

Titre : Vers une caractérisation et une détection améliorées du décollement de l'écoulement sur les profils aérod

Mots clés Aérodynamique, Turbulence, Capteur, Décollement, Sillage, Électromagnétisme

Résumé : Le décollement de l'écoulement constitue une source majeure de fluctuations des efforts aérodynamiques, susceptibles d'affecter les performances et la durée de vie des pales d'éoliennes. Dès son apparition, l'écoulement peut développer des structures tridimensionnelles complexes, appelées cellules de décrochage, dont la dynamique dépend fortement des perturbations extérieures et de la turbulence incidente. Cette thèse présente une étude expérimentale du décollement autour d'un profil réduit représentatif d'une pale d'éolienne, réalisée en soufflerie à boucle fermée. Les efforts aérodynamiques, les fluctuations de pression pariétale et la dynamique du sillage ont été caractérisés pour différents régimes, de l'écoulement attaché à l'écoulement totalement décollé. Une attention particulière a été portée au régime de cellules de décrochage,

dans lequel apparaissent des inhomogénéités dans la direction de l'envergure, associées à une augmentation des fluctuations de pression aux basses fréquences. La turbulence modifie fortement la dynamique des cellules, tandis qu'un capteur affleurant peut induire une organisation asymétrique de l'écoulement. Ces résultats ont motivé le développement d'un capteur aérodynamique innovant et peu intrusif, associant une languette magnétique flexible à un capteur magnétique haute fréquence. Les expériences montrent qu'il permet de distinguer les régimes attaché, partiellement décollé et totalement décollé. L'apparition d'une fréquence dominante dans le signal magnétique au début du décollement constitue également un indicateur prometteur pour sa détection précoce.

Title : Towards enhanced characterization and detection of flow separation over airfoils

Keywords Aerodynamics, Turbulence, Sensor, Flow separation, Wake, Electromagnetism

Abstract : Flow separation is a major source of aerodynamic load fluctuations that can affect wind-turbine blade performance and lifetime. At separation onset, the flow can develop complex three-dimensional structures known as stall-cells, whose dynamics depend strongly on external perturbations and inflow turbulence. This thesis presents an experimental investigation of flow separation over a reduced-scale wind-turbine airfoil model in a closed-loop wind tunnel. Global aerodynamic loads, unsteady wall pressure and wake dynamics were characterized across attached, partially separated and fully separated regimes. Particular attention was given to the stall-cell regime, where spanwise flow inhomogeneities emerge and are associated with increased low-frequency pressure fluctuations.

Turbulence was found to strongly influence stall-cell dynamics, while the presence of a surface-mounted sensor could induce asymmetric flow organization and modify aerodynamic loading. Based on these findings, an innovative minimally invasive aerodynamic sensor, combining a flexible magnetic strip with high-frequency magnetic sensing, was developed. Experiments demonstrated its ability to distinguish attached, partially separated and fully separated flow states. The emergence of a dominant magnetic-signal frequency at separation onset also suggests a promising precursor for early flow-separation detection.