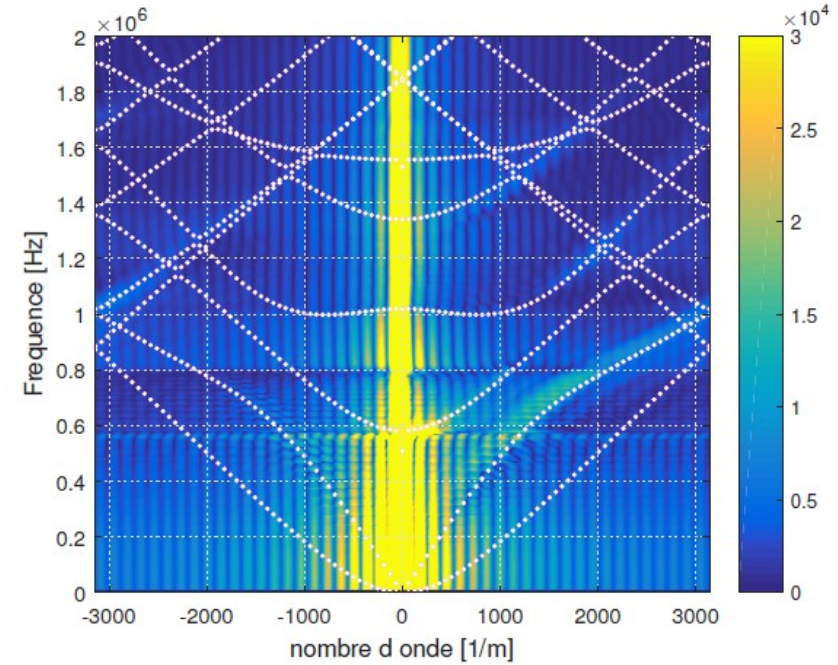


- Détermination de la dispersion des ondes de Lamb par la mesure de potentiels électriques

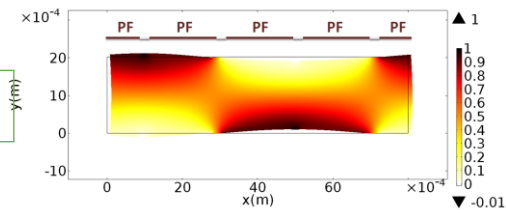
$$V^u(x_n, t) - V^d(x_n, t)$$



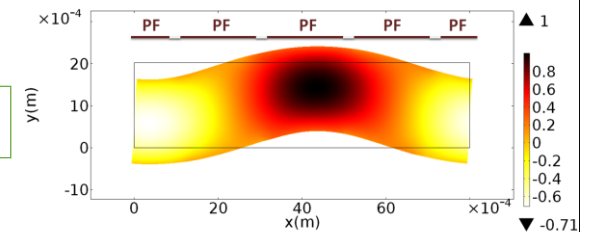
$$V^u(x_n, t) + V^d(x_n, t)$$



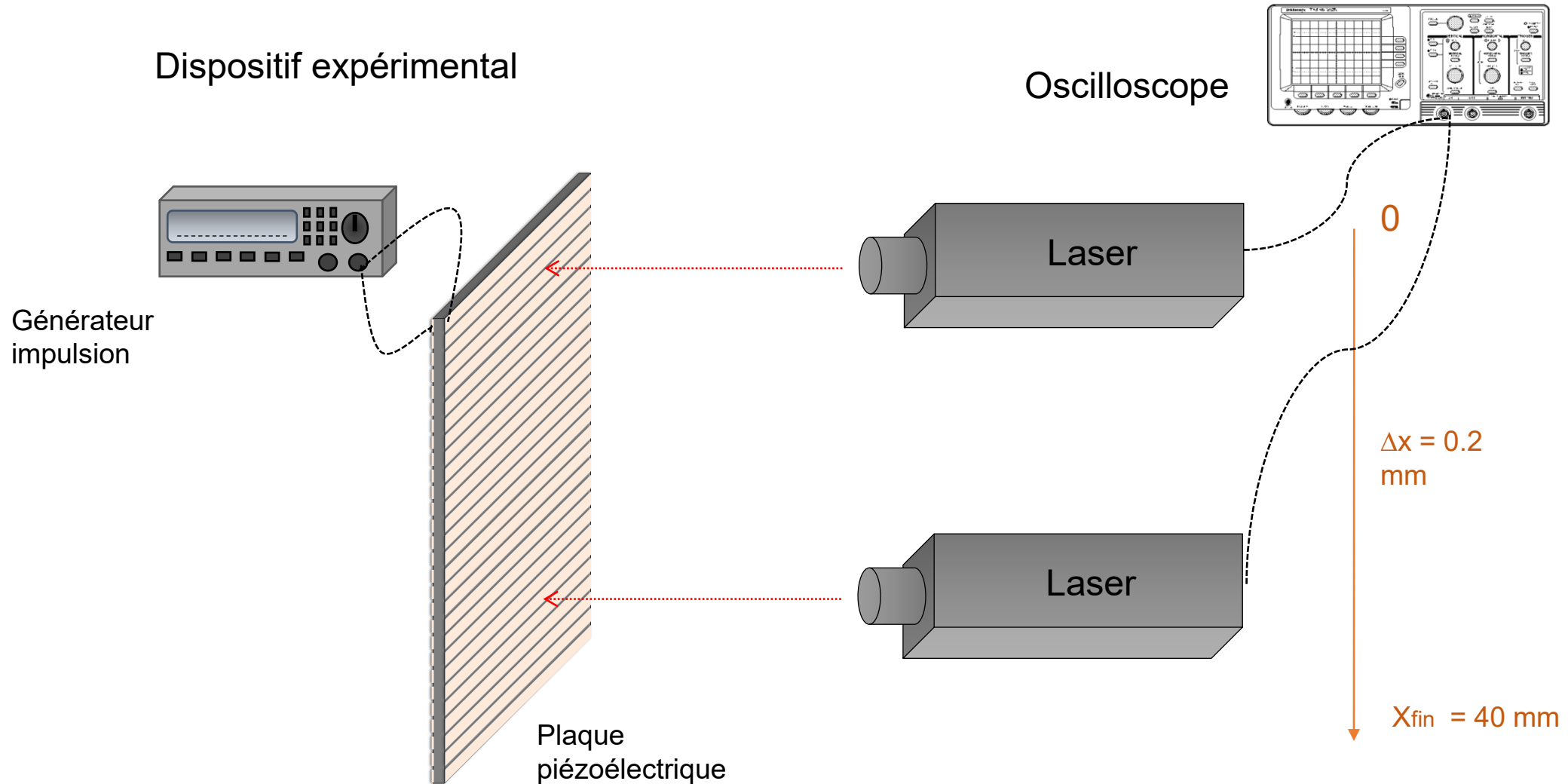
Mode de compression

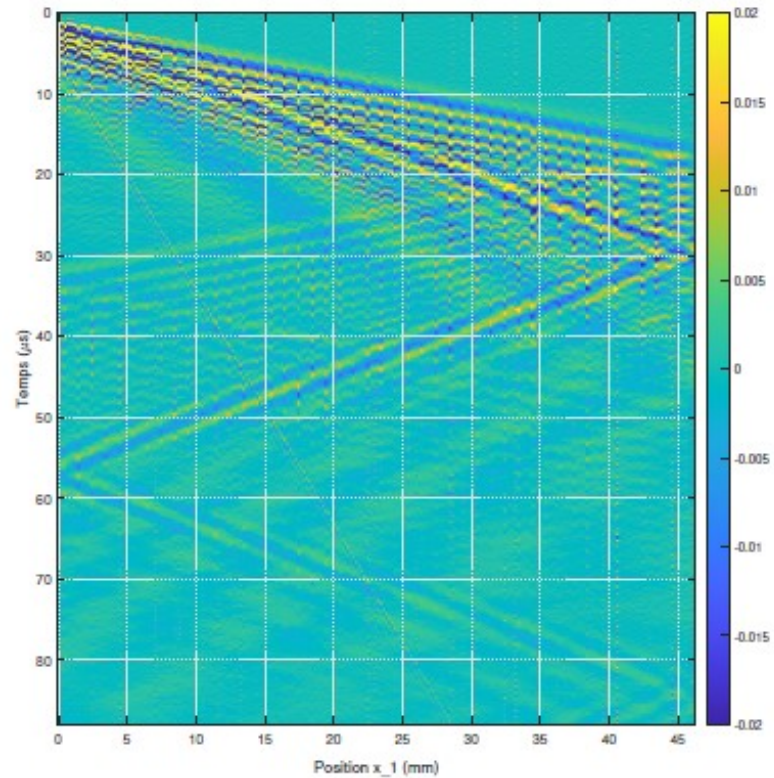


Mode de flexion

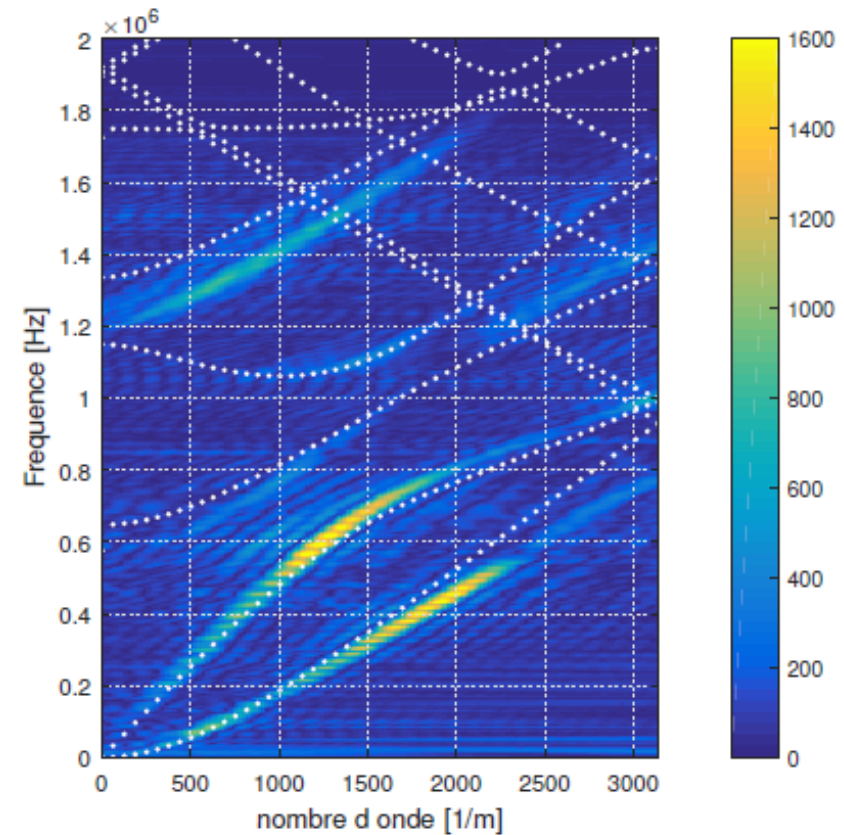


- Détermination de la dispersion des ondes de Lamb par la mesure de déplacements en surface





Représentation spatio-temporelle de la composante normale du déplacement mesurée par vibrométrie laser (plaque dépolarisée)



Courbes de dispersion expérimentales obtenues par FFT 2D des signaux spatio-temporels

A demain pour la pratique !



LABORATOIRE ONDES
et MILIEUX COMPLEXES

Merci aux doctorants N. Kherraz, F. Chikh Bled, K. Mekrache
et aux collègues R. Sainidou, P. Rembert qui ont travaillé
avec moi sur cette thématique.

