

Dispositif de contrôle de la vitesse d'un avion spatial lors de la transition d'une phase de vol spatial vers une phase de vol aéronautique et procédé de transition associé

Arrière plan de l'invention

Domaine de l'invention

L'invention concerne un dispositif de contrôle de la vitesse d'un aéronef notamment de type avion spatial, lors de la transition d'une phase de vol spatial vers une phase de vol aéronautique de cet aéronef et concerne un
5 procédé de transition associé.

Un avion spatial est un aéronef spatial adapté à un vol aéronautique et comprenant pour ce faire des surfaces portantes. En tant qu'aéronef spatial il comprend par exemple un moteur fusée et des moyens adaptés à le piloter
10 en absence d'air ou autre gaz porteur.

Une problématique d'un tel aéronef est sa rentrée dans l'atmosphère et en particulier le passage d'un vol de type balistique ou sans portance à un vol aéronautique pour lequel l'aéronef utilise la portance offerte par l'atmosphère.

15 Pour un avion spatial une contrainte particulière est qu'il est nécessaire de limiter les charges et accélérations subies par la structure et les passagers de l'aéronef à des valeurs réduites comparativement par exemple à des aéronefs dont l'équipage est constitué de spationautes entraînés tels que la navette spatiale anciennement exploitée par la NASA.

20 **Arrière plan technologique**

Il existe comme dispositifs de freinage pour des avions atmosphériques classiques des aérofreins disposés au dessus des ailes ou en partie haute du fuselage.

Il existe en outre dans le cadre des avions atmosphériques des systèmes de freinage utilisant des trappes de trains d'atterrissages comme
5 connu sur l'avion militaire américain F-111.

Toutefois, l'utilisation de tels dispositifs n'existe pas dans le domaine spatial.

Aujourd'hui, pour qu'un avion spatial ou une navette spatiale passe
10 d'un vol spatial à un vol aéronautique, il freine en appuyant sa face inférieure sur l'air ce qui accroît la traînée de l'aéronef. Ainsi, l'avion spatial freine et perd de l'altitude.

Dans le cas de la navette spatiale américaine ce freinage cause un échauffement important et un nombre de G correspondant à la mesure de la
15 décélération conséquent est subi par l'équipage.

Brève description de l'invention

L'invention a pour but de proposer un dispositif de contrôle de la vitesse d'un aéronef tel qu'un avion spatial lors de la transition d'une phase de vol spatial vers une phase de vol aéronautique adapté à permettre à
20 l'avion d'avoir une phase de freinage et de retour à un vol aéronautique avec des contraintes de charge et de décélération réduites.

Comme vu plus haut, un avion spatial est un aéronef capable de vol aéronautique et capable de vol spatial.

En vol spatial, l'aéronef peut décrire une orbite autour de la Terre, vol orbital par exemple ou simplement avoir une trajectoire en forme d'arc parabolique selon un vol suborbital notamment, avec une altitude maximale de quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres. Dans les deux
5 cas, le retour en phase de vol aéronautique nécessite de maîtriser la vitesse de l'avion afin de limiter les charges s'appliquant sur cet avion et sur ses passagers.

Pour ce faire l'invention propose un aéronef spatial adapté à un vol aéronautique comportant un corps et une voilure définissant une surface
10 portante ainsi que des moyens de contrôle d'attitude, ledit aéronef comportant un ou plusieurs volets disposés sous sa surface portante et manœuvrables entre une position rentrée et une position sortie inclinée de freinage aérodynamique lors de la transition d'une phase de vol spatial vers une phase de vol aéronautique de l'aéronef.

15 Préférentiellement, le ou les volets sont adaptés à une sortie selon des inclinaisons variables pilotables.

Avantageusement l'aéronef comprend au moins une paire de volets disposés de part et d'autre d'un axe longitudinal de l'aéronef.

Selon un mode de réalisation particulier, les volets sont adaptés à être
20 pilotés indépendamment les uns des autres en sorte de contrôler une descente de l'aéronef.

Selon un mode de réalisation avantageux, toute ou partie des volets sont des dispositifs aérofreins/portes de trains.

Avantageusement, les volets sont manœuvrables selon les phases de vol indépendamment des trains d'atterrissage ou en liaison avec les trains d'atterrissage.

Selon un mode de réalisation particulier, les volets comportent un
5 premier axe de manœuvre d'ouverture des volets à l'encontre du lit du vent, les volets fonctionnant alors en aérofreins, et un axe de manœuvre d'ouverture des volets parallèle au lit du vent les volets fonctionnant alors en trappes de train.

Les volets aérofreins/portes de trains sont préférentiellement
10 manœuvrés par des actionneurs dimensionnés pour permettre une ouverture partielle des aérofreins lors de la transition entre descente spatiale et descente aéronautique ainsi que pour permettre l'ouverture complète des portes de trains à l'atterrissage, les actionneurs étant adaptés à ouvrir les volets de manière modulable suivant les phases de vol.

15 Selon un mode de réalisation particulier, les moyens de contrôle d'attitude comprennent des gouvernes de profondeur.

L'invention concerne en outre un procédé de contrôle de la vitesse d'un aéronef selon l'une quelconque des revendications précédentes lors d'une phase de descente de l'aéronef avec transition d'une phase de vol spatial
20 vers une phase de vol aéronautique de l'aéronef, cette phase de descente comprenant:

- une première étape de descente parabolique de l'aéronef, aéronef en position de forte incidence;

- une deuxième étape de mise à piqué de l'aéronef et;
- une troisième étape de ressource de l'aéronef en vol aérodynamique à faible incidence;

pour lequel un contrôle de la vitesse de l'aéronef est réalisé au moins
5 dans la deuxième étape au moyen de l'ouverture desdits volets.

La position de forte incidence est notamment définie par un angle entre l'axe longitudinal et l'axe vitesse de l'aéronef supérieur à 40°.

Selon un mode de réalisation particulier, le contrôle de la vitesse de l'aéronef par l'ouverture desdits volets est commencé pendant la première
10 étape.

Les moyens de contrôle d'attitude de l'aéronef comprenant des gouvernes de profondeur, ces dernières sont préférablement braquées pour entraîner un moment à cabrer de l'aéronef pendant la première étape.

Le passage de la première à la seconde étape se fait avantageusement
15 par redressement des gouvernes de profondeur, l'ouverture des volets contrôlant la vitesse de l'aéronef.

A l'issue de la deuxième étape l'aéronef ayant pris de la portance, l'étape de ressource est préférablement réalisée par braquage des gouvernes de profondeur pour entraîner un moment à cabrer de l'aéronef les
20 volets étant alors refermés.

Selon un mode de réalisation avantageux, la transition du domaine spatial vers le domaine aéronautique d'un avion spatial de l'invention

comprenant des portes de train adaptées à fonctionner en volets aérofreins
comprend :

- une première étape de braquage des gouvernes de profondeur en
sorte d'entraîner un moment à cabrer de l'aéronef, l'avion spatial ayant une
5 vitesse V pratiquement verticale et à forte incidence I , l'avion spatial étant
maintenu sensiblement à l'horizontale;

- une deuxième étape d'ouverture des portes de train et de
redressement de la gouverne de profondeur, l'avion spatial étant ainsi mis à
piquer, la vitesse V de l'avion spatial étant pratiquement verticale et à faible
10 incidence I ;

- une troisième étape de braquage des gouvernes de profondeur en
sorte d'entraîner un moment à cabrer de l'aéronef et de fermeture des portes
de train, pour laquelle l'avion spatial reprend un fonctionnement
aéronautique, l'avion spatial et la vitesse V étant ramenés à l'horizontale,
15 ledit avion étant à faible incidence I .

Brève description des dessins

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit
d'un exemple non limitatif de réalisation de l'invention et à l'examen des
dessins qui l'accompagnent. Ces dessins ne sont données qu'à titre illustratif
20 mais nullement limitatif de l'invention et représentent

en figure 1: une vue d'un aéronef de type avion spatial selon l'invention;

en figure 2: une première phase de descente spatiale de l'avion spatial de
la figure 1;

- en figure 3: une phase de transition de l'avion spatial de la figure 1;
en figure 4: une phase de vol atmosphérique de l'avion spatial de la figure 1;
en figure 5: une vue agrandie de l'avion spatial de la figure 1; en finale avant
atterrissage avec des portes de trains de voilure en position d'ouvertures de
5 case de train selon un mode de réalisation particulier de l'invention.

Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

Comme vu plus haut, l'invention a pour but de proposer un dispositif de
contrôle de la vitesse, et de limitation des charges induites, d'un aéronef tel
qu'un avion spatial 10 lors d'une transition d'une phase de vol spatial, vers
10 une phase de vol aéronautique.

Elle s'applique par exemple à un avion spatial 10 tel que représenté en
figure 1 comporte un fuselage 17, une voilure constituée par des ailes 15,
des gouvernes 12, une dérive 16, des moteurs fonctionnant en vol
aéronautique tels des réacteurs 14 et un moteur fusée 13.

15 La phase de vol spatial ou balistique est illustrée à la figure 2. C'est une
phase de vol où la voilure de l'aéronef n'a pas de portance du fait du manque
d'air, l'incidence de l'aéronef étant en outre telle que les surfaces portantes
sont de toute façon en situation de décrochage.

La phase de vol aéronautique est illustrée à la figure 4 et, dans cette
20 phase, l'aéronef est en vol traditionnel porté par sa voilure.

Pour passer de la phase de vol spatial ou balistique à la phase de vol
aéronautique, il est réalisé selon un aspect de l'invention une transition qui
utilise une étape de piqué comme illustré à la figure 4.

Pour son retour, un avion spatial 10 doit effectuer une transition entre le vol spatial et un vol aéronautique, figure 4. En outre il doit freiner notablement et contrôler sa vitesse tout au long de la transition entre cette phase de vol spatial et la phase de vol aéronautique.

- 5 Dans la phase de vol spatial l'aéronef freine par frottement dans l'atmosphère. Pour ce faire il est dans une attitude à très forte incidence, plus de 40° voir même dans les 70° d'incidence et a un vecteur vitesse pratiquement vertical.

Dans cette situation l'aéronef ne vole pas proprement dit puisque sa
10 voilure principale est en décrochage permanent.

La solution choisie dans la présente invention pour passer de la phase de vol spatial à une phase de vol aéronautique portée par la voilure de l'aéronef est de faire piquer l'aéronef de sorte que son incidence se réduise sans besoin de changer son vecteur vitesse.

- 15 Le piqué doit toutefois être contrôlé pour maintenir l'aéronef dans une configuration de vitesse, d'accélération et de charges raisonnable.

Pour ce faire, l'avion spatial 10 comporte selon l'invention des volets 11 fonctionnant comme aérofreins adaptés à le freiner dans une transition de vol où il n'est pas encore en vol aéronautique et maîtriser sa vitesse V lors de
20 cette transition.

Les volets 11 représentés notamment à la figure 1 sont disposés sous les ailes et/ou sous le fuselage de l'aéronef et manœuvrables entre une position rentrée et une position sortie de freinage aérodynamique.

En phase de descente spatiale selon la figure 2, l'avion spatial 10 a ses volets 11 fermées et ses gouvernes de profondeur 12 braquées en sorte d'entraîner un moment à cabrer de l'aéronef. L'avion spatial 10 est alors presque à l'horizontale. Son incidence I , angle entre l'axe longitudinal avion A et le vecteur vitesse est préférentiellement supérieure à 40° et peut même se trouver entre 70° et 90° par rapport à sa vitesse V , qui elle, est quasi-verticale. Ainsi la résistance à l'air est importante et on maximise la traînée. L'objectif est de limiter les accélérations subies par les passagers, le pilote et l'avion spatial 10. Du fait de l'incidence importante, la voilure principale 15 est décrochée.

Le décrochage se caractérise par une perte brutale de portance de la voilure d'un aéronef, l'avion n'est plus soutenu et chute.

Lors du décrochage, l'avion s'enfonce et perd rapidement de l'altitude, c'est le mode suivi pour la descente spatiale bien que le décrochage soit ici dû au fait que dans le début de la phase de descente l'air est trop raréfié pour porter l'aéronef qui se trouve en outre dès le départ dans une position à trop forte incidence pour que ses ailes aient de la portance.

Les gouvernes dans le lit du vent ne sont par contre pas décrochées.

Selon la figure 3, pour réaligner l'axe longitudinal avion et l'axe vitesse V afin de repasser en vol aéronautique, l'avion spatial 10 réalise un piqué.

Pour ce faire on utilise une surface mobile capable de s'orienter dans le lit du vent, cette surface étant constituée par les gouvernes de profondeur 12 de l'aéronef qui sont manœuvrées pour faire basculer l'aéronef à piquer.

Selon l'exemple, les gouvernes sont idéalement un plan horizontal complètement mobile autour d'un axe de manœuvre.

Dans ce cas les commandes à cabrer de l'aéronef correspondent à une rotation des gouvernes autour de leur axe dans un sens pour lequel leur bord
5 d'attaque s'abaisse et leur bord de fuite remonte ce que l'on traduit dans la présente demande par le terme braquage à cabrer ou braquage entraînant un moment à cabrer.

Les commandes à piquer correspondent pour leur part à une rotation des gouvernes telles que leur bord d'attaque soit relevé et leur bord de fuite
10 abaissé ce que l'on traduit ici par braquer les gouvernes à piquer ou braquer les gouvernes pour entraîner un moment à piquer par ailleurs lorsque les gouvernes sont ramenées vers une position neutre on parlera ici de redresser les gouvernes.

Les gouvernes de profondeur sont ensuite utilisées tout au long du
15 piqué pour assurer la stabilité de l'avion spatial 10 en compensant à piquer ou à cabrer selon les variations d'attitude de l'aéronef.

Il est à noter que avant le piqué, en phase de vol spatial, les gouvernes
12 sont déjà orientées dans le lit du vent et donc en position à cabrer pour qu'elles aient de la portance et puissent permettre de manœuvrer l'aéronef et
20 contrôler son attitude.

Lorsque l'avion spatial 10 réalise le piqué, figure 3, sa vitesse V augmente sensiblement et rapidement. Cette augmentation de vitesse V doit être maîtrisée et limitée afin de permettre une manœuvre de ressource

efficace mais aussi pour que l'aéronef reste dans un domaine de Mach cohérent du domaine dans lequel la portance de la voilure est optimale.

Le nombre de Mach exprime le rapport de la vitesse locale d'un fluide à la vitesse du son dans ce même fluide. La maîtrise et la limitation de la
5 vitesse de l'avion spatial 10 est de plus nécessaire afin de garantir des niveaux de charges acceptables pour les passagers, c'est-à-dire des niveaux de charges préférablement inférieurs à 2°g, valeur restant confortable. Les volets 11 réalisent ces fonctions de maîtrise et de limitation de la vitesse lors de la phase de piqué de l'avion spatial 10.

10 Les volets 11 constituent des aérofreins qui sont utilisés pour maîtriser et limiter la vitesse V et la stabilité de l'avion spatial 10 lors de sa descente spatiale. Ils peuvent servir aussi au freinage lors de l'atterrissage mais aussi à gérer l'énergie en phase d'approche finale, comme des aérofreins classiques.

15 Ici utilisés comme aérofreins dans le domaine spatial, les volets 11 sont conçus pour résister aux conditions du régime d'écoulement subsonique. Un écoulement autour d'un obstacle est en régime subsonique lorsque le nombre de Mach est inférieur au Mach critique qui correspond à l'apparition d'une onde de choc. Les conditions cinématiques diffèrent sensiblement des
20 conditions pour lesquelles sont usuellement conçus les aérofreins destinés en phase d'approche. En effet, la phase de descente spatiale, figure 2, est prévue pour conduire l'avion spatial 10 à une altitude d'environ 15km (50000 pieds), avec un nombre de Mach inférieur à 0,6 et notamment compris entre

0.5 et 0.55 et une pression dynamique inférieure à 3000 Pa et
préférentiellement de 2000 à 2500 Pa, ces valeurs pouvant varier en fonction
des missions.

A l'issue de la manœuvre de piqué de l'avion spatial 10, donc en
5 deuxième phase de descente spatiale, figure 3, ainsi que lors du retour de
l'avion spatial en fonctionnement aéronautique, figure 4, l'avion spatial est à
une altitude d'environ 11 km et un nombre de Mach inférieur au Mach
critique soit 0,9 et préférentiellement de 0,6 à 0,7. Les maximums atteints
pendant la transition du domaine spatial au domaine aéronautique ont un
10 nombre de Mach d'environ 0.8 à 0.85 et une pression dynamique entre 7000
et 10 000 Pa. Ces chiffres sont donnés à titre indicatif, et peuvent bien sûr
varier en fonction de la mission. A titre de comparaison, à l'atterrissage, la
pression dynamique est d'environ 5 000 Pa et la vitesse est de l'ordre de
Mach 0.2 à 0.3 ce qui est notablement inférieur.

15 En résumé, selon l'invention, la transition du domaine spatial vers le
domaine aéronautique comprend:

- une première étape de descente de l'aéronef 10 qui a une vitesse V
pratiquement verticale alors que son attitude est sensiblement à l'horizontale
et donc à forte incidence I , étape pendant laquelle les gouvernes de
20 profondeur 12 de l'aéronef sont abaissées à peu près parallèlement au lit du
vent relatif;

- une deuxième étape où l'aéronef réalise un piqué au moyen d'un
redressement des gouvernes de profondeur 12, la vitesse V de l'avion spatial

restant pratiquement verticale et l'incidence I de l'aéronef étant alors réduite, la vitesse de l'aéronef étant dans cette étape réduite et stabilisée par l'ouverture plus ou moins prononcée des volets 11;

- une troisième étape pour laquelle l'aéronef reprend un fonctionnement aéronautique, la vitesse V devenant l'horizontale et l'aéronef volant alors à faible incidence I , cette étape étant réalisée par abaissement des gouvernes de profondeur 12 et la fermeture des volets 11.

Puisque les volets/aérofreins 11 sont dimensionnés par rapport à la phase de descente spatiale, ils ont une masse non négligeable. Ainsi, dans le mode de réalisation avantageux décrit, une deuxième fonction leur est attribuée : lorsque l'avion spatial 10 n'est pas en phase de transition entre le mode spatial et le mode aéronautique, les aérofreins 11 jouent aussi le rôle de portes de trains. Ils demeurent fermés pour limiter la trainée aérodynamique et protéger les trains d'atterrissage.

- Afin d'assurer le succès de la manœuvre de transition du domaine spatial, figure 2, vers le domaine aéronautique, figure 4, les volets 11 sont placés à l'intrados 50 de la voilure 15 sous la surface portante de l'aéronef. Ils permettent ainsi d'ajuster la trainée, sans perturber la contrôlabilité, et en impactant le moins possible la portance C de l'aéronef. Pour limiter davantage l'impact sur la portance C , les aérofreins 11 sont éventuellement situés sur le fuselage 17 au niveau des portes de trains du ventre mou 51. Selon l'exemple, les volets sont en outre des trappes de trains.

Dans ce cas, les volets sont avantageusement manœuvrables selon les phases de vol indépendamment des trains d'atterrissage ou en liaison avec les trains d'atterrissage.

Lorsque le dispositif aérofrens/portes de trains 11 est totalement dissociable des trains d'atterrissage sur l'ensemble du vol, les actionneurs sont dimensionnés pour ouvrir les aérofrens avec l'angle nécessaire au contrôle de la traînée en phase de descente spatiale, mais aussi pour permettre une ouverture complète des portes de train à l'atterrissage afin de sortir les trains d'atterrissage. Puisque les aérofrens/portes de train sont dissociés des trains d'atterrissage, afin de réduire l'émission de bruits à l'atterrissage par exemple, on peut refermer les portes de trains quand les trains d'atterrissage sont sortis.

Coupler et découpler les aérofrens/portes de trains 11 avec les trains d'atterrissage suivant les phases de vol est aussi possible. Ainsi en phase de descente spatiale, les portes sont connectées aux actionneurs aérofrens et déconnectées des actionneurs communs aux trains d'atterrissage. A l'inverse, lors de la phase d'atterrissage, les portes de train sont connectées aux actionneurs trains d'atterrissage et déconnectées des actionneurs aérofrens.

L'ensemble aérofrens/portes de trains peut éventuellement pivoter autour d'axes différents, perpendiculaire au sens vol ou parallèle au sens vol, suivant les phases de vol et les fonctions aérofrens et portes de trains assurées dans ces différentes phases de vol par pivotement autour de l'axe

souhaité. Ainsi, les volets 11' lorsqu'ils sont utilisés en aérofreins pivotent autour de l'axe perpendiculaire à l'axe avion A et lorsqu'ils fonctionnent en portes de train pour ouvrir les cases de train, comme représenté en figure 5, les volets 11' pivotent selon des axes parallèle à l'axe principal de l'aéronef

5 pour réduire la trainée occasionnée par leur ouverture dans cette phase de vol.

L'invention n'est pas limitée aux exemples représentés et notamment le nombre de volets peut être de deux, de quatre ou plus pour équilibrer le freinage lors de la descente spatiale.

REVENDICATIONS

- 1 - Aéronef spatial adapté à un vol aéronautique comportant un corps et au moins une première voilure (15) définissant une surface portante ainsi que des moyens de contrôle d'attitude caractérisé en ce que lesdits moyens de contrôle comportent un ou plusieurs volets disposés sous la surface portante et manœuvrables entre une position rentrée et une position sortie inclinée de freinage aérodynamique lors de la transition d'une phase de vol spatial vers une phase de vol aéronautique de l'aéronef.
- 2 - Aéronef spatial selon la revendication 1 pour lequel le ou les volets sont adaptés à une sortie selon des inclinaisons variables pilotables.
- 3 - Aéronef spatial selon la revendication 1 ou 2 comportant au moins une paire de volets disposés de part et d'autre d'un axe longitudinal de l'aéronef.
- 4 - Aéronef spatial selon la revendication 3 pour lequel les volets sont adaptés à être pilotés indépendamment les uns des autres en sorte de contrôler une descente de l'aéronef.
- 5 - Aéronef spatial selon l'une quelconque des revendications précédentes pour lequel toute ou partie des volets sont des dispositifs aérofreins/portes de trains (11).

6 - Aéronef spatial selon la revendication 5 pour lequel les volets sont manœuvrables selon les phases de vol indépendamment des trains d'atterrissage ou en liaison avec les trains d'atterrissage.

5 7 - Aéronef spatial selon la revendication 6 pour lequel les volets comportent un premier axe de manœuvre d'ouverture des volets à l'encontre du lit du vent, les volets fonctionnant alors en aérofreins, et un axe de manœuvre d'ouverture des volets parallèle au lit du vent les volets fonctionnant alors en trappes de train.

10

8 - Aéronef spatial selon la revendication 5, 6 ou 7, pour lequel les volets aérofreins/portes de trains (11) sont manœuvrés par des actionneurs dimensionnés pour permettre une ouverture partielle des aérofreins lors de la transition entre descente spatiale et descente aéronautique ainsi que pour
15 permettre l'ouverture complète des portes de trains à l'atterrissage, les actionneurs étant adaptés à ouvrir les volets de manière modulable suivant les phases de vol.

9 - Aéronef spatial selon l'une quelconque des revendications
20 précédentes pour lequel les moyens de contrôle d'attitude comprennent des gouvernes de profondeur (12).

10 - Aéronef spatial selon la revendication 9 dans lequel une deuxième voilure (15) comporte les gouvernes de profondeur (12).

- 11 - Procédé de contrôle de la vitesse d'un aéronef selon l'une quelconque
- 5 des revendications précédentes lors d'une phase de descente de l'aéronef avec transition d'une phase de vol spatial vers une phase de vol aéronautique de l'aéronef, cette phase de descente comprenant:
- une première étape de descente parabolique de l'aéronef, aéronef en position de forte incidence;
 - 10 - une deuxième étape de mise à piqué de l'aéronef et;
 - une troisième étape de ressource de l'aéronef en vol aérodynamique à faible incidence ;
- pour lequel un contrôle de la vitesse de l'aéronef est réalisé dans la deuxième étape au moyen de l'ouverture desdits volets.

15

12 - Procédé selon la revendication 11, pour lequel la position de forte incidence est définie par un angle entre l'axe longitudinal et l'axe vitesse de l'aéronef supérieur à 40°.

- 20 13 - Procédé selon la revendication 11 ou 12, pour lequel le contrôle de la vitesse de l'aéronef par l'ouverture desdits volets est commencé pendant la première étape.

14 - Procédé selon la revendication 11, 12 ou 13, pour lequel les moyens de contrôle d'attitude de l'aéronef comprenant des gouvernes de profondeur (12), ces dernières sont braquées en sorte d'entraîner un moment à cabrer de l'aéronef pendant la première étape.

5

15 - Procédé selon la revendication 14, pour lequel le passage de la première à la seconde étape se fait par redressement des gouvernes de profondeur (12), l'ouverture des volets contrôlant la vitesse de l'aéronef.

10 16 - Procédé selon la revendication 15 pour lequel à l'issue de la deuxième étape l'aéronef ayant pris de la portance, l'étape de ressource est réalisée par braquage des gouvernes de profondeur (12) en sorte d'entraîner un moment à cabrer de l'aéronef, les volets étant alors refermés.

15 17 - Procédé de contrôle de la vitesse selon la revendication 11 d'un aéronef de type avion spatial (10) comportant des portes de trains (11) adaptées à fonctionner comme aérofreins, d'une phase de vol spatial suborbital vers une phase de vol aéronautique, caractérisé en ce que la transition du domaine spatial vers le domaine aéronautique comprend :

20 - une première étape de braquage des gouvernes de profondeur (12) en sorte d'entraîner un moment à cabrer de l'avion spatial, l'avion spatial (10) ayant une vitesse V pratiquement verticale et à forte incidence I , l'avion spatial (10) étant maintenu sensiblement à l'horizontale;

- une deuxième étape d'ouverture des portes de train (11) et de redressement de la gouverne de profondeur (12), l'avion spatial (10) étant ainsi mis à piquer, la vitesse V de l'avion spatial (10) étant pratiquement verticale et à faible incidence I ;
- 5 - une troisième étape de braquage des gouvernes de profondeur (12) en sorte d'entraîner un moment à cabrer de l'avion spatial (10) et de fermeture des portes de train (11), pour laquelle l'avion spatial (10) reprend un fonctionnement aéronautique, l'avion spatial (10) et la vitesse V étant ramenés à l'horizontale, l'aéronef étant à faible incidence I .