



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 35579 B1** (51) Cl. internationale : **B64C 25/40**  
(43) Date de publication : **01.11.2014**

- 
- (21) N° Dépôt : **35794**  
(22) Date de Dépôt : **03.04.2013**  
(71) Demandeur(s) : **FARID AICHA, 21 AVENUE OQBA APT 11 AGDAL RABAT (MA)**  
(72) Inventeur(s) : **FARID AICHA**  
(74) Mandataire : **FARID AICHA**

---

(54) Titre : **SYSTÈME DE CONTRÔLE DE MISE EN ROTATION DES ROUES AVIONS À GÉOMÉTRIE VARIABLE.**

- (57) Abrégé : Système de contrôle de Mise en Rotation des roues avion à géométrie variable permettra aux compagnies aériennes de faire de grosses économies en augmentant considérablement la durée de vie des pneus et en réduisant le temps d'immobilisations des avions au sol à cause des opérations de changement de roues. Il permettra aussi aux aéroports de faire de grands bénéfices en éliminant les opérations de dégommages qui sont coûteuses, d'éviter de bloquer les pistes d'atterrissage durant les périodes correspondantes à ces opérations, et surtout, les dirigeants des aéroports ne seront plus obligés de refaire complètement les pistes qui perdent leurs caractéristiques réglementaires au bout de la troisième opération de dégommage. Ce système permettra aussi de préserver l'environnement écologique en réduisant considérablement le volume de la matière à recycler. Ce système consiste à utiliser le vent relatif pour faire tourner les roues à l'aide de plusieurs ailettes aérodynamiques mobiles, optimisées et escamotables dans la jante. Elles vont faire des mouvements de translation entre le creux de la jante et l'extérieur de la roue (figure 1). Une fois sorties et exposées au vent relatif, elles seront entraînées par ce dernier et feront tourner les roues dans le sens de déplacement de l'avion grâce à leurs formes qui créent des forces aérodynamiques orientées dans le sens désiré. Chaque ailette est mise à l'extérieur à l'aide de son propre ressort d'extraction (figure 5). Pour les faire rentrer, un ressort de rappel va les pousser dans le sens inverse et les maintenir à l'intérieur de la jante (figure 6). Pour permettre aux ressorts d'extractions de faire sortir les ailettes, un sous-système va comprimer le ressort de rappel et annuler sa force au moment désiré. Il peut être sous trois formes différentes: 1. Un petit moteur

électrique linéaire positionneur installé à l'intérieur de l'axe de la roue pour chaque système (figure 6). Il sera contrôlé par un boîtier de contrôle électronique qui va commander les mouvements de translation pour faire sortir ou faire rentrer les ailettes, il va récolter toutes les informations nécessaires à partir des équipements existants abord des avions (figure 7). Il permettra de corriger la vitesse de rotation des roues en injectant ou en retranchant de petites corrections sous forme de petits déplacements linéaires commandés au moteur électrique qui les transmettra aux surfaces mobiles. Son fonctionnement peut être entièrement automatisé sans grandes interventions de l'équipage. 2. Un seul moteur électrique installé dans la base inférieure de la jambe de train, à l'intersection des deux axes des deux roues (N° 8 figure 9). Il servira à faire fonctionner deux systèmes en même temps. Une fois alimenté, il va actionner deux tiges (N°10 figure 9) le long des axes de roues et va annuler la force des deux ressorts de rappel. Les ailettes seront alors mises à l'extérieur. 3. Une dernière solution peut être adoptée en utilisant un câble relié à la cabine de pilotage et actionner par le pilote pour annuler la force du ressort de rappel, similaire à la commande de frein de parking (figure 11). solution qui peut être très utile pour les avions légers. Un cache souple et léger sera placé sur la jante. Son rôle est de rendre l'écoulement d'air plus fluide autour de la roue et garder les ailettes complètement inactives quand elles sont rentrées. Il permettra aussi de contrôler et réguler la vitesse de rotation car seules les parties exposées au vent relatif à l'extérieur du cache vont générer de la force. Il peut être sous plusieurs formes (figure 10).

## VII. RESUME

Système de contrôle de Mise en Rotation des roues avion à géométrie variable permettra aux compagnies aériennes de faire de grosses économies en augmentant considérablement la durée de vie des pneus et en réduisant le temps d'immobilisations des avions au sol à cause des opérations de changement de roues. Il permettra aussi aux aéroports de faire de grands bénéfices en éliminant les opérations de dégommages qui sont coûteuses, d'éviter de bloquer les pistes d'atterrissage durant les périodes correspondantes à ces opérations, et surtout, les dirigeants des aéroports ne seront plus obligés de refaire complètement les pistes qui perdent leurs caractéristiques réglementaires au bout de la troisième opération de dégommage. Ce système permettra aussi de préserver l'environnement écologique en réduisant considérablement le volume de la matière à recycler.

Ce système consiste à utiliser le vent relatif pour faire tourner les roues à l'aide de plusieurs ailettes aérodynamiques mobiles, optimisées et escamotables dans la jante. Elles vont faire des mouvements de translation entre le creux de la jante et l'extérieur de la roue (figure 1). Une fois sorties et exposées au vent relatif, elles seront entraînées par ce dernier et feront tourner les roues dans le sens de déplacement de l'avion grâce à leurs formes qui créent des forces aérodynamiques orientées dans le sens désiré. Chaque ailette est mise à l'extérieur à l'aide de son propre ressort d'extraction (figure 5). Pour les faire rentrer, un ressort de rappel va les pousser dans le sens inverse et les maintenir à l'intérieur de la jante (figure 6).

Pour permettre aux ressorts d'extractions de faire sortir les ailettes, un sous-système va comprimer le ressort de rappel et annuler sa force au moment désiré. Il peut être sous trois formes différentes :

1. Un petit moteur électrique linéaire positionneur installé à l'intérieur de l'axe de la roue pour chaque système (figure 6). Il sera contrôlé par un boîtier de contrôle électronique qui va commander les mouvements de translation pour faire sortir ou faire rentrer les ailettes, il va récolter toutes les informations nécessaires à partir des équipements existants abord des avions (figure 7). Il permettra de corriger la vitesse de rotation des roues en injectant ou en retranchant de petites corrections sous forme de petits déplacements linéaires commandés au moteur électrique qui les transmettra aux surfaces mobiles. Son fonctionnement peut être entièrement automatisé sans grandes interventions de l'équipage.
2. Un seul moteur électrique installé dans la base inférieure de la jambe de train, à l'intersection des deux axes des deux roues (N° 8 figure 9). Il servira à faire fonctionner deux systèmes en même temps. Une fois alimenté, il va actionner deux tiges (N°10 figure 9) le long des axes de roues et va annuler la force des deux ressorts de rappel. Les ailettes seront alors mises à l'extérieur.
3. Une dernière solution peut être adoptée en utilisant un câble relié à la cabine de pilotage et actionner par le pilote pour annuler la force du ressort de rappel, similaire au la commande de frein de parking (figure 11). solution qui peut être très utile pour les avions légers.

Un cache souple et léger sera placé sur la jante. Son rôle est de rendre l'écoulement d'air plus fluide autour de la roue et garder les ailettes complètement inactives quand elles sont rentrées. Il permettra aussi de contrôler et réguler la vitesse de rotation car seules les parties exposées au vent relatif à l'extérieur du cache vont générer de la force. Il peut être sous plusieurs formes (figure 10).

Au moment de l'atterrissage, les roues des avions sont sorties mais immobiles. Leur mise en rotation se produit au moment du premier contact avec le sol. Les roues subissent de grandes contraintes qui se traduisent par un frottement très élevé et une forte augmentation de température qui dépasse les 260°C. Une partie de la gomme se détache alors des pneus et vient se déposer sur la piste. Ce phénomène endommage considérablement les pneus et les pistes d'atterrissage. Il affecte par conséquent les compagnies aériennes et les aéroports aussi bien sur le plan financiers qu'opérationnel. Sans oublier les répercussions directes que cela engendre sur le côté écologique.

## **I. Conséquences du phénomène:**

- 1) **Conséquence sur les pneus:** se produit une importante détérioration localisée sur de la surface de contact avec le sol à cause de la quantité de la gomme qui se détache pour se déposer sur la piste. ceci augmente la vitesse d'usure des pneus, réduit considérablement leurs durées de vie et augmente la fréquence de changement des roues.
- 2) **Conséquences sur les compagnies aériennes :**
  - a. **Coté opérationnel:** le changement de chaque pneu constitue une importante charge de travail et nécessite un délais d'immobilisation considérable. En tenant compte du nombre des roues sur un avion, ce type d'interventions forme à lui seul un vrai problème de gestion opérationnelle en terme de disponibilité des avions, d'équipes d'interventions et de pièces de rechange.
  - b. **Coté financier :** les usures rapides et répétées des pneus ainsi que le volume horaire de la maintenance engendrent des dépenses très élevée. Aussi, les immobilisations successives des avions au sol constituent une grosse perte d'argent et de temps pour les compagnies aériennes.
- 3) **Conséquences sur les aéroports:**

Sur les pistes d'atterrissage se produit des dépôts de la gomme qui se détache des pneus et viennent s'accumuler les uns sur les autres pour former une couche suffisamment épaisse au point de changer les caractéristiques réglementaires de la piste (en terme de coefficient de frottement et autre). Ceci conduit inévitablement à des opérations de dégommage qui sont coûteuses, endommagent les surfaces des pistes et affecte directement le côté opérationnel et financier des aéroports:

- a. **Coté opérationnel des aéroports:** les opérations de dégommage nécessitent l'intervention d'équipes et d'engins spécialisés qui bloquent les pistes et les rendent inutilisables pendant des journées entières. Elles engendrent ainsi des pertes de revenus considérables surtout pour les grands aéroports qui connaissent une grande fréquence de décollage et d'atterrissage. Et même quand ces opérations sont programmées durant des périodes de faibles activités, les pistes ne peuvent être utilisées qu'avec des préavis de durées considérables et restent donc inappropriées pour les situations d'urgence.

b. Coté financier des aéroports: les opérations de dégommages sont très coûteuses, en plus, elles détériorent la surface de la piste à traitée. A répétition et au bout de la troisième opération il est souvent nécessaire de refaire toute la piste. Le résultat : de très grosses perte d'argent et de temps.

4) Conséquence sur le coté écologique: Compte tenu de l'évolution rapide que connaît le secteur de transport aérien et du nombre croissant des atterrissages, le nombre des pneus usés ainsi que le volume de la matière à recycler ne fait qu'augmenter d'une façon inquiétante. Cela engendre de sérieux problèmes pour la gestion des pneus usés sur le plan logistique et écologique.

## **II. L'état antérieur**

Des systèmes de mise en rotation des roues avant l'atterrissage ont été élaborés mais ils restent lourds et compliqués à mettre en place, comme certains qui utilisent des moteurs électriques, ou d'autres qui utilise de l'air chaud comprimé prélevé des moteurs réduisant leurs puissances et injectant de l'air chaud dans un endroit sensible.

D'autres systèmes utilisent des ailettes qui sont fixées sur la jante ou sur les pneus. Ces systèmes présentent un inconvénient majeur car ils s'expose au vent relatif et commencent à faire tourner les roues dès la sortie des trains d'atterrissage. Ils engendrent alors un effet gyroscopique qui s'oppose à la sortie des trains et créent ainsi des contraintes mécaniques importantes. En plus, ils font tourner les roues pendant longtemps sans aucun contrôle sur la vitesse de rotation des roues. Ils gênent le freinage en continuant à agir au sol après atterrissage. Sans oublier qu'ils font tourner les roues même après décollage chose qui doit être évité.

## **III. L'état actuel**

Le système de contrôle de mise en rotation des roues avion à géométrie variable est conçu pour :

- Utiliser l'énergie du vent relatif pour faire tourner les roues juste avant l'atterrissage.
- Maitriser et contrôler le moment de mise en rotation.
- Contrôler et réguler la vitesse de rotation des roues.
- Maitriser et contrôler le moment d'arrêt de mise en rotation, et cela à l'aide de surfaces mobiles et escamotables dans la jante.
- Etre sûr car il permet de contrôler le système et de le désactiver à n'importe quel moment.
- Etre peu encombrant car il n'utilise que l'espace libre dans les jantes et dans les axes de roues.

- S'adapter et intégrer parfaitement la technologie actuelle en utilisant les équipements déjà existant pour obtenir les données nécessaires en terme de vitesse sol et nombre de tour des roues pour obtenir une vitesse de rotation équivalente à la vitesse sol de l'avion.
- Utiliser les équipements déjà existant pour déterminer la hauteur de l'avion et sa position sol/vol afin de faire sortir les ailettes ou les rétracter au moment opportun.

#### **IV. Intérêt du système**

L'intérêt du système peut être défini dans les 4 axes suivants :

##### **1) Intérêts économiques et opérationnels pour les compagnies aériennes:**

- Augmentation considérable de la durée de vie des pneus donc augmentation du bénéfice sur les couts de revient
- Réduction importante du nombre des opérations de changement de pneus, donc moins d'interventions des équipes de maintenance et moins d'heures de travail.
- Réduction considérable sur le temps totale d'immobilisation des avions au sol.
- Gain important sur le temps opérationnel des avions.
- Augmentation du bénéfice

##### **2) Intérêts économiques et opérationnels pour les aéroports :**

Le système donnera la possibilité aux aéroports d'éviter, voir même, éliminer les opérations de dégomme ce qui va permettre de :

- Faire d'importantes économies sur les frais des opérations de dégomme.
- Les pistes ne seront plus fermées pendant des journées entières lors des opérations de dégomme, elles resteront alors opérationnelles et donc rentables.
- Eviter de dégrader les surfaces de pistes de façon irréversible à cause des opérations répétées de dégomme (généralement au bout de la troisième opération), ce qui évitera aux aéroports de refaire les pistes, donc de très grosses économies.

##### **3) Intérêt écologique:**

Réduira considérablement les quantités des pneus usés à recycler ainsi que la logistique nécessaire à ce type d'opération en terme de transport et d'aire de stockage.

#### 4) Intérêt règlementaire :

Etant donnée le cout et les dégâts que cause les opérations de dégommeage, les grands aéroports finiront par interdire l'arrivée aux avions non équipés, sinon, à moindre mesure imposer des pénalités à ceux qui dépose de la gomme sur leurs pistes. Des règlementations restrictives propre à chaque aéroport verrons alors le jour comme c'est le cas aujourd'hui pour les système anti-bruit, les 8,33, les RNAV et autres. Une fois ce système mis en place sa généralisation sera une évidence inchaalah.

### V. Principe du système

#### a) Différentes composantes du système :

Le principe du système consiste à utiliser le vent relatif pour faire tourner les roues à l'aide d'ailettes mobiles et escamotables dans la jante (N°1, A et B, figure 1). Elles vont faire des mouvements de translation entre le creux de la jante et l'extérieure de la roue (A et B, figure 1). Leurs mouvements de translations et donc leurs surfaces totales exposées au vent relatif sont contrôlés à l'aide d'un sous-système de contrôle, et permet donc de contrôler la somme totale de la force aérodynamique produite par les ailettes.

Les surfaces aérodynamiques seront solidaires à des bras mobiles et articulés autour de plusieurs points formant un mécanisme à trois barres (N°2, N°3- figure 1). Leur rôle est de donner au mouvement des ailettes une trajectoire régulière et légèrement courbée au moment où elles sont mises à l'extérieur; le but est de leur donner une position suffisamment éloignée de l'axe de rotation de la roue sans dépasser les limites extérieures de la jante. Ainsi, on va pouvoir augmenter le moment des forces aérodynamiques et éviter le risque que les ailettes ne touchent le pneu ou le sol lors de l'atterrissage. Ces bras sont soumis en permanence à la force d'un ressort d'extraction (N° 6 figure5) qui a tendance à les faire sortir et les exposer au vent relatif.

Une fois sorties et exposées au vent relatif elles seront entraînées par ce dernier, et à leur tour elles feront tourner la roue grâce à des attaches mécaniques fixées à la jante avec des boulons (N° 4 figure 3), ou à des fixations montées ou moulées directement sur la jante (N° 5 figure 4) . La forme aérodynamique des ailettes permettra d'orienter le sens de rotation des roues pour correspondre à celui du déplacement de l'avion. Elles peuvent avoir une forme soit concave (N°1 figure 1), soit plate mais inclinée. Leur nombre doit être de trois au minimum, sinon plus (figure 2).

Pour faire rentrer les ailettes à l'intérieure de la jante un **sous-système de rappel** va forcer les ressorts d'extraction et pousser les bras à l'intérieure de la jante. Il est constitué d'un ressort de rappel (N° 7 figure 6), un petit moteur électrique linéaire qui sera fixé à l'intérieure de l'axe de la roue (N° 8 figure 6) et un boîtier de commande électronique (figure 8).

Le ressort de rappel est monté sur l'axe du moteur électrique linéaire (N° 8 figure 6) (quand le moteur est de type linéaire simple), ou intégré dans le moteur (quand ce dernier est de type moteur linéaire normalement fermé). Le rôle du ressort de rappel (N°7 figure 6) est d'agir dans le sens opposé des ressorts d'extraction (N°6 figure 5) pour faire rentrer les

aillettes. Quand au moteur électrique, son rôle est de comprimer le ressort d'extraction pour annuler son action.

Ainsi, pour faire sortir les ailettes, on alimente le moteur électrique linéaire qui va comprimer le ressort de rappel (N°7) pour annuler son effort, les ailettes seront alors mises à l'extérieure, chacune sous l'effet de son propre ressort d'extraction (N°6).

Inversement : pour faire rentrer les ailettes on coupe l'alimentation du moteur électrique, le ressort de rappel va chercher à revenir à sa position initiale, il va pousser le bras de contrôle de position (N°3 figure 6) , et à son tour, il va pousser les deux autres bras (N°2) pour forcer les ressorts d'extraction (N°6 figure5) et faire rentrer les ailettes à l'intérieure de la jante.

Dans un souci de sécurité, la procédure inverse qui vise à couper l'alimentation du moteur pour rappeler les ailettes sera utile et automatiquement exécutée, car en cas de panne électrique les ailettes seront systématiquement rentrées. La même action peut être utilisée en cas d'anomalie de fonctionnement. Elle peut être sollicitée par le pilote en cas de besoin en actionnant un bouton (figure 8) qui ouvrira directement le circuit d'alimentation du moteur électrique pour faire rentrer les ailettes. Un sous-système très simple qui consiste à ouvrir un circuit électrique pour revenir à une aérodynamique lisse.

L'axe du moteur électrique effectue des translations linéaires. Cependant, les bras de contrôle (N°3), qui sont liés à la roue, effectuent des mouvements de rotation. La liaison entre ces deux organes se fera à travers un roulement (N°11 B figure 6) dont l'anneau extérieur possède des attaches mécaniques reliées aux bouts des bras de contrôle (N° 3).

Au moment où le moteur électrique entre en action, il tire son axe vers l'intérieur et comprime le ressort de rappel (N°7 figure 6). Le roulement se retrouve alors dans sur un segment S1 de l'axe (B figure 6), appelé : "segment de liberté de mouvement". Le rôle de ce segment est de donner aux bras de contrôle et aux ailettes, une liberté de mouvement qui leur permettra, après la mise en rotation et sous l'effet des forces centrifuges, de chercher et de se stabiliser sur la position de référence: position à laquelle les ailettes feront tourner la roue à une vitesse de rotation équivalente à la vitesse d'approche la fréquente de l'avion.

Le petit moteur électrique peut être installé à l'intérieur de l'axe de la roue pour chaque système (N°8 figure 6), comme on peut utiliser un seul moteur positionneur pour deux systèmes en même temps. Dans le deuxième cas, il sera installé dans la base inférieure de la jambe de train à l'intersection de deux axes des deux roues (N°8 figure 9). Une fois alimenté, il va annuler la force des deux ressorts de rappel et transmettra l'effort via deux tiges ou deux câbles souples le long des deux axes de roues (N°10 figure 9).

Les mouvements du moteur électrique ainsi que son alimentation seront pilotés par un boîtier de contrôle électronique qui va collecter un ensemble d'informations et envoyer les commandes nécessaires au moteur pour faire rentrer ou sortir les ailettes au moment opportun (figure 7).

Pour annuler l'effet du ressort de rappel et permettre la sortie des ailettes, on peut adopter une solution mécanique qui serait très utile pour les avions légers; elle consiste à utiliser un câble qui relie le système à la cabine de pilotage ; Le pilote peut l'actionner en tirant sur un poigné relié au bout du câble, similaire à celui du frein de parking (figure 11). Pour faire rentrer



les ailettes il suffit de désengager le poigné, le ressort de rappel va revenir à sa position initiale et forcer les ressorts d'extraction pour revenir à une aérodynamique lisse.

Pour rendre l'écoulement plus fluide autour de la roue et maîtriser l'aérodynamique des ailettes, un cache souple et très léger sera placé sur la jante. Son rôle est de rendre les ailettes complètement inactives quand elles sont rentrées car il va orienter le flux d'air et le garder uniforme en dehors des surfaces aérodynamiques, aussi il permettra de mieux contrôler la vitesse de rotation car seules les parties exposées au vent relatif à l'extérieur du cache vont générer de la force, et il va donc permettre de doser les corrections à ajouter ou à retrancher. Aussi, il permettra de réduire considérablement la traînée totale de la roue quand elle est sortie. Le cache peut avoir différentes formes: il peut couvrir complètement la surface de la roue, sinon, pour alléger le système il peut couvrir seulement la partie des surfaces mobiles ainsi que leurs attaches (figure 10).

### b) Interaction des différentes composantes:

Au moment où on décide de faire sortir les ailettes, on va alimenter le moteur électrique. Les ailettes seront poussées et mises à l'extérieur par les bras de contrôle (N° 2 et N°3) sous l'effet du ressort d'extraction. Ils se mettront en rotation en même temps que la roue. Les bras de contrôle ainsi que les ailettes se retrouveront alors sous l'effet de deux forces : les forces centrifuges qui auront tendance à les ramener à l'intérieur de la roue, et les forces des ressorts d'extraction qui auront tendance à les faire sortir vers l'extérieur. La somme de ces forces mettra les surfaces dans une position d'équilibre stable appelée : "position de référence".

L'axe du moteur électrique possède un segment S1 (B figure 6) appelé "segment de liberté de mouvement". Au moment où le moteur électrique tire son axe vers l'intérieur et comprime le ressort d'extraction (N°7 figure 6), les bras de contrôle ainsi que le roulement qui les relie à l'axe se retrouvent sur le segment S1 (figure 6). Ils auront alors une liberté de mouvement qui leurs permettra de se stabiliser naturellement sur la position de référence.

L'ensemble sera conçu et calibré pour se stabiliser à la position de référence et faire tourner la roue à une vitesse de rotation prédéfinie équivalente à la vitesse d'approche la plus fréquente de l'avion.

Ensuite, une fois les ailettes stabilisées dans la position de référence: pré-calibrée pour chaque type d'appareil, la vitesse de rotation peut être corrigée pour correspondre à la vitesse sol de l'avion. Elle sera réajustée à l'aide du sous-système de contrôle constitué essentiellement du:

1. Boîtier électronique de contrôle
2. Le petit moteur électrique linéaire
3. Le ressort de rappel (qui peut être intégré dans le moteur électrique pour en faire un moteur normalement fermé ou normalement ouvert).

Le boîtier électronique (figure 7) récoltera les informations nécessaires à partir de leurs sources: Vs (vitesse sol) à partir des moyens de navigation équipant la grande majorité des avions, le nombre de tour des roues à partir du "wheel transducer", la position des ailettes à partir de la position même du moteur linéaire, la hauteur de l'avion à partir du radio altimètre et la position air/sol de l'avion à partir l'interrupteur de proximité (Touch Down Switch).

La somme totale des forces aérodynamiques étant fonction linéaire des surfaces totales exposées au vent relatif :  $F = 1/2 \rho S V^2 C_x$ , on peut corriger la vitesse de rotation de la roue en modifiant la position des ailettes. Les mouvements de translations des ailettes et donc leurs surfaces totales exposées au vent relatif, influencent directement la somme totale des forces aérodynamiques produites par ces dernières. Ainsi, pour corriger la vitesse de rotation de la roue et l'adapter à la vitesse sol de l'avion, le boîtier électronique va calculer les corrections nécessaires et les transférer au moteur électrique linéaire qui va les exécuter et les transmettre aux ailettes sous forme de mouvements de translations (figure 7).

Le boîtier de contrôle électronique va donc commander les corrections à apporter à la position de référence des ailettes et donc à la vitesse de rotation. Il va aussi commander le moment de sortie des ailettes, leur configuration au sol et après décollage, leur position en cas d'anomalie et les alarmes correspondantes. En cas de défaillance même du boîtier électronique, le circuit électrique sera ouvert, le moteur linéaire ne sera plus alimenté et les ailettes seront rentrées. On reviendra alors à une configuration lisse.

## VI. Fonctionnement

### a) Configuration de départ

Au départ, les ailettes sont rentrées jusqu'à ce que les trains d'atterrissage soient complètement sortis et verrouillés pour éviter l'effet gyroscopique qui se produit au moment de la manœuvre des jambes des trains. Les ailettes ne devraient pas être déployées trop tôt pour que les roues ne tournent pas trop longtemps. L'idéale serait de les faire sortir à une minute ou deux de l'atterrissage. Une hauteur comprise entre 500 et 300 pieds serait idéale, se posent alors trois options :

- La première : le fonctionnement est entièrement automatisé, la commande sera couplée au radioaltimètre qui équipe pratiquement tous les avions. Ainsi à une hauteur prédéfinie qui avoisine les 400 fts, un signal électrique sera envoyé au boîtier électronique qui va commander et alimenter le moteur linéaire pour annuler l'action du ressort de rappel et déployer les ailettes. La roue et le système seront mis en rotation et les ailettes se stabiliseront à la position de référence qui nous donne une vitesse de rotation équivalente à la vitesse d'approche la plus fréquente. Ensuite, le boîtier électronique va récolter toutes les informations nécessaires, déduire les corrections à apporter et les transmettre au moteur électrique. la vitesse de rotation des roues sera réajustée et équivalente à la vitesse sol de l'avion. Si une quelconque anomalie se présente, le boîtier électronique va la détecter, la signaler à l'équipage et activer automatiquement le système de rappel en coupant l'alimentation du moteur électrique, les ailettes seront rentrées et on revient à un système basique, c.a.d des roues lisses qui ne sont pas entraînées.

L'équipage aura toujours la possibilité d'annuler l'action du système pour revenir à une aérodynamique lisse des roues grâce à un interrupteur à trois positions: armé, désarmé et ouvert ("ARMED", "DESARMED" et "OFF") (figure 9) qui va équiper la cabine de pilotage. Sur la position "ARMED" le boîtier électronique est alimenté pour récolter les informations nécessaires et entrer en action au moment voulu. Sur la position "DESARMED" le système en entier n'est pas alimenté et les ailettes restent rentrées. Sur la position "OFF" l'interrupteur coupe directement l'alimentation du moteur électrique pour faire rentrer les ailettes : cette dernière est une position de dernier recours qui permet à l'équipage de garder le contrôle sur le système pour revenir à une configuration lisse.

- La deuxième: Un interrupteur à deux positions: fermée ou ouvert ("ARMED" ou "DESARMED") va équiper la cabine de pilotage. Il pourra être situé sur les manettes de puissance ou à côté de la manette manœuvre des trains d'atterrissage (figure 9). Il sera actionné par le pilote en courte ou en très courte finale. Ainsi, sur la position fermée "ARMED" il va alimenter le moteur linéaire qui va annuler l'action du ressort de rappel, les ailettes seront alors déployées et se stabiliseront à la position de référence. Les roues vont tourner à une vitesse de rotation équivalente à la vitesse d'approche la plus fréquente. Si le pilote décide de les faire rentrer il n'aura qu'à annuler l'action du moteur en ramenant l'interrupteur sur sa position ouvert "DESARMED". Le moteur linéaire ne sera plus alimenté et le ressort de rappel va faire rentrer les ailettes. Ce mode de fonctionnement peut être très utile pour les avions non équipés de radioaltimètre, ou pour utiliser une version simple du système non automatisée.
  
- La troisième: pour les avions légers, une autre possibilité se présente, en utilisant un câble reliant la cabine de pilotage au système installé sur les roues. Le pilote peut l'actionner en tirant sur un bras mécanique similaire à celui du frein de parking (figure 11). Ainsi, il va annuler la force du ressort de rappel manuellement et faire sortir les ailettes sans avoir recours à l'action du moteur électrique. De la même façon, et pour faire rentrer les ailettes, le pilote va désengager le bras ou la manivelle et permettre l'action du ressort de rappel pour faire rentrer les ailettes.

#### b) Rétraction au sol

Les ailettes seront rétractées une fois les roues touchent le sol et resteront effacées dans la jante jusqu'au prochain atterrissage grâce l'action du « touchdown switch ». Ainsi, dès que les roues touchent le sol et que le "touchdown switch" est comprimé il envoie un signal au boîtier électronique de contrôle qui va à son tour agir sur le sous-système de rappel en coupant l'alimentation électrique du moteur linéaire et permettre l'action du ressort de rappel, les ailettes seront rentrées et effacées dans les jantes, et elles resteront logées à l'intérieur de la jante tant que l'avion est au sol.

Cette action est nécessaire pour plusieurs raisons :

- Aider au freinage normal.
- Eviter que le mouvement des ailettes ne blesse le personnel au sol lors des opérations de tractage des avions et autre.

### c) Utilisation au moment de décollage

Pour éviter l'action des ailette lors du décollage il est nécessaire de les garder rentrées dans la jante; Il suffit alors de garder l'alimentation du moteur électrique linéaire coupée. Un simple interrupteur situé dans la cabine de pilotage (figure 8) permettra d'ouvrir le circuit électrique et couper l'alimentation.

Dans un souci opérationnel, ce même interrupteur sera actionner et vérifié après atterrissage. Il restera dans cette position lors du décollage suivant et durant tout le vol. son action qui consiste à ouvrir le circuit électrique ne sera annulée qu'au moment de l'atterrissage, le pilote va alors changer la position de l'interrupteur pour armer le système et le mettre sur position "ARMED". Les ailettes seront alors prêtent pour être déployées au moment désiré.

### d) En cas de panne :

Le boitier de commande électronique est fait pour récolter toutes les informations relatives au système comme le nombre de tours des roues (via wheel transducer), la position des ailettes (via la position du moteur linéaire), la vitesse sol de l'avion (via les moyens de navigation), la hauteur de l'avion par rapport au sol (via le radio altimètre ou l'altimètre lui même) et la position sol/vol de l'avion (via touchdown switch).

En cas d'anomalies de fonctionnement du système, le boitier de commande électronique peut les détecter, les signaler à l'équipage et les corriger immédiatement. Le type d'anomalie pourrait être une vitesse de rotation excessive des roues, une discordance importante entre le nombre de tour d'une roue et le nombre désiré ou une différence importante entre le nombre de rotation de deux roues symétriques. Dans ce cas, un voyant s'allumera dans la cabine de pilotage pour informer l'équipage, se poseront alors deux options:

-La première : le traitement de la panne sera automatisé et dès que le système détecte une anomalie il la signale à l'équipage en allumant le voyant correspondant dans la cabine et fait automatiquement rentrer les ailettes dans la jante en coupant l'alimentation du moteur linéaire.

- La deuxième : l'équipage va décider de rétracter ou non les ailettes. Il aura alors la possibilité d'agir sur leurs configuration grâce à l'interrupteur à trois position : armé, désarmé et ouvert nommées: "ARMED", "DESARMED" et "OFF". Son rôle est d'ouvrir le circuit d'alimentation électrique du système ou de le garder fermé. L'équipage aura alors trois possibilités: la première est de garder les ailettes sorties et donc garder l'interrupteur sur la position "ARMED"; la deuxième est de les faire rentrer tout en gardant le boitier électronique fonctionnel pour récolter et fournir les informations concernant l'état du système en le mettant sur la position "DESARMED"; la troisième est de couper directement l'alimentation du moteur électrique sur la position "OFF".

## **VIII. REVENDICATIONS**

- 1) C'est un système de contrôle de mise en rotation des roues avion à géométrie variable caractérisé par l'emploi d'ailettes mobiles et escamotable dans le creux de la jante de la roue, de formes concaves ou plates et inclinées, qui permettent d'utiliser le vent relatif autour des trains d'atterrissage pour générer des forces aérodynamiques et faire tourner les roues de l'avion avant atterrissage.
- 2) Le système de contrôle de mise en rotation des roues avion à géométrie variable selon la revendication 1 est caractérisé par sa capacité de contrôler le moment de mise en rotation des roues avions, le moment d'arrêt de mise en rotation des roues ainsi que la capacité de contrôler la vitesse de rotations des roues en contrôlant la somme totale des surfaces aérodynamiques exposées au vent relatif.
- 3) Le système de contrôle de mise en rotation des roues avion à géométrie variable selon la revendication 2 est caractérisé par l'utilisation d'un mécanisme à barre qui donne aux ailettes des trajectoires optimisées et bien définies.
- 4) Le système de contrôle de mise en rotation des roues avion à géométrie variable selon la revendication 3 est caractérisé par l'utilisation d'un système d'extraction et de rappel à base de ressorts d'extractions et un ressort de rappel.
- 5) Le système de contrôle de mise en rotation des roues avion à géométrie variable selon la revendication 4 est caractérisé par la disposition de ses différents organes, qui permet l'utilisation des forces centrifuges, qui apparaissent après la mise en rotations, afin de se stabiliser dans une position de référence bien définie.
- 6) Le système de contrôle de mise en rotation des roues avion à géométrie variable selon les revendications précédentes est caractérisé par un système de sécurité, à base de moteur électrique, qui permet de revenir à une aérodynamique lisse en cas de panne électrique ou en coupant le courant électrique en cas de besoin.
- 7) Le système de contrôle de mise en rotation des roues avion à géométrie variable selon les revendications précédentes est caractérisé par l'utilisation d'un cache qui permet de réguler le flux d'air, du vent relatif, pour mieux contrôler la vitesse et le moment de mise en rotation des roues.

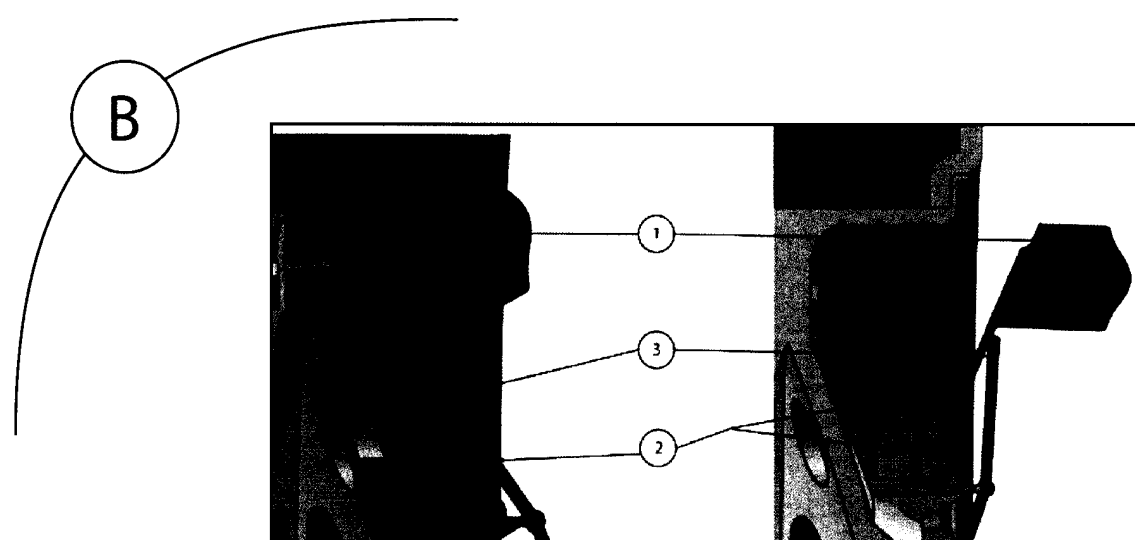
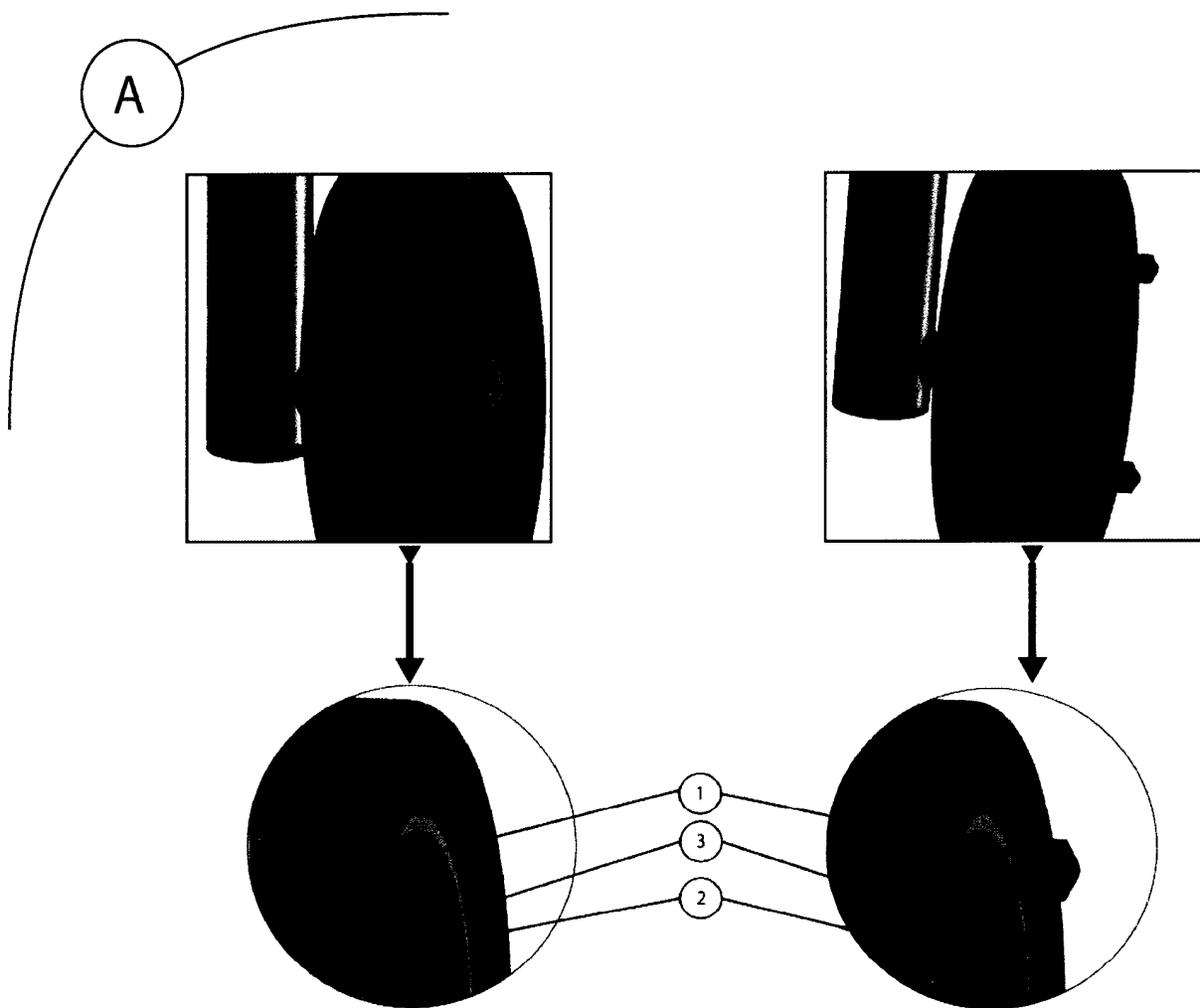


FIGURE 1

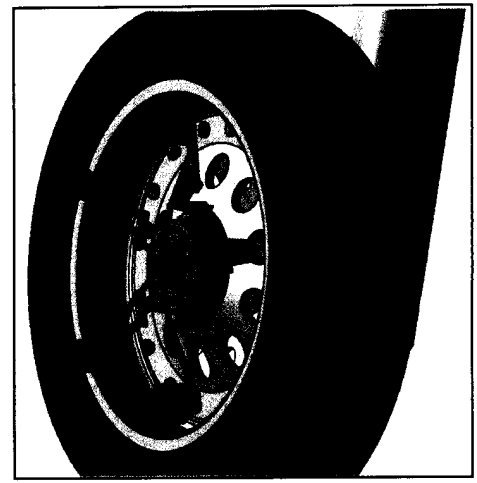
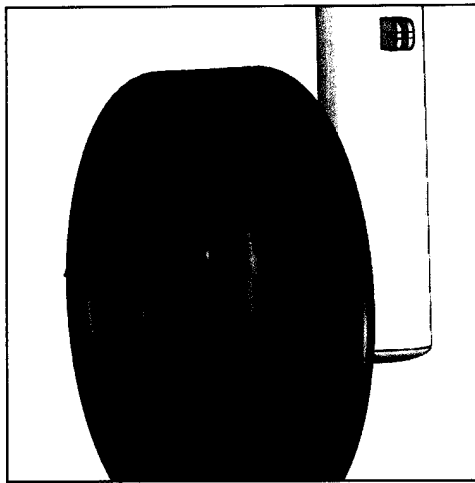


FIGURE 2

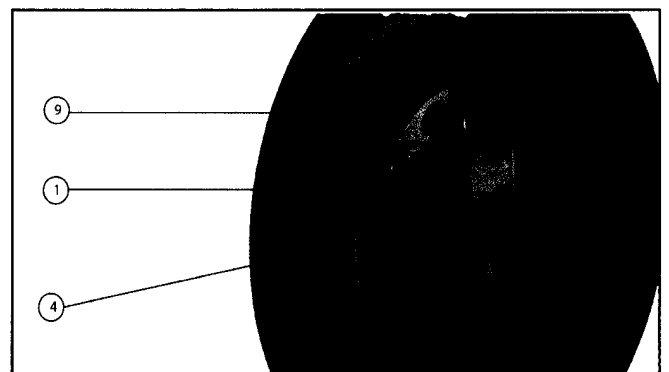
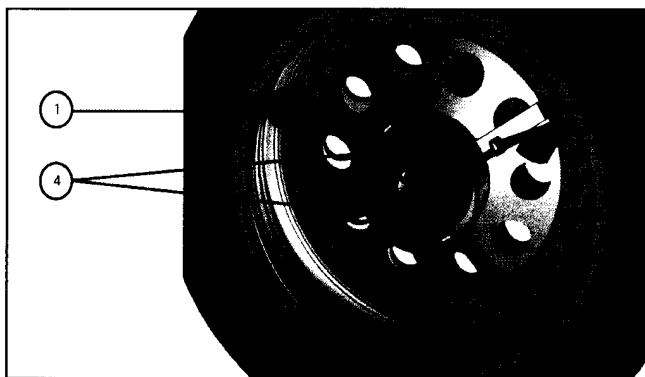


FIGURE 3

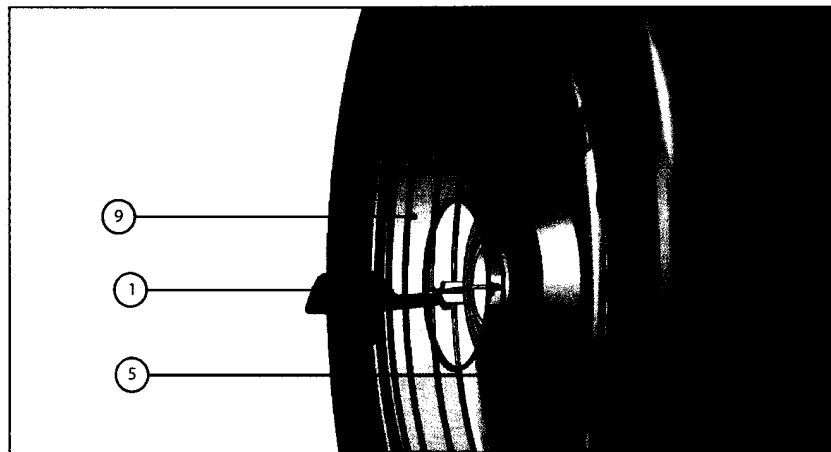
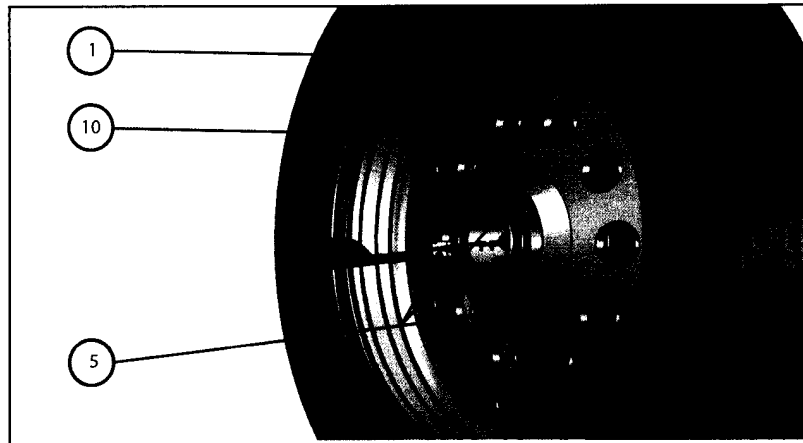


FIGURE 4



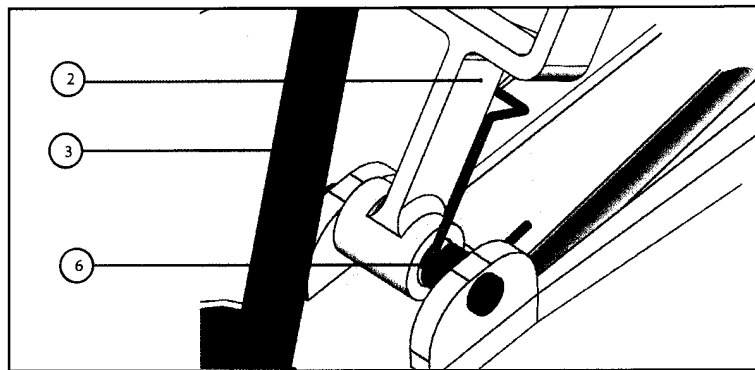
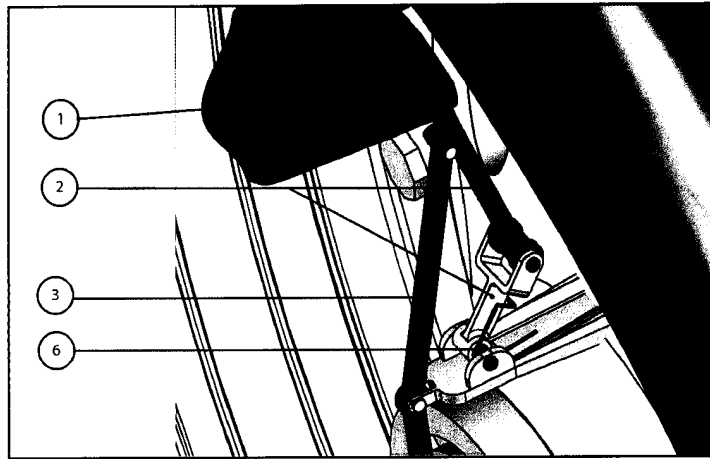


FIGURE 5

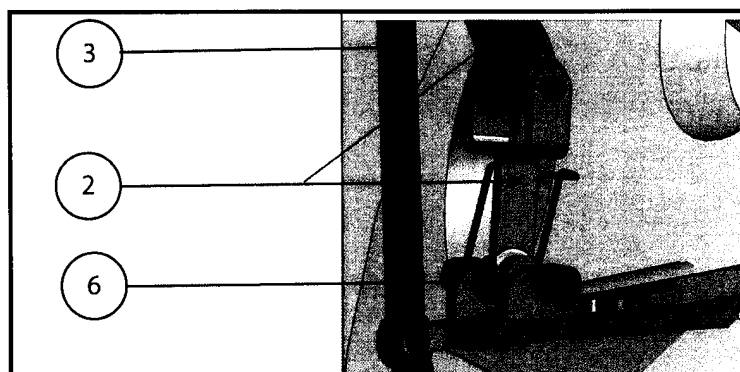
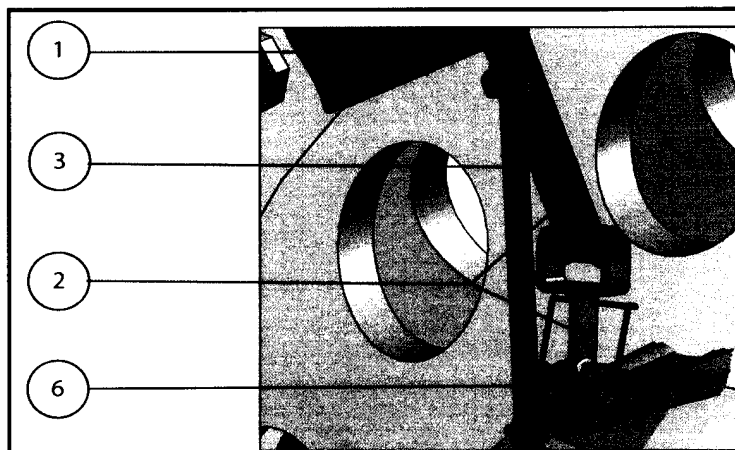
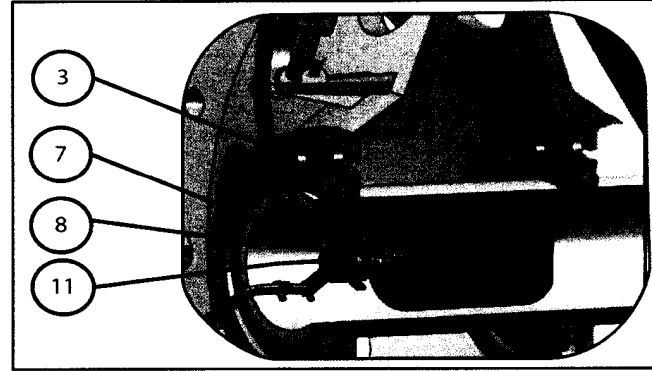
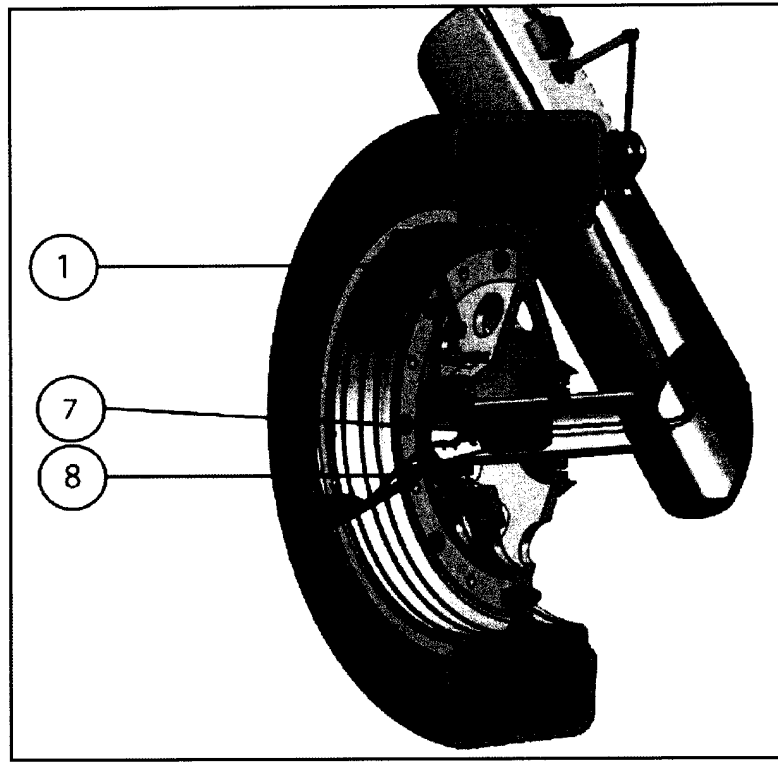


FIGURE 5 BIS

A



B

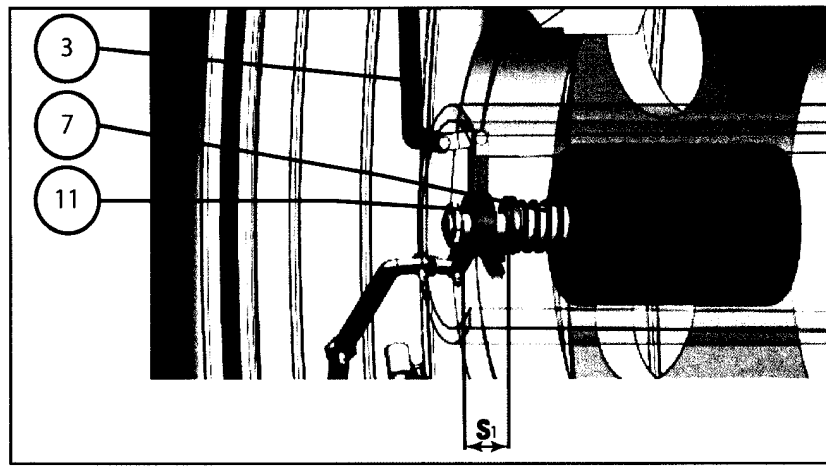


FIGURE 6

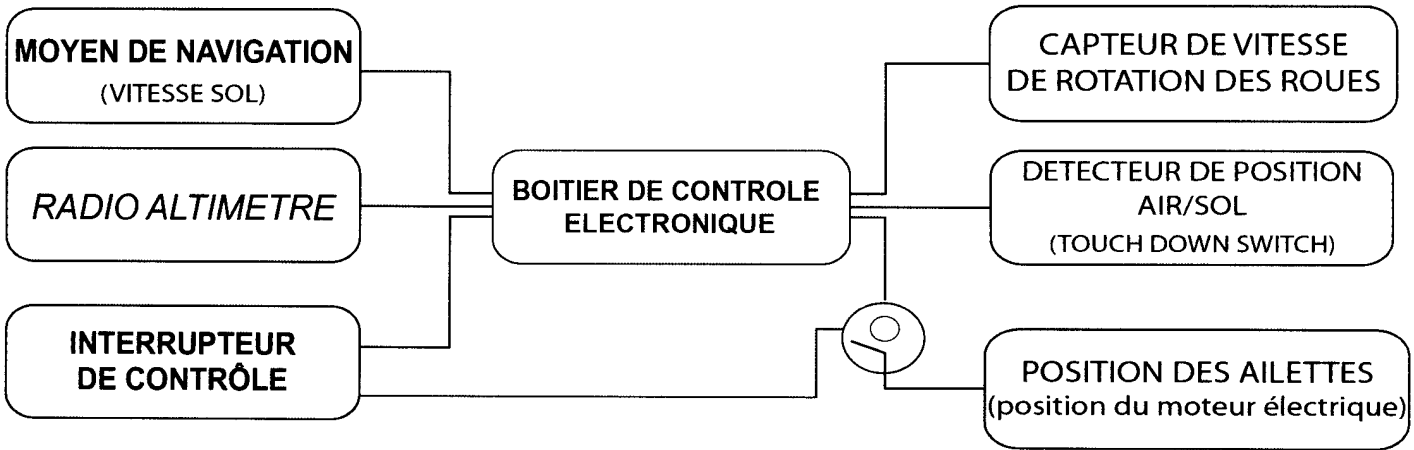
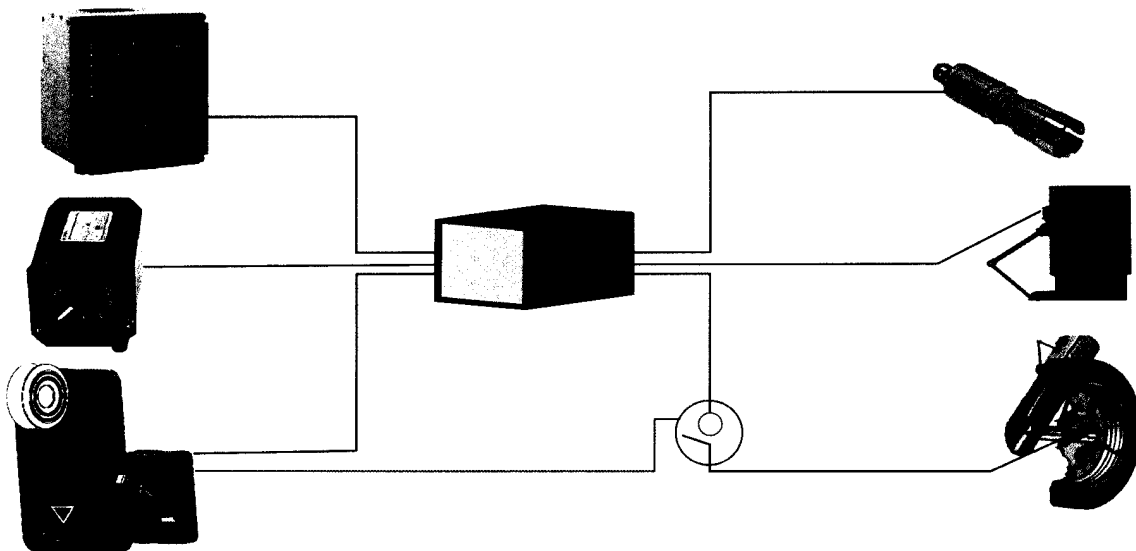
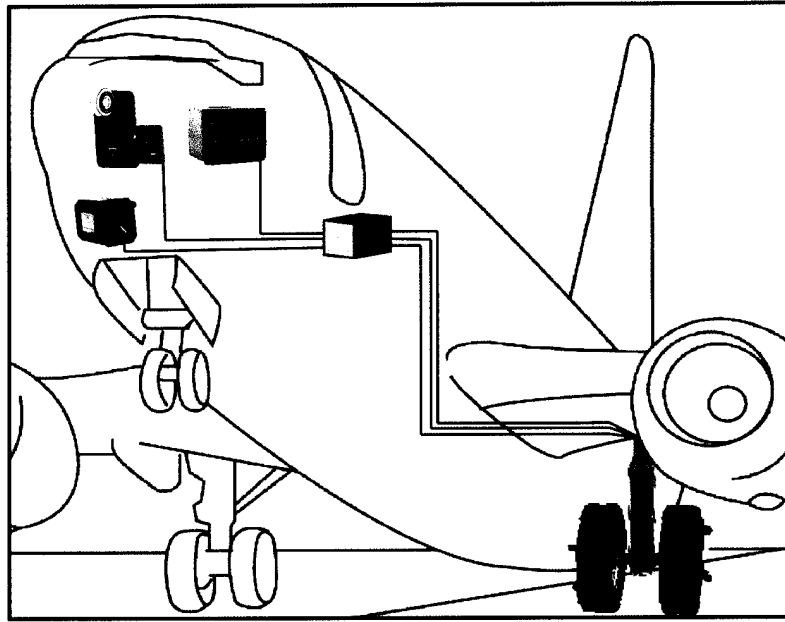


FIGURE 7

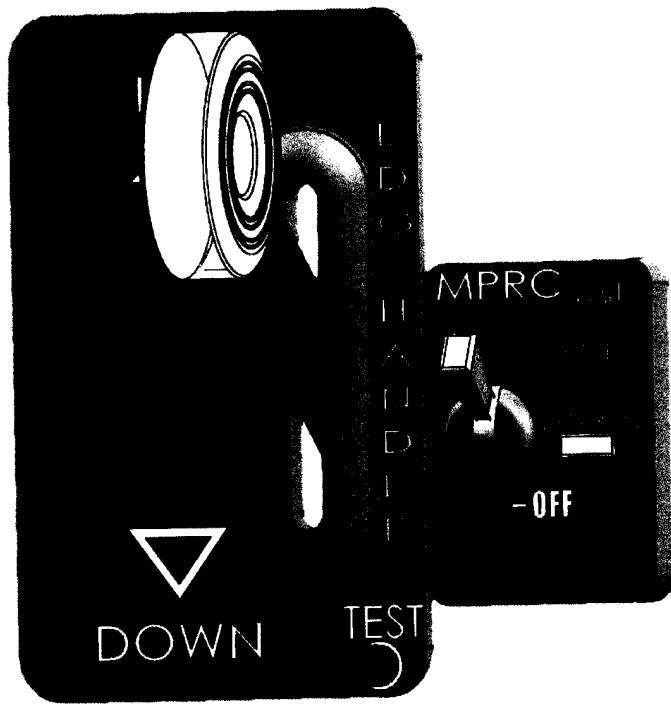


FIGURE 8

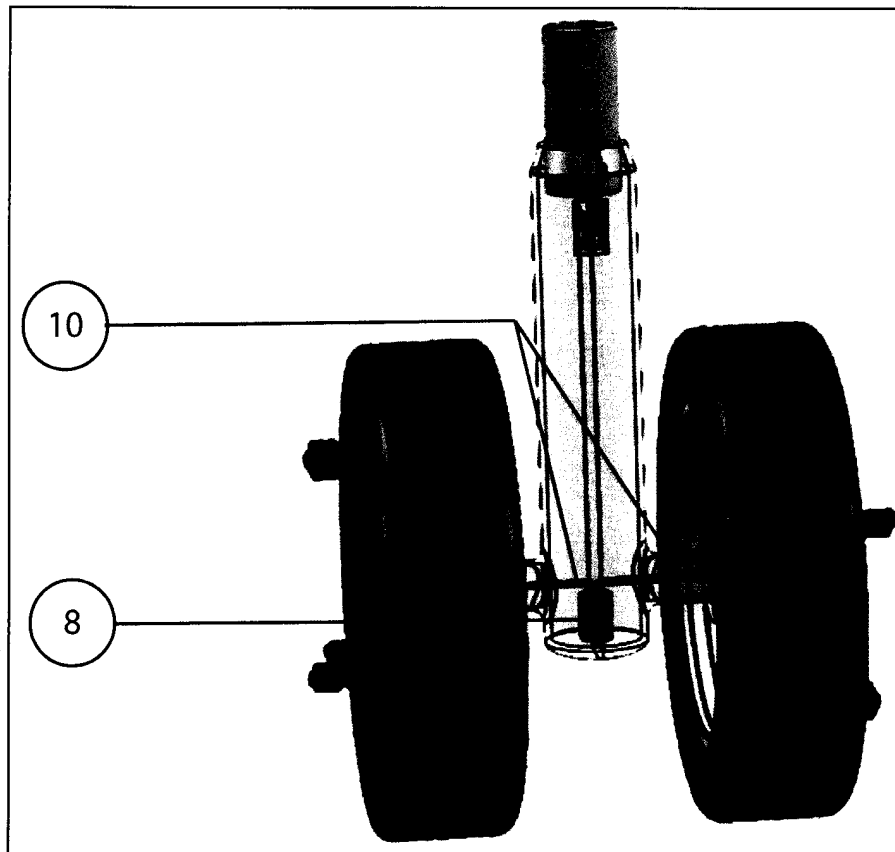


FIGURE 9

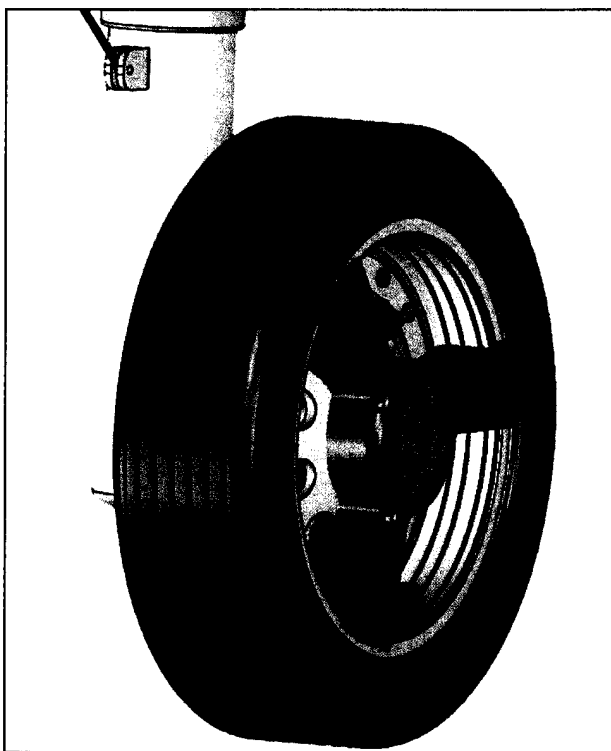
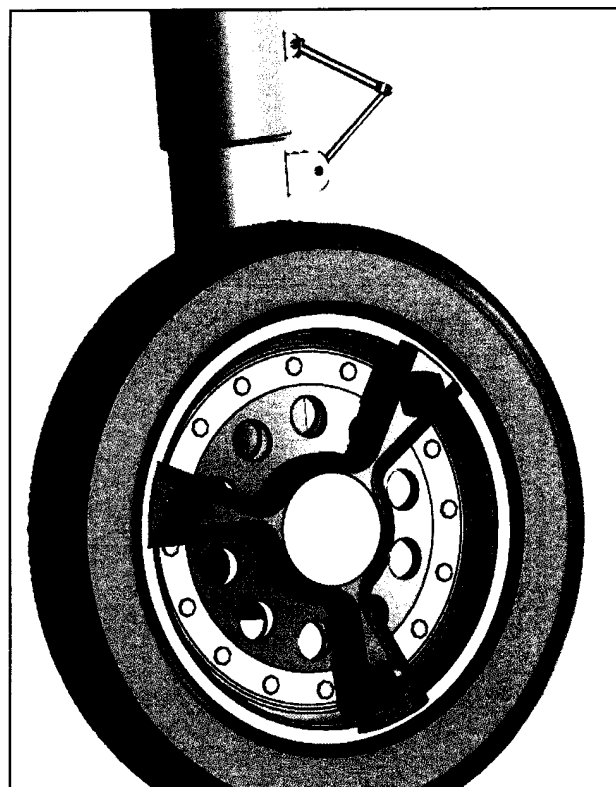
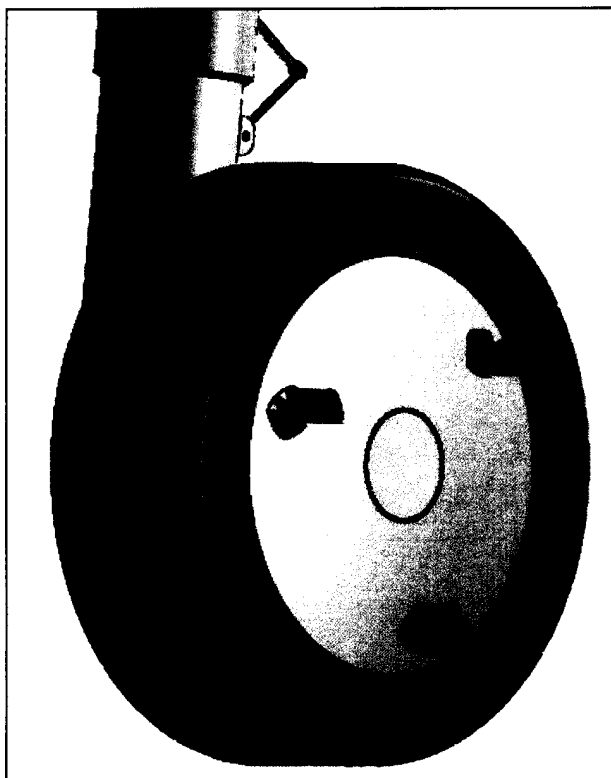


FIGURE 10

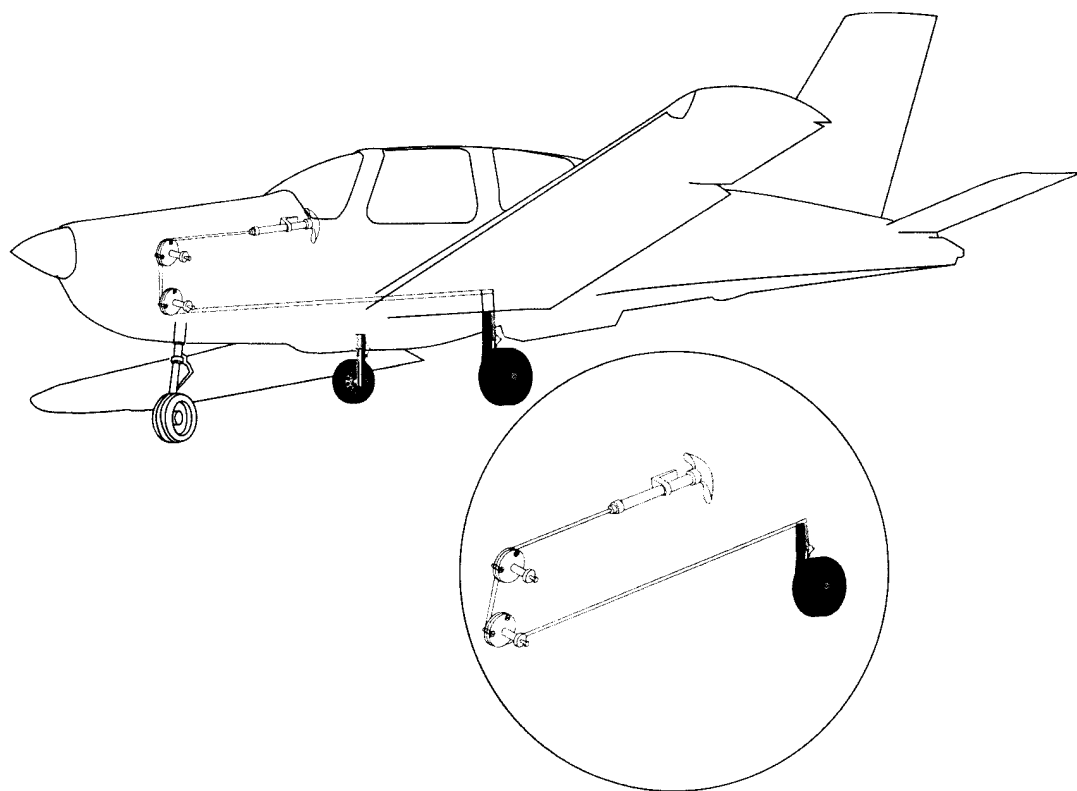


FIGURE 11