
Etude des régimes d'oscillations par VIV d'un cylindre en rotation forcée

**A. SCHMIDER^a, F. KERHERVE^a, L. CORDIER^a,
A. SPOHN^a, N. DELLINGER^b**

a. Institut Pprime, Université de Poitiers CNRS, ISAE-ENSMA

b. ICUBE, Université de Strasbourg

contact : agathe.schmider@univ-poitiers.fr

Mots clés : Interaction fluide-structure, VIV, Vibrations induites par vortex, mécanique des fluides expérimentale, extraction d'énergie

Résumé :

La formation de structures tourbillonnaires autour d'un corps épais immergé dans un écoulement est bien documenté. Si ce même corps possède une fréquence de résonance propre ou une certaine flexibilité de mouvement, un phénomène d'interaction fluide-structure peut prendre naissance. Les vibrations induites seront d'autant plus importantes lorsque la fréquence du lâcher tourbillonnaire coïncidera avec la fréquence propre du corps. L'endommagement de structures portantes ou encore la génération de bruit, par exemple, en présence de grand vent en est une conséquence directe. Mais ce phénomène communément nommé "vibrations induites par vortex" (VIV) est également à l'origine de dispositifs tests d'extraction d'énergie tels que le projet VIVACE (Bernistas et al 2008) constitué d'un cylindre en translation élastique connecté à une génératrice. Le dispositif peut être assimilé à un système masse-ressort amorti. La présente étude s'inspire du concept VIVACE mais permet en outre le contrôle de plusieurs paramètres mécaniques tel que l'amortissement ou encore la rotation forcée du cylindre autour de son axe principal (Wong et al 2018, Huera-Huarte 2020). L'objectif est d'étudier l'influence de ces paramètres sur la réponse du système oscillant en termes d'amplitude d'oscillation et de régime de sillage afin d'entrevoir, par la suite, une optimisation de l'énergie potentiellement extractible.

Le dispositif expérimental étudié ici est illustré Figure 1. Celui-ci est constitué d'un cylindre en aluminium, immergé verticalement dans un canal à surface libre (Hydra III) de l'Institut Pprime à Poitiers, pouvant subir des rotations forcées autour de son axe principal et en oscillations libres dans le plan perpendiculaire à la direction de l'écoulement. Un moteur à courant continu assure la rotation du cylindre et est fixé à une plateforme se déplaçant avec un minimum de frottement grâce à des paliers à air coulissants sur deux axes en inox. Deux ressorts de traction, disposés de part et d'autre de la plateforme, assurent son rappel de sorte que la partie mobile du dispositif (plateforme, moteur continu et cylindre) peut être modélisé comme un oscillateur amorti. La plateforme mobile est, par ailleurs, connectée par l'intermédiaire d'un système pignon-crémaillère à un second moteur à courant continu muni d'un encodeur. Une boucle d'asservissement permet le contrôle des paramètres de vitesse et de couple du moteur. Celui-ci peut soit (i) jouer le rôle de génératrice en imposant un couple résistant soit (ii) compenser/augmenter en temps réel l'amortissement ou encore la raideur du système en imposant un couple moteur. Il est également utilisé pour mesurer la position et la vitesse de déplacement du cylindre sous l'effet des forces aérodynamiques instationnaires qui s'exercent.

Une caractérisation fine du dispositif en termes de régimes d'oscillations (amplitude et fréquence) pour différentes valeurs de vitesses d'écoulement amont a été menée dans un premier temps. Des visualisations par bulles d'hydrogène (Figure 3) puis des mesures de vélocimétrie par images de particules (PIV) synchronisées avec le déplacement du cylindre ont été réalisés pour caractériser les différentes dynamiques de sillage. En l'absence de rotation et d'amortissement, les résultats montrent que le dispositif permet de reproduire les résultats obtenus classiquement dans la littérature (Khalak & Williamson 1997) pour des systèmes équivalents au regard du paramètre critique $m^* \zeta$ (ici $\ll 1$, soit à rapport de masse mobile sur masse de fluide déplacé faible et faiblement amorti) comme l'illustre la Figure 2. Le maximum d'amplitude d'oscillations (et potentiellement d'énergie extractible) est typiquement observé sur une plage de vitesse d'écoulement réduite uniquement, correspondant à des régimes pour lesquels la fréquence d'oscillation coïncide avec la fréquence du lâcher tourbillonnaire. Afin de pallier la désynchronisation qui se produit en dehors de cette plage de vitesse, la rotation forcée alternée du cylindre autour de son axe principal est introduite. Différentes lois de forçage sont considérées. L'effet de la fréquence et de l'amplitude de rotation sur l'amplitude des oscillations du dispositif ainsi que sur la dynamique de sillage sont en particulier étudiés (Figure 4) pour identifier un couple de valeurs optimal.

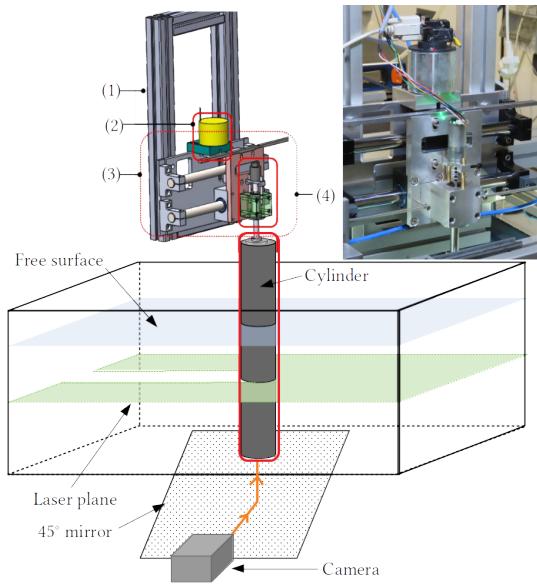


FIGURE 1 – Dispositif oscillant expérimental.

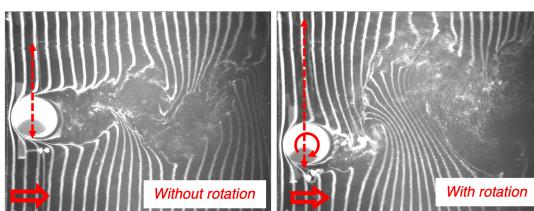


FIGURE 3 – Visualisations par bulles d'hydrogène dans le sillage du cylindre oscillant (gauche) sans et (droite) avec rotation alternée forcée.

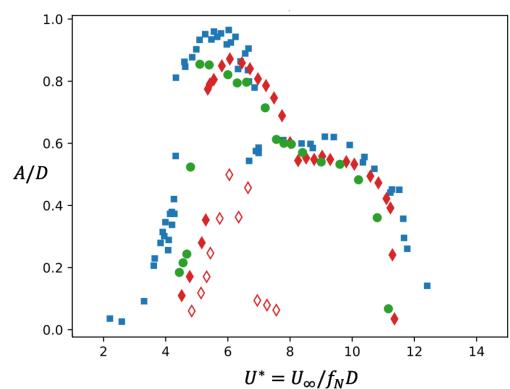


FIGURE 2 – Réponse en amplitude d'oscillation en fonction de la vitesse réduite U^* : (●) sans génératrice, (◇) avec génératrice, (◆) avec génératrice et compensation amortissement. (■) Khalak et Williamson 1997.

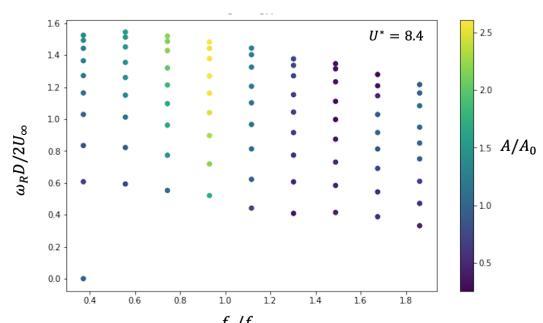


FIGURE 4 – Effet de la vitesse ω_R et de la fréquence f_R de rotation du cylindre sur l'amplitude d'oscillations A . Cas $U^* = 8.4$.