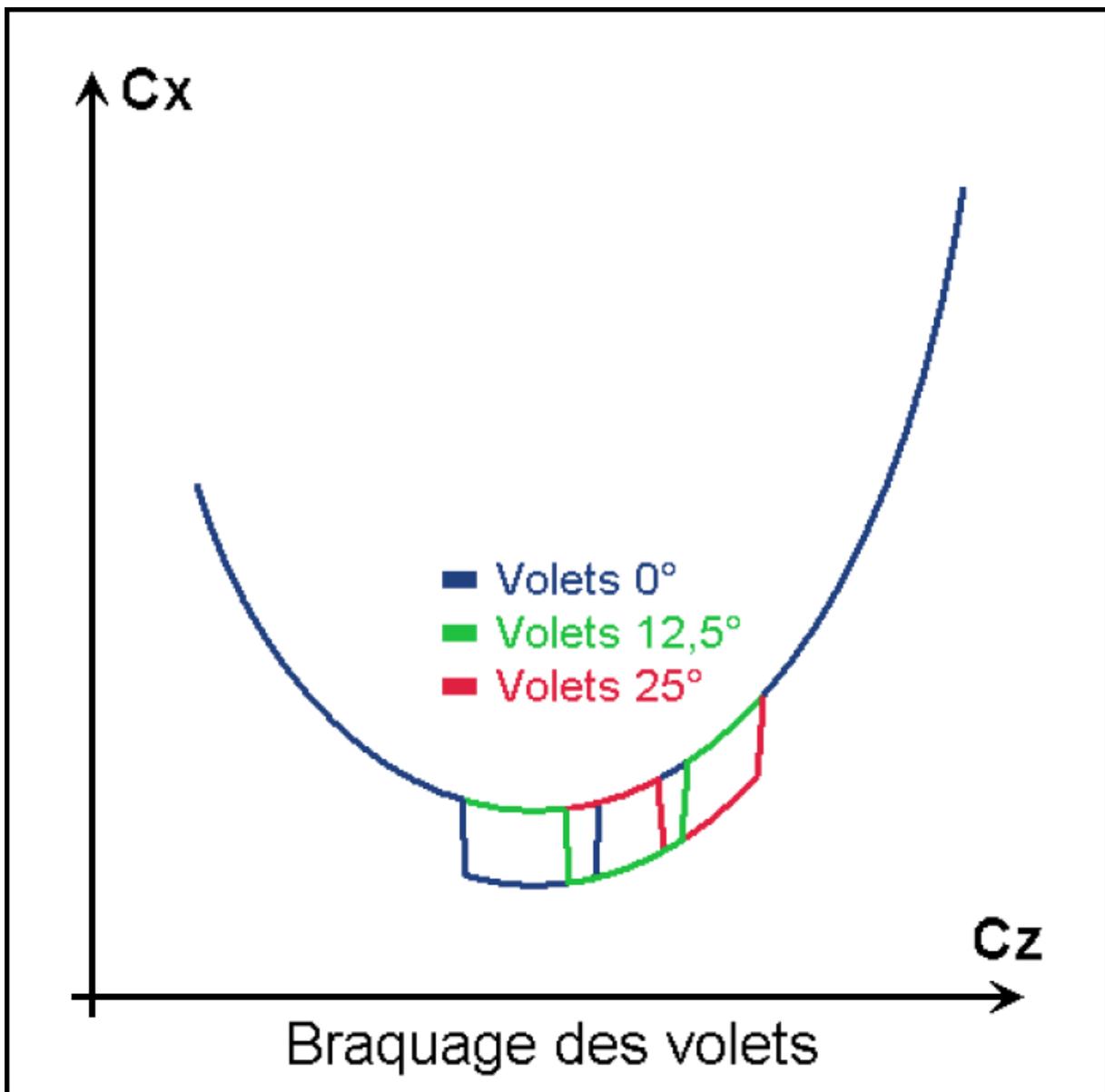


VOLETS AUTOMATIQUES_VERSION ULTRA SIMPLIFIEE

Ce chapitre VA-4 décrit la version ultra simplifiée de volets automatiques dont il était fait mention à la fin du chapitre VA-3. Cette simplification se traduit naturellement par une limitation des fonctions du système, mais la fonction principale qui consiste à ajuster le braquage des volets pour réduire la trainée sur une large plage de C_z est conservée.

Même s'il peut également se révéler intéressant pour les avions dotés de profils d'aile dits non-laminaires, ce système est destiné plus particulièrement aux avions dotés de profils d'aile dits laminaires.

Comme exposé précédemment, l'idée est d'adapter le braquage des volets pour bénéficier de la « poche laminaire », et de la réduction de C_x correspondante, sur une plage de C_z étendue :



Hypothèse simplificatrice.

Le principe de cette version simplifiée repose sur l'hypothèse que le braquage du volet a un effet négligeable sur l'écoulement de l'air en amont, autour de la partie avant de l'aile et en particulier sur la zone où l'écoulement est laminaire. L'étendue de la zone laminaire ne dépendrait donc que de l'incidence de cette partie avant de l'aile, et dans une moindre mesure de la vitesse.

Dans le domaine subsonique, ce qui se passe en aval de l'écoulement n'est pas sans effet sur ce qui se passe en amont. Cependant, on peut estimer que dans le cas d'un volet, cet effet est suffisamment faible sur une large plage de C_z pour que le système décrit ci-après soit efficace.

La figure suivante montre que pour une incidence constante de la partie avant de l'aile, l'écoulement est supposé indépendant du braquage du volet :



Dans une plage limitée de braquage de volet, maintenir cette incidence à une valeur correspondant à la poche laminaire permet donc de profiter d'une trainée réduite.

Cette hypothèse simplificatrice conduit à concevoir un système de volet automatique beaucoup plus simple que celui décrit aux paragraphes précédents :

Description du système simplifié.

Le système est composé d'une sonde de Pitot à trois prises (numérotées de 1 à 3 de l'intrados vers l'extrados) et d'un seul capteur de pression différentielle. Les angles des prises sont définis pour garantir les caractéristiques suivantes :

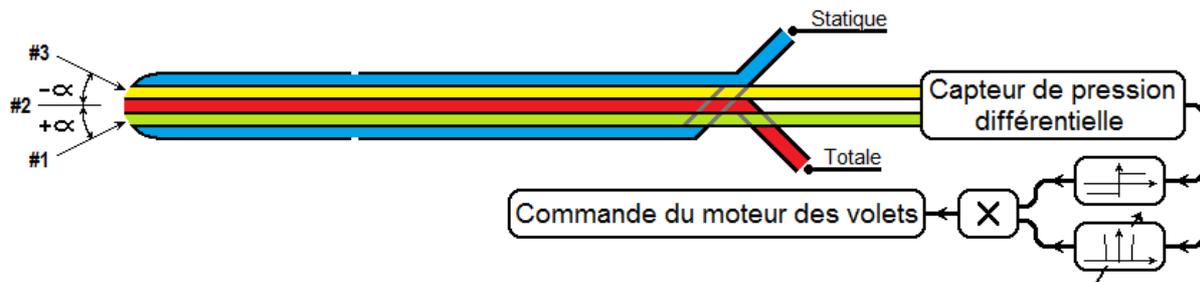
- La prise #2 est alignée avec l'incidence correspondant au milieu de la poche laminaire,
- Les prises #1 et #3 font un angle dont la médiatrice est alignée avec l'incidence correspondant au milieu de la poche laminaire.

Les prises #1 et #3 sont raccordées au capteur de pression différentielle.

Dans ce système simplifié, ce n'est l'amplitude mais le signe du signal de ce capteur (polarité – pavé supérieur du schéma suivant) qui est pris en compte pour commander le moteur des volets.

Pour éviter une vibration permanente des volets autour de la position voulue, une hystérésis est réalisée à l'aide d'une tension seuil réglable (pavé inférieur du schéma suivant) :

Si la valeur absolue de l'amplitude du signal de sortie du capteur différentiel est inférieure à ce seuil, aucune commande n'est envoyée au moteur des volets. Ce seuil est fixé en fonction de l'étendue de la plage d'incidence correspondant à la poche laminaire, de la sensibilité du capteur de pression et de la plage de vitesse de fonctionnement du système.



Si le signal est positif (pression de la prise #1 supérieure à la pression de la prise #3), cela signifie que l'incidence de la partie avant de l'aile est supérieure à celle correspondant au milieu de la poche laminaire. Le moteur des volets est commandé pour les braquer plus bas.

A l'inverse, si le signal est négatif (pression de la prise #1 inférieure à la pression de la prise #3), cela signifie que l'incidence de la partie avant de l'aile est inférieure à celle correspondant au milieu de la poche laminaire. Le moteur des volets est commandé pour les braquer plus haut.

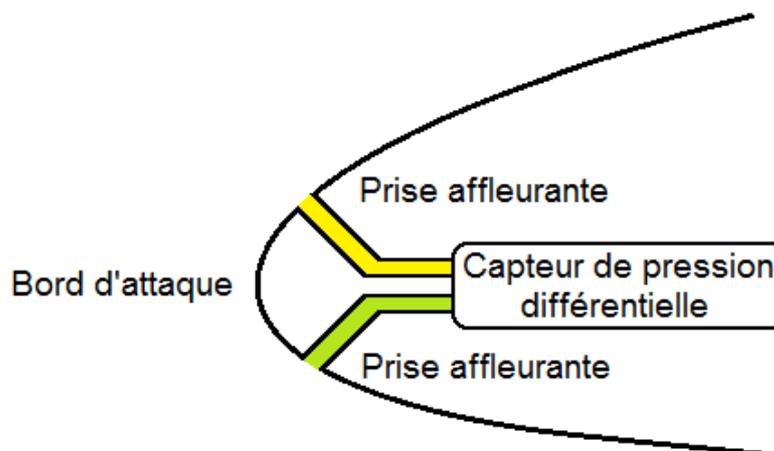
Il est à noter que :

- Un circuit électronique très simple suffit à réaliser ce système simplifié. Aucun calculateur n'est nécessaire,
- Le système fonctionne de manière similaire à la sonde Pitot asservie en incidence décrite au chapitre VA-3. La prise #2 constamment alignée avec une très bonne précision avec le vent relatif est donc une prise de pression totale de très bonne qualité.

Système à prises affleurantes.

Le système décrit ci-dessus mesure la pression différentielle entre deux prises de pression conçues de telle manière que cette pression différentielle soit nulle lorsque le braquage des volets est optimal.

Ces prises de pressions peuvent être intégrées à un tube de Pitot, mais il est également possible que ces prises soient affleurantes près du bord d'attaque, comme indiqué sur la figure ci-dessous :

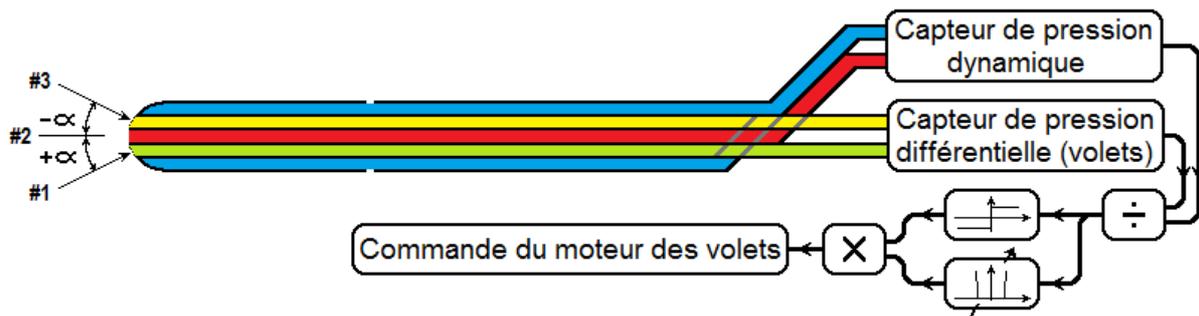


Il faut prendre en compte la déflexion de l'air en amont de l'aile résultant de l'écoulement autour du bord d'attaque, mais une fois les bons angles correctement choisis, il n'y a aucune raison que le fonctionnement du système ne soit pas aussi efficace qu'avec un tube de Pitot à trois prises.

Compensation de la vitesse.

Si la plage de variation de vitesse est importante, la plage de pression dynamique l'est encore plus puisqu'elle varie comme le carré de la vitesse. Cette large plage de variation de pression dynamique peut poser problème pour fixer le seuil de pression différentielle qui déclenche le fonctionnement des volets automatiques.

Pour résoudre ce problème, il faut appliquer le seuil d'action au rapport du signal de pression différentielle par la pression dynamique. Cela revient à rajouter un second capteur de pression différentielle, entre la prise de pression totale et la prise de pression statique. Le schéma devient :



Comme dans le cas précédent, ce système peut être réalisé avec un circuit électronique simple.

Avertisseur de décrochage analogique.

Le résultat de la division de la pression différentielle entre les prises obliques par la pression dynamique est une fonction monotone de l'incidence.

Tant que la vitesse est suffisante, et que le système de commande automatique des volets est en fonctionnement, le résultat de cette division à peu près constante et proche de zéro, puisque le système règle les volets pour maintenir la valeur absolue de cette valeur en dessous du seuil.

Par contre, quand les volets sont en commande manuelle, où que la vitesse diminue en dessous de la plage où le système automatique peut maintenir l'incidence de l'aile constante, le résultat de la division peut atteindre une valeur qui correspond à une incidence limite.

A l'aide d'un simple seuil réglable, il est possible d'alimenter un avertisseur sonore d'approche du décrochage.

Là encore, ce système peut être réalisé sans calculateur, avec un circuit électronique simple.

Incidence-mètre analogique

Toujours sans calculateur, il est possible d'afficher le résultat de la division de la pression différentielle entre les prises obliques par la pression dynamique sur un voltmètre. Comme cette tension est une fonction monotone de l'incidence, il suffit de graduer l'échelle de ce voltmètre en incidence.

Cet incidence-mètre basique est naturellement moins précis et logiquement moins fiable que les systèmes à capteurs multiples redondants décrits au chapitre VA-3. Cependant, aussi simplifié soit-il, cet incidence-mètre devrait suffire à afficher des indications utiles au pilote.

Usage de microcontrôleurs, fonctions complémentaires

Tout ce qui a été décrit ci-dessus peut être réalisé en électronique analogique. Cependant, les microcontrôleurs sont devenus tellement bon marché et faciles à utiliser qu'il est tentant d'en utiliser un pour réaliser le circuit de commande.

Et si nous disposons d'un calculateur assurant les fonctions décrites ci-dessus, il devient facile de calculer et d'afficher ou transmettre des valeurs à un format standard :

- La vitesse indiquée (IAS) dans l'unité choisie (kt, km/h, mph, m/s...)
- L'angle d'incidence, avec option avertisseur de décrochage, grâce à une courbe de calibration.

Prise en compte de la position des volets - calcul du Cz

La prise en compte de la position des volets permet évidemment de l'afficher. Mais grâce au dispositif numérique, elle ouvre surtout la possibilité d'assurer certaines des fonctions complémentaires décrites au chapitre VA-2.

Connaissant la pression dynamique, l'incidence et la position des volets, il est possible de calculer le coefficient de portance Cz.

Prise en compte des limitations

En ce qui concerne les volets, à chaque valeur de braquage correspond une vitesse limite à ne pas dépasser. Que ce soit par le dépassement des vitesses autorisées ou des accélérations excessives, il est toujours possible pour un pilote de faire sortir l'avion de son domaine de vol, avec tous les risques que cela représente. Mais dans tout les cas, c'est l'action du pilote qui induit directement cette sortie du domaine de vol.

Cependant, le fonctionnement du système de volets automatique simplifié décrit ci-dessus ne prend pas en compte les vitesses limites d'usage des volets.

Avec les volets en mode manuel, rentrés, si le pilote induit un facteur de charge élevé, mais restant dans le domaine de vol normal de l'avion à une vitesse supérieure à la limite de braquage des volets. Il ne se passe rien de dangereux. Par contre en mode automatique, pour maintenir l'incidence compatible avec l'écoulement laminaire, le système peut braquer les volets à un angle incompatible avec la vitesse indiquée. Le système créerait ainsi des efforts structuraux trop importants pour la cellule et donc une condition dangereuse **à l'insu du pilote**. Pour éviter cela, il faut introduire une limitation d'angle de braquage des volets en fonction de la vitesse. L'automatisme doit donc constamment calculer l'angle de braquage limite des volets et le comparer à l'angle de braquage mesuré.

- Si l'angle de braquage mesuré est inférieur à l'angle limite calculé en fonction d'IAS, la sécurité ne joue pas et laisse l'automate ajuster l'angle de braquage en fonction de l'incidence comme défini précédemment.
- Si par contre l'angle de braquage mesuré est supérieur à l'angle limite calculé en fonction d'IAS, la sécurité prend le pas sur l'automatisme précédent et réduit le braquage du volet.

Calculateur-enregistreur de contraintes structurales

Le calculateur dispose en permanence des valeurs d'incidence et de braquage des volets. Il peut donc calculer le coefficient de portance C_z .

Le calculateur dispose également de la pression dynamique.

A un coefficient dimensionnel constant près, le produit des ces deux valeurs fournit la contrainte appliquée à la structure. Contrairement à un accéléromètre qui ne prend pas en compte la masse de l'appareil, ce paramètre est réellement représentatif des forces et moments appliqués à la cellule.

Un affichage et une alarme peut alerter le pilote, mais il est aussi possible d'enregistrer ces données pour calculer ultérieurement la fatigue de la cellule.

Remarque : Utilisé conjointement avec un accéléromètre, le calcul de la portance permet de calculer la masse de l'appareil, et donc de détecter les variations anormales de celle-ci (détection de fuite de carburant en cas de nourrice secondaire amovible dépourvue de jauge, par exemple)

Autres fonctions

Dans sa version la plus complète, le système de volet automatique simplifié peut théoriquement remplir les fonctions décrites au paragraphe VA-2, cependant il reste à vérifier que l'anémomètre et l'incidence-mètre simplifiés sont assez précis et fiables pour assurer un bon fonctionnement.

Domaines d'application

Le domaine d'application principal de ce système simplifié est le modèle réduit radiocommandé de planeur, dont les performances pratiques pourraient être améliorées.

On peut également espérer un gain d'efficacité aérodynamique pour les avions de course de vitesse en modèle réduit.

Un tel système pourrait également améliorer les performances celui des avions-planeurs drones à longue autonomie pour lesquels la majorité de la masse maximale au décollage est constituée de carburant, et donc pour lesquels la masse varie considérablement au cours du vol.

Avant de réaliser une application comparable sur un planeur ou un avion grandeur, une étape intermédiaire serait nécessaire. Cette étape intermédiaire consisterait à afficher le braquage de volet calculé et de laisser au pilote le choix d'ajuster ou non la position des volets à la valeur calculée.

C'est seulement après validation des résultats de performance et de fiabilité qu'on pourrait envisager un mode (toujours déconnectable !) de gestion automatique des volets...