Journal de l'AIV

Association de l'Ingénierie du Vent
Belgique - France - Suisse

Le Journal de l'AIV est une initiative destinée à créer une nouvelle ouverture de notre Association vers l'extérieur. Ce journal sera édité bi-annuellement pour présenter les travaux de nos membres dans le domaine de l'ingénierie du vent. Chaque édition sera composée d'articles classés en trois catégories : travaux de recherche, applications en bureau d'études et applications industrielles. Tous les domaines de l'ingénierie du vent seront abordés, aussi bien via une approche expérimentale que numérique.

Le comité éditorial du Journal de l'AIV

L'Ingénierie du Vent et son Association Francophone en Europe 1
Sur le traitement des mesures de pression pariétale synchrones : La Fondation Louis-Vuitton 2
Optimisation d'un produit industriel soumis au vent 3
Mesure de grands champs de pression de vent complexes à l'aide de configurations multiples 4
Caractéristiques aérodynamiques d'un viaduc : approche numérique et expérimentale 7
Travaux d'étudiants 9
Actualités 10

L'Ingénierie du Vent et son Association Francophone en Europe

L'ingénierie du vent est le *'traitement des interactions entre le vent et les Hommes et leurs activités à la surface de la terre'*. De par sa définition générale, le spectre des disciplines sous-jacentes est assez large : météorologie, aérodynamique, résistance des matériaux, dynamique des structures ... Les applications principales sont également très vastes : stabilité des ouvrages d'art, notion de confort piéton, dispersion de polluants, énergie éolienne (performance et potentiel d'un site éolien), certification au vent de produits ...

L'Association de l'Ingénierie du Vent (AIV) regroupe différents types d'acteurs de la communauté francophone actifs dans ce domaine. Elle est composée d'industriels, de bureaux d'études et d'universités en Belgique, France et Suisse. L'AIV a fêté ses 10 ans cette année.

Elle s'articule autour des activités suivantes :

— **Journées de l'AIV** : deux journées d'études, organisées annuellement avec comme objectif de mettre en contact les différents acteurs du domaine.

— **Le prix Inno-Vent** qui récompense chaque année la meilleure initiative dans le domaine de l'ingénierie du vent.

— **Journal de l'AIV** : ce journal est destiné à promouvoir les activités de l'AIV en son sein et vers l'extérieur. Il servira de base pour relayer les travaux réalisés et les évènements organisés par l'AIV.

L'AIV est une plateforme dynamique et passionnée au service de la Science et de l'industrie. Le large spectre de disciplines traitées dans l'ingénierie du vent justifie notre volonté d'ouverture à tous les acteurs du domaine. Toutes les demandes d'information concernant l'adhésion à l'AIV peuvent être adressées au secrétariat (secretariat@aiv.asso.fr).

[Application en bureau d'études]

Sur le traitement des mesures de pression pariétale synchrones : La Fondation Louis-Vuitton

par P. Hémon (Ecole Polytechnique, LadHyx)

Lors de la construction de la Fondation Louis Vuitton à Paris, les calculs au vent du bâtiment ont été alimentés par des mesures de signaux de pression pariétale synchrones sur une maquette à échelle réduite. Ces essais ont été réalisés à la soufflerie Jules Verne du CSTB à Nantes. Le volume de données produit est important : pas loin de 800 capteurs, 36 directions de vent et 2 heures de signal temporel à chaque fois (en 12 séquences de 10 minutes). Durant la phase de chantier, pendant laquelle des modifications structurelles continuelles s'opéraient, il est apparu très vite que l'adaptation et l'utilisation de cette masse de données constituaient un point critique par rapport aux durées de calcul. Dès lors, un certain nombre de compromis se sont avérés nécessaires afin d'insérer le calcul au vent dans un processus contraint par les délais du chantier, compromis dûment validés et acceptés par les parties concernées.

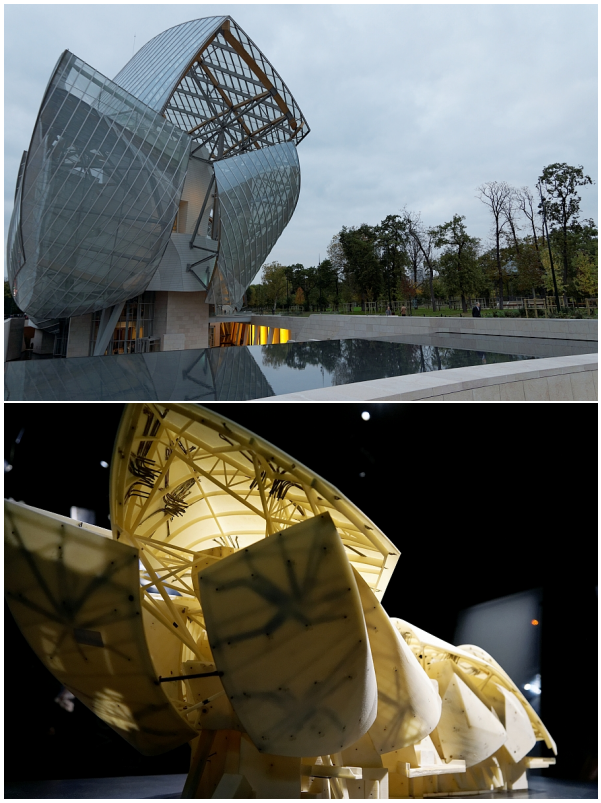

Fig. 1 : La Fondation Louis Vuitton et sa maquette de soufflerie

Pour autant, avec un peu d'anticipation il est possible d'accélérer considérablement les calculs au moyen d'une compression a priori des données de soufflerie : à l'image de la compression de vidéo, il existe en effet des algorithmes tout à fait fiables et accessibles. Parmi ceux-ci la décomposition bi-orthogonale (BOD) semble très appropriée. Mieux, si nécessaire elle permet une meilleure adaptation des signaux temporels aux besoins résultants de l'analyse modale de la structure. L'idée consiste d'une certaine façon à effectuer une analyse spatio-temporelle des signaux de pression pour en extraire une base de "modes propres" : il suffit ensuite d'utiliser cette base en la tronquant pour reconstruire les signaux, à l'instar d'une superposition modale classique. Un critère énergétique simple permet de choisir le rang de la troncature qui en pratique s'avère très performante dans le sens que relativement peu de termes sont à retenir. Cette analyse spatio-temporelle n'est réalisée qu'une seule fois à l'issue des essais de soufflerie.

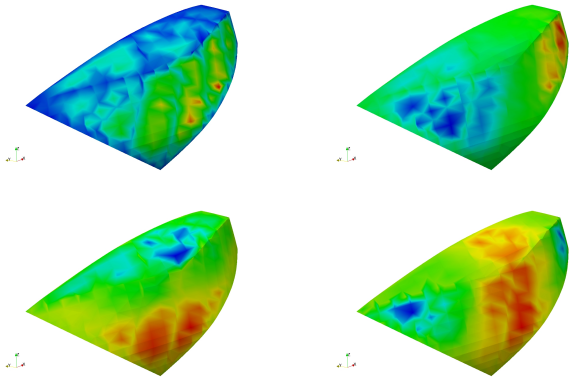

Fig. 2 : Les 4 premiers topos sur une des voiles de verre de la Fondation Louis Vuitton

Concrètement la décomposition bi-orthogonale permet de décomposer un signal en espace et en temps en une série de produits de fonctions spatiales, appelées topos et de fonctions temporelles, appelées chronos. Les topos et les chronos sont orthogonaux entre eux et normés. Chaque topos d'un rang donné est associé au chronos du même rang. Pour établir une comparaison avec une analyse modale classique, les topos s'apparenteraient aux vecteurs propres, tandis que les chronos seraient les équivalents des fonctions sinus. La différence majeure réside dans le fait que les chronos ne sont pas choisis a priori parmi les fonctions sinus mais sont au contraire extraits du signal original. La BOD est réputée performante même lorsque les signaux contiennent des évènements rares ou extrêmes. Elle est aussi rigoureuse mathématiquement parlant car les hypothèses sur les caractéristiques

des signaux sont réduites à leur minimum, en particulier les signaux n'ont pas l'obligation d'être stationnaires et gaussiens à l'instar d'autres méthodes de compression.

L'application à une voile de verre de la Fondation Louis Vuitton est réalisée et les résultats sont analysés en détail. Ils montrent en particulier que, pour rester fiable dans la captation des valeurs extrêmes de pression, la troncature de la décomposition bi-orthogonale doit respecter assez fermement le critère énergétique. Cependant cela ne remet pas en cause l'intérêt de la méthode. Ainsi par comparaison entre une méthode classique et celle avec compression par BOD, la durée de calcul diminue de quelques minutes à quelques secondes (pour une voile de verre sur un PC). Par ailleurs, l'analyse détaillée des 12 séquences de 10 minutes une par une montre que les topos restent les mêmes dans chacune des séquences, par rapport à une analyse globale sur 2 heures : les topos calculés sur 10 minutes sont les mêmes que ceux calculés sur 2 heures montrant ainsi la robustesse de la méthode ainsi que la bonne stabilité de la soufflerie.

[1] Hémon P. Processing of dynamic wind pressure loads for temporal simulations, Wind and Structures, 21(4), 425-442, 2015.

[2] Aubry N., Guyonnet R., Lima R. Spatio temporal analysis of complex signals : Theory and applications, J. of Statistical Physics 64, 683-739, 1991.

[3] Hémon P., Santi F. Application of bi-orthogonal decompositions in fluid-structure interactions, J. of Fluids and Structures 17, 1123-1143, 2003.

[Application industrielle]

Optimisation d'un produit industriel soumis au vent

par O. Flamand (CSTB)

Quel est le produit grand public qui souffre le plus des effets du vent ? Dans ce grand concours nul doute qu'après les parapluies, les parasols de plage sont assez bien placés. Certes ceux qui sont plantés sur les plages de la Méditerranée ont majoritairement la fonction de brise-soleil, mais leurs cousins plantés face à l'Atlantique ou à la Manche servent bien souvent, à leur corps défendant, de brise-vent.

Fig. 1 : Positionnement des parasols à 90° et à 45° dans la veine d'essais de la soufflerie.

La société TRIBORD, filiale de Décathlon, a sollicité le CSTB pour réaliser une analyse de la tenue au vent et du bruit de deux types de parasols jusqu'à une vitesse d'écoulement d'air de 70 km/h. Il était particulièrement intéressant de pouvoir comparer le comportement des deux produits : c'est pourquoi, compte tenu de leurs dimensions, une veine d'essai de grande dimension était nécessaire.

C’est la veine "Haute Vitesse" de la soufflerie climatique qui a été choisie d’une section de 6m de large par 5m de haut. Il n’a pas été nécessaire de monter la vitesse de l’écoulement jusqu’à son maximum, 280 km/h, mais la table tournante motorisée y est très pratique pour représenter différentes directions de vent.

Deux prototypes de parasols à étudier ont été fixés en deux points à des supports métalliques permettant soit de les maintenir droits, soit de les incliner à 45° de l’horizontale. Et la séance de torture a pu commencer. Dans une telle application sur un produit de série une dispersion (faible) de la qualité de réalisation peut influer sur les résultats : c’est pourquoi cinq exemplaires de chaque type de parasol ont été soumis au vent. Les résultats, par exemple la vitesse à laquelle la voilure du parasol se retourne dans l’orientation du vent la plus défavorable, se sont révélés très homogènes. Le premier résultat d’une telle expérience est l’observation visuelle du comportement : c’est pourquoi la présence et la participation du client sont essentielles. Les séquences sont aussi filmées et s’il faut mesurer des déplacements ou des efforts, les capteurs sont là, prêts à servir.

Fig. 2 : Déformations des parasols à 45° dûes au vent.

Pour ces parasols la question du bruit était posée : un micro équipé d’une ogive a été placé dans la veine d’essais et bien que la soufflerie ne soit pas aéro-acoustique, le surcroît de bruit généré par les toiles battantes sous l’effet du vent a pu être caractérisé. En une demi-journée le comportement du produit est passé à la loupe, on observe sa réponse pour toute une gamme de vitesses et d’angles, jusqu’à destruction si besoin, ou en réalisant comme dans ce cas des cycles de sollicitation pour aborder la tenue au vent par le versant "fatigue". Une bonne recette pour des produits de qualité.

[Travaux de recherche]

Mesure de grands champs de pression de vent complexes à l’aide de configurations multiples

par V. Denoël (ULg), L. Carassale (UniGe)

L’identification des propriétés modales des structures se base souvent sur l’utilisation de capteurs de références fixes, positionnés en des endroits stratégiques choisis de façon à capturer l’essentiel de la dynamique de la structure étudiée, ainsi que de capteurs mobiles qui sont déplacés de configuration en configuration, de façon à raffiner localement les formes de modes de vibration identifiés. Cette pratique permet de travailler avec un nombre restreint de capteurs, tout en offrant une représentation relativement précise des informations visées. C’est cette pratique, précisément, qui a inspiré une étude relative à sa transposition dans le cadre de la mesure de champs de pression cohérents sur des structures complexes et de grandes dimensions, tout en n’utilisant qu’un nombre limité de capteurs.

Transposée au domaine de l’ingénierie du vent, cette méthode permet de déterminer un champ de pression raffiné, tel qu’il pourrait être mesuré en soufflerie sur la maquette d’une structure complexe et de grandes dimensions, sans pour autant avoir recours à une seule mesure complètement synchrone de toutes ces pressions en même temps. Par exemple, elle permettrait de déterminer les pressions de vent en 5.000 points en réalisant plusieurs mesures avec un total de 512 capteurs de pression, la méthodologie nécessitant de conserver disons 100 capteurs à des positions fixes et bien choisies, tout en déplaçant les 412 autres capteurs dans différentes configurations, de façon à couvrir les 4.900 autres points de mesure. C’est maintenant possible grâce à un travail de recherche qui a été mené conjointement entre l’Université de Liège et l’Universita degli Studi di Genova.

La méthode se base essentiellement sur une modélisation probabiliste des pressions mesurées et de leurs corrélations. Mathématiquement, deux variables aléatoires dont la corrélation est connue (comprendre deux pressions mesurées aux points 2 et 3 dans des configurations différentes) ne peuvent pas offrir n’importe quelle corrélation avec une troisième variable aléatoire, ici une pression mesurée au point 1, commun aux deux configurations de mesure. Par exemple, si les pressions en 1 et 2 sont parfaitement corrélées (mesures identiques), les corrélations entre

les pressions en 1 et 3 et les pressions en 2 et 3 doivent être identiques. De manière plus générale, le graphique de la Figure 1 représente les valeurs possibles que peuvent prendre le triplet (ρ_{12}, ρ_{13}, ρ_{23}) des coefficients de corrélation entre trois variables aléatoires.

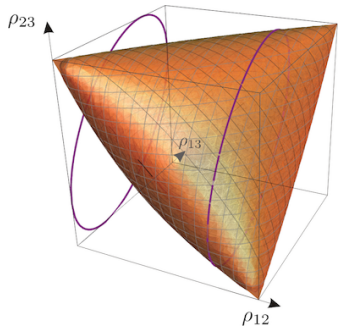

Fig. 1 : Les corrélations possibles (ρ_{12}, ρ_{13}, ρ_{23}) entre les pressions de vent en trois points de la maquette, prises deux à deux, doivent se trouver à l'intérieur de cette surface.

Sur la base de ce constat et d'une méthodologie un peu plus développée, des champs de pression ont été reconstruits sur un modèle réduit de bâtiment, à partir de plusieurs configurations. Le bâtiment qui a servi à valider la méthodologie est celui étudié par Kikuchi et al., composé de 500 capteurs de pressions sur un bâtiment à base carrée, comme représenté à la Figure 2-a. L'avantage de ce modèle est de posséder un ensemble de 500 mesures de pression synchrones, qui ont servi de référence à l'étude. La matrice de covariance de ces pressions est représentée à la Figure 2-b. On y distingue clairement les quatre faces du modèle sur lesquelles il existe davantage de corrélation.

A côté de cette configuration idéale où toutes les pressions seraient mesurées simultanément, plusieurs configurations de mesures partielles ont été envisagées. Elles ont simplement été 'simulées' en prétendant que seulement une partie des informations était disponible. Parmi celles-ci, une stratégie étudiée, fonctionnant avec un total de 240 capteurs de pression, consiste à positionner des capteurs de références fixes une ligne sur trois, à raison de trois colonnes par face sur les quatre faces du bâtiment (soit un total de 154 capteurs fixes) et à déplacer les 86 autres capteurs de façon à combler les capteurs de pressions vides successivement sur chacune des faces. De la sorte, quatre configurations de mesure, complétant les mesures sur une face à la fois, permettent de déterminer les corrélations existantes (ou du moins des intervalles de variation) entre les pressions aux points non couverts par la situation de référence.

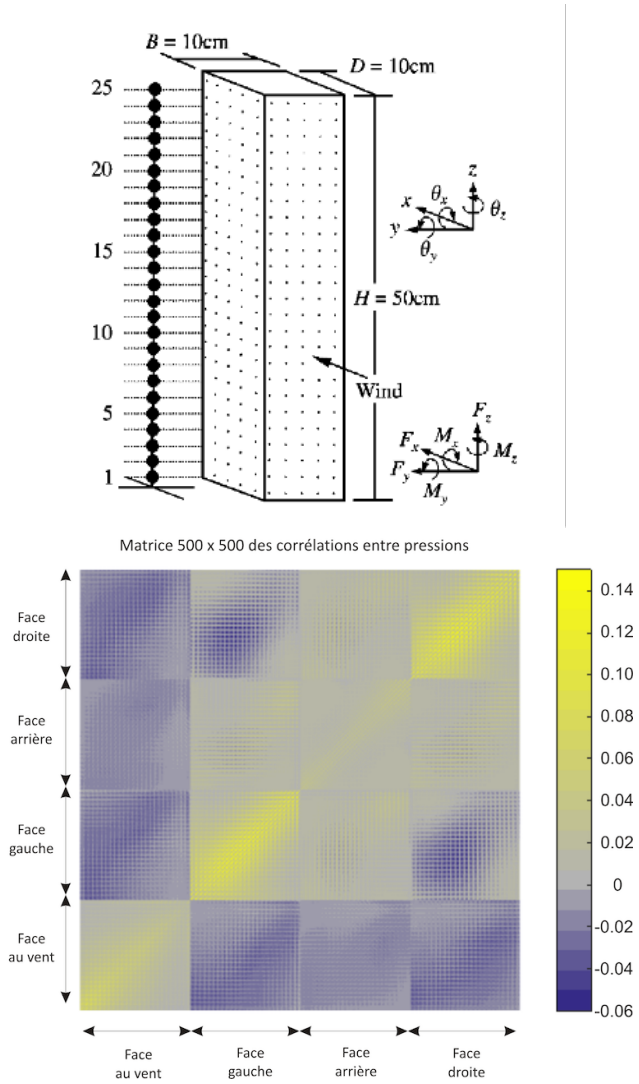

Fig. 2 : (a) illustration du bâtiment considéré pour l'étude (graphique extrait de [1]) et (b) représentation de la matrice des covariances des coefficients de pression à chacun des 500 points de mesure.

La Figure 3 représente la matrice des covariances des pressions qui aurait été obtenue en procédant à une mesure à l'aide de ces quatre configurations. Les 'trous' blancs correspondent à des données manquantes, relatives à la corrélation entre les pressions mesurées par des capteurs mobiles sur différentes faces. C'est précisément l'information qui est manquante et qui doit être reconstruite. La méthode de reconstruction se base sur une projection des données manquantes sur des directions principales de la partie observée. Elle permet de reconstruire à la fois les réponses quasi-statique et résonante de la réponse structurelle. Le résultat illustré à la Figure 3-b est la matrice de covariance reconstruite. Elle est très proche de la matrice de covariance qui aurait été obtenue en utilisant d'emblée les 500 capteurs, ce qui valide en partie la méthode.

Un autre niveau de validation de la méthode a également été proposé en utilisant la métrique des efforts internes, étage par étage, pour estimer les erreurs imputables à la reconstruction. Avec la solution illustrée ici, moins de 5% d'erreur peuvent être obtenus sur les forces d'étage. D'autres configurations permettent de diminuer davantage cette erreur, au prix de la nécessité de devoir utiliser un plus grand nombre de capteurs. Par ailleurs, il est également envisageable de diminuer le nombre de capteurs de référence et de capteurs mobiles à un strict minimum, au prix d'une dégradation de la qualité de la reconstruction. En bref, un compromis (à la Belge ?) à trouver ? ou à négocier (à l'Italienne ?) ?

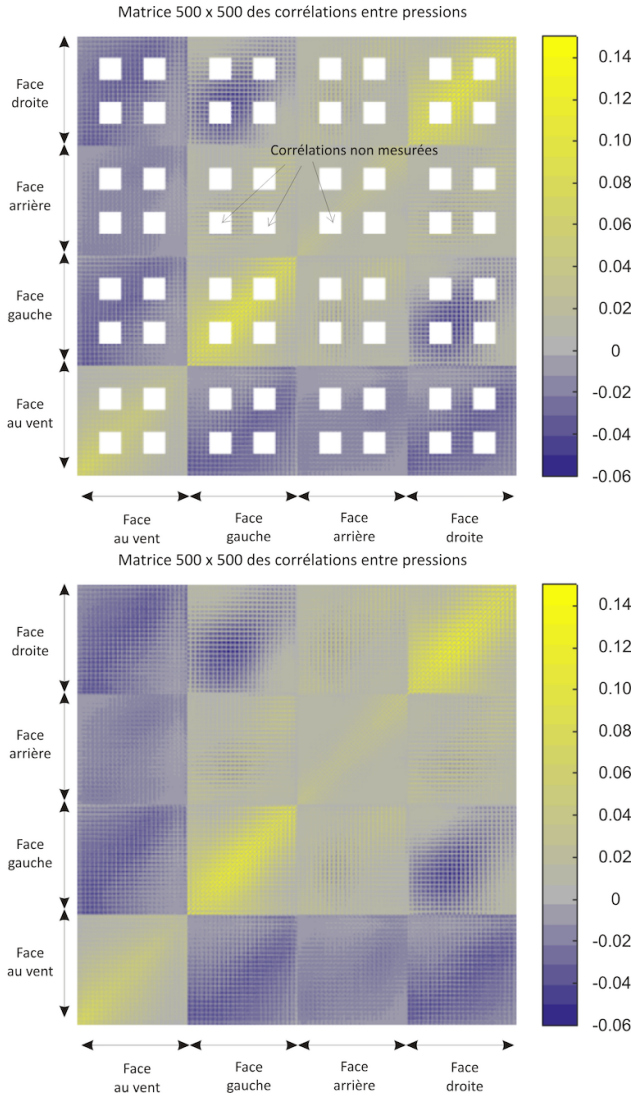

Fig. 3 : Matrice de covariances des pressions (a) hypothétiquement mesurées et (b) reconstruites.

Les auteurs de cet article remercient et félicitent chaleureusement Lucia Bellina [2] et Andy Fossion [3] pour leurs contributions à cette recherche.

.

[1] Kikuchi H., Tamura Y., Ueda H., Hibi K., Dynamic wind pressures acting on a tall building model proper orthogonal decomposition, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 69-71 (1997), pp. 631 ?646

[2] L. Bellina, Reconstruction of the correlation matrix of wind pressures from multiple setup measurements, Master thesis, University of Genova

[3] A. Fossion, Reconstruction of missing wind pressure data from multiple setup measurement, Master thesis, Université de Liège

La prochaine édition du Journal de l'AIV est prévue pour **septembre 2016**.

Vos contributions peuvent être transmises dès maintenant via l'adresse :

journal@aiv.asso.fr

Et selon le canevas suivant :

— Max. 6000 signes (espaces inclus)

— Max. 3 figures (à transmettre sous forme de fichier *.jpg)

— Nom(s), prénom(s), du (des) auteur(s) ainsi que leur(s) affiliation(s)

— Format Word ou Latex

[Application en bureau d'études]

Caractéristiques aérodynamiques d'un viaduc : approche numérique et expérimentale

par T. Andrianne (ULg)

La prise en compte des actions du vent sur les ouvrages d'art en bureau d'études passe par la caractérisation des forces aérodynamiques qui s'y appliquent. Cet article présente deux approches complémentaires permettant de caractériser l'aérodynamique d'un viaduc : les *essais en soufflerie* et les *simulations numériques*. Elles sont appliquées à l'étude d'un viaduc de 32m de large composé de 13 tronçons pour une longueur totale de 1590m. Cette étude a été commandée par le bureau d'études Greisch au Wind Tunnel Laboratory (WTL), la soufflerie aérodynamique de l'Université de Liège.

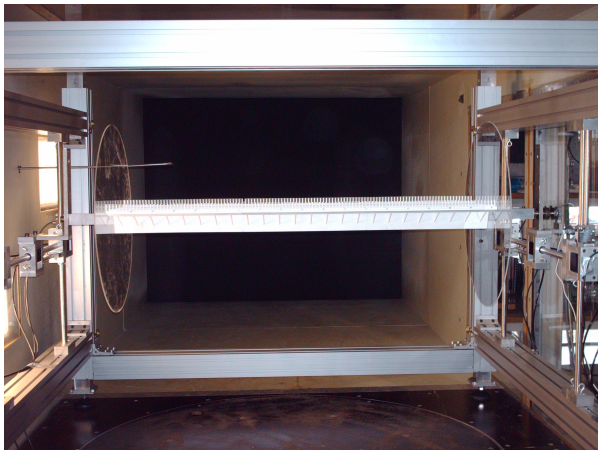

Fig. 1 : Maquette supportée par le système de mesure de forces dans la veine d'essais.

On se concentre ici sur les forces aérodynamiques moyennes mais également sur le phénomène d'échappement tourbillonnaire qui prend place dans le sillage de tout corps non profilé dans un écoulement fluide (les fameux tourbillons de Von Kármán). Ces caractéristiques aérodynamiques, propres à chaque géométrie, sont exprimées classiquement sous forme de grandeurs non-dimensionnelles : les coefficients de force aérodynamiques $C_i = F_i/(0.5\rho V^2 S)$ où $i = L$ ou D pour la portance et la trainée respectivement. Ces coefficients sont calculés à partir de la moyenne temporelle F_i des forces $F_i(t)$ qui varient avec le temps. Le phénomène d'échappement tourbillonnaire est quant à lui caractérisé par la fréquence d'éjection f des tourbillons, via le nombre de Strouhal, $St = fD/V$ (D est la dimension verticale de la section de pont et V est la vitesse du vent). Le bureau d'études applique ces grandeurs aérodynamiques 2D comme des charges extérieures dans un modèle élements-finis du viaduc entier pour calculer les déplacements et efforts maximum dans la structure.

Les essais en soufflerie sont réalisés sur un modèle réduit à l'échelle $1/100^{eme}$. La maquette fait donc 0.32m de large par 1.2m de long et est supportée dans la veine d'essais de la soufflerie par à un ensemble de capteurs de forces mesurant la portance et la traînée.

Des plaques circulaires minces sont placées de part et d'autre de la maquette de manière à y limiter les effets aérodynamiques tridimensionnels. Ces effets 3D prennent la forme de tourbillons qui sont dûs à la différence de pression entre la partie inférieure et supérieure du tablier, comme dans le cas des ailes d'avions. Il y a lieu d'éliminer ces effets 3D qui ont tendance à diminuer la portance et augmenter la trainée et qui surtout ne sont pas présents lorsque l'ouvrage est terminé (cela exclu les phases de construction qui ne sont pas traitées dans cet article).

La procédure consiste ensuite à mesurer ces forces pour différentes vitesses de vent de manière à s'assurer que les coefficients aérodynamiques sont peu affectés par le nombre de Reynolds ($Re = UD/\nu$) qui est immanquablement différent entre la maquette et la structure réelle.

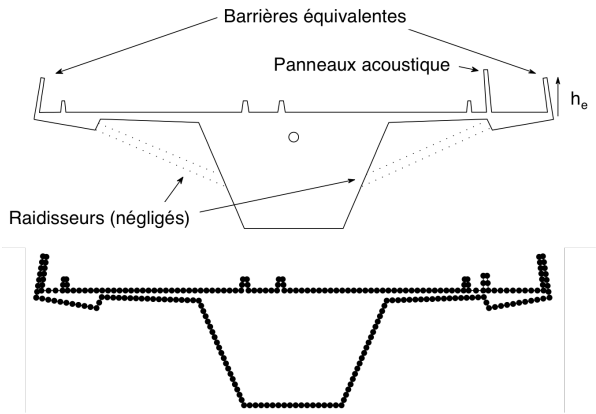

Fig. 2 : Section du viaduc avec ses simplifications et maillage.

La simulation numérique dans le domaine de la mécanique des fluides est appelée CFD (pour Computational Fluid Dynamic). Parmi les différentes approches CFD qui résolvent les équations de Navier-Stokes, cet article propose de se cantonner à la méthode 'tourbillonnaire' qui a été développée au sein du WTL de l'ULg [1].

Fig. 3 : Vue instantanée du sillage du viaduc représenté par des tourbillons.

Le code de calcul, dénommé DVM (pour Discrete Vortex Method) consiste en une méthode de panneaux non-visqueuse, instationnaire et bidimensionnelle. Elle se distingue des autres approches CFD par le fait qu'elle ne nécessite pas de maillage du domaine fluide, mais uniquement des frontières de la géométrie du tablier (figure 2). Dans cette approche Lagrangienne, l'écoulement est remplacé par un ensemble de particules tourbillonnaires dont le comportement est régi par leurs interactions mutuelles (figure 3). A chaque pas de temps, de nouveaux tourbillons sont créés et 'éjectés' de la surface du tablier de manière à ce que la condition de non-pénétration soit respectée : le fluide ne rentre pas dans le tablier. Les forces aérodynamiques ($F_L(t)$ et $F_D(t)$) ainsi que la fréquence d'éjection des grandes structures tourbillonnaires (f) qui se créent dans le sillage peuvent alors être calculées.

A cause du caractère 2D du code DVM, il y a lieu de réaliser quelques simplifications sur la géométrie initiale du tablier du viaduc. Parmi ces simplifications, les raidisseurs disposés sous le tablier et régulièrement espacés doivent être négligés. De manière similaire, les écrans brise-vent présents sur toute la longueur du tronçon et caractérisés par une certaine porosité sont simplifiés et représentés par un écran imperméable dont la hauteur peut être ajustée (figure 2).

Notons finalement que les paramètres de simulations utilisés dans le cadre de ce article correspond à ceux de la maquette testée en soufflerie. Il s'agit ici de reproduire numériquement l'aérodynamique de cette dernière.

Les coefficients mesurés et calculés sont présentés dans la figure 4 en fonction de l'angle d'incidence du tablier par rapport à l'écoulement. Pour le coefficient de portance (C_L), les résultats numériques sont très proches des mesures expérimentales. On remarque également que la hauteur des barrière équivalentes ont peu d'effet sur cette composante de la force aérodynamique. Le coefficient de traînée (C_D) est également bien approché entre $-5°$ et $5°$ par la méthode DVM. Néanmoins des différences importantes apparaissent pour des angles plus importants. Ces différences peuvent être attribuées au remplacement de la barrière perméable par une barrière imperméable, qui a un effet sur le point de décrochage de l'écoulement autour du tablier. Finalement, le nombre de Strouhal est également bien estimé, bien qu'une erreur maximale de l'ordre de 20% entache les résultats numériques.

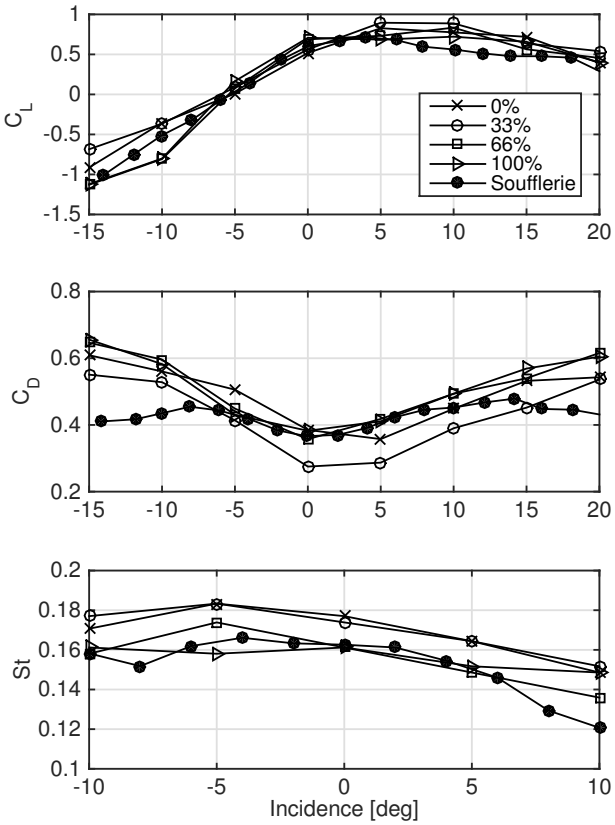

Fig. 4 : Comparaison des coefficients aérodynamiques et du nombre de Strouhal : mesures en soufflerie et résultats numériques.

On peut donc conclure que l'approche expérimentale donne une caractérisation 'physique' de l'aérodynamique du tablier, qui passe par la fabrication, l'instrumentation et les essais en soufflerie. Il faut néanmoins garder à l'esprit que des simplifications doivent être réalisées, principalement à cause de la mise à l'échelle du tablier (effet de Reynolds, détails aérodynamiques). D'un autre coté, l'approche numérique permet d'obtenir rapidement des réponses à transmettre au bureau d'étude et avec un précision acceptable au stade de l'avant projet. L'analyse numérique peut quant à elle être menée en vraie grandeur, ce qui permet de s'affranchir de l'effet de Reynolds des résultats en soufflerie mais toujours au prix de simplifications des équations de Navier-Stokes.

Notons tout de même que la méthode DVM requiert bon nombre de 'réglages' (résolution spatiale du nombre de panneaux sur le tablier, limi-

tation de comportement singulier des tourbillons qui composent l'écoulement,..) qui sont fréquents avec toutes méthodes numériques en mécanique des fluides. La méthode DVM trouve également une limite en terme de temps de calcul lorsque le nombre de tourbillons devient élevé. Il y a donc lieu de limiter la représentation des détails du tablier et l'on rejoint alors les limitations des maquettes expérimentales (dûes à la mise à l'échelle). La meilleure solution consiste donc à combiner les deux approches pour exploiter leurs avantages respectifs.

L'auteur de cet article remercie le bureau d'étude Greisch pour leur collaboration avec l'Université de Liège et leur intérêt pour les développements scientifiques qui y sont réalisés.

[1] T. Andrianne, Experimental and numerical investigations of the aeroelastic stability of bluff structures, PhD thesis, Université de Liège.

Travaux d'étudiants

Modélistation de la réponse d'une structure élancée à l'échappement tourbillonnaire en couche limite atmosphérique

par F. Wertz (étudiant ULg 2014-2015)

Ce travail étudie les vibrations induites par détachement tourbillonnaire sur un pylône générique en béton armé de 100m de hauteur de section carrée et à rapport hauteur/largeur de 20, vibrant dans son premier mode propre perpendiculaire au vent à 0.35Hz pour une vitesse de vent critique de 14.6m/s. Un modèle aéroélastique équivalent composé d'une barre de cuivre reproduisant la dynamique et de blocs légers représentant la géométrie extérieure et corrigeant la masse est réalisé. Une discussion est faite sur la validité des similitudes à respecter. Le modèle est validé via une analyse modale expérimentale et est testé en vent uniforme et en couche limite en soufflerie. Trois niveaux de turbulence et quatre incidences sont testés. Les amplitudes mesurées sont relativement faibles (de l'ordre de 5 cm à échelle réelle). L'effet de la turbulence atmosphérique est remarqué qualitativement dans les résultats.

Fig. 1 : Modèle du pylône installé en couche limite atmosphérique en soufflerie.

Des méthodes analytiques et numériques sont également implémentées et discutées : La norme Eurocode, un modèle de force harmonique et le modèle spectral de Vickery et Clark. L'approche Eurocode donne les résultats les plus conservatifs, suivie du modèle de force harmonique qui a la longueur de corrélation comme paramètre. Le modèle spectral donne des résultats de l'ordre de grandeur de ceux mesurés en soufflerie pour une largeur de bande de 0.2 et une longueur de corrélation comprise entre 1 et 3 fois la largeur de la section.

Flottement de drapeau : dynamique et couplage

par E. Virot (doctorant au LadHyx 2011-2015)

En flottant, les drapeaux puisent l'énergie cinétique du vent et produisent des oscillations périodiques. Utiliser des drapeaux pour générer de l'électricité est donc une perspective rendue possible par le flottement. Partant de ce principe très simple, cette thèse porte sur la dynamique des drapeaux dans le vent. En soufflerie, nous étudions les efforts qui s'appliquent sur le mât de drapeaux flottants, en termes de fluctuations de moment et de traînée. En particulier, nous observons de fortes variations d'efforts entre les différents régimes de flottement caractérisés par un nombre constant de noeuds de vibration. Un modèle de drapeau résolu numériquement par une méthode de Galerkin nous montre que lors des transitions entre les régimes de flottement, le moment appliqué au mât diminue fortement du fait de la diminution de la courbure du drapeau à l'encastrement. Lorsque le mât du drapeau est lui-même un oscillateur d'inertie et de raideur paramétrable, nous constatons un couplage fort entre

le mouvement du drapeau et du mât avec un phénomène d'accrochage fréquentiel. Nous étudions ce couplage expérimentalement, et nous montrons qu'un nombre de 'raideur-amortissement' pilote la rotation du mât. Notamment, nous obtenons un dispositif qui génère des rotations de 80° crête-à-crête à des vitesses de vent de l'ordre de 10m/s.

Actualités

Nouveaux membres AIV

L'AIV compte actuellement 44 membres et est composée à 25% de scientifiques, 65% de bureaux d'études et 10% d'industriels. L'association se veut tournée vers l'extérieur et s'ouvre chaque année à de nouveaux adhérents. La cotisation annuelle 2016 s'élève à 50€ pour les petites structures (jusqu'à 3 adhérents) et à 100€ pour les grandes structures (jusqu'à 6 adhérents).

Toutes les demandes d'information concernant l'adhésion à l'AIV peuvent être adressées au secrétariat (secretariat@aiv.asso.fr).

Prix Inno-Vent

Le prix 'Inno-Vent' a pour objectif d'encourager la recherche scientifique et le projets industriels exceptionnels dans le domaine de l'ingénierie du vent. Il est ouvert à toute personne ayant contribué de manière significative au développement, à l'émulation ou à l'application de l'ingénierie du vent de façon emblématique. Les travaux, présentés en langue française en vue de l'attribution du prix, doivent revêtir un caractère original et inédit dans le domaine de l'ingénierie du vent, notamment l'art de construire, la production d'énergie, la sécurité, la météorologie, les méthodes de calcul.

Le prix Inno-Vent est assorti d'une récompense de 1000€. Le règlement complet se trouve sur le site de l'AIV. L'appel à candidatures est à présent terminé. Le Jury scientifique de l'AIV va analyser ces dossiers et statuera sur l'attribution du prix d'ici la mi-Mars. La remise du prix au lauréat est programmée durant les Journées de l'AIV (voir ci-dessous).

Remise du prix Inno-Vent décerné pour la première fois par l'AIV à L. Tadrist en 2015 pour sa thèse de doctorat, intitulée : "Mécanique du feuillage en vent : approches multi-échelle et conséquences biologiques" (LadHyx / Ecole Polytechnique)

Prix de l'Association International d'Ingénierie du Vent

Le Junior Award de l'IAWE (International Association of Wind Engineering) a été attribué en juin 2015 au Professeur Vincent Denoël (Université de Liège). Cette reconnaissance internationale récompense 10 années de travaux de recherche et ses applications en bureau d'études dans le domaine de l'ingénierie du vent. C'est un grand honneur pour l'AIV de compter Vincent parmi ses membres (depuis longtemps) et au sein de son Conseil d'Administration (en tant que Président).

Journées de l'AIV : 18-19 avril 2016
Les journées de l'AIV sont organisées une fois par an et se déroulent sur deux journées. Le premier jour consiste en un mini-colloque et/ou des cours sur différentes disciplines de l'ingénierie du vent. En 2016, le sujet des cours concerne la normalisation des effets du vent sur les structures, au travers de la norme Eurocode EN-1991-1. Les différents modules de cette norme sont présentés par des experts issus de l'AIV à l'attention des industriels et bureaux d'études. Ces présentations prennent ensuite la forme de tables rondes durant lesquelles ces derniers présentent leurs applications concrètes. La deuxième journée concerne les membres de l'AIV uniquement. Chaque membre y présente ses activités de l'année écoulée et ses projets futurs. Les activités de l'année suivante sont discutées dans le cadre de l'Assemblée Générale de l'association.

Programme de la journée du 18 avril 2016 :

- **Accueil des participants à partir de 8h**

I	La Couche Limite Atmosphérique (Vincent Denoël)	9h
II	Dimensionnement statique (Xavier Amandolese)	9h45
	Pause	10h30
III	Réponse au vent turbulent (Olivier Flamand)	11h
IV	Vibrations induites par vortex (Vincent de Ville)	11h45
	Déjeuner	12h30
V	Le galop (Thomas Andrianne)	14h
VI	Le flottement - décrochage et confusion de fréquence (Pascal Hémon)	14h45

- **Trois ateliers thématiques à partir de 16h**
  (i) La couche limite atmosphérique et le vent turbulent
  (ii) Dimensionnement statique
  (iii) Phénomènes aéroélastiques (VIV, galop, flottement)
- **Fin de la journée vers 17h30**

Inscriptions via le secrétariat de l'AIV : secretariat@aiv.asso.fr

Journées d'étude de l'AIV 2015 (CSTC Bruxelles)

Conférences

WINERCOST [21-22 avril 2016, Ankara] - 1st International TU1304 Winercost conference
ISFA2016 [15-17 mai 2016, Tokyo] - 1st International Symposium on Flutter and its Application
BBAA8 [7-11 juin 2016, Boston] - 8th International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications
Snow Engineering [14-17 juin 2016, Nantes] - 8th International Conference Snow Engingeering
WES2016 [5-7 septembre 2016, Nottingham] - 12th Biennial Conference of the Wind Engineering Society
IN-VENTO [25-28 septembre 2016, Terni] - Convegno Nazionale di Ingegneria del Vento
SEMC 2016 [05-07 septembre 2016, Cape Town] - 6th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation