« Vibro-acoustique statistique : étude des hypothèses de la SEA »

Présentée par Thibault LAFONT

Le **11 février 2015 à 9h00** dans l'**amphithéâtre 3** de l'école centrale de Lyon. Thèse de DOCTORAT préparée au LTDS de l'école centrale de LYON et au LVA de l'INSA LYON.

Membres du jury:

Directeurs de thèse: Alain LE BOT (LTDS) et Nicolas TOTARO (LVA)

Rapporteurs: Jean-Dominique POLACK (LAM) et Brian MACE (University of Auckland)

Examineurs: Aldo SESTIERI (La Sapienza) et François GAUTIER (LAUM)

Invité: François VAN HERPE (PSA)

Résumé:

La méthode SEA (Statistical Energy Analysis) est une approche statistique de la vibro-acoustique permettant de décrire les systèmes complexes en termes d'échanges d'énergies vibratoires et acoustiques. En moyennes et hautes fréquences, cette méthode se présente comme une alternative aux méthodes déterministes (coût des calculs dû au grand nombre de modes, de degrés de liberté, unicité de la solution). Néanmoins, son utilisation requiert la connaissance et le respect d'hypothèses fortes qui limitent son domaine d'application.

Dans cette thèse, les fondements de la SEA ont été examinés afin de discuter chaque hypothèse. Le champ diffus, l'équipartition de l'énergie modale, le couplage faible, l'influence des modes non résonants et l'excitation *rain-on-the-roof* sont les cinq hypothèses qui ont été abordées. Les équivalences et leurs influences sur la qualité des résultats ont été discutées pour contribuer à la clarification des hypothèses nécessaires à l'application de la SEA et pour borner son domaine de validité.

Il est démontré qu'un champ diffus est possible pour des faibles amortissements et en hautes fréquences. Par ailleurs, les exemples de plaques montrent qu'une excitation de type *rain-on-the-roof* appliquée sur une plaque induit forcément un champ diffus. Ce n'est pas vrai dans le cas d'une seule excitation qui génère, suivant les conditions d'amortissement et de fréquences, un champ modal (basses fréquences, faibles amortissements), un champ direct (hautes fréquences, forts amortissements) ou même un champ diffus (hautes fréquences, faibles amortissements). Ainsi l'hypothèse de *rain-on-the-roof* implique que l'hypothèse de champ diffus est vérifiée.

Par ailleurs on observe que l'équipartition de l'énergie modale est atteinte lorsque l'on associe une excitation *rain-on-the-roof* (qui induit une puissance injectée constante sur chaque mode) et un modèle d'amortissement à bande passante constante (qui induit une dissipation constante sur chaque mode). Dans ce cas l'hypothèse de *rain-on-the-roof* est équivalente à l'hypothèse d'équipartition de l'énergie modale.

On montre que l'hypothèse de couplage faible est incontournable pour appliquer la SEA. L'utilisation du modèle de trois oscillateurs montre que la conséquence d'un couplage fort est l'apparition notable de CLF indirects non pris en compte dans le bilan d'énergie de la SEA. Dans ce cas, la méthode donne des résultats erronés et a tendance à surestimer les transferts d'énergie

Enfin, les conclusions liées à l'influence des modes non résonants sur la qualité des prédictions de la SEA sont les suivantes: si un ensemble de modes est non résonant alors des couplages indirects

apparaissent mais de manière non significative et ils provoquent un déséquilibre de la relation de réciprocité, qui n'est plus vérifiée.

Publications:

T. Lafont, N. Totaro, and A. Le Bot. *Review of statistical energy analysis hypotheses in vibroacoustics*. Proc. R. Soc. A, 470(2162) :1471–2946, 2014.

T. Lafont, N. Totaro, and A. Le Bot. *The requirement of weak coupling in statistical energy analysis*. Submitted to JASA, 2014.

Actes de congrès:

T. Lafont, N. Totaro, and A. Le Bot. *Statistical energy analysis: correlation between diffuse field and energy equipartition*. In Proceedings of the 1st euro-mediterranean conference on structural dynamics and vibroacoustics. Marrakech, Morocco, 2013

T. Lafont, N. Totaro, and A. Le Bot. *Acoustique statistique : étude de l'hypothèse de couplage faible et de l'influence des modes non-résonants pour la SEA*. In 12ème congrès français d'acoustique. Poitiers, France, 2014.

T. Lafont, N. Totaro, and A. Le Bot. *A study of the assumptions used in statistical energy analysis*. In Internoise, Melbourne, Australia, 2014.