

## DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **18 décembre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur. e : **Monsieur Clément POZZI**

Titre de la thèse : Prédiction du risque lésionnel lors d'impacts avec des drones

### Résumé



L'objectif principal de ce projet est d'évaluer le risque en cas d'impact entre un drone et un humain dans un contexte où des réglementations commencent à autoriser le vol de drones de faible masse au-dessus de personnes. Si des prédicteurs de fracture crâne et moyens de les mesurer existent dans le contexte du choc automobile, les impacts de drones de faible masse peuvent atteindre des vitesses bien plus élevées pouvant remettre en cause l'utilisation de ces prédicteurs. Face au manque relatif de données reproductibles pour ce type de conditions d'impact, une approche combinant un volet numérique et un volet expérimental a été mise en œuvre. Un substitut de drone reproductible et pouvant représenter des drones communs a été mis au point pour l'étude. Disponible à la fois en versions physique et numérique, il combine une masse rigide qui peut être ajustée et une partie déformable composée de nids d'abeille de diverses pressions. Utilisé dans sa version numérique préliminaire, il a permis de mettre en évidence l'effet de la vitesse (à iso-énergie) sur la rupture du crâne observée d'un modèle humain validé pour du choc automobile. Une étude de validation spécifique a alors été conduite en combinant de nombreuses sources de la littérature et incluant les rares essais à haute vitesse et des drones. Pour ces derniers, les simulations ont été réalisées avec des modèles humains personnalisés à partir de scanners. Les résultats ont mis en évidence les limites du modèle en termes de biofidélité (ex : réponse en effort) et de représentation de la rupture, ainsi que l'importance de la modélisation du scalp. Plusieurs pistes d'améliorations ont été formulées et une première courbe de risque de fracture basée sur la déformation osseuse a été mise au point. En parallèle, un protocole expérimental complet basé sur l'utilisation du substitut de drone a été développé, implémenté et validé sur mannequin de chocs. Il vise à pouvoir collecter des données sur sujet d'anatomie afin de fournir des données de référence pour la validation du modèle lors d'impacts à haute vitesse avec des objets déformables. La représentativité du substitut a été vérifiée par comparaison avec des drones réels et leurs modèles numériques. Lors de la validation des mesures du montage accélérométrique utilisé pour estimer les vitesses et accélérations angulaires,

l'effet de la déformabilité du crâne de mannequin a été observée. Tout comme celle des sujets d'anatomie, celle-ci pourrait ne pas être négligeable pour des conditions de type drone. Seul un premier essai sur sujet d'anatomie a pu être réalisé, le projet ayant pris du retard à la suite de changements législatifs. En perspective, les essais vont de poursuivre dans un avenir proche afin d'alimenter le travail sur la validation de modèle et la mise à jour de la courbe de risque. En parallèle, le transfert des résultats sur l'estimation du risque vers un dispositif de mesure simplifié développé par l'ONERA a été initié en utilisant des simulations appariées. Cette thèse est réalisée dans le cadre du projet Ground Impact Study, financé par la Direction Générale de l'Aviation civile (DGAC) en collaboration avec l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA).

**Mots-clés :** prédiction,risque,drones,