

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 18.01.10.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 22.07.11 Bulletin 11/29.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : AIRBUS OPERATIONS Société par
actions simplifiée — FR.

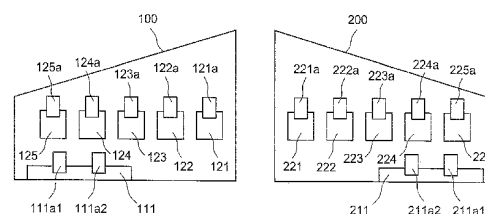
72 Inventeur(s) : FERNEL MARC, LECANU ARNAUD,
MAUSSION ANTOINE et ANDRIEU LAURENT.

73 Titulaire(s) : AIRBUS OPERATIONS Société par
actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : BREVALEX.

54 SYSTEME DE COMMANDE DE VOL POUR UN AERONEF.

57 L'invention concerne un système de commande de
vol d'un aéronef comportant des gouvernes (111, 211, 331,
431, 541, 121-225), et des actionneurs associés auxdites
gouvernes pour contrôler des fonctions de vol de roulis,
lacet, tangage et freinage aérodynamique de l'aéronef. Tous
les actionneurs (111a1-211a2, 121a-225a) associés à des
gouvernes contrôlant au moins une desdites fonctions
de vol sont des actionneurs électromécaniques.



SYSTÈME DE COMMANDE DE VOL POUR UN AÉRONEF

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne le domaine de commande de vol d'un aéronef et plus particulièrement
5 les commandes de vol primaire.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Les aéronefs modernes possèdent des systèmes de commandes de vol dans lesquels les actions mécaniques
10 sur des organes de pilotage (manche, palonnier, etc.) et/ou, des informations issues du pilote automatique, sont converties en des signaux analogiques qui sont transmis à des actionneurs manœuvrant des gouvernes permettant de contrôler la rotation de l'aéronef autour
15 de ses trois axes.

Actuellement, les actionneurs les plus utilisés dans l'aéronautique, sont les servocommandes hydrauliques « S/C ». Une servocommande hydraulique est un actionneur connecté à un système hydraulique de
20 l'avion à travers des canalisations partant de la baie hydraulique de l'avion. Il comprend une servovalve qui dirige la pression hydraulique, fournie par les pompes hydrauliques de l'avion, pour déplacer la tige de l'actionneur qui est connecté à une gouverne, par
25 exemple un aileron, une gouverne de profondeur, une gouverne de direction, ou un aérofrein.

Le système hydraulique de l'avion peut comporter plusieurs circuits hydrauliques comportant des réservoirs, pompes, filtres, collecteurs de
30 distribution haute pression et basse pression (HP, LP manifolds) etc., alimentant une pluralité d'actionneurs hydrauliques qui sont contrôlés par des signaux électriques analogiques.

Le circuit hydraulique peut être alimenté soit par une pompe hydro-mécanique entraînée par un moteur « EDP » (abréviation de l'expression anglaise : Engine driven pump) directement connectée sur la boîte d'accessoires (boîte de réduction) mise à disposition sur chacun des moteurs, soit par une pompe électro-hydraulique (à moteur électrique) « EMP » (abréviation de l'expression anglaise : Electric Motor Pump).

Sur les dernières générations d'appareils sont apparus des actionneurs électro-hydrauliques de type actionneurs hydrauliques à secours électrique « EBHA » (abréviation de l'expression anglaise : Electrical Backup Hydraulic Actuator) et actionneurs électro-hydrostatiques « EHA » (abréviation de l'expression anglaise : Electro-Hydrostatic Actuator).

Un EBHA est un actionneur hybride qui utilise des puissances électrique et hydraulique. C'est une servocommande hydraulique à laquelle on a ajouté une pompe électrique locale qui permet de fournir la pression hydraulique à l'actionneur en cas de perte du circuit hydraulique principal. Il est connecté à la fois au système hydraulique et au système électrique de l'aéronef. La source principale de puissance est fournie par le système hydraulique. Dans le cas d'un défaut du système hydraulique, la pompe électrique locale est commutée par des signaux électriques pour alimenter et contrôler l'actionneur.

Un actionneur électro-hydrostatique EHA est connecté au réseau électrique de l'aéronef et n'est pas connectée au système hydraulique. Il produit localement sa propre pression hydraulique à l'aide d'un réservoir et d'une pompe électro-hydraulique autonome, qui génèrent la puissance hydraulique nécessaire pour déplacer la tige d'actionnement.

L'architecture de commande de vol des aéronefs actuels comporte plusieurs circuits hydrauliques.

La figure 11 illustre l'architecture utilisée dans un avion de type A320 qui comprend trois circuits hydrauliques 1601, 1602, 1603 alimentés par deux moteurs indépendants 1610, 1620 de l'avion, l'architecture est dite 3H. Chaque circuit comporte un réservoir d'un fluide hydraulique, une ou plusieurs pompes et des tuyauteries hydrauliques connectées à des actionneurs spécifiques (non représentés). Deux des circuits 1602, 1601 sont chacun mis sous pression par une pompe EDP et le troisième circuit 1603 est mis sous pression par une pompe EMP.

Plus particulièrement, de la puissance est prélevée du premier moteur 1610 par une première pompe hydromécanique EDP 1611 qui assure la mise sous pression du fluide du premier circuit 1601.

De même, de la puissance est prélevée du second moteur 1620 par une seconde pompe hydromécanique EDP 1621 qui assure la mise sous pression du fluide du deuxième circuit 1602. Le deuxième circuit 1602 peut aussi être alimenté par une pompe électromécanique EMP 1622 qui assure alternativement avec la seconde pompe hydromécanique EDP 1621, au sol lorsque le moteur est arrêté, la mise sous pression du fluide du deuxième circuit 1602 pour l'ouverture de la porte cargo par exemple.

Par ailleurs, de la puissance est prélevée du premier moteur 1610 et/ou second moteur 1620 par un générateur électrique qui alimente, via une barre électrique, une pompe électromécanique EMP 1613 ou 1623 qui assure la mise sous pression du fluide du troisième circuit 1603. Le troisième circuit peut aussi être alimenté par une éolienne de secours RAT 1633.

Sur cette figure sont aussi représentés les ailes 1100, 1200 et l'empennage comprenant un plan horizontal 1300, 1400 et un plan vertical 1500.

Le système de commande de vol primaire est
5 constitué de deux ailerons 1111, 1211 et de dix
aérofreins 1121 à 1225 sur les ailes, de deux gouvernes
de profondeurs (ou élévateurs) 1331, 1431 sur le plan
horizontal, et d'une gouverne de direction 1541 sur le
plan vertical (ou dérive).

10 Les gouvernes sont commandées par des actionneurs
hydrauliques (non représentés) reliés aux différents
circuits hydrauliques 1601, 1602, et 1603. En
particulier, chacun des ailerons 1111, 1211, et
gouvernes de profondeur 1331, 1431 est commandé par
15 deux actionneurs hydrauliques. La gouverne de direction
1541 est commandé par trois actionneurs hydrauliques.
Chacun des dix aérofreins 1121-1225 est commandé par un
unique actionneur hydraulique.

Une autre architecture (non représentée) concerne
20 un avion de type A380 qui comporte quatre moteurs, une
EDP par moteur et deux circuits hydrauliques soit deux
EDP par circuits auxquelles viennent s'ajouter 2 EMP
par circuits. Deux circuits électriques viennent
compléter les sources de puissances pour les
25 actionneurs. L'architecture est dite 2H2E.

Un appareil de cette taille nécessite un nombre
plus élevé de gouvernes. Ainsi, l'avion A380 comporte
six ailerons, seize aérofreins, quatre élévateurs, et
deux dérives.

30 Ces types d'avions utilisent des actionneurs
hydrauliques de type S/C, EHA, ou EBHA. Ces actionneurs
hydrauliques comprennent tous un vérin hydraulique
puissant et peuvent aisément mouvoir des plus petites
aux plus grandes des gouvernes de commande d'un avion.
35 Leur principe de fonctionnement qui est basé sur le

glissement (poussé/tiré) d'un piston lisse dans une chambre les rend intrinsèquement insensible au blocage, c'est-à-dire que leur probabilité de blocage est bien inférieure à 10^{-9} par heure de vol, soit extrêmement improbable en terme de sécurité aérienne. Ceci est d'une grande importance car le blocage de certaines surfaces en extension est considérée, en termes de sécurité aérienne, comme catastrophique, c'est-à-dire que la probabilité d'un tel événement doit être inférieure à 10^{-9} par heure de vol. Ce qui est toujours le cas avec l'utilisation d'un actionneur hydraulique.

Cependant, les éléments de génération hydraulique (pompes, réservoirs, collecteurs, lignes d'aspiration, de pressurisation, raccords, etc.) ont un impact important dans le bilan global de masse de l'avion.

De plus, l'installation des tuyauteries hydrauliques sur un avion est une tâche délicate et coûteuse due aux alignements précis des raccords à respecter, aux règles de dispositions à respecter par rapport aux autres systèmes (protection), et aux tests de vérification d'étanchéité à réaliser.

En outre, la maintenance d'un système hydraulique demandant l'ouverture du circuit hydraulique requiert des opérations longues, nécessitant ainsi une immobilisation de l'avion prolongée, et coûteuse du fait de la nécessité d'isolation du circuit ouvert, de protection des autres systèmes contre tout contact avec le fluide, de re-pressurisation et purge après intervention, et de tests de vérification d'étanchéité.

Actuellement, il existe des actionneurs électromécaniques EMA, complètement dépourvus d'hydraulique et qui ne nécessitent pour leur alimentation qu'une source électrique. Un EMA peut être de type linéaire comportant notamment une vis à billes

ou à rouleaux, ou bien de type rotatif comportant des réducteurs et des roulements.

Toutefois, un actionneur EMA peut se bloquer avec une probabilité supérieure à 10^{-9} par heure de vol.
5 C'est pourquoi jusqu'à présent des actionneurs EMA n'ont été installés que sur quelques aérofreins de certains types d'avions équipés d'une grande quantité d'aérofreins. Par exemple, Boeing sur son B787 a installé des actionneurs EMA dans les ailes uniquement
10 pour deux paires sur sept paires d'aérofreins.

L'objet de la présente invention est de proposer un système de commande de vol fiable, robuste, simple et remédiant aux inconvénients précités, en particulier ne nécessitant ni de recourir à une installation
15 complexe ni à des opérations de maintenance longues, contraignantes et coûteuses.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention est définie par un système
20 de commande de vol d'un aéronef comportant des gouvernes, et des actionneurs associés auxdites gouvernes pour contrôler des fonctions de vol de roulis, lacet, tangage et freinage aérodynamique de l'aéronef, tous les actionneurs associés à des
25 gouvernes contrôlant au moins une desdites fonctions de vol étant des actionneurs électromécaniques.

Avantageusement, une partie desdites gouvernes associées aux actionneurs électromécaniques sont des gouvernes fractionnées, chacune desdites gouvernes
30 fractionnées étant composée d'au moins deux surfaces indépendantes.

Ladite partie des gouvernes fractionnées peut comporter des gouvernes fractionnées de profondeur, et/ou des gouvernes fractionnées de direction, et/ou

des gouvernes fractionnées d'aileron. Chaque gouverne fractionnée de profondeur peut être composée de deux surfaces indépendantes de profondeur. Chaque gouverne fractionnée de direction peut être composée de deux surfaces indépendantes de direction. Chaque gouverne fractionnée d'aileron peut être composée de deux surfaces indépendantes d'aileron.

En variante, chacune des gouvernes fractionnées de profondeur, et/ou de direction, et/ou d'aileron peut être composée de trois surfaces indépendantes.

Avantageusement, chacune des surfaces indépendantes d'une gouverne fractionnée est commandée par au moins un actionneur électromécanique.

En particulier, chacune des surfaces indépendantes d'une gouverne fractionnée peut être commandée par au moins deux actionneurs électromécaniques comportant au moins deux actionneurs électromécaniques fonctionnant simultanément.

Selon un mode particulier de l'invention, chacune des surfaces indépendantes d'au moins un groupe des gouvernes fractionnées est commandée par un seul actionneur électromécanique, au moins une surface indépendante appartenant audit groupe des gouvernes fractionnées comportant des moyens d'équilibrage.

Chaque gouverne appartenant à des gouvernes d'aérofrein contrôlant la fonction de freinage aérodynamique de l'avion, peut être commandée par un seul actionneur électromécanique.

Avantageusement, ledit actionneur électromécanique est configuré selon une transmission non réversible, la non réversibilité dudit actionneur électromécanique étant assurée par un dispositif de transformation d'un mouvement rotationnel en un mouvement de translation.

Selon une variante, chaque gouverne appartenant à des gouvernes d'aérofrein contrôlant la fonction de freinage aérodynamique de l'avion, peut être commandée par au moins deux actionneurs électromécaniques.

5 Avantageusement, tous les actionneurs électromécaniques associés aux gouvernes contrôlant au moins deux desdites fonctions de vol sont identiques.

 L'invention vise également un avion pourvu d'un système de commande de vol selon l'une quelconque des
10 caractéristiques précédentes.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

 La Fig. 1 représente une partie d'un système de commande de vol primaire, selon l'invention ;

15 Les Figs. 2A à 3D illustrent des gouvernes fractionnées, selon l'invention ;

 Les Figs. 4A-4D illustrent différents modes de réalisation de répartition et de dimensionnement des actionneurs EMA, selon l'invention ;

20 Les Figs. 5A à 8B illustrent différents modes de réalisations de fractionnement et de répartitions des actionneurs EMA, selon l'invention ;

 La Fig. 9 illustre un mode de réalisation de l'architecture de commande de vol dans un avion conventionnel de type moyen courrier, selon
25 l'invention ;

 La Fig. 10 illustre la répartition des actionneurs par circuit électrique selon l'exemple de la Fig. 9 ; et

30 La Fig. 11 représente une architecture d'un système de commande de vol primaire, connue de l'état de la technique.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

L'idée à la base de l'invention consiste à utiliser de plus en plus d'actionneurs électromécaniques « EMA » (abréviation de l'expression anglaise : Electro Mechanical Actuator) pour les commandes de vol primaire d'un aéronef, grâce à une synergie entre des actionneurs regroupés dans des zones connexes déterminées de l'aéronef et éventuellement grâce à une configuration particulière des surfaces de commande de vol.

Le système de commande de vol primaire d'un aéronef comporte des gouvernes, et des actionneurs associés aux gouvernes pour contrôler les fonctions de vol de roulis, lacet, tangage et freinage aérodynamique.

Conformément à l'invention, tous les actionneurs associés à des gouvernes contrôlant au moins une fonction de vol parmi les fonctions de vol de roulis, lacet, tangage et freinage aérodynamique sont des actionneurs électromécaniques EMA.

Les actionneurs électromécaniques permettent d'avoir un aéronef plus électrique en supprimant au moins une partie des moyens hydrauliques relatifs aux actionneurs associés à la fonction en question. On notera que chaque fonction de vol est assurée par une zone connexe de l'aéronef qui permet de supprimer au moins une partie de la distribution hydraulique dans cette zone tout en réduisant le dimensionnement de la partie génératrice de la puissance hydraulique. Ceci permet de diminuer le poids de l'aéronef, de faciliter la maintenance et de réduire les coûts. Eventuellement, ceci permet d'avoir une seule référence d'actionneurs électromécaniques pour au moins une fonction de vol. De plus, les actionneurs électromécaniques sont plus fiables que les actionneurs électro-hydrostatiques

(EHA) et les actionneurs hydrauliques à secours électrique (EBHA), car ils comportent moins de pièces mécaniques et ne comportent aucune partie hydraulique.

On notera que toute combinaison possible de deux, trois ou les quatre fonctions de vol peut aussi être assurée par des actionneurs électromécaniques.

La Fig. 1 représente une partie du système de commande de vol primaire concernant en particulier, les fonctions de vol de roulis et de freinage aérodynamique selon un mode de réalisation de l'invention.

Sur cette figure, sont représentées une aile gauche 100 et une aile droite 200. L'aile gauche 100 comporte un aileron gauche 111 et cinq aérofreins gauches 121 à 125, et l'aile droite 200 comporte un aileron droit 211 et cinq aérofreins droits 221 à 225. Chacun des ailerons 111, 211 et/ou aérofreins 121-125, 221-225 est commandé par au moins un actionneur électromécanique 111a1, 111a2, 211a1, 211a2, et 121a à 225a.

On notera que la probabilité de blocage d'un actionneur EMA est de l'ordre de 10^{-7} ou même 10^{-8} par heure de vol et par conséquent, la probabilité d'un blocage simultané de deux actionneurs indépendants (c'est-à-dire, sur deux gouvernes indépendantes) est bien inférieure à 10^{-9} par heure de vol et donc extrêmement improbable.

Par ailleurs, la conséquence du blocage d'un aileron reste acceptable pour la sécurité de l'avion car l'extension de l'aileron bloqué peut être compensée tout en gardant l'autorité nécessaire sur l'axe de roulis, grâce à l'autre aileron encore disponible et éventuellement aux aérofreins.

Par ailleurs, la conséquence de blocage d'un aérofrein reste mineure et peut être facilement compensée par les autres aérofreins encore disponibles.

Ainsi, l'exemple de la Fig. 1 montre que la fonction de freinage aérodynamique et/ou la fonction de vol de roulis peut être assurée par des actionneurs EMA permettant de supprimer la partie hydraulique aux centres et/ou extrémités des ailes 100 et 200. Avantageusement, dans le cas où toutes les deux fonctions sont assurées par des actionneurs EMA, on peut alors supprimer toute la partie hydraulique des ailes 100 et 200 de l'avion.

Les besoins électriques des avions ne cessant d'augmenter, les générateurs électriques embarqués sont de plus en plus nombreux et puissants. De plus, l'introduction de générateurs électriques dissemblables permet d'envisager l'électricité comme une source de puissance fiable. Enfin, les contraintes imposées par les circuits hydrauliques (poids, difficultés de maintenance dû à la présence d'un fluide, etc.) poussent à remplacer des circuits hydrauliques par des circuits électriques.

Ainsi, il est très avantageux de généraliser l'utilisation des actionneurs EMA pour remplacer les actionneurs hydrauliques. Toutefois, les actionneurs EMA présentent une sensibilité au blocage, bien supérieure à celle de leurs homologues hydrauliques.

Afin de résoudre ce problème de blocage des actionneurs EMA, la présente invention propose de fractionner au moins une partie des gouvernes du système de commande de vol primaire. Plus particulièrement, l'invention propose qu'au moins une partie des gouvernes associées aux actionneurs électromécaniques soient des gouvernes fractionnées, chacune des gouvernes fractionnées étant composée d'au moins deux surfaces rapides mécaniquement indépendantes.

Le fractionnement des gouvernes permet en cas de blocage d'un actionneur d'avoir suffisamment de surfaces rapides fonctionnelles pour à la fois contrer les efforts induits par la surface bloquée ainsi que
5 pour continuer à contrôler l'avion. De plus, étant donnée la taille réduite de chaque surface indépendante, le blocage d'une de ces surfaces génère moins de pénalité de traînée aérodynamique que le blocage d'une gouverne monobloc. En outre, le découpage
10 des gouvernes en surfaces indépendantes permet de réduire la puissance des actionneurs et donc d'utiliser des actionneurs de petites tailles pouvant s'intégrer très facilement dans l'empennage et la voilure de l'aéronef ou l'avion.

15 Les exemples illustrés sur les Figs. 2A à 3D montrent que la partie des gouvernes fractionnées peut comporter des gouvernes fractionnées d'aileron, et/ou des gouvernes fractionnées de profondeur et/ou des gouvernes fractionnées de direction.

20 L'exemple de la Fig. 2A montre que chaque aileron peut être découpé en deux surfaces indépendantes. Plus particulièrement, cette figure montre que l'aileron gauche 111 est composé de deux surfaces indépendantes 113 et 114 et que l'aileron droit 211 est composé aussi
25 de deux surfaces indépendantes 213 et 214.

Selon une variante, la Fig. 2B montre que chacun des ailerons gauche 111 et droit 112 peut être découpé en trois surfaces indépendantes (respectivement 113 à 115 et 213 à 215).

30 Ainsi, en fractionnant les ailerons 111, 211 en des surfaces indépendantes 113 à 215, on diminue les conséquences de blocage d'une de ces surfaces tout en supprimant la partie hydraulique correspondante.

La Fig. 2C montre toutefois, que chaque aileron 111, 211 peut ne pas être découpé et rester sous forme monobloc (comme illustré sur l'exemple de la Fig. 1).

La Fig. 3A montre que chaque gouverne de
5 profondeur peut être découpée en deux surfaces indépendantes. Plus particulièrement, cette figure montre les parties gauche 300 et droite 400 du plan horizontal de l'empennage comportant les gouvernes de profondeur gauche 331 et droite 431. La gouverne de
10 profondeur gauche 331 est composée de deux surfaces indépendantes de profondeur 333 et 334. De même, la gouverne de profondeur droite 431 est composée de deux surfaces indépendantes de profondeur 433 et 434.

Selon une variante, la Fig. 3B montre que chacune
15 des gouvernes de profondeur 331 et 431 peut être découpée respectivement en trois surfaces indépendantes 333 à 335 et 433 à 435.

Le découpage des gouvernes de profondeur 331, 431 permet d'utiliser des actionneurs EMA et par
20 conséquent, de supprimer la partie hydraulique du plan horizontal 300, 400 de l'empennage.

La Fig. 3C illustre le plan vertical 500 de l'empennage comportant une gouverne de direction 541 composée de trois surfaces indépendantes de direction
25 543, 544, et 545. Avantagement, la gouverne de direction est découpée en trois surfaces indépendantes d'efficacité égale et chaque surface indépendante peut être actionnée par un, deux, voire plusieurs actionneurs.

30 Ainsi, le blocage d'une surface indépendante (par exemple, 543) entraîne un mouvement de lacet de l'avion. Cependant, la deuxième surface (par exemple, 545) qui est de même efficacité sur ce même axe permet de contrer ce mouvement de lacet en contrôlant sa
35 position dans la direction opposée. En outre, la

troisième surface 544 permet de conserver un minimum de contrôle en lacet.

La Fig. 3D illustre une variante de la Fig. 3C où la gouverne de direction 541 est composée de deux surfaces indépendantes de direction 543 et 544. Ce genre de découpage peut être adapté pour un avion de type monomoteur.

Le découpage des gouvernes de direction 541 permet d'utiliser des actionneurs EMA et par conséquent, de supprimer la partie hydraulique du plan vertical 500 de l'empennage. Avantageusement, lorsque les gouvernes de profondeur 331, 431 et de direction 541 sont découpées, on peut supprimer la partie hydraulique de tout l'empennage.

On notera que chacune des surfaces indépendantes peut être actionnée par un, deux, voire plusieurs actionneurs EMA qui peuvent être répartis de plusieurs manières.

D'une manière générale, chacune des gouvernes monoblocs ou des surfaces indépendantes d'une gouverne fractionnée est commandée par au moins un actionneur EMA.

Plus particulièrement, chacune des gouvernes monoblocs ou surfaces indépendantes peut être commandée par au moins deux actionneurs EMA qui peuvent avantageusement comporter au moins deux actionneurs EMA fonctionnant simultanément. Ceci permet de réduire l'encombrement des actionneurs et donc de faciliter leur intégration dans la structure de l'aéronef.

Les Figs. 4A-4D illustrent différents modes de réalisation de répartition et de dimensionnement des actionneurs dans le cas où on utilise deux actionneurs EMA par gouverne ou surface indépendante.

La Fig. 4A est un premier mode de réalisation illustrant deux actionneurs EMA 651a1 et 651a2

dirigeant une gouverne monobloc 651, chacun des deux actionneurs EMA 651a1 et 651a2 pouvant assurer seul les pleines performances. Une panne d'actionneur n'a donc aucun effet immédiat sur les performances de l'avion.

5 Selon ce premier mode de réalisation, la puissance disponible nominale est de 200% par rapport à la puissance requise qui est de 100%. Par conséquent, la puissance disponible sous une panne d'un actionneur 651a2, est de 100%. Dans ce cas, les poids des
10 actionneurs par rapport à la puissance requise est de 200% et par conséquent, l'efficacité de l'architecture correspondant à ce mode de réalisation est de 50%. L'efficacité de l'architecture est définie comme étant le rapport entre la "puissance disponible en cas de
15 panne d'un actionneur" et le "poids des actionneurs par rapport à la puissance requise".

La Fig. 4B est un deuxième mode de réalisation consistant à utiliser deux actionneurs EMA de taille plus petite fonctionnant simultanément afin d'offrir
20 les pleines performances en mode nominal et des performances dégradées en cas de perte d'un actionneur.

On notera que la puissance d'un actionneur nécessaire au déplacement d'une surface donnée est, en premier ordre, proportionnelle au volume de cette
25 surface. De même, le poids de l'actionneur est proportionnel à la puissance de cet actionneur. Ainsi, un fonctionnement simultané de deux actionneurs EMA sur une même surface permet de sommer les puissances et donc d'optimiser leur dimensionnement et de réduire
30 davantage leurs tailles.

En effet, la Fig. 4B illustre deux actionneurs EMA 651a3 et 651a4 dirigeant simultanément une gouverne monobloc 651, et chacun des deux actionneurs EMA 651a3 et 651a4 assurant une puissance de 66%. Selon ce
35 deuxième mode de réalisation, la puissance disponible

nominale est de 133% par rapport à la puissance requise et, par conséquent, la puissance disponible sous une panne d'un actionneur 651a4, est de 66%. Dans ce cas, les poids des actionneurs par rapport à la puissance requise est de 133% et par conséquent, l'efficacité de l'architecture correspondant à ce mode de réalisation est de 50%.

La Fig. 4C est un troisième mode de réalisation qui combine l'avantage d'un fonctionnement simultané des actionneurs EMA à celle du fractionnement des gouvernes.

En effet, le fractionnement des gouvernes induit des pertes d'efficacité aérodynamique moindre lorsqu'un actionneur est en panne, puisque la majorité des surfaces rapides restent disponible à 100%. Ceci permet d'optimiser davantage la puissance des actionneurs en proposant un mode actif-actif pour tous les fragments.

Plus particulièrement, la Fig. 4C illustre une gouverne 651 découpée en deux surfaces indépendantes 653 et 654. Une première surface indépendante 653 est dirigée par deux actionneurs EMA 653a5 et 653a6 fonctionnant simultanément et une seconde surface indépendante 654 est dirigée par deux actionneurs EMA 654a5 et 654a6 fonctionnant simultanément. Chacun des actionneurs EMA 653a5-654a6 assure une puissance de 33%.

Selon ce troisième mode de réalisation, la puissance disponible nominale est de 66% sur chaque surface indépendante 653 et 654 par rapport à la puissance requise qui est de 50%. Par conséquent, la puissance disponible sur la totalité des surfaces sous une panne d'un actionneur 654a6, est de 83%. Dans ce cas, les poids des actionneurs par rapport à la puissance requise est de 133% et par conséquent,

l'efficacité de l'architecture correspondant à ce mode de réalisation est de 62%.

5 Finalement, la Fig. 4D est une variante de la Fig. 4C illustrant deux surfaces indépendantes 653 et 654. Chacune des surfaces indépendantes 653 et 654 est dirigée simultanément par deux actionneurs EMA 653a7, 653a8 et 654a7, 654a8, chacun des actionneurs EMA 653a7 à 654a8 assurant une puissance de 25%. Selon ce quatrième mode, la puissance disponible nominale est de 10 50% sur chaque surface par rapport à la puissance requise qui est aussi de 50% et, par conséquent, la puissance disponible sur la totalité des surfaces sous une panne d'un actionneur, est de 75%. Dans ce cas, les poids des actionneurs par rapport à la puissance 15 requise est de 100% et par conséquent, l'efficacité de l'architecture correspondant à ce mode de réalisation est de 75%.

Ces différents modes de réalisation permettent de comparer et donc d'optimiser le dimensionnement des 20 actionneurs EMA. Bien entendu, on notera que pour ces modes de réalisation, il n'est pas indispensable de disposer de 100% de la puissance requise pour la manœuvre de la gouverne. Le fait de disposer d'une puissance inférieure à 100% n'empêche pas la manœuvre 25 de la gouverne mais en réduit simplement la dynamique.

Par ailleurs, on peut utiliser uniquement un seul actionneur EMA par gouverne ou surface rapide. Cette deuxième solution présente l'avantage de diminuer substantiellement le nombre d'actionneurs par avion.

30 Cependant, dans ce cas de figure, il est avantageux de s'assurer que les surfaces ne sont pas sujettes au flottement en cas de rupture de l'attache de l'actionneur.

Dans ce cas, la surface peut être équilibrée par 35 exemple, en ramenant son centre de gravité sur la

charnière afin de rendre ses oscillations convergentes. Une solution usuelle consiste à utiliser une corde débordante, comme par exemple sur les ailerons, élévateurs et direction de la gamme ATR.

5 Par exemple, dans le cas où chacune des surfaces indépendantes d'au moins un groupe des gouvernes fractionnées est commandée par un seul actionneur électromécanique, on peut faire en sorte qu'au moins une surface indépendante appartenant au groupe des
10 gouvernes fractionnées comporte des moyens d'équilibrage.

En général, c'est surtout la surface rapide la plus éloignée du fuselage de l'avion qui peut nécessiter le plus d'équilibrage. Ainsi, les moyens
15 d'équilibrage peuvent être avantageusement montés sur chaque surface indépendante appartenant au groupe des gouvernes fractionnées qui est située à une extrémité la plus éloignée par rapport au fuselage de l'avion.

Les Figs. 5A à 8B illustrent différents modes de
20 réalisations montrant différents exemples de répartitions des EMA sur différentes gouvernes fractionnées ou non fractionnées de la commande de vol primaire.

La Fig. 5A illustre un aileron monobloc gauche
25 111 actionné par deux actionneurs EMA 111a1 et 111a2 fonctionnant concurremment et un aileron monobloc droit 211 actionné par deux actionneurs EMA 211a1 et 211a2 fonctionnant concurremment.

La Fig. 5B illustre un aileron gauche 111 composé
30 de deux surfaces indépendantes 113 et 114 et un aileron droit 211 composé de deux surfaces indépendantes 213 et 214. Chacune des surfaces indépendantes 113, 114, 213, et 214 est respectivement actionnée par deux actionneurs EMA 113a3-113a4, 114a3-114a4, 213a3-213a4,
35 et 214a3-214a4 de préférence, fonctionnant en mode

actif-actif. Ainsi, selon cette configuration, on utilise huit actionneurs EMA pour quatre surfaces indépendantes d'aileron.

La Fig. 5C illustre un aileron gauche 111 composé de trois surfaces indépendantes 113, 114 et 115 et un aileron droit 211 composé de trois surfaces indépendantes 213, 214 et 215. Chacune des surfaces indépendantes 113 à 215 est respectivement actionnée par un seul actionneur EMA 113a5 à 215a5. Selon ce cas, les surfaces indépendantes les plus éloignées 115 et 215 comportent chacune les moyens d'équilibrage 116 et 216 respectivement. Ainsi, selon cette configuration, on utilise six actionneurs EMA pour six surfaces indépendantes d'aileron et deux moyens d'équilibrages 116 et 216 pour les deux surfaces extérieures 115 et 215.

La Fig. 6A illustre une gouverne de profondeur gauche 331 fractionnée en deux surfaces indépendantes 333 et 334, et une gouverne de profondeur droite 431 fractionnée en deux surfaces indépendantes 433 et 434. Chacune des surfaces indépendantes 333 à 434 est respectivement actionnée par deux actionneurs EMA 333a1-333a2, 334a1-334a2, 433a1-433a2, et 434a1-434a2 de préférence, fonctionnant en mode actif-actif. Ainsi, selon cette configuration, on utilise huit actionneurs EMA pour quatre surfaces indépendantes de profondeur.

La Fig. 6B illustre une gouverne de profondeur gauche 331 fractionnée en trois surfaces indépendantes 333, 334, et 335 et une gouverne de profondeur droite 431 fractionnée en trois surfaces indépendantes 433, 434, et 435. Chaque surface indépendante 333 à 435 est respectivement actionnée par un seul actionneur EMA 333a3 à 435a3. Selon ce cas, les surfaces indépendantes les plus éloignées 335 et 435 comportent chacune des moyens d'équilibrage 336 et 436 respectivement. Ainsi,

selon cette configuration, on utilise six actionneurs EMA pour six surfaces indépendantes de profondeur et deux moyens d'équilibrages 336 et 436 pour les deux surfaces extérieures 335 et 435.

5 La Fig. 7A illustre une gouverne de direction 541 fractionnée en trois surfaces indépendantes 543, 544, et 545. Chacune des surfaces indépendantes 543 à 545 est respectivement actionnée par deux actionneurs EMA 543a1-543a2, 544a1-544a2, et 545a1-545a2 de préférence,
10 fonctionnant en mode actif-actif. Ainsi, selon cette configuration, on utilise six actionneurs EMA pour trois surfaces indépendantes de direction.

 La Fig. 7B est une variante de la Fig. 7A montrant que chacune des trois surfaces indépendantes
15 543 à 545 est actionnée par un seul actionneur EMA 543a, 544a, et 545a, et que la surface indépendante la plus éloignée 545 du fuselage comporte des moyens d'équilibrage 546. Ainsi, selon cette configuration, on utilise trois actionneurs EMA pour trois surfaces
20 indépendantes de direction et il suffit d'utiliser des moyens d'équilibrages 546 uniquement pour la surface indépendante supérieure 545.

 On notera que les configurations des Figs. 7A et 7B peuvent aussi être utilisées pour une gouverne de
25 direction fractionnée en deux surfaces indépendantes comme illustré sur la Fig. 3D.

 La Fig. 8A illustre des aérofreins gauches et des aérofreins droits. Cette figure montre à titre d'exemple, cinq aérofreins 121 à 125 et 221 à 225
30 respectivement sur chacune des ailes 100 et 200. Chacun des aérofreins 121 à 225 est actionné par un seul actionneur EMA 121a3 à 225a3. Eventuellement, on peut fractionner chaque aérofrein en deux surfaces indépendantes. Ainsi, on peut par exemple, utiliser dix

actionneurs EMA pour dix surfaces indépendantes d'aérofrein par aile.

On notera que les aérofrens sont des surfaces rapides qui doivent rester plaquées en cas de perte
5 d'alimentation de l'actionneur. La solution classique consiste à utiliser un frein à perte d'énergie (power off brake) ou un système de roue à cliquet.

La présente invention propose d'utiliser un actionneur EMA configuré selon une transmission non
10 réversible. La non-réversibilité de l'actionneur EMA peut être assurée par un dispositif de transformation d'un mouvement rotationnel en un mouvement de translation. Ce dispositif de transformation peut comporter une vis à bille ou à rouleaux non réversible
15 ou même une vis simple. L'irréversibilité du dispositif présente l'avantage de permettre de supprimer le frein à perte d'énergie et la roue à cliquet de l'art antérieur.

Ainsi, en cas de perte d'alimentation,
20 l'actionneur EMA non réversible peut maintenir plaqués les aérofrens. Ceci permet de réduire les coûts du dispositif de transformation tout en supprimant les freins à perte d'énergie ou toute autre fonction anti-extension.

La Fig. 8B est une variante de la Fig. 8A montrant que chaque aérofrein 121 à 225 est respectivement actionné concurremment par deux actionneurs EMA 121a1-121a2 à 225a1-225a2. On peut
25 utiliser par exemple, entre huit à vingt aérofrens par aile, et par conséquent entre seize et quarante actionneurs EMA par aile.
30

On notera que dans tous les exemples des Figs. 5A-7B et 8B, les actionneurs EMA sont des actionneurs réversibles. Plus particulièrement, dans les modes de
35 réalisation utilisant au moins deux actionneurs EMA par

gouverne monobloc ou surface indépendante, les actionneurs réversibles autorisent les débattements de la gouverne ou la surface indépendante si l'un des actionneurs est en panne (hors blocage).

5 Avantageusement, les différents actionneurs associés à une gouverne sont alimentés par au moins deux sources d'énergie dissemblables et ségréguées, de telle façon que la probabilité de la perte d'alimentation de l'ensemble des actionneurs associés à ladite gouverne

10 soit inférieure à 10^{-9} par heure de vol. Dans le cas de l'exemple de la Fig.8B, cela présente l'avantage de permettre de supprimer le frein à perte d'énergie et la roue à cliquet de l'art antérieur.

15 Bien entendu, toutes les combinaisons des configurations illustrées sur les Figs. 5A-8B sont envisageables. Avantageusement, on peut combiner les configurations pour que tous les actionneurs électromécaniques associés aux gouvernes contrôlant au

20 moins deux des fonctions de vol soient identiques. Ceci permet de monter les mêmes actionneurs électromécaniques sur toutes les surfaces nécessitant des puissances de même ordre de grandeur.

Plus particulièrement, la combinaison des

25 configurations illustrées sur les Figs. 5B, 6A, 7A et 8B (respectivement, sur les Figs. 5C, 6B, 7B et 8A) permet de monter le même actionneur EMA sur toutes les surfaces rapides des ailerons 111, 211, des gouvernes de profondeur 331, 431 et de direction 541, ainsi que

30 des aérofreins 121 à 225. Cette standardisation des actionneurs permet d'augmenter les volumes de production, de faciliter le développement, la fabrication, et la maintenance, et par conséquent de faire baisser les coûts.

De plus, la présente invention permet de passer à un système de commande de vol primaire entièrement électrique en utilisant des actionneurs EMA sur les aérofreins 121 à 225 et ailerons 111, 211 (fractionnés
5 ou non fractionnés) et sur des gouvernes fractionnées de profondeur 331, 431 et de direction 541.

La Fig. 9 illustre un mode de réalisation de l'architecture de commande de vol selon l'invention qui peut être utilisée par exemple, dans un avion
10 conventionnel de type moyen courrier. Cette architecture comprend trois circuits électriques 601, 602 et 603 alimentés par deux moteurs indépendants 610 et 620 de l'avion.

Les premier et second moteurs 610 et 620
15 entraînent respectivement des premier et second générateurs 611 et 621 à fréquence variable VFG (Variable Frequency Generator) et des premier et second générateurs 613 et 623 à aimant permanent PMG (Permanent Magnet Generator).

20 Les premier et second générateurs VFG 611 et 621 délivrent des courants à fréquence variable respectivement aux premier et second circuits électriques 601 et 602.

Les premier et second générateurs PMG 613 et 623
25 délivrent des courants à fréquence constante au troisième circuit électrique 603.

Les générateurs PMG 613 et 623 peuvent être utilisés de manière conjointe pour alimenter le troisième circuit 603. En variante, le troisième
30 circuit 603 peut être alimenté indifféremment par l'un ou l'autre des générateurs PMG 613 et 623.

Avantageusement, une éolienne électrique RAT 633 de secours peut être utilisée pour alimenter le troisième circuit 603.

Sur cette figure, sont représentés aussi la commande de vol primaire sur les ailes 100, 200 et l'empennage 300, 400 et 500 de l'avion.

Selon ce mode de réalisation particulier, la
5 commande de vol primaire comprend deux surfaces indépendantes 113, 114 d'aileron gauche 111, deux surfaces indépendantes 213, 214 d'aileron droit 211, deux surfaces indépendantes 333, 334 de gouverne de profondeur gauche 331, deux surfaces indépendantes 433,
10 434 de gouverne de profondeur droite 431, et trois surfaces indépendantes 543, 544, 545 de gouverne de direction 541.

La commande de vol primaire comprend également cinq aérofreins gauches 121 à 125 et cinq aérofreins
15 droits 221 à 225.

Avantageusement, chacun des trois circuits électriques 601, 602, 603 peut être utilisé pour assurer à lui seul le contrôle du pilotage de l'avion sur tous ces axes.

20 Par exemple, chaque surface indépendante d'aileron peut être commandée par deux actionneurs reliés respectivement aux premier et troisième circuits électriques 601, 603 ou aux deuxième et troisième circuits électriques 602, 603. Les dix aérofreins 121 à
25 225 peuvent être commandés respectivement par dix actionneurs, quatre actionneurs étant reliés au premier circuit électrique 601, quatre autres actionneurs étant reliés au deuxième circuit électrique 602, et les deux derniers actionneurs étant reliés au troisième circuit
30 électrique 603. Chacune de deux premières surfaces indépendantes de profondeur peut être commandée par deux actionneurs reliés respectivement aux premier et troisième circuits électriques 601, 603 et chacune de deux secondes surfaces indépendantes de profondeur peut
35 être commandée par deux actionneurs reliés

respectivement aux deuxième et troisième circuits électriques 602, 603. Finalement, chaque surface indépendante de direction peut être commandée par deux actionneurs reliés respectivement à deux circuits électriques parmi trois combinaisons différentes des circuits électriques.

Plus particulièrement, le premier circuit électrique 601 est utilisé pour commander un des deux actionneurs EMA associés respectivement aux surfaces indépendantes extérieures 114, 214 des ailerons gauche et droit (c'est-à-dire, les actionneurs 114a1 et 214a1), aux surfaces indépendantes extérieures 334, 434 des gouvernes de profondeur gauche et droite (c'est-à-dire, les actionneurs 334a1 et 434a1), et aux surfaces indépendantes intermédiaire 544 et supérieure 545 de gouverne de direction (c'est-à-dire, les actionneurs 544a1 et 545a1). Le premier circuit électrique 601 est utilisé aussi pour commander les actionneurs associés respectivement à deux aérofreins gauches 121a1, 123a1 et deux aérofreins droits 221a1, 223a1.

Le deuxième circuit électrique 602 est utilisé pour commander un des deux actionneurs EMA associés respectivement aux surfaces indépendantes intérieures 113, 213 des ailerons gauche et droit (c'est-à-dire, les actionneurs 113a2 et 213a2), aux surfaces indépendantes intérieures 333, 433 des gouvernes de profondeur gauche et droite (c'est-à-dire, les actionneurs 333a2, 433a2), et aux surfaces indépendantes inférieure 543 et intermédiaire 544 de gouverne de direction (c'est-à-dire, les actionneurs 543a2 et 544a2). Le deuxième circuit électrique 602 est utilisé aussi pour commander les actionneurs 122a2, 124a2, 222a2, et 224a2 associés respectivement à deux aérofreins gauches 122, 124 et deux aérofreins droits 222, 224.

Le troisième circuit électrique 603 est utilisé pour commander un des deux actionneurs EMA associés respectivement aux surfaces indépendantes intérieures 113, 213 et extérieures 114, 214 des ailerons gauche et droit (c'est-à-dire, les actionneurs 113a3, 213a3, 114a3, et 214a3), aux surfaces indépendantes intérieures 333, 433 et extérieures 334, 434 des gouvernes de profondeur gauche et droite (c'est-à-dire, les actionneurs 333a3, 433a3, 334a3, et 434a3), et aux surfaces indépendantes inférieure 543 et supérieure 545 de gouverne de direction (c'est-à-dire, les actionneurs 543a3 et 545a3). Le troisième circuit électrique 603 est utilisé aussi pour commander les actionneurs 125a3, 225a3 associés respectivement à un aérofrein gauche 125 et un aérofrein droit 225.

La Fig. 10 illustre la répartition des actionneurs par circuit électrique selon l'exemple de la Fig. 9 et montre que les circuits électriques peuvent aussi alimenter d'autres commandes de l'aéronef.

Les lignes sur cette figure correspondent respectivement aux commandes d'ailerons 113 à 214 ; d'aérofreins 121 à 225 ; gouvernes de profondeur 333 à 434 ; gouverne de direction 543 à 545 ; actionneur de plan horizontal réglable THSA 711, 712 ; becs (slats) et freins d'extrémité de voilure WTB (Wing Tip Brake) 721, 723 ; volets (flaps) et WTB 732, 733 ; système de freinage (braking) 741, 743 ; inverseurs de poussée (thrust reversers) 751, 752, train d'atterrissage principal MLG (Main Landing Gear) 761, 762, roulette avant NLG (Nose Landing Gear) et l'orientation de la roulette avant NWS (Nose Wheel Steering) 773.

Plus particulièrement, le premier circuit électrique 601 peut être utilisé pour commander des actionneurs concernant : THSA 711 côté gauche, becs et

WTB 721, système de freinage 741, inverseurs de poussée 751 du premier moteur 610, MLG 761 côté gauche.

Le deuxième circuit électrique 602 peut aussi être utilisé pour commander des actionneurs
5 concernant : THSA côté droit 712, volets et WTB 732, inverseurs de poussée 752 du deuxième moteur 620, et MLG 762 côté droit.

Le troisième circuit électrique 603 peut aussi être utilisé pour commander des actionneurs
10 concernant : becs et WTB 723, volets et WTB 733, système de freinage 743, et NLG et NWS 773.

L'invention vise aussi un aéronef pourvu d'un système de commande de vol selon l'invention.

Ainsi, le système de commande selon l'invention
15 permet d'avoir un avion plus électrique (suppression du système hydraulique) avec actionneurs EMA fiables et moins chers, et permet la standardisation des actionneurs EMA en choisissant des tailles de panneaux ou surfaces indépendantes équivalentes en puissance
20 d'actionneur requise. Ceci permet de monter un même actionneur sur toutes les surfaces rapides de l'avion. Le fractionnement des gouvernes permet de réduire les exigences sur les actionneurs (en particulier, en ce qui concerne le blocage, l'anti-extension, et
25 l'amortissement), et permet d'utiliser des actionneurs de petite taille pour une meilleure intégration dans la structure de l'avion.

REVENDICATIONS

1. Système de commande de vol d'un aéronef comportant des gouvernes (111, 211, 331, 431, 541, 121-225), et des actionneurs associés auxdites gouvernes pour contrôler des fonctions de vol de roulis, lacet, tangage et freinage aérodynamique de l'aéronef, caractérisé en ce que tous les actionneurs (111a1-211a2, 121a-225a) associés à des gouvernes contrôlant au moins une desdites fonctions de vol sont des actionneurs électromécaniques.

2. Système de commande selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une partie desdites gouvernes associées aux actionneurs électromécaniques sont des gouvernes fractionnées (111, 211, 331, 431, 541), chacune desdites gouvernes fractionnées étant composée d'au moins deux surfaces indépendantes (113, 114, ..., 545).

3. Système de commande selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite partie des gouvernes fractionnées comporte des gouvernes fractionnées de profondeur (333, 334, 433, 434).

4. Système de commande selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que ladite partie des gouvernes fractionnées comporte des gouvernes fractionnées de direction (543, 544, 545).

5. Système de commande selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que ladite partie des gouvernes fractionnées comporte des gouvernes fractionnées d'aileron (113, 114, 115, 213, 214, 215).

6. Système de commande selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que ladite partie des gouvernes fractionnées comporte des gouvernes fractionnées de profondeur, et/ou de direction et/ou d'aileron, et en ce que chaque gouverne fractionnée de profondeur est composée de deux surfaces indépendantes de profondeur (333, 334, 433, 434), chaque gouverne fractionnée de direction est composée de deux surfaces indépendantes de direction (543, 544, 545), et chaque gouverne fractionnée d'aileron est composée de deux surfaces indépendantes d'aileron (113, 114, 213, 214).

7. Système de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite partie des gouvernes fractionnées comporte des gouvernes de profondeur, et/ou de direction et/ou d'aileron, et en ce que chacune desdites gouvernes fractionnées est composée de trois surfaces indépendantes.

8. Système de commande selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que chacune des surfaces indépendantes d'une gouverne fractionnée est commandée par au moins un actionneur électromécanique.

9. Système de commande selon la revendication 8, caractérisé en ce que chacune des surfaces indépendantes d'une gouverne fractionnée est commandée par au moins deux actionneurs électromécaniques comportant au moins deux actionneurs électromécaniques fonctionnant simultanément.

10. Système de commande selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que chacune des surfaces indépendantes d'au moins un groupe des gouvernes fractionnées est commandée par un seul actionneur électromécanique, et en ce qu'au moins une surface indépendante (115, 215) appartenant audit groupe des gouvernes fractionnées comporte des moyens d'équilibrage (116, 216).

11. Système de commande selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque gouverne appartenant à des gouvernes d'aérofrein (121,...,225) contrôlant la fonction de freinage aérodynamique de l'avion, est commandée par un seul actionneur électromécanique (121a,...,225a).

12. Système de commande selon la revendication 11, caractérisé en ce que ledit actionneur électromécanique est configuré selon une transmission non réversible, la non réversibilité dudit actionneur électromécanique étant assurée par un dispositif de transformation d'un mouvement rotationnel en un mouvement de translation.

13. Système de commande selon les revendications 1 à 10, caractérisé en ce que chaque gouverne appartenant à des gouvernes d'aérofrein (121,...,225) contrôlant la fonction de freinage aérodynamique de l'avion, est commandée par au moins deux actionneurs électromécaniques (121a1, 121a2, ..., 225a2).

14. Système de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 et 13, caractérisé en ce que tous les actionneurs électromécaniques

associés aux gouvernes contrôlant au moins deux desdites fonctions de vol sont identiques.

5 **15.** Avion pourvu d'un système de commande de vol selon l'une quelconque des revendications précédentes.

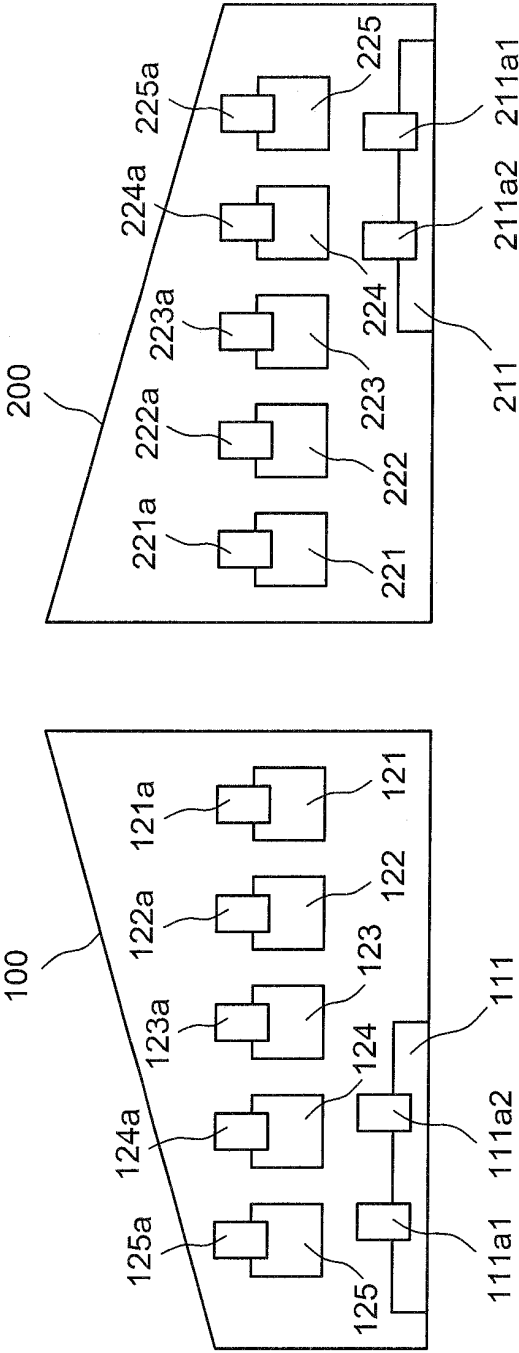
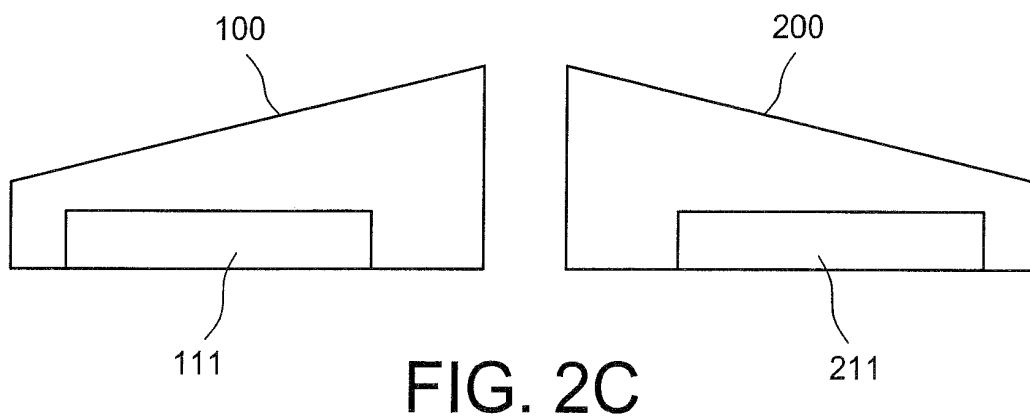
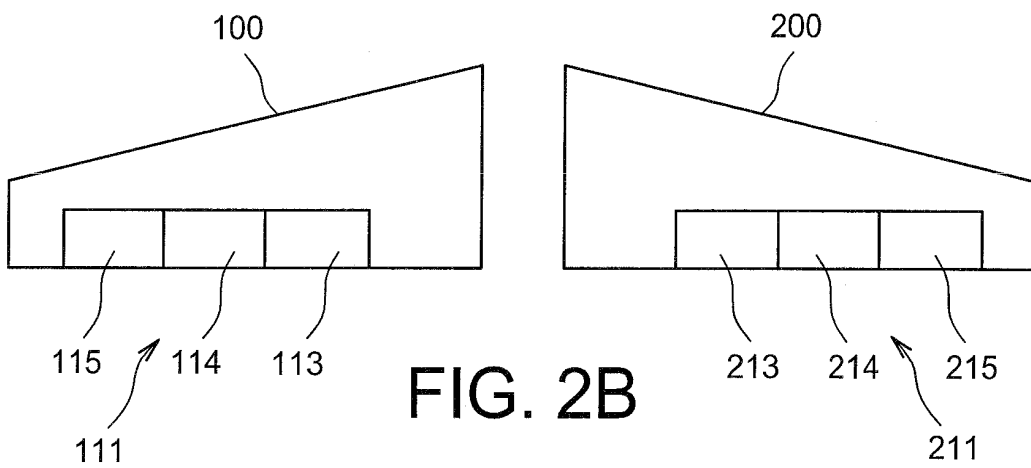
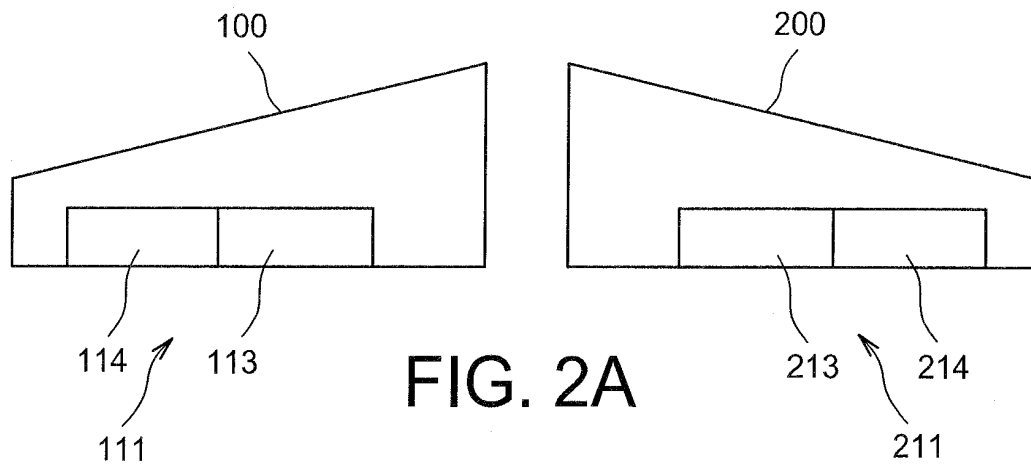


FIG. 1

2 / 10



3 / 10

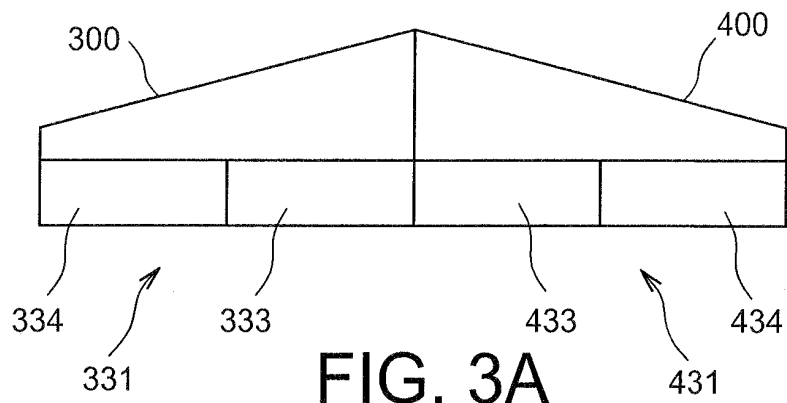


FIG. 3A

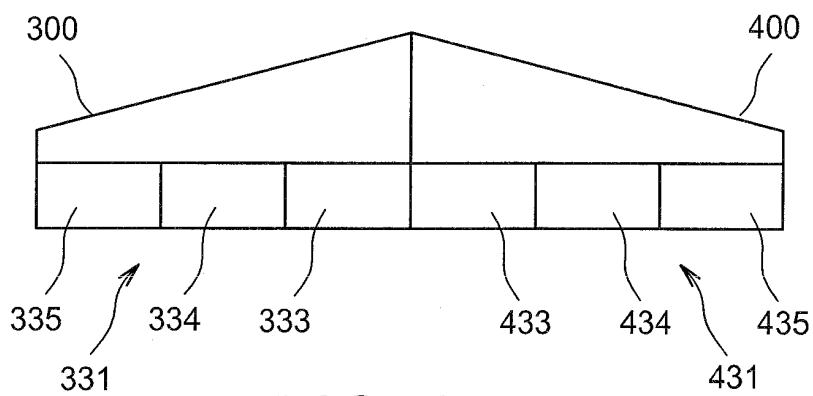


FIG. 3B

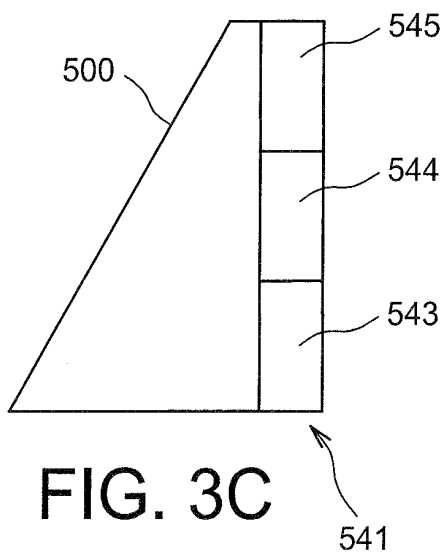


FIG. 3C

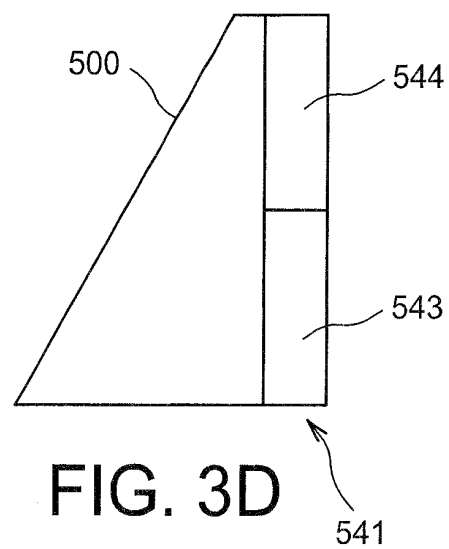


FIG. 3D

4 / 10

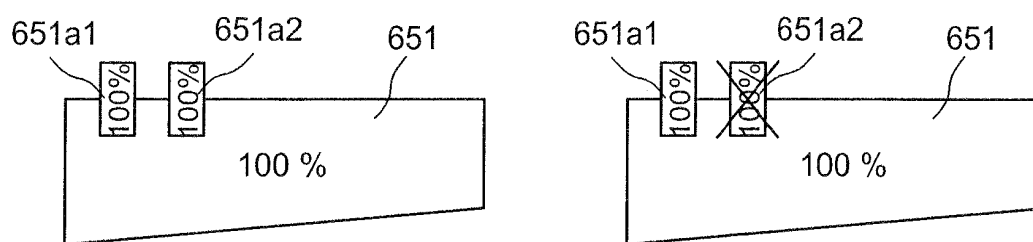


FIG. 4A

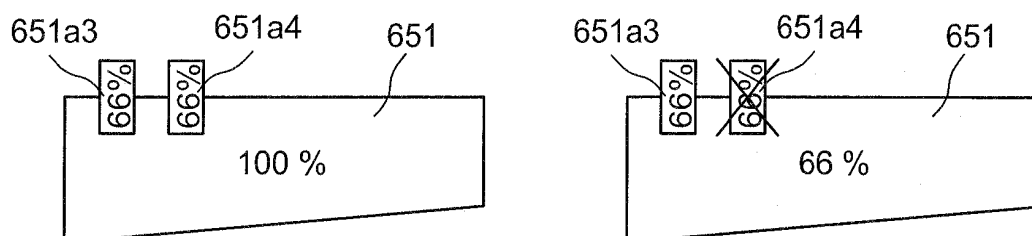


FIG. 4B

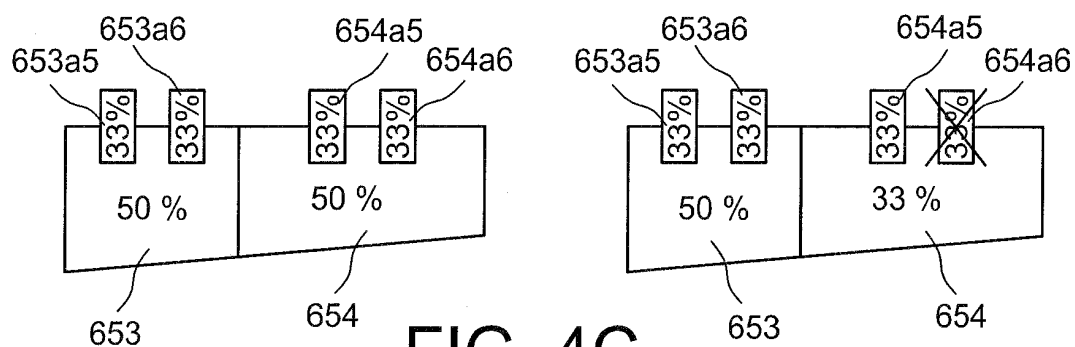


FIG. 4C

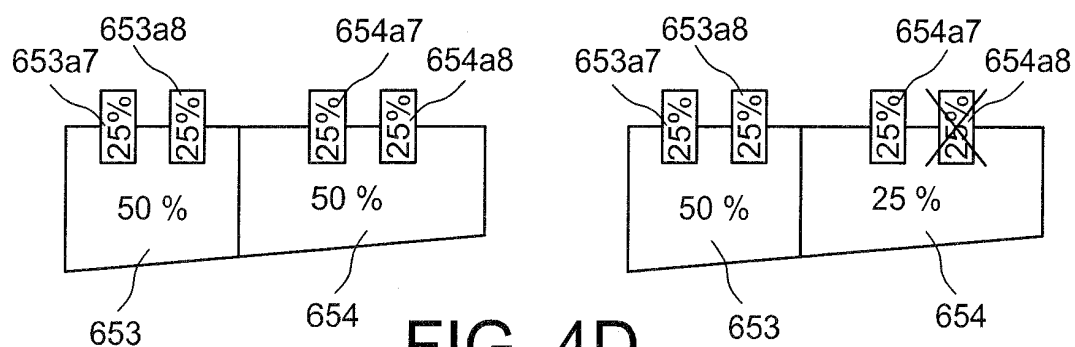


FIG. 4D

5 / 10

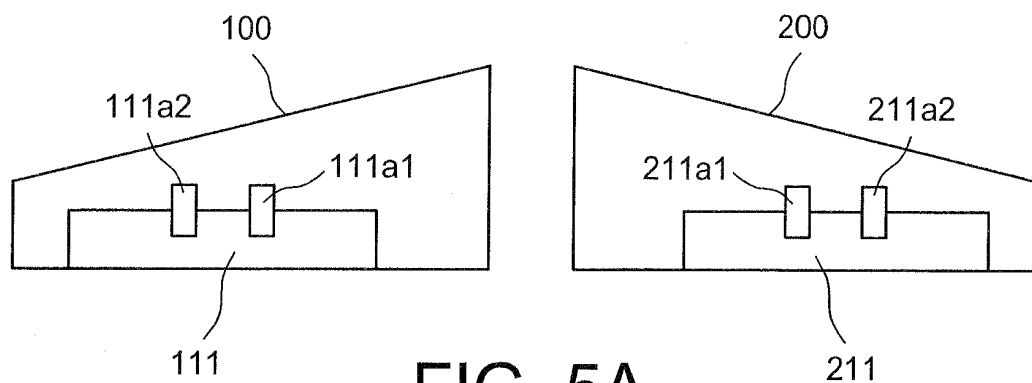


FIG. 5A

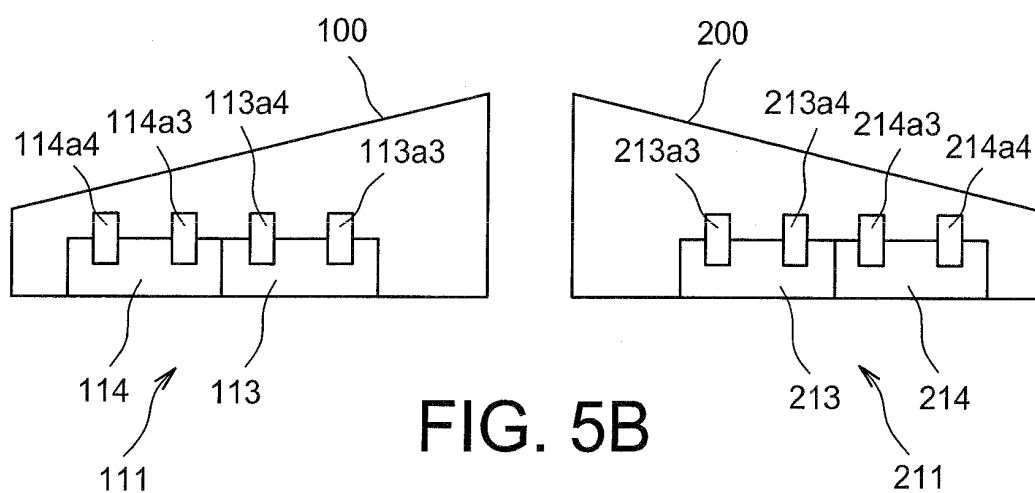


FIG. 5B

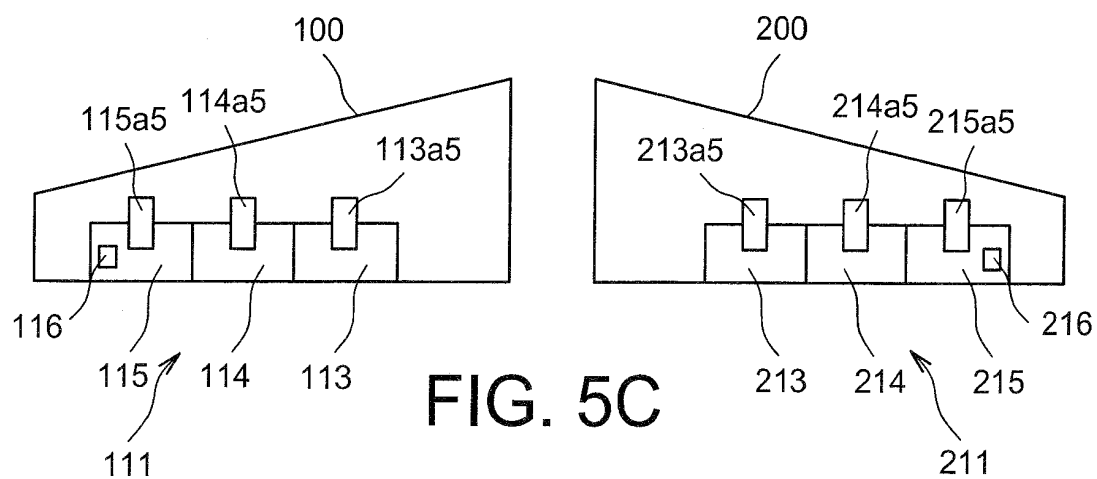
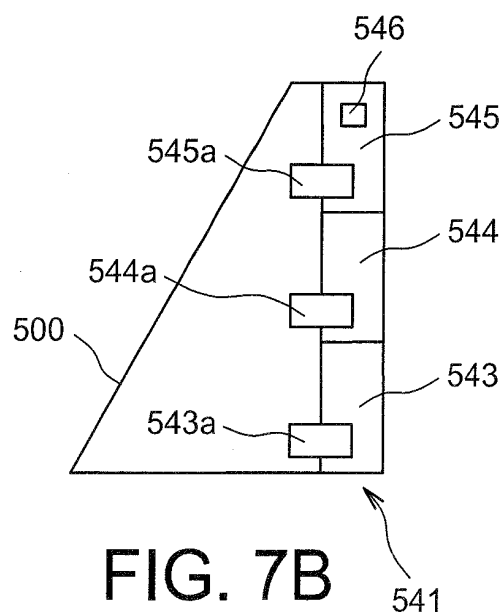
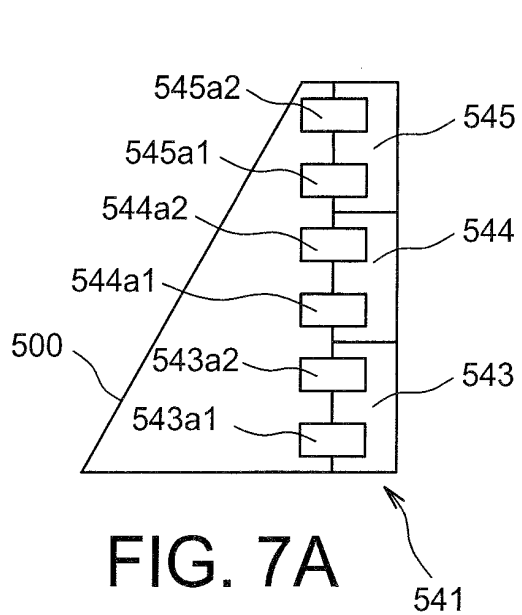
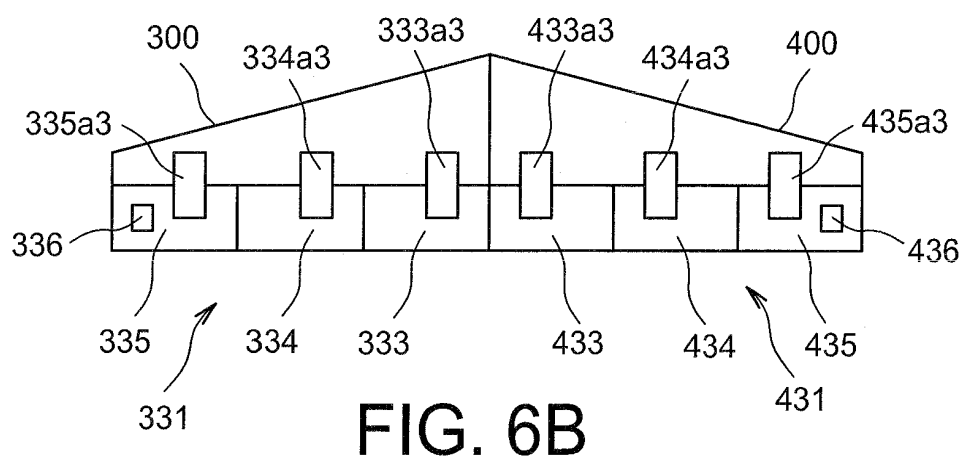
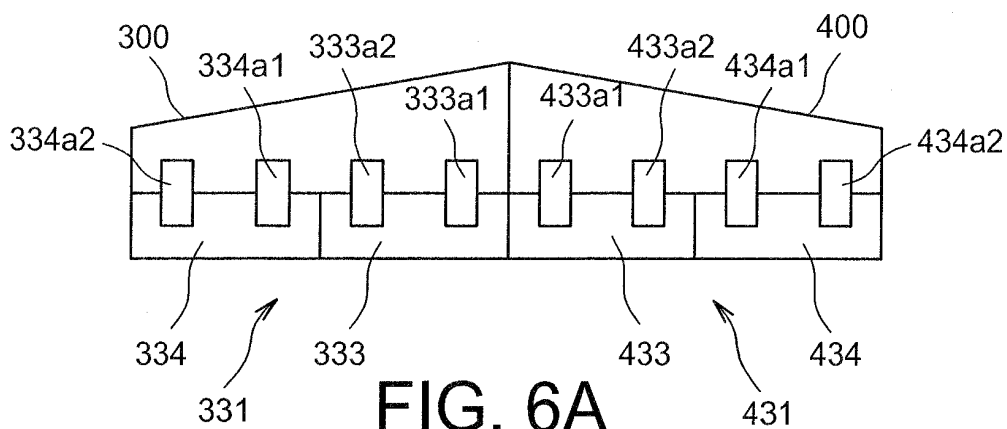


FIG. 5C

6 / 10



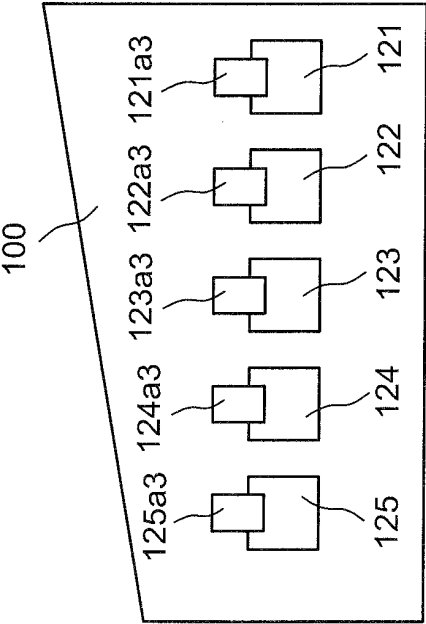


FIG. 8A

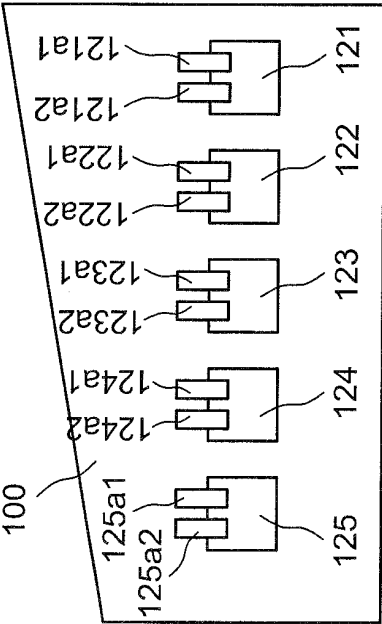
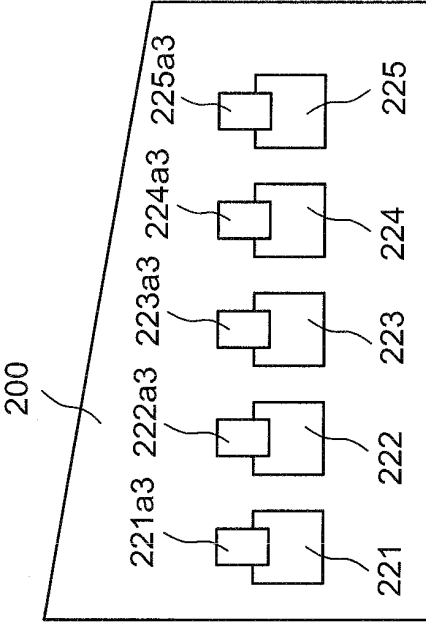
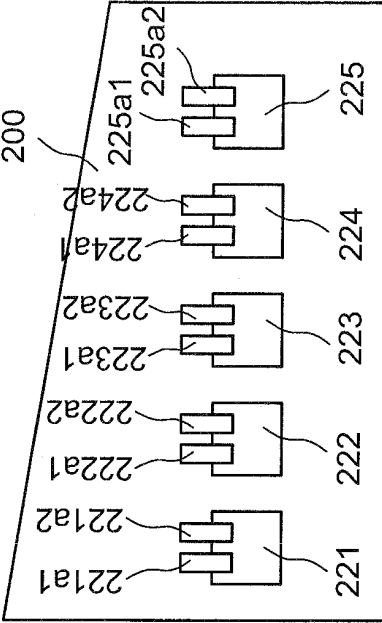


FIG. 8B



8 / 10

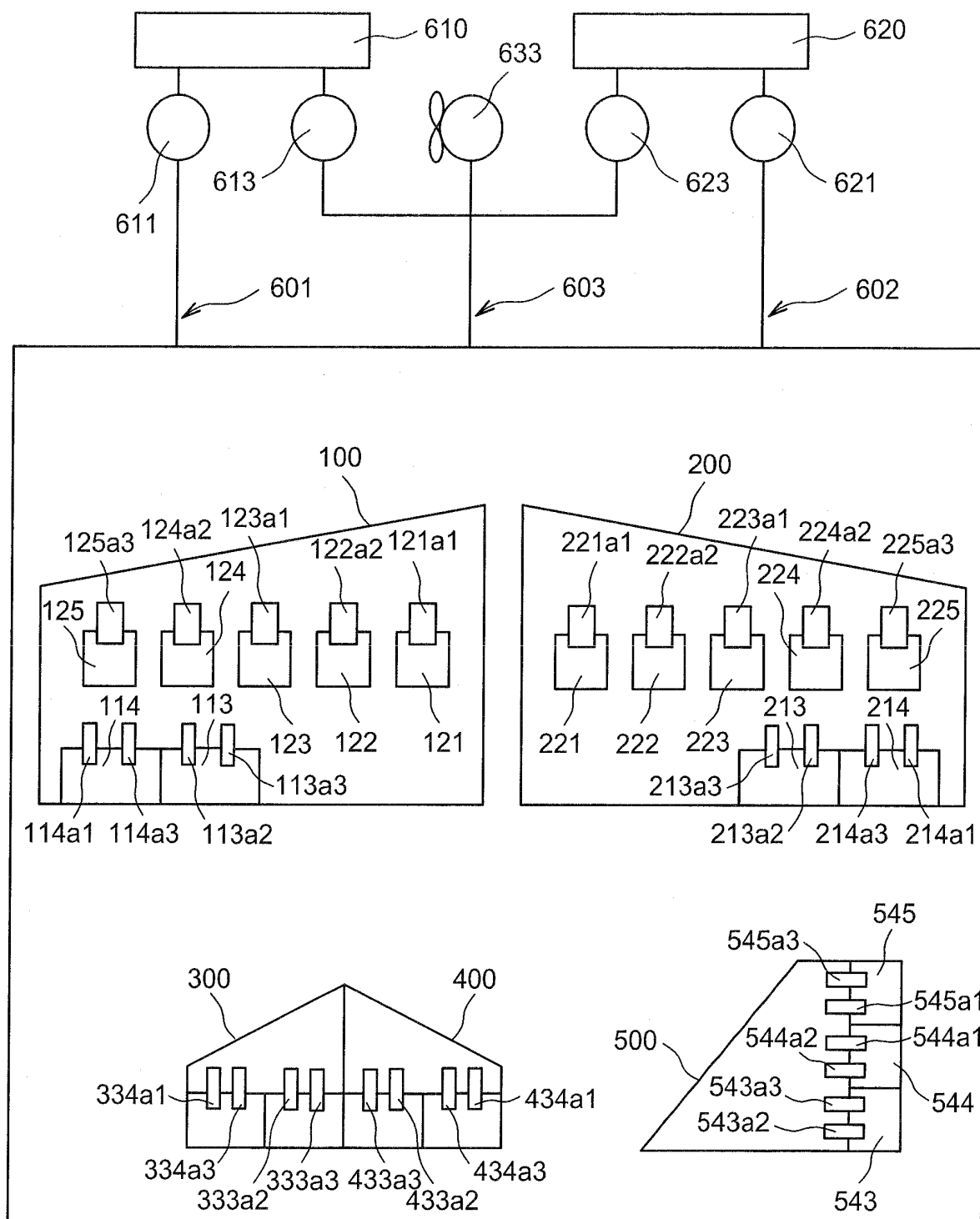


FIG. 9

9 / 10

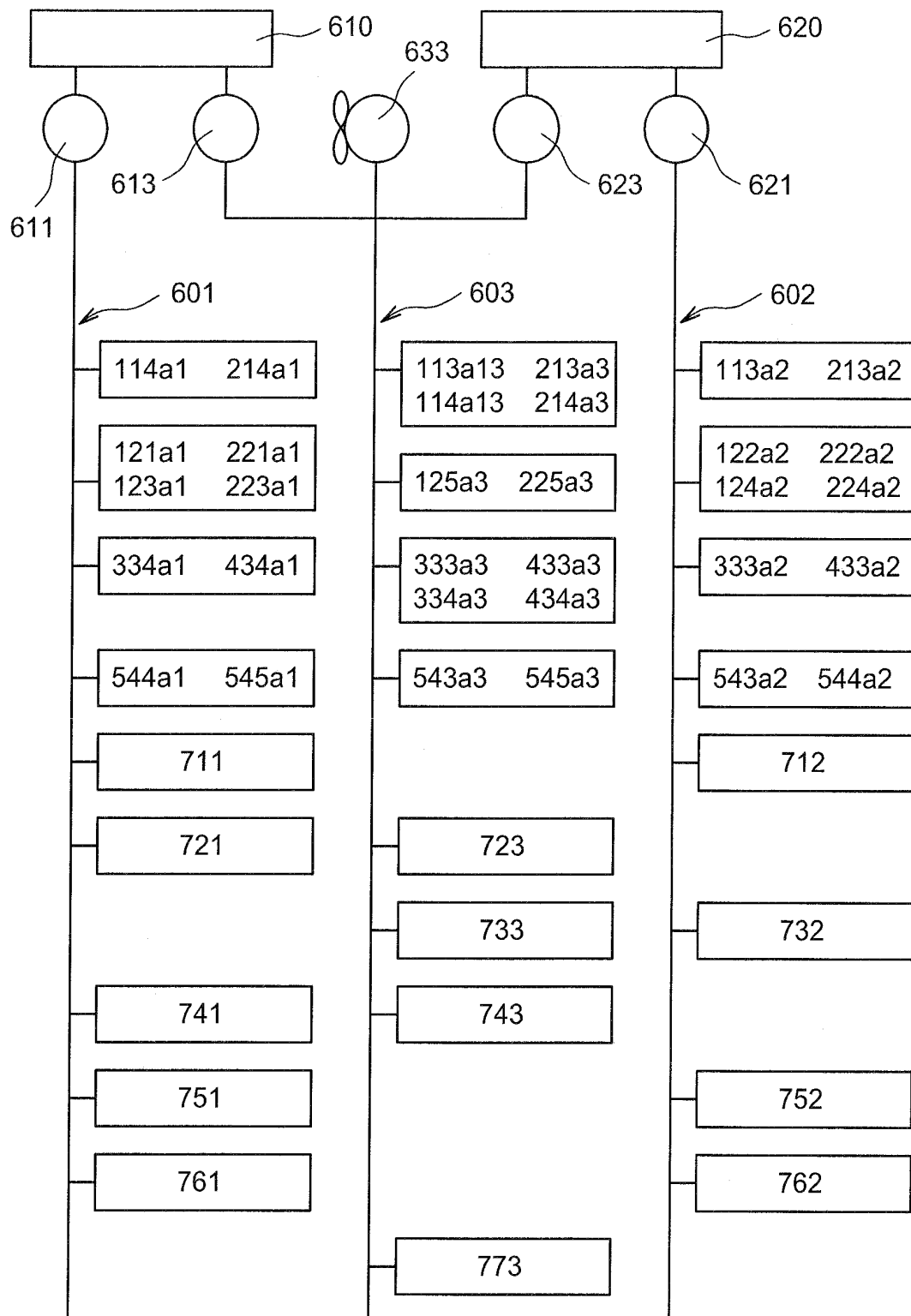


FIG. 10

10 / 10

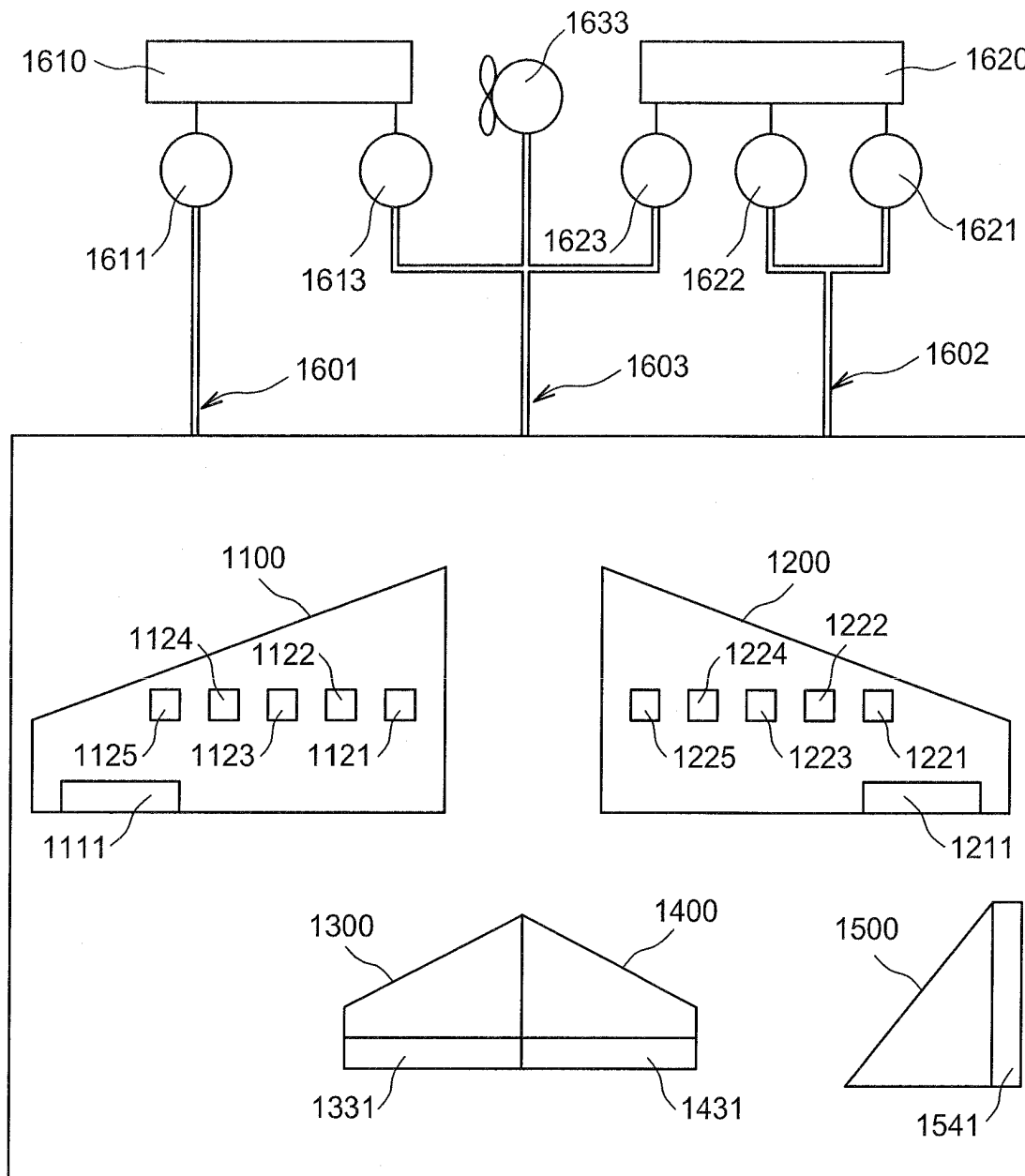


FIG. 11



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 731426
FR 1050302

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 1 785 346 A2 (HONEYWELL INT INC [US]) 16 mai 2007 (2007-05-16)	1,13-15	B64C13/00 B64C13/50
Y	* alinéas [0014] - [0017], [0019], [0022]; figures *	11	
X	MARE J-C: "LES INNOVATIONS DE L'AIRBUS A380" FLUIDES AND TRANSMISSIONS, PPI, PARIS, FR, vol. SPEC, 1 septembre 2004 (2004-09-01), pages 54-59, XP001200118 ISSN: 1286-5966	1-9,12, 14,15	
Y	* page 57, colonne 2, ligne 3 - colonne 3, ligne 6; figures *	10,11	
Y	FR 2 929 590 A1 (AIRBUS FRANCE SAS [FR]) 9 octobre 2009 (2009-10-09) * page 1, ligne 1-19 * * page 2, ligne 6-11 * * page 3, ligne 19 - page 4, ligne 6; figures *	10	
Y	US 2006/043242 A1 (BENSON DWAYNE M [US]) 2 mars 2006 (2006-03-02) * alinéa [0021]; figures *	11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B64C G05D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 septembre 2010		Salentiny, Gérard	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1050302 FA 731426

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **09-09-2010**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1785346	A2	16-05-2007	US	2007108343 A1	17-05-2007
FR 2929590	A1	09-10-2009	US	2009250558 A1	08-10-2009
US 2006043242	A1	02-03-2006	W0	2006023982 A1	02-03-2006