

partir de ce que mesurent en une fois les 120 microphones de l'antenne. La théorie du traitement du signal nous assure qu'il est possible de reconstruire le champ vibratoire avec une précision comparable à celle de la vibrométrie laser et de l'holographie acoustique classique. Cela est faisable grâce au caractère parcimonieux en ondes planes des modes propres de vibration. Si les ondes planes pertinentes avaient été nombreuses, 120 mesures auraient été insuffisantes pour contraindre correctement les combinaisons possibles. Ainsi, la combinaison la plus parcimonieuse d'ondes planes nous donne accès au champ vibratoire de la table d'harmonie, et par suite aux modes propres. Cette approche est nommée «holographie acoustique compressée», en référence à une technique mathématique récente également appliquée en imagerie médicale ou en radioastronomie : l'échantillonnage compressé (voir l'encadré page 42). Le calcul de la combinaison optimale (la plus parcimonieuse) d'ondes planes repose sur des algorithmes d'optimisation numérique qui, bien que complexes, sont à la portée des ordinateurs de bureau actuels.

Figures de Chladni

Le physicien allemand Ernst Chladni (1756-1827) a étudié les vibrations de plaques en les frottant avec un archet. Dans une version moderne de l'expérience, un haut-parleur crée les vibrations. Une poudre fine dispersée sur la plaque permet de les visualiser : elle se déplace et forme des motifs (ci-dessous) en se concentrant aux nœuds de vibration (les régions où l'amplitude de vibration est nulle). Le motif dépend du mode de vibration.



Elmer Bergeler

Comment détermine-t-on les ondes planes qui composent la vibration de l'instrument de musique ? En théorie, le nombre d'ondes planes possibles est infini, la direction et la longueur d'onde pouvant prendre n'importe quelles valeurs. Comme cela n'est pas gérable dans un programme numérique, nous utilisons un catalogue fini d'ondes planes, avec des valeurs discrètes de direction et de longueur d'onde (de l'ordre d'une centaine d'ondes planes). L'échantillonnage compressé permet de sélectionner rapidement un certain nombre d'ondes planes dont la combinaison reproduit correctement les 120 mesures.

Le principe de parcimonie est crucial dans l'algorithme utilisé. Le programme cherche à minimiser le nombre d'ondes nécessaires pour reproduire le signal enregistré. La combinaison la plus parcimonieuse d'ondes planes nous donne accès au champ vibratoire de la table d'harmonie. À partir de là, nous pouvons calculer les modes propres.

Reste une question : comment disposer les 120 microphones de l'antenne ? De façon un peu contre-intuitive, les algorithmes

Palais DÉCOUVERTE

les conférences

au Palais de la découverte

La lumière dévoile l'Univers

Entrée libre dans la limite des places disponibles

THEMA
La science en voyage

> les mercredis à 19h

Cycle de 4 conférences

6 mai La première lueur de l'Univers
avec Karim Benabed

20 mai Aux sources de la lumière
avec David Elbaz

27 mai La tapisserie lumineuse
avec Valérie de Lapparent

3 juin Les noirceurs de l'Univers
avec Daniel Kunth

programme complet sur
palais-decouverte.fr

Avec soutien de