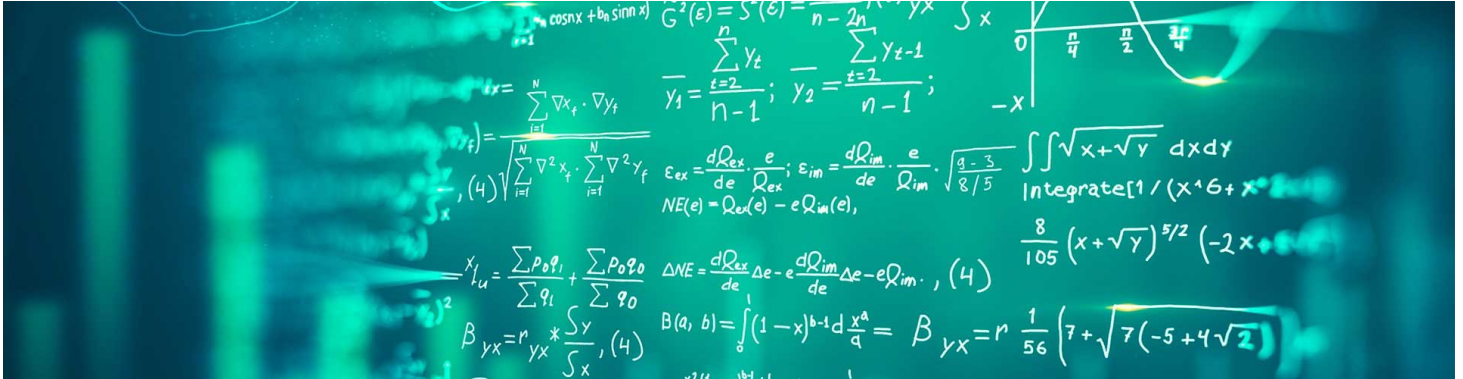




Rédigé le 16 octobre 2024



3 minutes de lecture



Actualités

Recherche fondamentale

Énergies éoliennes

Motorisations thermiques

Méthodes numériques et optimisation

Dans la recherche de solutions pour une mobilité plus respectueuse de l'environnement, un travail de thèse réalisé à IFPEN a abouti à une méthodologie pour estimer des paramètres de contrôle dans le cas d'application d'un système de dépollution de véhicules par injection d'urée (figure 1) où il s'agit de respecter efficacement les normes d'émissions de gaz polluants [1,2,3]. Cette méthodologie a ensuite été étendue à deux autres cas d'utilisation dans le domaine du contrôle et de la simulation des éoliennes.

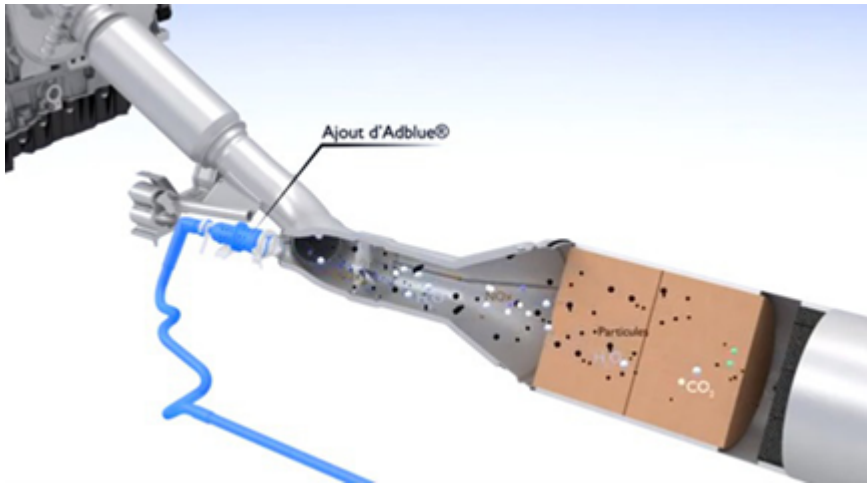


Figure 1 : Injection d'urée (Adblue) en amont d'un système SCR (Selective Catalytic Reduction) de traitement des gaz d'échappement

Détermination des paramètres de contrôle avec prise en compte des incertitudes

La méthodologie d'apprentissage développée vise à déterminer l'ensemble des paramètres de contrôle admissibles, avec l'objectif de réduire le temps de calcul. Elle se base sur une approximation des résultats calculés par le simulateur du système contrôlé, en l'occurrence **le niveau des émissions de polluants**, tenant compte des différentes sources d'incertitudes. Le modèle d'approximation est basé sur un processus gaussien défini dans l'espace des variables du contrôleur (deux paramètres de la loi du « réducteur catalytique sélectif » [4]) et des variables incertaines (le cycle de vitesse du véhicule). Cela permet la détermination des paramètres de contrôle menant à un niveau de pollution acceptable selon les normes en vigueur en tenant compte des incertitudes.

Application au contrôle d'une éolienne flottante

Plus généralement, l'estimation des paramètres d'entrée d'un système via un simulateur numérique pour atteindre les performances visées est souvent coûteuse en temps de calcul. Ceci représente à la fois un problème numérique complexe et un enjeu technique important avec de multiples applications à IFPEN.

Par exemple, dans le secteur des énergies renouvelables, ce problème apparaît notamment pour assurer **un contrôle fiable et optimal du fonctionnement d'une éolienne en mer**. Ainsi des travaux du projet collaboratif ANR [SAMOURAI](#), coordonné par IFPEN, se sont attachés à déterminer des paramètres de contrôle d'une éolienne flottante, dans le but d'éviter l'instabilité mécanique du système (pouvant mener à des défaillances) tout en conservant un niveau minimal de production électrique. Une approche probabiliste [5] a été adoptée pour garantir la robustesse vis-à-vis des conditions environnementales incertaines (conditions de vent et houle).

Pré-calibration d'un simulateur d'éolienne

Un second exemple d'estimation de paramètres admissibles se situe dans le cadre de la pré-calibration du simulateur d'éolienne OpenFAST [6,7,8], objet d'un autre travail doctoral [6]. La méthode a été étendue à **des sorties multivariées du simulateur du comportement mécanique de l'éolienne**, en vue d'une pré-calibration basée sur l'analyse modale opérationnelle [9]. De nouveaux critères de sélection des entrées à simuler ont été développés dans un but précis : permettre **l'apprentissage de l'ensemble des valeurs de coefficients de rigidité des pales et du mât** qui mènent à une erreur de calibration¹ inférieure à un seuil prédéfini.

Ainsi, une méthodologie d'estimation de paramètres de contrôle en environnement incertain, initialement développée à IFPEN pour un système de dépollution de véhicules, a été étendue avec succès au contrôle et à la simulation des éoliennes. La polyvalence de cette méthodologie permettra aux concepteurs de systèmes complexes de l'adapter à d'autres types d'applications.

¹ Evaluée à partir des modes de déformation et des fréquences de vibration de la structure

Références :

- [1] M. R. El Amri, Analyse d'incertitudes et de robustesse pour les modèles à entrées et sorties fonctionnelles, thèse de doctorat de l'université Grenoble-Alpes, soutenue en 2019.
>> <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/LJK-MAD-AIRSEA/tel-02433324>
- [2] M. R. El Amri, C. Helbert, O. Lepreux, M. Munoz Zuniga, C. Prieur, D. Sinoquet, Data-driven stochastic inversion under functional uncertainties, Statistics and Computing journal, Statistics and Computing journal, Vol. 30, pp. 525–541, 2020.
>> <https://doi.org/10.1007/s11222-019-09888-8>
- [3] M. R. El Amri, C. Helbert, M. Munoz Zuniga, C. Prieur, D. Sinoquet, Feasible set estimation under functional uncertainty by Gaussian Process modelling, Physica D: Nonlinear Phenomena, Volume 455, 2023.
>> <https://doi.org/10.1016/j.physd.2023.133893>
- [4] A. Bonfils, Y. Creff, O. Lepreux, N. Petit, Closed-loop control of a SCR system using a NOx sensor cross-sensitive to NH3. IFAC Proc. Vol., 45 (15) (2012), pp. 738-743
- [5] A.-L. Ait, R., J. Bect, V. Chabridon, E. Vazquez, Bayesian sequential design of computer experiments for quantile set inversion, 2024, Technometrics, 1–10,
>> <https://doi.org/10.1080/00401706.2024.2394475>
- [6] C. Duhamel, Estimation d'ensembles d'excursion par processus gaussiens pour des fonctions boîtes noires à valeurs scalaires ou vectorielles. Application à la calibration d'un simulateur numérique éolien, thèse de doctorat de l'université Grenoble-Alpes, à soutenir en 2024.
- [7] C. Duhamel, C. Helbert, M. Munoz Zuniga, C. Prieur, D. Sinoquet, A SUR version of the Bichon criterion for excursion set estimation, Statistics and Computing, 2023, 33 (2), pp.41.
>> <https://doi.org/10.1007/s11222-023-10208-4>
- [8] OpenFast Release, N. O. D. (2020). v2. 3.0. National Renewable Energy Laboratory: Golden, CO, USA.

- [9] D. Tcherniak, G. Larsen. Application of OMA to an operating wind turbine: Now including vibration data from the blades. 5th International Operational Modal Analysis Conference, IOMAC 2013.
- [10] Bak, C., Zahle, F., Bitsche, R., Kim, T., Yde, A., Henriksen, L., Andersen, P. B., Natarajan, A., and Hansen, M. H. (2013). Design and performance of a 10 MW wind turbine. Wind Energy, 124.

Contacts scientifiques : Miguel Munoz Zuniga, Delphine Sinoquet, Mohamed Reda El Amri

VOUS SEREZ AUSSI INTÉRESSÉ PAR

[Contrôle robuste d'un système de dépollution de véhicule grâce à la chaire OQUAIDO](#)

[Contrôle des plateformes éoliennes offshore : être actif réduit la fatigue](#)

[Numéro 52 de Science@ifpen - Spécial "Mobilité & Systèmes"](#)

[Du contrôle d'un système de dépollution à celui d'une éolienne par apprentissage d'ensembles aléatoires](#)

16 octobre 2024

Lien vers la page web :