

# Non-linéarités et rôle du matériau dans la reproduction sonore par un haut-parleur électrodynamique

Nicolas Quaegebeur, Unité de Mécanique ENSTA, Sous la direction d'Antoine Chaigne

## Problématique :

- On observe une grande disparité entre les formes et les matériaux utilisés dans la conception des haut-parleurs.
- Ces paramètres de facture déterminent en partie la qualité de restitution par un haut-parleur [Mc Lachlan] et ne sont pas pris en compte dans les théories actuelles à variables localisées [Thiele & Small].
- Pour des régimes de grandes amplitudes de vibration, la modélisation est généralement fondée sur des analyses expérimentales [Klippel].
- Aucune étude analytique temporelle n'a encore été menée.

## Objectifs de la thèse :

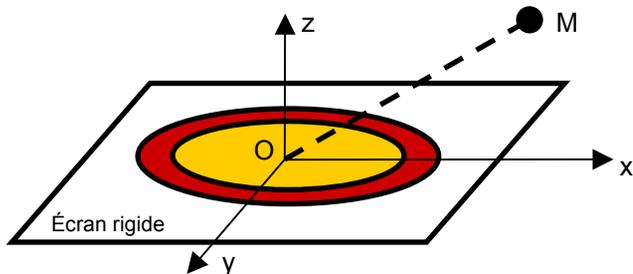
- Modélisation **temporelle** du champ de pression sonore généré par un haut-parleur électrodynamique.
- Étude de l'influence de la **géométrie** et des **matériaux** utilisés dans leur conception.
- Étude en régime **linéaire** et **non-linéaire**.
- Formulation du problème sous la forme :

$$P(M,t) = P(M,U(t), \text{Géométrie, Matériaux})$$

- Aboutir à une formulation permettant le **contrôle actif**.

## Point de départ :

- Étude du rayonnement d'une géométrie idéalisée : 2 plaques circulaires jointes



## Modélisation mécanique non-linéaire :

- Décomposition du déplacement transverse selon les modes linéaires de la structure :

$$W(r,t) = \sum_{p=0}^{\infty} \Phi_p(r) q_p(t)$$

- Utilisation des **modes normaux non-linéaires** [Nayfeh, Thomas] pour prédire les vibrations de grande amplitude des plaques (théorie de Von-Karman)

- On se ramène à une infinité d'équations modales non-linéaires couplées dans le domaine temporel :

$$\omega_p^2 q_p + \ddot{q}_p = \epsilon_S \left( \sum_a \sum_q \sum_u \Gamma_{pqa} q_a q_q q_u + \sum_q \sum_u \beta_{qpu} q_q q_u - 2\mu_p \dot{q}_p + P_p + F e_p \right)$$

## Modélisation acoustique :

- Utilisation des **intégrales de frontières** (B.E.M.) à travers l'intégrale de Rayleigh :

$$P_{pa}(M,t) = \int_0^t \iint_S G(M,Q,t') \nabla P_{pa}(Q,t') dS dt'$$

Où  $\nabla P_{pa}(Q,t')$  s'exprime en fonction de l'accélération de la structure (condition de continuité de la vitesse à la paroi) et  $G(M,Q,t')$  désigne la fonction de Green du milieu.

## Premiers résultats expérimentaux :

- Variation de la directivité au voisinage des fréquences de résonance de la structure mécanique.
- Augmentation du taux de distorsion autour de ces fréquences.