



Stabilisation d'immeubles à l'aide d'amortisseurs à masse accordée

De nos jours, les gratte-ciel symboles de puissance sont de plus en plus grand. Le Burj Khalifa, le plus grand gratte-ciel du monde atteint plus de 800 mètres. Or à de telles hauteurs les oscillations causées par le vent ne sont plus négligeables. D'où le besoin de stabiliser ces gratte-ciels.

L'urbanisation progressive de la population entraîne une augmentation de la densité de population dans les villes. La réponse est la construction d'immeubles de plus en plus hauts. Immeubles qu'il faut donc stabiliser.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*
- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français)

Amortisseur dynamique

accordé

amortisseur dynamique à eau

Oscillations Harmoniques

Parasismique

Stabilisation

Mots-clés (en anglais)

Tuned Mass Damper (TMD)

Tuned Liquid Damper Column

Harmonic Oscillations

earthquake-resistant

Stabilization

Bibliographie commentée

Aujourd'hui 56% de la population mondiale vit en ville et d'ici 2050, cette part devrait atteindre les 70% [1]. On observe donc une densification de la population urbaine. Dès lors la réponse est la construction d'immeubles de plus en plus grands devient une nécessité. D'autant plus que les gratte-ciels sont des symboles de puissance de la ville ou de la nation qui les ont érigés [2].

Ces immeubles sont donc de plus en plus sensibles aux oscillations. Ces oscillations sont majoritairement de deux natures. D'une part elles peuvent être d'origine sismique. D'autre part dues aux vents à haute altitude. Dans les deux cas on peut aisément réduire ces oscillations à des oscillations harmoniques.

Une première solution pour remédier à ces oscillations est l'utilisation d'amortisseur à masse accordée (TMD). Il consiste en la construction d'un pendule dotée d'une grande masse en

haut de l'immeuble, ce qui augmente l'amortissement structurel de la structure, réduisant ainsi les vibrations de résonance. Le pendule est accordé sur la fréquence propre de la structure dont on veut réduire les oscillations [3]. Den Hartog en 1956 puis McNamara en 1977 exprimaient déjà les paramètres idéaux qui minimisent le déplacement de l'immeuble soumis à une fréquence stimulatrice donnée.

Ce système de TMD est par exemple visible dans la tour de Taipei situé à Taiwan [4]. Sa boule de stabilisation pèse près de 660 tonnes, lui permettant ainsi de résister à des vents allant jusqu'à 200 km/h. Dans ce cas où il est volontairement exposé au public le TMD devient lui-même un objet esthétique

Néanmoins on peut déjà optimiser ce système en composant notre amortisseur non pas d'une mais de plusieurs masses mobiles. En effet une étude de Jangid datant de 1999 [5] a montré que les amortisseurs de masse à accord multiple (MTMD) peuvent être plus efficaces et robustes qu'un seul TMD. En effet il existe une région autour de la fréquence optimale de l'amortisseur où le MTMD optimisé présente une efficacité presque constante contrairement au TMD qui peut donner lieu à des résultats expérimentaux aberrants autour de la fréquence de résonance.

Récemment des recherches menées au NatHaz Modeling Laboratory de l'université de Notre Dame ont étudié l'utilisation d'amortisseur à colonne de liquide accordé [6]. Ce système est composé de colonnes d'eau reliées entre elles en forme de U situées aux hauteurs de l'immeuble pour effectuer ce travail de stabilisation. Ces réserves d'eau peuvent aussi être utilisées en cas d'incendie. Bien que certains essais de cette technologie aient été fait au Japon, ce système présente ses limites. En effet il est incapable de répondre rapidement à des perturbations soudaines et imprévues. D'autant plus quand la fréquence de ces oscillations s'éloigne trop de la normale.

Problématique retenue

Actuellement la méthode la plus utilisée pour stabiliser un gratte-ciel est l'utilisation d'un pendule simple au sommet de l'immeuble. Néanmoins pour optimiser davantage la réduction des oscillations, on voudrait améliorer ce système. On en vient à se demander comment optimiser la stabilisation d'un gratte-ciel utilisant un amortisseur à masse accordée ?

Objectifs du TIPE du candidat

Pour comprendre l'utilisation d'un amortisseur dynamique accordé, on peut suivre différentes méthodes : La rétro-ingénierie qui consiste à étudier un objet pour en déterminer le fonctionnement interne ou alors l'ingénierie qui consiste à fabriquer le produit. C'est dans cette seconde optique que l'objectif principal du TIPE est apparu. A savoir construire un modèle réduit de gratte-ciel utilisant un ADA pour stabiliser ses oscillations. Dans un second temps nous voulons simuler l'utilisation d'un pendule dynamique et évaluer ses effets.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] JULIEN DAMON : L'urbanisation mondiale en perspective positive : <https://www.cairn.info/revue-etudes-2011-6-page-739.htm>
- [2] ANATOLI : Les gratte-ciel en Russie, symboles de modernité et d'intégration dans le monde : <https://doi.org/10.4000/anatoli.508>
- [3] NICOLA LONGARINI : The Construction Vibration Control by Tuned Mass Dumper : https://www.researchgate.net/publication/282604838_The_Construction_Vibration_Control_by_Tuned_Mass_Dumper
- [4] JUSTIN MCCURRY : Taipei 101 declared world's tallest building : *The Guardian*
- [5] PIOTR WIELGOS : Optimization of Multiple Tuned Mass Damper (MTMD) Parameters for a Primary System Reduced to a Single Degree of Freedom (SDOF) through the Modal Approach : <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/4/1389>
- [6] H. GAO : Optimization of tuned liquid column dampers : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029696000995>
- [7] S. M. AVILA : Optimal configurations of composite multiple mass dampers in tall buildings : <https://www.scielo.br/j/jbsmse/a/rmPc88kSdYXLnkzf3k5mdTr/?lang=en>

DOT

- [1] : *Etude de la méthode naïve de calcul de la fréquence propre idéale du TMD - Mise en évidence des limites de celle-ci.*
- [2] : *Construction de la maquette oscillante - Enregistrement de la première courbe d'oscillation libre*
- [3] : *Mise en évidence du fait que la fréquence mesurée est trop élevée ce qui implique une longueur de pendule trop courte pour le bon déroulé de l'expérience*
- [4] : *Résolution du problème précédent en lestant le plateau de la structure - Enregistrement de nouvelles courbes d'oscillation*
- [5] : *Etude de la méthode précise de calcul de longueur idéale du TMD*
- [6] : *Ajout du TMD à la maquette - Enregistrement de l'oscillations pour la maquette munie du TMD*
- [7] : *Première tentative de mise en route de l'Arduino - Mise en évidence de la présence de faux contacts sur les pins de l'accéléromètre*
- [8] : *Résolution du problème précédent en branchant chaque pin individuellement au lieu d'utiliser la broche fournie*