



(22) 1991/07/02

(43) 1992/01/05

(45) 2001/06/19

(72) Farineau, Jacques, FR

(72) Larramendy, Panxika, FR

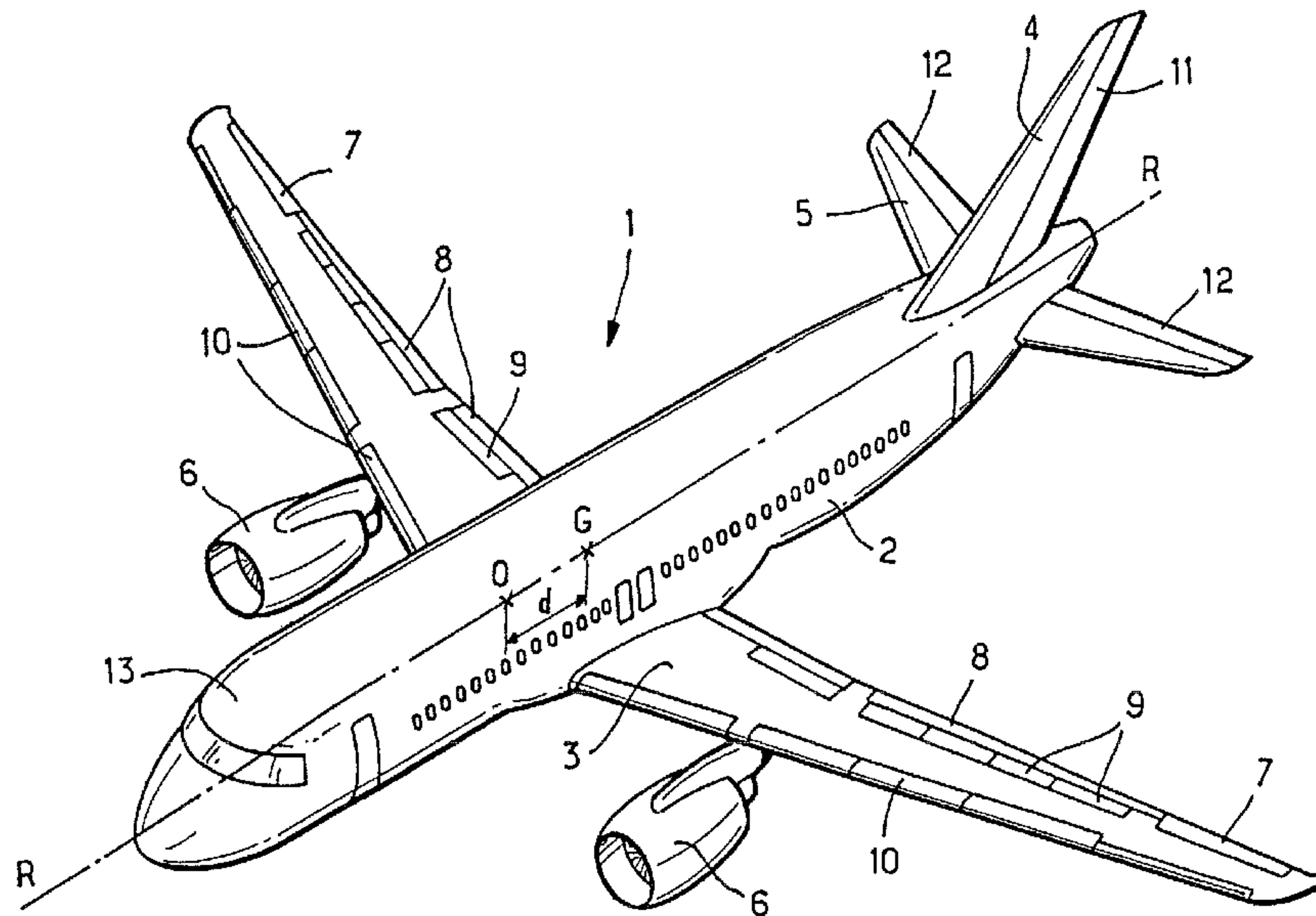
(73) Société Anonyme dite : Aerospatiale Société Nationale Industrielle, FR

(51) Int.Cl.⁵ B64D 31/08, B64D 31/00

(30) 1990/07/04 (90 08479) FR

(54) **SYSTEME POUR LA COMMANDE INTEGREE EN
PROFONDEUR ET EN POUSSEE D'UN AERONEF**

(54) **AIRCRAFT PITCH AND THRUST CONTROL SYSTEM**



(57) - Système de commande en profondeur et en poussée pour un aéronef. - Selon l'invention, chacun des ordres de commande en profondeur (δq) et de commande en poussée ($\delta \pi$) est une combinaison linéaire, entre autres, de l'assiette et de la vitesse commandées (Θ_c et V_{cc}).

ABREGE DESCRIPTIF

- Système de commande en profondeur et en poussée pour un aéronef.

- Selon l'invention, chacun des ordres de commande en profondeur (δq) et de commande en poussée ($\delta \pi$) est une combinaison linéaire, entre autres, de l'assiette et de la vitesse commandées (θ_c et V_{cc}).

Figure 2.

La présente invention a pour objet un système pour la commande intégrée en profondeur et en poussée d'un aéronef.

On sait que, actuellement, il existe à bord des aéro-
5 neufs, d'une part un système de commande en profondeur
contrôlé par le manche à la disposition du pilote et
agissant sur les gouvernes de profondeur et/ou l'éven-
tuel empennage horizontal réglable de l'aéronef, et,
d'autre part, un système de commande de poussée destiné
10 à commander la vitesse de l'aéronef, ce système de
commande de poussée étant contrôlé par une manette des
gaz, manuelle ou automatique, et agissant sur le ou les
moteurs de l'aéronef.

Ainsi, lorsque le pilote désire faire varier l'assiette
15 longitudinale de l'aéronef, il déplace en conséquence le
manche du système de commande en profondeur, de sorte
que les gouvernes de profondeur et/ou l'empennage
horizontal réglable sont braqués dans le sens désiré.
Toutefois, une telle variation d'assiette entraîne une
20 variation de vitesse de l'aéronef : en effet, si l'avion
se cabre, sa vitesse diminue, alors que s'il pique, sa
vitesse augmente. Il en résulte que, à la suite de son
intervention sur le système de commande en profondeur,
le pilote doit agir sur le système de commande en
25 poussée pour ramener la vitesse de l'aéronef à la valeur
désirée.

Inversement, lorsque le pilote faire désire varier la
vitesse de l'aéronef, il actionne la manette des gaz du
système de commande de poussée des moteurs. Cependant,
30 une telle variation de vitesse commandée induit un
mouvement de tangage, de sorte que le pilote, à la suite
de son intervention sur le système de commande de

vitesse, doit agir sur le système de commande en profondeur pour ramener l'aéronef à l'assiette désirée, si on veut maîtriser le mouvement longitudinal dudit aéronef.

On voit donc qu'une variation d'assiette ou une variation de vitesse commandées oblige le pilote à agir sur les deux systèmes de commande en profondeur et en vitesse.

La présente invention a pour objet de remédier à cet inconvénient. Elle permet de diminuer la charge de travail du pilote, tout en apportant une plus grande sécurité et en améliorant le confort des passagers de l'aéronef.

A cette fin, selon l'invention, le système de commande en profondeur et en poussée d'un aéronef comportant :

- 15 - des premières surfaces aérodynamiques de profondeur actionnées à partir d'un premier organe d'actionnement associé à un premier transducteur délivrant un premier signal électrique représentatif d'un paramètre longitudinal commandé, tel que l'assiette, la pente ou le
- 20 facteur de charge vertical ;
- au moins un moteur commandé à partir d'un second organe d'actionnement associé à un second transducteur délivrant un second signal électrique représentatif d'une vitesse commandée pour ledit aéronef ;
- 25 - une pluralité de secondes surfaces aérodynamiques pouvant prendre, en fonction de chaque phase de vol de l'aéronef, des positions relatives différentes définissant des configurations aérodynamiques particulières, le choix de l'une ou l'autre desdites configurations
- 30 aérodynamiques étant obtenu grâce à l'actionnement d'un troisième organe d'actionnement associé à un troisième transducteur délivrant un troisième signal électrique représentatif de la configuration choisie ;

- des moyens susceptibles de délivrer un quatrième signal électrique représentatif de la masse dudit aéronef ;
 - 5 - des moyens susceptibles de délivrer un cinquième signal électrique représentatif de la distance, le long de l'axe longitudinal dudit aéronef, séparant le centre de gravité dudit aéronef d'une origine ; et
 - 10 - des moyens susceptibles de délivrer des sixième, septième, huitième, neuvième et dixième signaux électriques, respectivement représentatifs de l'altitude de vol, de l'incidence aérodynamique, de la vitesse de tangage, de l'assiette longitudinale et de la vitesse instantanées dudit aéronef,
- est remarquable en ce qu'il comporte :
- 15 - un premier dispositif de calcul recevant lesdits premier à sixième signaux électriques, ainsi que ledit dixième signal électrique et élaborant une première et une seconde combinaison linéaire desdits premier et
 - 20 second signaux électriques, les coefficients attribués respectivement auxdits premier et second signaux électriques dans ladite première et ladite seconde combinaison linéaire dépendant desdits troisième à sixième et dixième signaux électriques ;
 - 25 - un second dispositif de calcul recevant lesdits troisième à dixième signaux électriques et élaborant une troisième et une quatrième combinaison linéaire desdits septième à dixième signaux électriques, les coefficients attribués respectivement auxdits septième à dixième signaux électriques dans ladite troisième et
 - 30 ladite quatrième combinaison linéaire dépendant desdits troisième à sixième et dixième signaux électriques ;
 - 35 - des premiers moyens additionneurs recevant lesdites première et troisième combinaisons linéaires et les additionnant pour former un premier ordre électrique de commande en profondeur adressé auxdites premières surfaces aérodynamiques ; et

- des seconds moyens additionneurs recevant lesdites seconde et quatrième combinaisons linéaires et les additionnant pour former un second ordre électrique de commande en poussée adressé audit moteur.

5 On voit donc que, selon l'invention, chacun des ordres de commande en profondeur et en poussée est une combinaison linéaire comportant des paramètres statiques (le paramètre longitudinal commandé tel que l'assiette, et la vitesse commandée) et des paramètres dynamiques
10 (l'incidence, la vitesse de tangage, l'assiette longitudinale et la vitesse instantanées). Ainsi :

- une variation volontaire de l'assiette commandée, par exemple, peut entraîner automatiquement le maintien de la vitesse commandée à la valeur précédant la variation d'assiette, puisque l'assiette commandée intervient dans l'ordre de commande des moteurs ;
15

- une variation volontaire de la vitesse commandée peut entraîner automatiquement le maintien de l'assiette longitudinale à la valeur précédant la variation de vitesse, puisque la vitesse commandée intervient dans l'ordre de commande en profondeur ;
20

- les dynamiques des variations volontaires d'assiette et de vitesse commandées sont réglées par les retours en incidence, en vitesse de tangage, en assiette et/ou en vitesse calculés par ledit second dispositif de calcul et appliqués auxdites première et seconde combinaisons linéaires ;
25

- les rafales de vent, aussi bien horizontales que verticales, sont prises en compte par le système, puisque ces rafales de vent engendrent des variations de vitesse aérodynamique et/ou d'incidence et que ces deux paramètres sont présents dans l'ordre de commande en profondeur et dans l'ordre de commande en poussée. Il en résulte que le système conforme à l'invention peut, lors de rafales de vent, maintenir l'assiette et
30
35

la vitesse à leurs valeurs commandées, de sorte que le confort des passagers est assuré.

Chacun des ordres de commande en profondeur et de commande en poussée étant la combinaison linéaire de six paramètres (le paramètre longitudinal commandé, la vitesse commandée, l'incidence, la vitesse de tangage, l'assiette et la vitesse instantanées), l'influence de chacun de ces six paramètres dans chaque ordre de commande est réglée par la valeur et le signe du coefficient qui est affecté à chaque paramètre. Aussi, chacun des douze paramètres (six pour l'ordre de commande en profondeur, six pour l'ordre de commande en poussée) est-il déterminé par le calcul en fonction de l'influence désirée pour le paramètre correspondant dans chacun desdits ordres. Cependant, l'influence désirée de chacun desdits paramètres dans chacun des deux ordres doit être variable en fonction de la masse de l'aéronef (avion gros porteur, avion de chasse, etc ...), du centrage de l'aéronef, de la configuration prise par ses différentes surfaces aérodynamiques (volets, becs, déflecteurs, etc ..., sortis ou rentrés en fonction des phases de vol différentes) et de l'altitude de vol (qui détermine l'efficacité des surfaces aérodynamiques et des moteurs). C'est pour cela que lesdits coefficients sont sous la dépendance desdits troisième à sixième signaux et dudit dixième signal.

Selon une particularité importante de la présente invention, ledit premier dispositif de calcul comporte une première mémoire contenant une pluralité d'ensembles de quatre coefficients pour lesdites première et seconde combinaisons linéaires, le choix d'un tel ensemble de quatre coefficients parmi les autres dépendant desdits troisième à sixième et dixième signaux électriques. De même, selon une autre particularité importante de la présente invention, ledit second dispositif de calcul

comporte une seconde mémoire contenant une pluralité d'ensembles de huit coefficients pour lesdites troisième et quatrième combinaisons linéaires, le choix d'un tel ensemble de huit coefficients parmi les autres dépendant
5 desdits troisième à sixième et dixième signaux électriques.

De préférence, le système selon l'invention comporte de plus :

- 10 - des moyens pour former et intégrer la différence entre lesdits second et dixième signaux électriques ;
- des premiers moyens amplificateurs pour amplifier ladite différence intégrée provenant desdits moyens de soustraction et d'intégration, le gain desdits premiers moyens amplificateurs étant une fonction desdits
15 troisième à sixième et dixième signaux électriques ;
- des troisièmes moyens additionneurs pour additionner audit premier ordre électrique de commande en profondeur ladite différence intégrée et amplifiée provenant desdits premiers moyens amplificateurs ;
- 20 - des seconds moyens amplificateurs pour amplifier ladite différence intégrée provenant desdits moyens de soustraction et d'intégration, le gain desdits seconds moyens amplificateurs étant une fonction desdits troisième à sixième et dixième signaux électriques ;
- 25 et
- des quatrièmes moyens additionneurs pour additionner audit second ordre électrique de commande en poussée ladite différence intégrée et amplifiée provenant desdits seconds moyens amplificateurs.

30 Ainsi, il est possible de remédier à une éventuelle erreur statique entre la vitesse commandée apparaissant à la sortie dudit second transducteur et la vitesse réellement atteinte par l'aéronef en régime stabilisé.

Afin d'éviter l'inconvénient dû à la lenteur de réaction relative de tels moyens d'intégration, on prévoit un filtre de fonction $1/1 + \tau p$ à travers lequel ledit second signal électrique est appliqué auxdits moyens de soustraction et d'intégration. Ainsi, les moyens de soustraction et d'intégration interviennent peu en cas de faible erreur entre ladite vitesse commandée et la vitesse du régime stabilisé de l'aéronef et ils n'apportent qu'une contribution partielle à l'atteinte de la vitesse commandée par ladite vitesse de régime stabilisée.

Dans le cas d'un aéronef dans lequel lesdites premières surfaces aérodynamiques de profondeur comportent des gouvernes de profondeur et un plan horizontal réglable, il est avantageux que le système conforme à la présente invention comporte un dispositif répartissant ledit premier ordre électrique de commande en profondeur entre lesdites gouvernes de profondeur d'une part, et ledit plan horizontal réglable, d'autre part.

Ainsi, il est possible de profiter des propriétés intrinsèques desdites gouvernes de profondeur et dudit plan horizontal, en évitant leurs inconvénients spécifiques. On sait en effet que les gouvernes de profondeur ont des temps de réponse très courts permettant d'atteindre rapidement la profondeur désirée, mais qu'elles ne peuvent être utilisées en permanence pour conserver une maniabilité de chaque côté. En revanche, le plan horizontal réglable présente des temps de réponse élevés, mais il est plus efficace.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments semblables.

La figure 1 montre, en perspective du dessus, un avion civil gros porteur mettant en application le système de commande en profondeur et en poussée selon l'invention.

5 La figure 2 représente le schéma synoptique du système de commande en profondeur et en poussée, conforme à l'invention.

La figure 3 illustre, en schéma synoptique, un perfectionnement du système de commande selon l'invention, permettant de supprimer l'erreur statique de vitesse.

10 L'avion civil gros porteur 1, montré en perspective sur la figure 1, comporte un fuselage 2, des ailes 3, un empennage vertical 4 et un empennage horizontal 5. Il est propulsé par deux moteurs 6, accrochés sous les ailes 3.

15 Sur l'extrados des ailes 3 sont prévus des ailerons 7 de bord de fuite, des volets 8, des déflecteurs 9 et des becs 10 de bord d'attaque. De façon connue, certains des déflecteurs 9 sont utilisables comme aérofreins, d'autres comme déflecteurs de roulis en combinaison avec les
20 ailerons 7 ; par ailleurs, ces déflecteurs 9 peuvent être utilisés comme volets déporteurs et, éventuellement en coopération avec les ailerons 7, ils peuvent exercer une fonction d'allègement de charge pour abaisser les efforts de flexion appliqués auxdites ailes 3.

25 Sur l'empennage vertical 4 est prévue une gouverne de direction 11, tandis que des gouvernes de profondeur 12 sont articulées sur le bord de fuite de l'empennage horizontal 5. Cet empennage 5 peut lui-même être mobile pour former un plan ou stabilisateur horizontal réglable
30 susceptible d'être utilisé pour commander la profondeur de l'avion 1.

Pour commander la profondeur de l'avion 1, il est prévu dans le poste de pilotage 13 de celui-ci, au moins un manche 14, à la disposition d'un pilote (voir la figure 2). Le manche 14 commande les gouvernes de profondeur 12 et, éventuellement, l'empennage horizontal 5.

De plus, pour commander la poussée des moteurs 6, une manette des gaz 15 est disposée dans le poste de pilotage 13.

La présente invention ne concerne que la commande des gouvernes de profondeur 12 (et éventuellement de l'empennage horizontal 5) et celle des moteurs 6, de sorte que les commandes des ailerons 7, des volets 8, des déflecteurs 9 et des becs 10 ne seront pas décrites. Il est simplement rappelé que, de façon connue, en fonction de la phase de vol (vol de croisière, atterrissage, décollage, ...), lesdites surfaces aérodynamiques 7 à 10 sont soit sorties, soit rentrées et qu'à chaque phase de vol correspond une configuration particulière pour laquelle certaines desdites surfaces aérodynamiques 7 à 10 sont sorties et d'autres rentrées. Chacune desdites configurations est choisie par le pilote à l'aide d'un organe de sélection 16 (voir la figure 2).

Par ailleurs, à bord de l'avion 1, sont prévues des bornes 17A et 17B sur lesquelles sont respectivement disponibles des signaux électriques respectivement représentatifs de la masse M de l'avion 1 et de la distance \underline{d} séparant, le long de l'axe longitudinal de roulis R-R de l'avion 1, le centre de gravité G de celui-ci d'une origine O . De tels signaux électriques peuvent provenir de dispositifs d'affichage (non représentés) sur lesquels le pilote affiche les grandeurs M et \underline{d} . Toutefois, le signal sur la borne 17B peut également provenir d'un dispositif de calcul (non représenté) calculant en continu la position du centre de gravité G .

Comme le montre la figure 2, le système conforme à la présente invention comporte :

- 5 - un transducteur 18 transformant la position du manche 14 en signal électrique et délivrant à sa sortie un tel signal représentatif d'un paramètre longitudinal commandé, tel que l'assiette commandée θ_c désirée par le pilote pour l'avion 1 et commandée par ledit pilote par actionnement correspondant du manche 14. On comprendra que ledit paramètre longitudinal commandé,
10 au lieu d'être l'assiette, pourrait être la pente ou le facteur de charge vertical ;
- un transducteur 19 transformant la position de la manette des gaz 15 en un signal électrique et délivrant à sa sortie un tel signal représentatif de la
15 vitesse commandée V_{cc} désirée par le pilote pour l'avion 1 et commandée par lui par actionnement correspondant de ladite manette 15 ; et
- un transducteur 20 transformant la position de l'organe 16 de sélection de configurations et délivrant à
20 sa sortie un tel signal représentatif de la configuration actuelle C_f , choisie par le pilote par actionnement correspondant dudit organe 16.

De plus, de façon connue, à bord de l'avion 1 est monté un dispositif 21, par exemple du type ADIRS (Air Data
25 Inertial Reference System) susceptible de délivrer en continu quatre signaux électriques, respectivement représentatifs de l'incidence α , de la vitesse de tangage q , de l'assiette longitudinale θ et de la vitesse V_c instantanées de l'avion 1, ledit dispositif
30 21 incorporant de plus un radioaltimètre ou analogue susceptible de délivrer en continu un signal électrique représentatif de l'altitude de vol Z .

Ci-après, les différents signaux électriques définis ci-dessus seront désignés par les grandeurs qu'ils
35 représentent respectivement.

Comme on peut le voir sur la figure 2, le système selon l'invention comporte de plus un dispositif de calcul 22 recevant les signaux θ_c , V_{cc} , C_f , M , \underline{d} , V_c et Z et pourvu de deux sorties 22a et 22b. Sur la sortie 22a du dispositif 22 apparaît un signal qui est une combinaison linéaire des signaux θ_c et V_{cc} , du type $A\theta_c + BV_{cc}$, expression dans laquelle les coefficients A et B dépendent des signaux C_f , M , \underline{d} , V_c et Z . De même, sur la sortie 22b du dispositif apparaît un signal qui est une combinaison linéaire des signaux θ_c et V_{cc} , du type $C\theta_c + DV_{cc}$, expression dans laquelle les coefficients C et D dépendent des signaux C_f , M , \underline{d} , V_c et Z .

On voit que le dispositif de calcul 22 peut comporter une table ou matrice contenant des pluralités d'ensembles de quatre coefficients A , B , C et D , un de ces ensembles particuliers étant choisi en fonction des valeurs instantanées de C_f , M , \underline{d} , V_c et Z . Eventuellement, l'ensemble particulier de quatre coefficients utilisé résulte de l'interpolation, en fonction des cinq valeurs instantanées précitées, entre deux ensembles A , B , C et D emmagasinés dans ladite table ou matrice.

Le signal $A\theta_c + BV_{cc}$ apparaissant à la sortie 22a du dispositif de calcul 22 est adressé à l'une des entrées d'un additionneur 23, dont l'autre entrée reçoit un signal provenant de la sortie 24a d'un dispositif de calcul 24. Ce dispositif de calcul 24 reçoit les signaux C_f , M , \underline{d} , Z , α , \underline{q} , θ et V_c et délivre à sa sortie 24a une combinaison linéaire des signaux α , \underline{q} , θ et V_c , du type $a\alpha + bq + c\theta + dV_c$, expression dans laquelle les coefficients \underline{a} , \underline{b} , \underline{c} et \underline{d} dépendent des signaux C_f , M , \underline{d} , V_c et Z . Ainsi, à la sortie de l'additionneur 23 apparaît un signal δq , tel que

$$(1) \quad \delta q = A\theta_c + BV_{cc} + a\alpha + bq + c\theta + dV_c.$$

Par ailleurs, le signal $C\Theta c + DV_{cc}$ apparaissant à la sortie 22b du dispositif de calcul 22 est adressé à l'une des entrées d'un additionneur 25, dont l'autre entrée reçoit un signal provenant d'une autre sortie 24b du dispositif de calcul 24. Celui-ci délivre sur sa sortie 24b une combinaison linéaire des signaux α , q , Θ et V_c , du type $e\alpha + fq + g\Theta + hV_c$, expression dans laquelle les coefficients e , f , g et h dépendent des signaux C_f , M , \underline{d} , V_c et Z . Ainsi, à la sortie de l'additionneur 25 apparaît un signal $\delta\pi$, tel que

$$(2) \quad \delta\pi = C\Theta c + DV_{cc} + e\alpha + fq + g\Theta + hV_c.$$

On voit que le dispositif de calcul 24 peut comporter une table ou matrice contenant des pluralités d'ensembles de huit coefficients \underline{a} , \underline{b} , \underline{c} , \underline{d} , \underline{e} , \underline{f} , \underline{g} et \underline{h} , un de ces ensembles particuliers étant choisi en fonction des valeurs de C_f , M , \underline{d} , V_c et Z .

Le signal δq ainsi obtenu, apparaissant à la sortie de l'additionneur 23, est utilisé comme ordre pour la commande en profondeur de l'avion 1. A cet effet, dans le cas où l'empennage horizontal 5 est du type stabilisateur horizontal réglable, le signal δq est adressé à un dispositif de répartition 26, chargé, en fonction des efficacités propres dudit stabilisateur horizontal réglable 5 et des gouvernes de profondeur 12, de répartir ledit signal δq entre le dispositif de commande 27a des gouvernes 12 et le dispositif de commande 27b dudit empennage horizontal variable. Bien entendu, dans le cas où l'empennage horizontal 5 est fixe, la totalité du signal δq est adressé aux gouvernes de profondeur 12.

De façon semblable, le signal $\delta\pi$, calculé de la façon décrite ci-dessus et apparaissant à la sortie de l'additionneur 25, est utilisé comme ordre pour la commande de la poussée des moteurs 6 de l'avion 1. Pour cela, le signal $\delta\pi$ est adressé au dispositif de commande 28 de

ceux-ci. Le dispositif de commande 28 est par exemple du type FADEC (Full Authority Digital Engine Control).

Il va de soi que l'action de l'empennage horizontal 5, des gouvernes 12 et des moteurs 6 sous l'action des signaux δq et $\delta \pi$ modifient les valeurs de α , q , θ et V_c , détectées par le dispositif 21, ce qui, sur la figure 2, est représenté par des flèches en tirets 29, 30, 31.

Ainsi, si le pilote agit sur le manche 14 pour commander une assiette θ_c désirée, l'ordre de commande en profondeur δq prend en compte immédiatement la valeur de cette assiette commandée pour actionner les gouvernes de profondeur 12 et/ou l'empennage horizontal réglable 5. L'avion 1 prend donc cette assiette θ_c avec une dynamique déterminée par les retours en incidence α , en vitesse de tangage q et en assiette θ , déterminés par les termes $a\alpha$, bq et $c\theta$ de l'expression (1) définie ci-dessus. Simultanément à l'action sur les gouvernes de profondeur 12 et/ou sur l'empennage horizontal réglable 5, l'ordre de commande en poussée $\delta \pi$ tient compte de la valeur de l'assiette θ_c commandée grâce au terme $C\theta_c$ et les retours $e\alpha$, $f q$ et $g\theta$ de l'expression (2) ajustent en permanence la poussée des moteurs 6 pour que la variation d'assiette se fasse à vitesse constante. De ce fait, dans le cas d'une commande d'assiette, les retours dV_c et hV_c sur les ordres δq et $\delta \pi$ n'ont aucune influence.

Si, maintenant, le pilote agit sur la manette des gaz 15 pour faire varier la vitesse commandée V_{cc} , les moteurs 6 sont immédiatement sollicités par l'ordre $\delta \pi$ et il en est de même des gouvernes de profondeur 12 et/ou de l'empennage horizontal réglable 5, à cause du terme BV_{cc} de l'ordre δq . Au fur et à mesure que la vitesse de l'avion 1 varie, les retours dV_c et $a\alpha$ sur l'ordre δq modulent le braquage desdites gouvernes de profondeur 12

et/ou de l'empennage horizontal réglable 5 pour maintenir une assiette θ_c constante, tandis que les retours e_a et h_{Vc} sur l'ordre $\delta\pi$ fixent la dynamique de la variation de vitesse de l'avion 1.

- 5 Si une rafale de vent longitudinale (frontale ou arrière) se produit, il en résulte une variation de V_c . Grâce aux termes dV_c de l'ordre δq et h_{Vc} de l'ordre $\delta\pi$, il apparaîtra une modification compensatrice (en plus ou en moins) de la vitesse et de l'assiette de l'avion 1. Dans
10 ce cas, l'incidence α , la vitesse de tangage q et l'assiette θ varient peu, de sorte que le confort des passagers est assuré en tout point de l'avion 1.

Si une rafale de vent verticale se produit, il en résulte une variation de l'incidence α . Les termes a_a de
15 l'ordre δq et e_a de l'ordre $\delta\pi$ permettent alors de maintenir l'assiette longitudinale et de modifier la poussée des moteurs 6 pour rester à vitesse constante.

On donne ci-après quatre exemples de valeurs pour les différents coefficients des quatre combinaisons linéaires pour un avion gros porteur volant en configuration
20 d'atterrissage, train sorti, à l'altitude Z de 5000 pieds.

Exemple 1

L'avion 1 présente une masse M égale à 52 tonnes et il
25 vole à la vitesse V_c de 130 kts. La distance d représente 10 % de la corde aérodynamique moyenne des ailes 3 et elle est mesurée à partir de la projection orthogonale du bord d'attaque de ladite corde aérodynamique moyenne sur l'axe longitudinal R-R, en direction de la
30 projection orthogonale sur ce dernier du bord de fuite de ladite corde aérodynamique moyenne. Dans ce cas :

$$\begin{array}{llll}
 A = - 0,67 & B = + 0,07 & C = + 0,82 & D = + 1,7 \\
 a = - 0,48 & b = + 0,38 & c = + 0,82 & d = - 0,03 \\
 e = - 1 & f = + 2,4 & g = + 3,5 & h = - 0,32
 \end{array}$$

Exemple 2

5 L'avion a une masse M de 63 tonnes ; sa vitesse V_c est de 130 kts et son centrage \underline{d} (tel que défini dans l'exemple 1) est égal à 38 %. Alors :

$$\begin{array}{llll}
 A = - 0,69 & B = + 0,07 & C = + 0,86 & D = + 1,58 \\
 a = - 0,20 & b = + 0,46 & c = + 0,88 & d = - 0,05 \\
 10 \quad e = - 1 & f = + 2,3 & g = + 3,2 & h = - 0,30
 \end{array}$$

Exemple 3

L'avion a une masse M de 63 tonnes ; sa vitesse est de 110 kts et son centrage \underline{d} (tel que défini ci-dessus) est égal à 38 %. Dans ce cas :

$$\begin{array}{llll}
 15 \quad A = - 0,83 & B = + 0,12 & C = + 0,59 & D = + 1,52 \\
 a = - 0,02 & b = + 0,7 & c = + 1,10 & d = - 0,11 \\
 e = - 1 & f = + 2,10 & g = + 3,0 & h = + 0,02
 \end{array}$$

Exemple 4

20 L'avion a une masse M de 52 tonnes ; sa vitesse V_c est de 170 kts et son centrage \underline{d} (tel que défini ci-dessus) est égal à 25 %. Alors :

$$\begin{array}{llll}
 A = - 0,72 & B = + 0,04 & C = + 0,29 & D = + 1,52 \\
 a = - 0,3 & b = + 0,35 & c = + 0,81 & d = - 0,03 \\
 e = - 0,82 & f = + 0,97 & g = + 3,1 & h = - 0,53
 \end{array}$$

25 Sur le schéma synoptique de la figure 3, on retrouve le dispositif de calcul 24, avec ses entrées recevant respectivement les signaux Cf, M et \underline{d} du transducteur 20 et des bornes 17A et 17B et ses entrées recevant les signaux α , q, θ , V_c et Z du dispositif 21. Les sorties 30 24a et 24b du dispositif de calcul 24 sont respectivement reliées à une entrée d'additionneurs 23' et 25' à trois entrées, remplaçant les additionneurs 23 et 25 décrits ci-dessus. Une autre entrée desdits

additionneurs 23' et 25' reçoit, comme précédemment, la première ou la seconde combinaison linéaire $A\theta_c + BV_{cc}$ et $C\theta_c + DV_{cc}$, respectivement.

Par ailleurs, le système de la figure 3 comporte un comparateur-intégrateur 32, dont l'entrée négative est alimentée par le signal V_c à partir du dispositif 21 et dont l'entrée positive reçoit, du transducteur 19, le signal de vitesse commandée V_{cc} , à travers un filtre 33. Le filtre 33 présente une fonction du type $1/1 + \tau p$, de sorte que le signal filtré V_{cm} appliqué à l'entrée positive du comparateur-intégrateur 32 est $V_{cm} = 1/(1 + \tau p) \cdot V_{cc}$.

La sortie du comparateur-intégrateur 32 est reliée à un double amplificateur 34a, 34b. La sortie de l'amplificateur 34a est reliée à la troisième entrée de l'additionneur 23' et celle de l'amplificateur 34b est reliée à la troisième entrée de l'additionneur 25'. Le double amplificateur 34a, 34b reçoit les signaux C_f , M , \underline{d} , V_c et Z et le gain g_1, g_2 de chaque amplificateur 34a ou 34b est une fonction desdits signaux C_f , M , \underline{d} , V_c et Z .

Ainsi, à la sortie de l'amplificateur 34a apparaît le signal

$$g_1 \cdot \int (V_{cm} - V_c),$$

tandis qu'à la sortie de l'amplificateur 34b apparaît le signal

$$g_2 \cdot \int (V_{cm} - V_c).$$

Il en résulte que, à la sortie de l'additionneur 23', on obtient un signal de commande en profondeur $\delta q'$ égal à

$$\delta q' = A\theta_c + BV_{cc} + a\alpha + bq + c\theta + dV_c + g_1 \cdot \int (V_{cm} - V_c)$$

tandis que, à la sortie de l'additionneur 25', on obtient un signal de commande en poussée $\delta \pi'$ égal à

$$\delta\pi' = C\theta_c + DV_{cc} + e\alpha + f\eta + g\theta + hV_c + g_2 \int (V_{cm} - V_c).$$

Grâce au dernier terme intégral desdits signaux de commande en profondeur et en poussée, on est sûr que, en régime stabilisé, la vitesse V_c sera égale à la vitesse commandée V_{cc} .

Dans les exemples donnés ci-dessus des différents coefficients des combinaisons linéaires, les valeurs des gains g_1 et g_2 sont les suivantes :

	$g_1 = 0,001$	et	$g_2 = 0,03$	(exemple 1)
10	$g_1 = 0,001$	et	$g_2 = 0,02$	(exemple 2)
	$g_1 = 0,0022$	et	$g_2 = 0,027$	(exemple 3)
	$g_1 = 0,0008$	et	$g_2 = 0,028$	(exemple 4).

LES RÉALISATIONS DE L'INVENTION, AU SUJET DESQUELLES UN DROIT EXCLUSIF DE PROPRIÉTÉ OU DE PRIVILÈGE EST REVENDIQUÉ, SONT DÉFINIES COMME SUIT:

1. Système de commande en profondeur et en poussée d'un aéronef comportant:
 - 5 a) des premières surfaces aérodynamiques de contrôle de profondeur actionnées à partir d'un premier organe d'actionnement associé à un premier transducteur délivrant un premier signal électrique représentatif d'un premier paramètre longitudinal commandé θ_c ;
 - b) au moins un moteur contrôlé à partir d'un second organe d'actionnement associé à un
10 second transducteur délivrant un second signal électrique représentatif d'une vitesse commandée V_{cc} pour ledit aéronef;
 - c) une pluralité de secondes surfaces aérodynamiques pouvant prendre, en fonction de chaque phase de vol de l'aéronef, des positions relatives différentes définissant des configurations aérodynamiques particulières, l'une ou l'autre desdites configurations
15 aérodynamiques étant choisie par l'actionnement d'un troisième organe d'actionnement associé à un troisième transducteur délivrant un troisième signal électrique représentatif de la configuration choisie C_f ;
 - d) des moyens pour délivrer un quatrième signal électrique représentatif de la masse M dudit aéronef;
 - 20 e) des moyens pour délivrer un cinquième signal électrique représentatif de la distance d , le long de l'axe longitudinal dudit aéronef, séparant le centre de gravité dudit aéronef d'une origine;
 - f) des moyens pour délivrer des sixième, septième, huitième, neuvième et dixième signaux
25 électriques, respectivement représentatifs de l'altitude de vol Z , de l'angle d'incidence aérodynamique α , du taux de tangage q , de l'assiette longitudinale θ et de la vitesse V_c instantanés dudit aéronef;
 - g) un premier dispositif de calcul recevant lesdits premier à sixième signaux électriques, ainsi que ledit dixième signal électrique et élaborant une première $A\theta_c + BV_{cc}$ et une
30 seconde $C\theta_c + DV_{cc}$ combinaison linéaire desdits premier θ_c et second V_{cc} signaux électriques, les coefficients A , B et C , D attribués respectivement auxdits premier et

second signaux électriques dans ladite première et ladite seconde combinaison linéaire dépendant desdits troisième à sixième et dixième signaux électriques;

h) un second dispositif de calcul recevant lesdits troisième à dixième signaux électriques et élaborant une troisième $a\alpha + bq + c\theta + dVc$ et une quatrième $e\alpha + fq + g\theta + hVc$ combinaison linéaire desdits septième à dixième signaux électriques, les coefficients a, b, c, d et e, f, g, h attribués respectivement auxdits septième à dixième signaux électriques dans ladite troisième et ladite quatrième combinaison linéaire dépendant desdits troisième à sixième et dixième signaux électriques;

i) des premiers moyens additionneurs recevant lesdites première et troisième combinaisons linéaires et les additionnant pour former un premier ordre électrique de commande en profondeur adressé auxdites premières surfaces aérodynamiques; et

j) des seconds moyens additionneurs recevant lesdites seconde et quatrième combinaisons linéaires et les additionnant pour former un second ordre électrique de commande en poussée adressé à un moteur dudit aéronef.

15

2. Système de commande selon la revendication 1,

caractérisé en ce que ledit premier dispositif de calcul incorpore une première mémoire contenant une pluralité d'ensembles de quatre coefficients pour lesdites première et seconde combinaisons linéaires, l'un en particulier desdits ensembles de quatre coefficients étant choisi parmi les autres en fonction desdits troisième à sixième et dixième signaux électriques.

20

3. Système de commande selon l'une des revendications 1 ou 2,

caractérisé en ce que ledit second dispositif de calcul incorpore une seconde mémoire contenant une pluralité d'ensembles de huit coefficients pour lesdites troisième et quatrième combinaisons linéaires, l'un en particulier desdits ensembles de huit coefficients étant choisi parmi les autres en fonction desdits troisième à sixième et dixième signaux électriques.

25

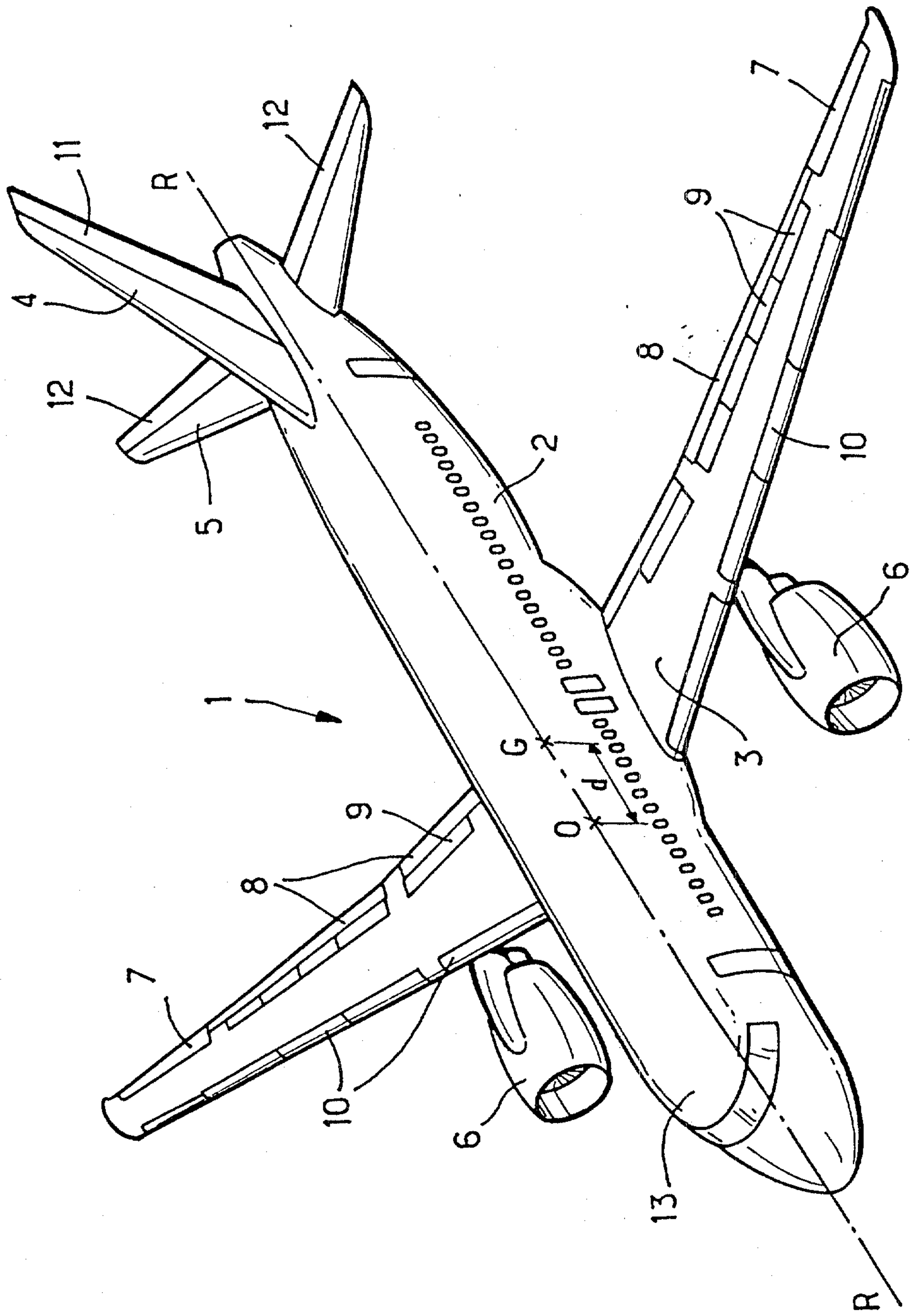
4. Système de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, incluant:

- a) des moyens de soustraction et d'intégration pour prendre la différence entre lesdits second et dixième signaux électriques, et intégrer ladite différence;
- b) des premiers moyens amplificateurs pour amplifier ladite différence intégrée provenant desdits moyens de soustraction et d'intégration, le gain desdits premiers moyens amplificateurs étant une fonction desdits troisième à sixième et dixième signaux électriques;
- c) des troisièmes moyens additionneurs pour additionner audit premier ordre électrique de commande en profondeur ladite différence intégrée et amplifiée provenant desdits premiers moyens amplificateurs;
- 10 d) des seconds moyens amplificateurs pour amplifier ladite différence intégrée provenant desdits moyens de soustraction et d'intégration, le gain desdits seconds moyens amplificateurs étant une fonction desdits troisièmes à sixième et dixième signaux électriques; et
- e) des quatrièmes moyens additionneurs pour additionner audit second ordre électrique de commande en poussée ladite différence intégrée et amplifiée provenant desdits seconds moyens amplificateurs.

5. Système de commande selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte un filtre à travers lequel ledit second signal électrique est appliqué auxdits moyens de soustraction et d'intégration.

6. Système de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que lesdites premières surfaces aérodynamiques de contrôle de profondeur comportent des surfaces de contrôle de profondeur et un plan horizontal réglable, ledit système incluant un dispositif pour répartir ledit premier ordre électrique de commande en profondeur entre lesdites surfaces de contrôle de profondeur et ledit plan horizontal réglable.

FIG. 1



Agent

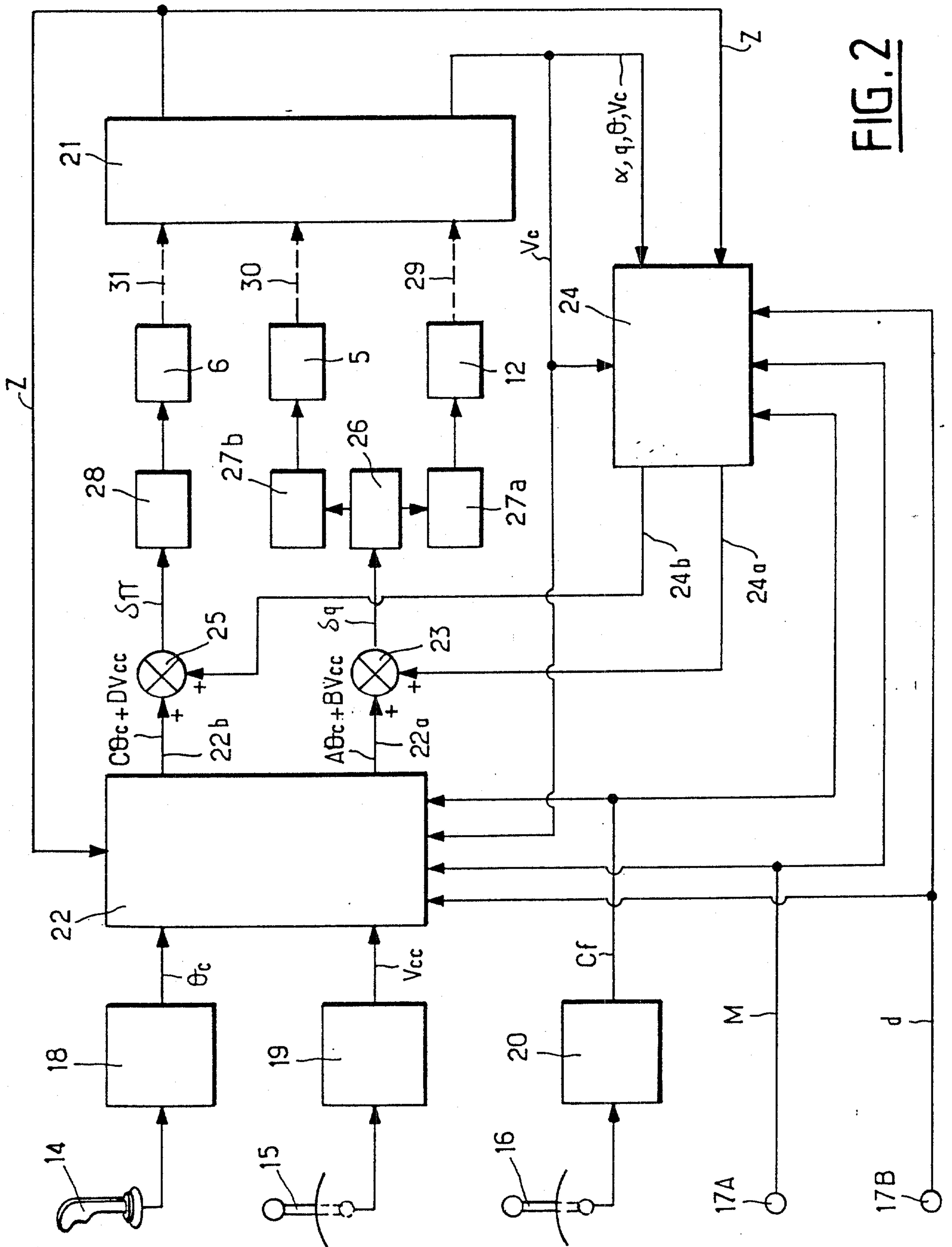


FIG. 2

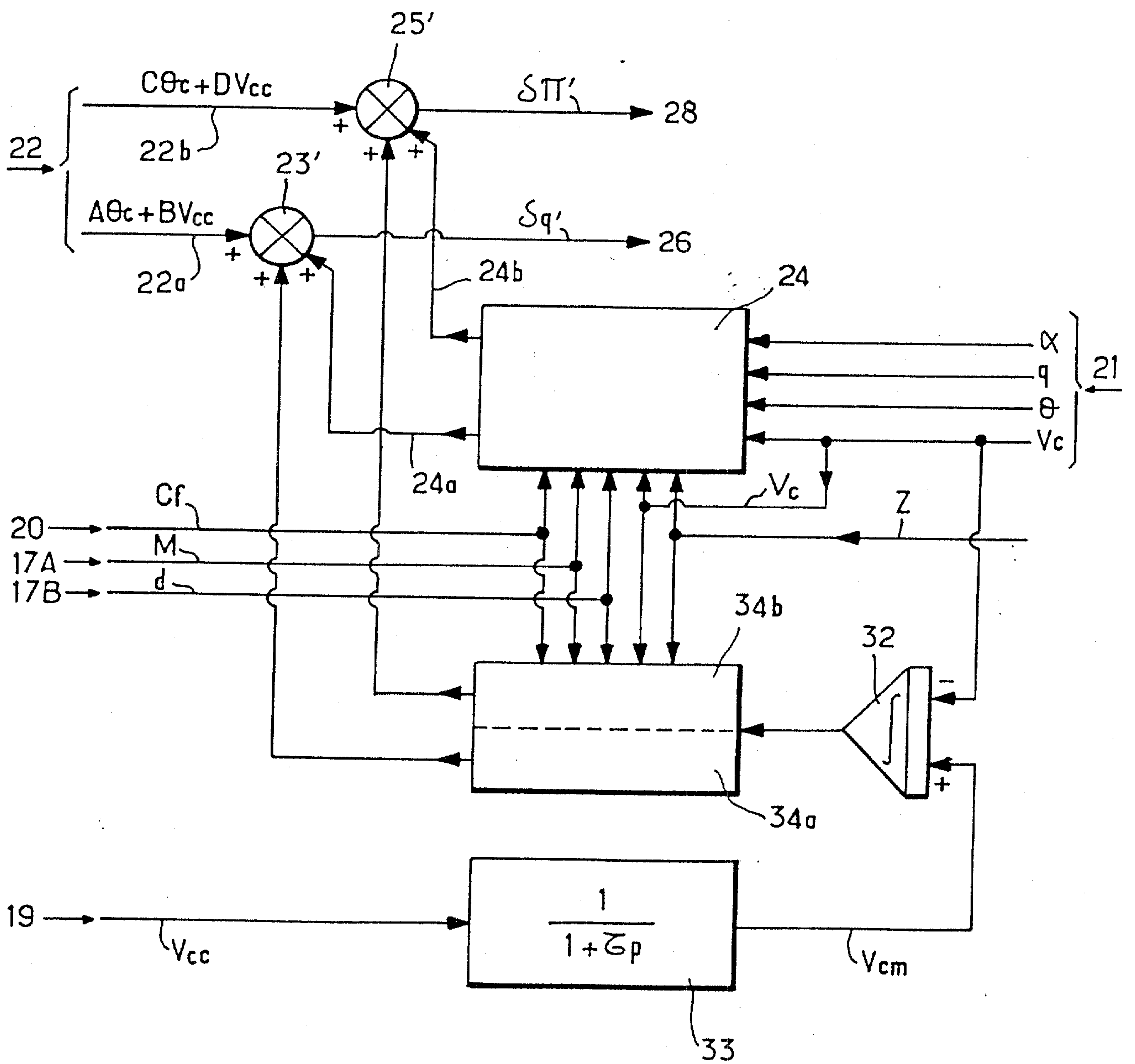


FIG. 3

