

Introduction

Le présent ouvrage constitue le troisième volume d'une série dédiée aux actionneurs aéronautiques. Le premier volume, *Actionneurs aéronautiques 1*, a mis en évidence les besoins d'actionnement en aéronautique, les concepts de fiabilité et de redondance, puis l'accent a été porté sur les solutions d'actionnement à source de puissance hydraulique. Le second volume, *Actionneurs aéronautiques 2* a été exclusivement consacré aux solutions plus électriques, tant sur le plan du signal (*Signal-by-Wire* ou SbW) que sur le plan de la puissance (*Power-by-Wire* ou PBW).

Ce troisième volume de la série, *Actionneurs aéronautiques 3*, est entièrement dédié à l'analyse détaillée d'applications opérationnelles. Plutôt que d'établir un catalogue le plus exhaustif possible des solutions mises en œuvre, l'objectif est de s'appuyer sur les concepts et solutions génériques qui ont été présentées dans les deux premiers volumes selon une vision architecturale et fonctionnelle pour mettre en évidence les contraintes et opportunités induites par les technologies employées. À travers les exemples utilisés, il s'agit en particulier de donner une vision matricielle permettant de couvrir à la fois les différentes applications au sein d'un aéronef (génération de puissance, commandes de vol primaires et secondaires, atterrisseurs et moteurs) et les différents types d'aéronefs (avions ou hélicoptères). Le choix retenu pour l'organisation de l'ouvrage est associé à la seconde direction : les chapitres sont dédiés à des types ou des familles d'aéronefs et abordent, selon les cas, les différentes applications relevant de l'actionnement. Les trois premiers chapitres sont dédiés à l'évolution de l'actionnement à travers les avions commerciaux européens en se focalisant sur des aéronefs emblématiques des sauts technologiques de chaque décennie. Le premier chapitre concerne la Caravelle des années 1960 qui a introduit les commandes de vol irréversibles à source de puissance hydraulique sans secours mécanique pour les trois axes ainsi que le Concorde pour les années 1970 qui a introduit les commandes de vol à signaux électriques analogiques avec secours mécanique. Le chapitre 2 porte sur l'Airbus A320 pour les années 1980-1990 qui a introduit les commandes de vol à signaux électriques

élaborés par calculateurs numériques avec secours mécanique pour deux d'entre elles. Le chapitre 3 est dédié à l'Airbus A380 pour les années 2000 qui a introduit des innovations en rupture (*disruptive innovation*) en matière d'actionnement plus électrique. En particulier avec l'introduction des actionneurs électro-hydrostatiques (EHA pour *Electro-Hydrostatic Actuator*). Le chapitre 4 permet d'analyser et de comparer les solutions architecturales, conceptuelles et technologiques qui ont été mises en œuvre pour le convertible militaire Boeing-Bell V-22 et le convertible civil AgustaWestland AW609. Une attention particulière est portée aux vérins linéaires à vis développés pour le basculement des nacelles assurant la transition de mode avion-hélicoptère. Bien qu'à source de puissance hydraulique, ces actionneurs, hautement critiques, utilisent des moteurs hydrauliques rotatifs pour produire *in fine* un mouvement de translation. En ce sens, les solutions de transmission de puissance mises en œuvre, en particulier pour les fonctions secondaires et la fiabilité sont intéressantes, car on retrouve les mêmes préoccupations sur les actionneurs électromécaniques (EMA pour *Electro-Mechanical Actuator*) qui commencent tout juste à supplanter les actionneurs servo-hydrauliques (HSA pour *Hydraulic Servo Actuator* ou SHA pour *Servo Hydraulic Actuator*) pour les puissances élevées. La génération de puissance hydraulique, quasi exclusivement dédiée aux fonctions d'actionnement est abordée dans tous ces chapitres. En revanche, la génération de puissance électrique n'est pas abordée. À la fois, car elle n'est pas spécifique à l'actionnement et aussi parce qu'elle est bien traitée dans de nombreuses références, par exemple certaines de celles mentionnées ci-dessous.

Comme pour les volumes précédents, on ne peut que recommander d'autres références bibliographiques qui constituent des sources importantes d'information concernant l'actionnement en aéronautique :

- les ouvrages spécifiquement dédiés à l'hydraulique ou à l'actionnement en aéronautique [NEE 91, RAY 93] ;
- les ouvrages traitant de l'ensemble des systèmes des aéronefs, en anglais [MOI 08, ROS 00, USF 12, WIL 08] ou en français [DAN 17, LAL 02, SAU 09] ;
- les revues de l'état de l'art (*Aerospace Information Report* ou AIR) de la *Society of Automotive Engineers* (SAE) [SOC 12, SOC 16] ;
- les actes de conférences, en particulier celles exclusivement dédiées aux actionneurs aéronautiques (*Recent Advances in Aerospace Actuation Systems and Components*, INSA Toulouse, 2001, 2004, 2007, 2010, 2012, 2014, 2016).

Dans certaines de ces références, le lecteur pourra également trouver des informations relatives à d'autres types d'aéronefs que ceux traités dans cet ouvrage, par exemple pour les Boeing B737 et B747 ou encore pour les avions d'arme américains F-15, F-16, F-18 et B2.

Le lecteur y trouvera également des informations sur l'actionnement concernant les aéronefs traités dans le présent ouvrage. Cependant, cette information est le plus souvent présentée sous forme exclusivement descriptive. À l'inverse, un effort particulier est porté tout au long des chapitres qui suivent concernant l'analyse des solutions adoptées en matière d'architecture, de concepts et de technologie. Ces solutions sont discutées sous divers aspects (capacité de puissance, fiabilité/redondance, commande et surveillance, maintenance et opération, etc.) en les situant parmi les solutions génériques qui sont présentées dans les deux premiers volumes. La différence d'objectif et de public visé explique également pourquoi les schémas de cet ouvrage ne sont pas présentés sous la même forme que celle utilisée par les avionneurs. Comme pour les volumes précédents, les schémas de cet ouvrage distinguent explicitement la vision signal (flèche complète) de la vision énergie ou puissance (demi-flèche). Le sens des flèches signal est représentatif du sens de circulation de l'information. Pour le transport d'énergie, la demi-flèche indique seulement le sens fonctionnel, mais il est possible lorsque les éléments sont réversibles que l'énergie circule en sens inverse (par exemple dans le cas d'une charge motrice). Enfin, lorsque les aspects technologiques sont peu abordés dans cet ouvrage au profit des aspects architecturaux, il ne faut pas en conclure qu'ils sont peu importants. Il faut au contraire garder à l'esprit que ce sont souvent les imperfections technologiques qui limitent l'intérêt industriel de certaines solutions architecturales à une date donnée.