

Réduction des vibrations des tours par l'utilisation d'un amortisseur à pendule accordée.

Étant intéressé par le génie civil , j'ai remarqué à plusieurs reprises dans ma ville, la suspension des travaux de constructions ou l'évacuation d'un bâtiment à cause des rafales du vent et des séismes, entraînant des problèmes dans la structure des constructions. Je me suis demandé comment peut-on résoudre ce problème?

La ville est un milieu qui fait face aux imprévus de la nature . En effet , les rafales du vent et les séismes peuvent être dévastateurs et fragiliser les bâtiments, notamment les tours. Il est donc essentiel de préserver l'infrastructure pour éviter des dégâts humains et matériels considérables.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*
- *PHYSIQUE (Physique de la Matière)*
- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français)

Masse pendulaire accordée

Rafale de vent

Excitation sismique

Fréquence d'antirésonance

Coefficient d'

amortissement

Mots-clés (en anglais)

Pendular Tuned mass damper

gust of wind

Sismic perturbation

Antiresonance frequency

Damping coefficient

Bibliographie commentée

L'étude des bâtiments protégés contre les charges du vent et les tremblements de terre est très utile, puisque ces structures doivent résister devant ces deux contraintes majeures .

Pour résoudre mon problème , j'ai commencé par aborder les travaux [1] de Pascal Hémon qui introduit les phénomènes mécaniques majeurs qui provoquent par leurs effets le mouvement d'oscillation des tours élancées. Il se focalise sur les charges induites par les rafales du vent qui sont plus fréquentes que les séismes, et traite le phénomène d'oscillation des tours en donnant l'exemple d'étude d'un tablier oscillant , pour proposer à la fin de son étude une configuration basée sur les amortisseurs à masse accordées pour atténuer les amplitudes des oscillations. Ceci m'a permis de savoir comment les charges du vent ainsi que leurs effets sont modélisés. Ensuite, en analysant la thèse de Xavier Amondolese [2] qui étudie le mouvement de tangage forcé sur

les structures non profilées et qui est causé par un écoulement uniforme en mettant en évidence le caractère aéroélastique des structures en milieu urbain. Pour cela, j'ai subdivisé l'étude en me basant sur l'analyse numérique et sur les études expérimentales. D'autre part, dans sa thèse [3], Nassim Djedoui étudie la réponse des tours aux excitations d'ordre sismique de façon détaillée et pointe du doigt l'effet des séismes étudiés dans [5] sur la structure des bâtiments élancés. Il analyse le rôle que joue un amortisseur à masse accordée pour atténuer les amplitudes des oscillations des tours qui entrent dans un mouvement de va et vient qui nuit à la fois à leur structure et à la sécurité des personnes à l'intérieur. Cela m'a renseigné sur la différence entre la modélisation des excitations sismiques qui sont inertielles et celles du vent qui sont impulsionnelles. Cette thèse m'a orienté vers la recherche des paramètres optimaux du système intégré, en comparant les différents modèles proposés et les différentes variantes de l'amortisseur à masse accordée.

En se référant à [4],[3] ; le règlement marocain des constructions en milieu urbain montre que plusieurs villes du Maroc font face à des séismes et à des rafales du vent destructeurs. Il montre également qu'une dizaine de villes se situent dans une zone de superposition de ces deux contraintes. Ce qui justifie la nécessité de la protection de ces structures qui n'utilisent que des moyens classiques, comme les butées d'isolation qui sont utilisées à fin d'éviter l'écroulement des structures à cause d'un séisme important ou d'une rafale de vent destructrice. Ce qui m'a permis de me positionner dans l'étude théorique en suivant les normes prescrites. Ainsi en consultant [5], Mustapha Rguig complète l'étude faite en [1] en montrant le danger considérable que présentent les séismes sur les structures, et en donnant la démarche analytique pour dimensionner les fondations des constructions en suivant l'analyse modale afin d'élaborer une construction immune contre les séismes. Cela m'a permis de savoir la répartition des villes selon les zones actives en séismes et en rafales de vent, et par la suite de connaître les villes qui se localisent dans une zone de superposition des deux contraintes.

Dans [6], Isabelle GOUJON établit une lecture concernant les excipients d'origine marine utilisés dans l'industrie de pointe et leurs applications à la synthèse d'un gel chimique. Cela permet de constater l'influence de la concentration des composés chimiques gélifiants sur la viscosité dans une solution aqueuse. Cela m'aidera, dans mon expérimentation à trouver la valeur de la viscosité optimale pour les forces de frottements visqueux qui agissent sur le système pendulaire accordé en assurant l'atténuation souhaitée des amplitudes d'oscillations.

Problématique retenue

Quel est l'effet du couplage mécanique entre la tour et l'amortisseur à pendule accordé sur le mouvement d'oscillation de la tour ? Quelles sont alors les valeurs optimales des paramètres de ce pendule accordé qui permettent d'assurer une bonne atténuation des amplitudes d'oscillations de la tour ?

Objectifs du TIPE du candidat

- Établir une modélisation physique de la structure d'une tour, en tenant compte des dimensions et des caractéristiques dynamiques de la tour.
- Analyser l'effet du couplage mécanique de l'amortisseur accordé avec la tour soumise aux charges du vent et aux excitations sismiques.
- Déterminer les valeurs optimales (masse et longueur du pendule, coefficient d'amortissement visqueux) pour un meilleur amortissement des oscillations de la tour .
- Vérifier expérimentalement par le biais d'une maquette, l'efficacité de la masse pendulaire accordée en tenant compte des valeurs théoriques trouvées.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] MR. PASCAL HEMON : Vibrations couplées avec le vent : *LadHyX Département de Mécanique Ecole Polytechnique F-91128 PALAISEAU CEDEX Mél* : pascal.hemon@ladhyx.polytechnique.fr.
<https://www.off-ladhyx.polytechnique.fr/people/pascal/pdf/poly-aeroelasticite.pdf>
- [2] MR. XAVIER AMANDOLESE : Low speed flutter and limit cycle oscillations of a two-degree-of-freedom flat plate in a wind tunnel : *Journal of Fluids and structures 2013. LadHyX, CNRS-Ecole Polytechnique, F-91128 PALAISEAU, France.* <http://yakari.polytechnique.fr/Django-pub/documents/amandolese2013rp-2pp.pdf>
- [3] MR. NASSIM DJEDOUÏ : Modélisation et analyse du contrôle hybride(actif-passif) des vibration des bâtiments sous sollicitations sismiques en champ proche : *Université Mohamed khider-Biskra . Thèse de doctorat soutenue en juin 2018.*<https://thesis.univ-biskra.dz/4000/1/These%20Complete%20Finale%20corrige%20apres%20soutenance.pdf>
- [4] MINISTÈRE DE L'HABITAT ET DE LA POLITIQUE DE LA VILLE : Le règlement marocain de la construction parasismique : *Le règlement marocain de construction parasismique R.P.S.2000*
- [5] MR. MUSTAPHA RGUIG : Calcul dynamique et sismique des structures , troisième année Génie Civil : *École Hassania des travaux publics EHTP .*
- [6] MME. ISABELLE GOUJON : Les alginates, excipients d'origine marine utilisés dans L'industrie pharmaceutique: applications à la synthèse d'un gel chimique : *Université Paris Saclay . Version de 23 mars 2016 .*https://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2004_GOUJON_ISABELLE.pdf

DOT

- [1] : [Début janvier 2023]: réunion avec Mr.STITOU Akram ; ingénieur en génie civil. À la suite de cette réunion , je me suis référé au document [4] pour découvrir les normes marocaines ainsi qu'euro péennes pour la construction parasismique.
- [2] : [Début février 2023]: visite au port TANGER MED-Maroc, et réunion avec Mr. IDERGHAN Nabil , ingénieur de structure. A la suite de cette réunion, en se référant à [3] et [5], le choix s'est fixé sur l'étude du système pendulaire à masse accordée.

- [3]** : *[Fin février 2023]: réunion avec Mr. BENYESSEF AMINE, ingénieur de structure chez TANGER MED-Maroc. En se référant à [1] et [2], j'ai introduit dans mon étude l'influence des rafales de vent sur les structures élancées et le rôle joué par le système choisi à ce propos.*
- [4]** : *[Fin février-Mi-mars 2023]: étude théorique du modèle choisi en intégrant un amortisseur pendulaire à masse accordée. Pour la suite, j'ai élaboré les scripts python nécessaires à la résolution numérique des équations abouties tout en traitant les différents cas qui se présentent lors de l'étude.*
- [5]** : *[Fin mars 2023]: élaboration du protocole expérimental, et construction de la maquette d'une gratte-ciel équipée d'un amortisseur pendulaire à masse accordée, dans le but de saisir les similitudes entre le modèle théorique et celui expérimental, lors d'une secousse sismique ou des rafales de vent.*
- [6]** : *[Début avril 2023]: échec de l'élaboration de la courbe donnant la viscosité en fonction de la concentration d' "Agar-agar" dissout dans l'eau pour modéliser les forces de frottements fluides sur le pendule accordé.*
- [7]** : *[Mi-avril 2023]: réussite de l'élaboration de la courbe donnant la viscosité en fonction de la concentration d' " Alginate de Sodium ", pour modéliser les forces de frottements fluides sur le pendule accordé . Et j'ai opté pour la motorisation de la maquette par « moteur/bielle manivelle » pour des secousses contrôlées.*
- [8]** : *[Mai 2023]: interprétation des résultats et élaboration des courbes pertinentes, les versions finales des scripts python, ainsi que préparation de la présentation orale de mon TIPE.*